

## ปฏิญญานิพนธ์

หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

AUTOMATIC TOWER BUILDING ROBOT



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 75162  
วัน,เดือน,ปี..... 24 ต.ค. 2550

b. 119-1626A  
i. ....

ปฏิญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม  
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อ หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ  
Automatic Tower Building Robot

ชื่อนักศึกษา 1. นายธานี จงศิริรักษ์ รหัสประจำตัว 48035370  
2. นายมานะ จันทร์ชานา รหัสประจำตัว 48035389  
3. นายเลิศชัย แก้วภักดี รหัสประจำตัว 48035395

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สุชิน อางหาญ  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.วรวิทย์ สมหา

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. ผศ.สุชิน อางหาญ	
2. ผศ.วรวิทย์ สมหา	
3. รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	
4. อ.อมรชัย ชัยชนะ	
5. อ.สุรพงษ์ ลิวิพงศ์ดี	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันศุกร์ที่ 9 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2550 เวลา 15.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ รัตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่.....20.....เดือน.....๕.....พ.ศ.....๕๐.....



<BT481052>

หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปริญญาบัตร

เรื่อง หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ  
Automatic Tower Building Robot

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากลไกและการทำงานของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ
2. เพื่อออกแบบโครงสร้างและโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ
3. เพื่อสร้างหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติที่สามารถใช้งานได้จริง
4. เพื่อทดสอบหุ่นยนต์และแก้ไขข้อบกพร่องของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ
5. เพื่อนำหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติที่ประดิษฐ์ขึ้นเข้าร่วมการแข่งขันหุ่นยนต์ประจำปี 2549

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้เกี่ยวกับกลไกและการทำงานของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ
2. ได้โครงสร้างและโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ
3. ได้หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติที่สามารถใช้งานได้จริง
4. ได้หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพพร้อมที่จะแข่งขันหุ่นยนต์ประจำปี 2549
5. ได้นำหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติที่ประดิษฐ์ขึ้นเข้าร่วมการแข่งขันหุ่นยนต์ประจำปี 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	
นักศึกษา	นายธานี	จงศิริรักษ์
	นายมานะ	จันทร์ชานา
	นายเลิศชัย	แก้วภักดี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.สุชิน	อาจหาญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.วรวิทย์	สมหา
หลักสูตร	ครุศาสตรบัณฑิตสาขารัฐประศาสนศาสตร์	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2549	

### บทคัดย่อ

ปริญญาโทฉบับนี้นำเสนอหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ โดยอาศัยระบบการทำงานของซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ โครงสร้างภายนอกทำจากอลูมิเนียม ซึ่งตัวหุ่นยนต์นั้นมีกลไกที่สามารถติดบล็อกเพื่อทำแท้มได้ซึ่งกลไกนั้นประกอบด้วย รางเลื่อน ยางยึด และมอเตอร์ที่ติดสลักไว้ กลไกการทำงานของตัวติดบล็อก ให้ดึงยางยึดใส่ไว้ในสลักดึงรางเลื่อนมาไว้ท้ายสุด เมื่อกลไกปล่อยสลักตัวติดจะทำการติดบล็อกที่บรรจุไว้ในตัวหุ่นยนต์ออกมาเพื่อทำแท้ม แต่หุ่นยนต์นั้นสามารถติดบล็อกได้ในระยะใกล้เท่านั้น ภายในตัวหุ่นยนต์ที่ออกแบบมานี้สามารถบรรจุบล็อก จำนวน 2 บล็อก ไว้ภายในตัวหุ่นยนต์ และใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## II

<b>Thesis Title</b>	Automatic Tower Building Robot	
<b>Students</b>	Mr.Thanee	Chongsirirug
	Mr.Mana	Chanchawna
	Mr.Lertchai	Kaewpukdee
<b>Advisor</b>	Assist.Prof.Suchin	Adhan
<b>Co - Advisor</b>	Assist.Prof.Worawit	Somha
<b>Education Level</b>	Bachelor of Science in Industrial Education	
<b>Program in</b>	Industrial Instrument Technology	
<b>Academic Year</b>	2006	

### ABSTRACT

This thesis presented the automatic tower building robot that it used by system of software and hardware. For the outside structure is made form aluminium.

The robot body mechanism can propel the block. Then you will get the point. The robot is consist 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 made the point. It has to leave out in short distance.

The robot was designed for filling the block. about two block. That is inside the robot. The robot puts to use the battery from twelve volts direct current electricity about two supplies.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น เนื่องมาจากความร่วมมือร่วมใจของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน คณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ ผศ.สุชิน อัจฉาญ ผศ.วรวิทย์ สมหา และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนถึงข้อมูลและอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการทดลองรวมถึงขั้นตอนต่างๆ ในการสร้างโครงงาน และในการจัดทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์และสำนักหอสมุดกลางที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูล

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณสำหรับที่กรุณาคณะผู้จัดทำที่ได้ให้การสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างทางด้านการศึกษาดูมาจนถึงปัจจุบัน และสุดท้ายต้องขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจให้คณะผู้จัดทำเสมอมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ	1
1.3 สมมุติฐานของการจัดโครงการ	2
1.4 ขีดความสามารถของโครงการ	2
1.5 ขั้นตอนการทำงานโครงการ	2
1.6 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 ความเป็นมาของหุ่นยนต์	4
2.3 ลักษณะทั่วไปของสมองของหุ่นยนต์	5
2.4 ประเภทของหุ่นยนต์	5
2.4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	6
2.4.2 คอมพิวเตอร์ชนิดบอร์ดสำเร็จรูป	6
2.5 สัญญาณขาเข้า (Input) และสัญญาณขาออก (Output)	6
2.5.1 การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม	7
2.5.2 การแปลงข้อมูล	7
2.5.3 การจัดการเกี่ยวกับสัญญาณพัลส์หรือสัญญาณความถี่	8
2.5.4 ส่วนประกอบพิเศษอื่นๆ	8
2.6 การนำร่องหุ่นยนต์	9
2.6.1 การบรรลุจุดหมาย	9
2.6.2 การเดินทางตามเส้นทางที่กำหนดไว้	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.6.3 การเดินตามผนัง	11
2.7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	12
2.7.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	13
2.7.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	15
2.7.3 การกลับทิศทางหมุน	16
2.7.4 การเลือกมอเตอร์ให้ถูกต้องเหมาะสมกับงาน	16
2.7.5 การขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	23
2.8 รีเลย์	28
2.8.1 โครงสร้างของรีเลย์	29
2.8.2 ประเภทของรีเลย์	30
2.8.3 คุณลักษณะของรีเลย์แบบกลไกไฟฟ้า	31
2.9 อลูมิเนียม	33
2.10 เซ็นเซอร์	35
2.10.1 เซ็นเซอร์แสง	36
2.10.2 ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์	37
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง การทำงาน	41
3.1 กล่าวนำ	41
3.2 การออกแบบและโครงสร้างหุ่นยนต์ยิงลูกบอลบังคับด้วยมือ	42
3.2.1 การทำงานเบื้องต้น	44
3.2.2 ชุดขับเคลื่อน	44
3.2.3 ชุดตีตบสีก	46
3.2.4 ชุดแทรกเส้น	47
3.3 ส่วนวงจรควบคุม	49
3.3.1 วงจรรับสัญญาณไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์	49
3.3.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ( PIC )	51
3.3.3 วงจรควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์	52
3.3.4 วงจรรวม	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.3.5 โฟล์ชาร์จการทำงาน	55
3.3.6 แหล่งจ่ายแรงดัน	56
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	57
4.1 กล่าวนำ	57
4.2 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์	57
4.2.1 การทดลองชุดเซนเซอร์แสง	57
4.2.2 การทดลองโปรแกรม	58
4.2.3 การทดลองชุดดีดบล็อก	60
บทที่ 5 บทสรุป	62
5.1 สรุป	62
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	62
5.3 แนวทางการพัฒนา	63
บรรณานุกรม	64
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	65
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	69
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	73
ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	76
ภาคผนวก จ ผังงาน	78
ภาคผนวก ฉ โปรแกรมควบคุม	80
ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งาน	86
ภาคผนวก ซ กฎกติกาที่ใช้ในการแข่งขัน	92
ประวัติผู้แต่ง	102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติที่แตกต่างกันของรีเลย์	31
4.1 ผลการทดลองตำแหน่งสี่ของสนามแข่งขันกับสภาวะล่อจิกที่ได้จากเซนเซอร์	58
ค.1 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	74
ค.2 รายการอุปกรณ์ส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	75
ช.1 การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น	90
ช.2 ข้อมูลจำเพาะ	91



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การนำร่องหุ่นยนต์ไปยังพื้นที่ต่างๆ	9
2.2 วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	13
2.3 วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	14
2.4 วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบลดขั้นและชอร์ทขั้นค้อมเปาว์ด	15
2.5 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ได้รับจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกับโวลต์ที่เพลลาของมอเตอร์	17
2.6 รูปที่ใช้แทนเฟืองทดรอบที่มีอัตราส่วน 2:1	19
2.7 เฟืองหลายตัวถูกขับโดยเฟืองที่มีจำนวนฟัน 20 ซี่ตัวเดียว	20
2.8 การทดรอบของเฟืองที่เกิดจากเฟืองที่ติดตั้งอยู่บนแกนเพลลาเดียวกัน	20
2.9 การใช้สกรูยึดระหว่างเฟืองกับเพลลา	22
2.10 มอเตอร์และล้อที่ติดตั้งทำให้หุ่นยนต์สามารถที่จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าถอยหลัง เลี้ยวขวา และเลี้ยวซ้ายได้	23
2.11 ล้อแบบหมุนที่ติดตั้งไว้ต่ำกว่าล้อที่ขับทั้งสองล้อ	24
2.12 การใช้รีเลย์ในการเปิด-ปิด มอเตอร์โดยใช้สัญญาณแบบ TTL	25
2.13 วงจรควบคุมแบบเปิด-ปิด และควบคุมทิศทางของมอเตอร์ในวงจรเดียวกัน	26
2.14 การควบคุมทิศทางของมอเตอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์สองตัว	27
2.15 การควบคุมทิศทางของมอเตอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์แบบ npn	28
2.16 แสดงโครงสร้างของคอนแทกเตอร์	29
2.17 ลักษณะของรีเลย์	30
2.18 โครงสร้างของรีเลย์	30
2.19 คุณสมบัติของรีเลย์แบบกลไกไฟฟ้า	32
2.20 เซนเซอร์ต่างๆที่ใช้งานเกี่ยวกับแสง	35
2.21 ดิจิตอล RGB ไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์ (Digital RGB Fiberoptic Sensor)	38
2.22 โครงสร้างเส้นใยแก้วไฟเบอร์ออปติก	38
2.23 รูปร่างลักษณะและการติดตั้งหัวเซนเซอร์	38
2.24 วงจรอินพุตไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์	39
2.25 วงจรเอาต์พุตไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์	40
3.1 ผังการทำงานของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	41
3.2 รูปด้านหน้าหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3 ขนาดและลักษณะด้านหน้าของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติที่ออกแบบ	42
3.4 รูปด้านข้างของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	43
3.5 ขนาดและลักษณะด้านข้างของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติที่ออกแบบ	43
3.6 ชุดขับเคลื่อนหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	44
3.7 ขนาดของชุดขับเคลื่อนตัวหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติที่ออกแบบ	44
3.8 ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	45
3.9 ขนาดและลักษณะของชุดขับเคลื่อนล้อ	45
3.10 ชุดดีดบล็อกอัตโนมัติ	46
3.11 ขนาดและลักษณะของชุดดีดบล็อกของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติที่ออกแบบ	46
3.12 ชุดแทรกเส้นอัตโนมัติ	47
3.13 ขนาดและลักษณะของชุดแทรกเส้นของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติที่ออกแบบ	47
3.14 หน่วยเซนเซอร์แสง (Fiberoptic Sensor Unit)	48
3.15 ตำแหน่งการติดตั้งหัวเซนเซอร์แสงกับตัวหุ่นยนต์อัตโนมัติ	49
3.16 วงจรรับสัญญาณไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์	50
3.17 วงจรไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์	50
3.18 ลักษณะการต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC)	51
3.19 วงจรควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์	52
3.20 วงจรควบคุมการขับเคลื่อนการดีดบล็อก	53
3.21 วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	54
3.22 ผังงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	55
3.23 แบตเตอรี่ 12 V 1.3 A	56
4.1 ชุดเซนเซอร์แสง	57
4.2 วงจรการทดลองโปรแกรม	58
4.3 สนามจำลองในการทดสอบ	59
4.4 ชุดดีดบล็อก	60
ก.1 ด้านหน้าหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	66
ก.2 ด้านหลังหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	67
ก.3 ด้านข้างหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.1 วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	70
ข.2 แผนวงจรพิมพ์วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	71
ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผนวงจรพิมพ์วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	71
ข.4 วงจรสำเร็จของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	72
จ.1 ผังงานการทำงานโดยรวมของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	79
ช.1 ส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	88
ช.2 แผงชุดควบคุมหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	89
ช.1 รูปบล็อกและสนามการแข่งขัน	100



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรกลชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ และสามารถโปรแกรมให้ทำงานได้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างได้ อย่างไรก็ดี ได้ให้คำจำกัดความของหุ่นยนต์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นที่ยอมรับกัน ในที่ประชุมระดับนานาชาติ ของบริษัทอุตสาหกรรมที่ใช้หุ่นยนต์ ได้ให้ความหมายว่า หุ่นยนต์อุตสาหกรรม คือ เครื่องจักรกลที่สามารถทำการโปรแกรมใหม่ได้หลายครั้งสามารถทำงานได้หลายๆ หน้าที่ซึ่งมันได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถหยิบจับเคลื่อนย้าย วัสดุ อุปกรณ์เครื่องมือ หรืออุปกรณ์พิเศษต่างๆ โดยการตั้งโปรแกรมเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน ให้ทำงานได้ตามต้องการและในปัจจุบันได้มีการออกแบบให้หุ่นยนต์สามารถทำงานเลียนแบบการเคลื่อนไหว และให้ใกล้เคียงมนุษย์มากยิ่งขึ้นซึ่งในอนาคตหุ่นยนต์อาจจะเข้ามาทำงานแทนมนุษย์ก็เป็นได้

จากการจัดการประกวดและแข่งขันหุ่นยนต์ในหัวข้อ การแข่งขันหุ่นยนต์ ส.ส.ท. ซึ่งแชมป์ประเทศไทย ประจำปี 2549 “Building the World’s Tallest Twin Tower” หรือ “ตึกแฝดเสียดฟ้า ทำพิชิต” โดยมีสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) เป็นสมาคมที่ให้การสนับสนุนให้สถาบันการอาชีวศึกษาและสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศรวมถึงหน่วยงานที่สนใจส่งหุ่นยนต์เข้าร่วมการประกวดและแข่งขัน ซึ่งในการแข่งขันครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายให้หุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมา มีความสามารถที่จะนำบล็อกก่อสร้างทำจากโพลีสไตรลีนไปปล่อยในท่อสะพานลอยหรือตึกหอคอยที่กำหนดไว้ในตำแหน่งที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้สร้างหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติขึ้นมา เพื่อเข้าร่วมการประกวดและแข่งขันหุ่นยนต์ในหัวข้อดังกล่าว

### 1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ

เนื่องจากในแต่ละปีมีการจัดการแข่งขันหุ่นยนต์ของ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ซึ่งในปีนี้มีจัดการแข่งขันหุ่นยนต์ ส.ส.ท.ซึ่งแชมป์ประเทศไทยประจำปี 2549 ระดับอุดมศึกษา เพื่อหาตัวแทนไปแข่งขันในระดับประเทศ ABU ROBOT CONTEST THAILAND CHAMPIONSHIP 2006 ไปแข่งขันในระดับชาติ ABU ROBOT CONTEST 2006 KUALA LUMPUR ณ กรุงกัวลาลัมเปอร์ ประเทศมาเลเซีย กลุ่มผมจึงสนใจที่จะนำหุ่นยนต์ไปร่วมแข่งขันในรายการดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงการ

เมื่อทำการสร้างหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติขึ้นมาแล้ว ผู้จัดทำจะสามารถมีความรู้ทางด้านกลไกต่างๆ ของระบบหุ่นยนต์และนำหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติไปแข่งขันได้จริง

### 1.4 ขีดความสามารถของโครงการ

โครงการมีขีดความสามารถดังนี้

1. หุ่นยนต์สามารถบรรจุชิ้นงานทรงกระบอกทำจากโพลีสไตรีนขนาดสูง 30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางนอก 45 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางใน 20 เซนติเมตร มีน้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม เคลือบด้วยสีน้ำเงินหรือสีแดงจำนวน 2 ชั้น
2. หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติสามารถทำงานได้เองอัตโนมัติ
3. หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติสามารถทำคะแนนได้ภายในเวลา 3 นาที
4. หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติสามารถทำการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในเวลา 3 นาที

### 1.5 ขั้นตอนของการทำโครงการ

โครงการนี้ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งการทำงานระยะแรกจะต้องมีการทดสอบและทดลองให้ได้ตามขีดความสามารถที่ได้ตั้งไว้ในระดับหนึ่งแล้ว ทำการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เพิ่มเติม และเมื่อทำโครงการเสร็จเรียบร้อยแล้วจะให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินเพื่อหาค่าประเมินเพื่อหาค่าประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

### 1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษา และทำความเข้าใจในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปฏิญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงการ และเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการ เกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของสมองของหุ่นยนต์ ประเภทของหุ่นยนต์ การนำร่องหุ่นยนต์ การทำงานของรีเลย์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และเซ็นเซอร์

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงสร้าง ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงการ ตลอดจนการออกแบบ และการสร้างส่วนประกอบต่างๆ เช่น แบบของหุ่นยนต์ วงจรควบคุมการทำงานของโครงสร้างของชิ้นงาน พร้อมทั้งการทำงานของส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ และการทำงานในส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงการ ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางในการแก้ไขรวมทั้งแนวทางการพัฒนาโครงการ

ภาคผนวก ก แสดงภาพหุ่นยนต์ต้นแบบ

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดของวงจรควบคุม

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งาน

ภาคผนวก ง แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก จ แสดงผังงานของโปรแกรมควบคุม

ภาคผนวก ฉ แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในโครงการ

ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งานหุ่นยนต์

ภาคผนวก ซ กฎกติกาการแข่งขัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 กล่าวนำ

จากที่ได้มีการกล่าวในบทนำนั้นเราสรุปได้ว่าหุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรกลชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติและสามารถโปรแกรมทำงานในลักษณะงานต่างๆ กันไป และหุ่นยนต์สามารถตัดสินใจโดยมีการตอบสนองกับสภาพแวดล้อมได้อย่างชาญฉลาด สามารถทำงานแทนเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์โดยมีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูง

#### 2.2 ความเป็นมาของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ตัวแรกของโลกเกิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1954 โดยวิศวกรชาวสหรัฐอเมริกา ที่สามารถค้นคิดประดิษฐ์แขนของหุ่นยนต์อย่างง่ายที่สามารถเคลื่อนไหว ทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ใช้ประโยชน์ในงานอุตสาหกรรม จากจุดนี้เองที่ทำให้การพัฒนาหุ่นยนต์เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในระยะเวลาที่เกินกว่าครึ่งศตวรรษจนมาถึงวันนี้มีหลายประเทศ ที่เป็นประเทศมหาอำนาจทางด้านเทคโนโลยีการผลิตหุ่นยนต์ สหรัฐอเมริกาหนึ่งในมหาอำนาจของโลกในเรื่องของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีถือเป็นต้นกำเนิดของหุ่นยนต์บนโลก มีความหลากหลายของหุ่นยนต์เน้นในการที่จะนำไปใช้งานได้จริง หรือแม้แต่เยอรมันเป็นประเทศที่มีขีดความสามารถทางด้านอุตสาหกรรมสูง ดังนั้นการผลิตหุ่นยนต์ของประเทศเยอรมัน จึงเน้นไปในเรื่องของหุ่นยนต์เพื่อการผลิต โดยลักษณะของหุ่นยนต์เป็นหุ่นยนต์ในโรงงานอุตสาหกรรม โครงสร้างจะเป็นลักษณะของแขนหุ่นยนต์ในโรงงานประกอบรถยนต์ ซึ่งในประเทศเยอรมัน มีบริษัทผู้ผลิตหุ่นยนต์เพื่ออุตสาหกรรมที่มีชื่อเสียงในโลกอยู่หลายแห่ง ดังนั้นจึงไม่สงสัยเลยว่าทำไมประเทศเยอรมัน ถึงมีความเป็นมหาอำนาจในการผลิตรถยนต์ที่โด่งดังของโลก หรือแม้แต่งานที่เกี่ยวกับการผลิตเครื่องจักรกล ซึ่งมีความทันสมัยที่สุดแห่งหนึ่งของโลก ด้านเอเชีย ญี่ปุ่นเป็นประเทศที่เกิดการพัฒนาทางด้านการผลิตหุ่นยนต์ จากจินตนาการที่ได้รับอิทธิพลมาจากการ์ตูน ลักษณะของหุ่นยนต์หลายตัวจึงเป็นลักษณะ Humanoid หรือหุ่นยนต์ที่มีลักษณะทางกายภาพเหมือนคน ลักษณะของหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมาอาจจะไม่ได้นำไปใช้งานแต่การเป็นความคิดเพื่ออนาคต มีลักษณะเหมือนคนมากที่สุด ทั้งในเรื่องของการเคลื่อนไหวที่สมบุรณ์แบบ ซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ในขณะที่ทั่วโลกต่างพากันพัฒนาเทคโนโลยีการสร้างหุ่นยนต์ ในประเทศไทยเองก็ได้ตามเกาะติดดวงเทคโนโลยีการผลิตหุ่นยนต์กับนานาชาติเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะการแข่งขันหุ่นยนต์ในไทย ที่ผ่านมามักเน้นไปในลักษณะ Edutainment คือเป็นความสนุกควบคู่ไปกับการเรียนรู้

หุ่นยนต์อาจแยกออกเป็นสองประเภท คือ

1. Fixed Robots คือ หุ่นยนต์ที่ถูกตรึงกับฐานที่ถูกยึดคงที่ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Mobile Robots คือ หุ่นยนต์ที่ไม่ถูกตรึงกับฐานที่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ โดยที่ฐานมีล้อหรือตัวระบบ

จากทั้งสองประเภทของหุ่นยนต์ คือ Fixed Robots และ Mobile Robots หุ่นยนต์ประเภทที่สองค่อนข้างจะเป็นหุ่นยนต์ที่มีความยืดหยุ่นสูงกว่าประเภทแรก ซึ่งในโครงการนี้ก็จะเป็นเรื่องเกี่ยวกับ Mobile Robot

### 2.3 ลักษณะทั่วไปของสมองหุ่นยนต์

สมอง คือ ส่วนที่ทำให้มนุษย์หุ่นยนต์แตกต่างจากเครื่องจักรกลธรรมดาทั่วไป ยกตัวอย่างเช่น Spock ถ้าไม่มีสมองไว้สั่งการ ก็อาจจะเดินตรงไปชนกับฝาผนัง สมองจะใช้ในการประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ เช่น ตัวตรวจจับโดยใช้โซนาร์ หรือ bumper switch หลังจากนั้นจึงจะพิจารณาภายในหรือโปรแกรมประยุกต์ที่ถูกฝังอยู่ที่สมองก็คำนวณและวิเคราะห์ว่าจะให้หุ่นยนต์ทำสิ่งต่อไป ดังนั้นหากว่าปราศจากสมองแล้วหุ่นยนต์ก็ไม่ต่างกับของเล่นที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เท่านั้น

โดยทั่วไปสมองของหุ่นยนต์จะประกอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ไม่ว่าจะเป็นแบบหรือรุ่นใดก็ตาม แต่สมองของหุ่นยนต์ก็ไม่ซับซ้อนเท่ากับคอมพิวเตอร์ส่วนตัวหรือ PC ที่ใช้อยู่ถึงแม้ว่าบางครั้งจะสามารถประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนตัวแทนสมองของหุ่นยนต์ได้ก็ตาม และแน่นอนสมองของหุ่นยนต์ก็ไม่จำเป็นต้องประกอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์เสมอไป บางครั้งสมองของหุ่นยนต์ก็อาจจะประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานอย่างเช่น ทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุเท่านั้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงสมองชนิดต่างๆ ที่พบในหุ่นยนต์ทั่วไป รวมถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นชิปคอมพิวเตอร์แบบพิเศษที่ถูกออกแบบให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบันอย่างเช่น Basic Stamp II

### 2.4 ประเภทของคอมพิวเตอร์สำหรับหุ่นยนต์

คอมพิวเตอร์ทุกประเภทจะสามารถใช้เป็นสมองของหุ่นยนต์ได้ แต่ที่นิยมใช้จะมีอยู่ 3 ประเภท ดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

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

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้มีอยู่ 2 ประเภท คือ แบบที่โปรแกรมด้วยภาษาระดับต่ำได้เพียงอย่างเดียว และแบบที่โปรแกรมภาษาระดับสูงได้ โดยแบบหลังนี้จะมีโปรแกรมปฏิบัติการเพื่อควบคุมการดาวน์โหลดของโปรแกรมภาษาชั้นสูงลงในไมโครคอนโทรลเลอร์อีกทอดหนึ่ง

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

### 2.4.2 คอมพิวเตอร์ชนิดบอร์ดสำเร็จรูป

คอมพิวเตอร์ชนิดบอร์ดสำเร็จ (Single - Board Computer, SBC) จะเปรียบเหมือนกับ PC รุ่นเล็กๆ ที่ทุกอย่างจะอยู่บนบอร์ดเพียงบอร์ดเดียว โดยปกติ SBC จะเข้ากันได้กับ PC และส่วนใหญ่จะใช้ชิปของ Intel ซึ่งจะมีซอฟต์แวร์ส่วนปฏิบัติการติดมาด้วย ในส่วนฮาร์ดแวร์ของ SBC ก็จะประกอบด้วยตัวประมวลผลกลาง (CPU) ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก (I/O interface) และวงจรมีเวลา (timer) โดยโครงสร้างแล้ว SBC สามารถจะมีหน่วยความจำได้หลายกิโลไบต์หรือแม้กระทั่งหลายเมกะไบต์ ดังนั้นจำนวนของหน่วยความจำที่ต้องการก็ขึ้นอยู่กับงานแต่ละงาน

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

การที่ PC มีขนาดใหญ่ไม่ได้หมายความว่าไม่สามารถติดตั้งลงบนหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ตลอดเวลาได้ ที่สำคัญขึ้นอยู่กับว่าต้องการจะใช้มันหรือไม่ เพราะโดยส่วนใหญ่คุณภาพของ PC ก็ย่อมต้องดีกว่าคอมพิวเตอร์รุ่นที่กล่าวมาทั้งหมด

## 2.5 สัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออก

หุ่นยนต์ต้องการสัญญาณขาเข้า (สัญญาณจากตัวตรวจจับ) และสัญญาณขาออก (สัญญาณเพื่อนำไปควบคุมมอเตอร์) สัญญาณขาเข้า (Input) และสัญญาณขาออก (Output) พื้นฐานของคอมพิวเตอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ 2 สถานะ คือ ปิดและเปิด ซึ่งโดยปกติจะมีแรงดันไฟฟ้า 2 และ 5 โวลต์ นอกจากสัญญาณขาเข้า (Input) และสัญญาณขาออก (Output) ที่เป็นแบบระดับไฟสูง (5 โวลต์) และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับไฟต่ำ (0 โวลต์) แล้วยังมีสัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออกอีกหลายประเภทที่พบใน SBC และ ไมโครคอนโทรลเลอร์สัญญาณประเภทที่ใช้บ่อยๆ คือ

### 2.5.1 การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

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 ส่วนใหญ่จะเป็นการเชื่อมต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์หรืออุปกรณ์เสริม เช่น หน่วยความจำหรือตัวแปลงสัญญาณแอนาล็อก ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล (A/D, ADC)
3. SCI (serial communication interface) การสื่อสารประเภทนี้ได้รับการพัฒนามาจากการสื่อสารแบบ UART
4. SPI (serial peripheral interface) การสื่อสารประเภทนี้จะเป็นแบบมาตรฐานที่ใช้ใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ 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)

### 2.5.2 การแปลงข้อมูล

การแปลงข้อมูล (Data Conversion) จะมีอยู่ 2 ประเภท คือ

1. ADC (analog to digital conversion) เป็นการแปลงสัญญาณแอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล ADC สามารถใช้เป็นอุปกรณ์ภายนอกหรือใช้เป็นส่วนหนึ่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ได้ (ไมโครคอนโทรลเลอร์บางรุ่นจะมี ADC ประกอบอยู่ภายในแล้ว) ADC ส่วนใหญ่จะมีสัญญาณขาเข้า (Input) หลายช่อง (4,8 หรือ 16 ช่อง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. DAC (digital to analog conversion) เป็นการแปลงสัญญาณดิจิทัลให้เป็น สัญญาณแอนะล็อก ซึ่งไม่ค่อยนิยมใช้ในหุ่นยนต์มากนัก

### 2.5.3 การจัดการเกี่ยวกับสัญญาณพัลส์หรือสัญญาณความถี่

มีการจัดการเกี่ยวกับสัญญาณพัลส์ (pulse signal) และสัญญาณความถี่ (frequency signal)

3 ประเภทดังนี้

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

### 2.5.4 ส่วนประกอบพิเศษอื่นๆ

1. ส่วนกำเนิดอินเทอร์รัพต์ (hardware interrupt) อินเทอร์รัพต์เป็นสัญญาณขาเข้าชนิดพิเศษที่ใช้เรียกความสนใจจากไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่ออินเทอร์รัพต์ถูกทริกเกอร์ (trigger) ไมโครโปรเซสเซอร์จะหยุดการทำงานชั่วคราวและไปทำงานที่ถูกสั่งไว้เมื่อเกิดการอินเทอร์รัพต์นั้นๆ
2. ตัวเปรียบเทียบ (comparator) ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าขาเข้ากับแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง โดยตัว comparator จะให้สัญญาณขาออกเป็นสัญญาณสถานะต่ำ (0 โวลต์) ถ้าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงและจะให้แรงดันไฟฟ้าขาออกเป็นสัญญาณสถานะสูง (5 โวลต์) ถ้าแรงดันไฟฟ้าขาเข้ามากกว่าแรงดันอ้างอิง
3. Analog / mixed signal ขาของสัญญาณประเภทนี้จะรับได้ทั้งสัญญาณที่เป็นสัญญาณแอนะล็อกและสัญญาณดิจิทัล แต่จะมีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์บางเบอร์เท่านั้น
4. ขาสัญญาณรีเซ็ตจากภายนอก (external reset) ขาสัญญาณนี้จะใช้รีเซ็ต PC หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อลบข้อมูลในแรม (RAM) และเริ่มต้นโปรแกรมใหม่อีกครั้ง
5. ตัวดีเบาซ์เซอร์ (switch debouncer) อุปกรณ์ตัวนี้จะทำหน้าที่กรองการสะท้อน ของสัญญาณเมื่อมีการกดปุ่มโดยปราศจากตัวดีเบาซ์เซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับรู้การเปลี่ยนแปลงของสถานะสัญญาณและอาจจะอธิบายสัญญาณตัวนั้นผิดพลาดได้ การใช้ตัวดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

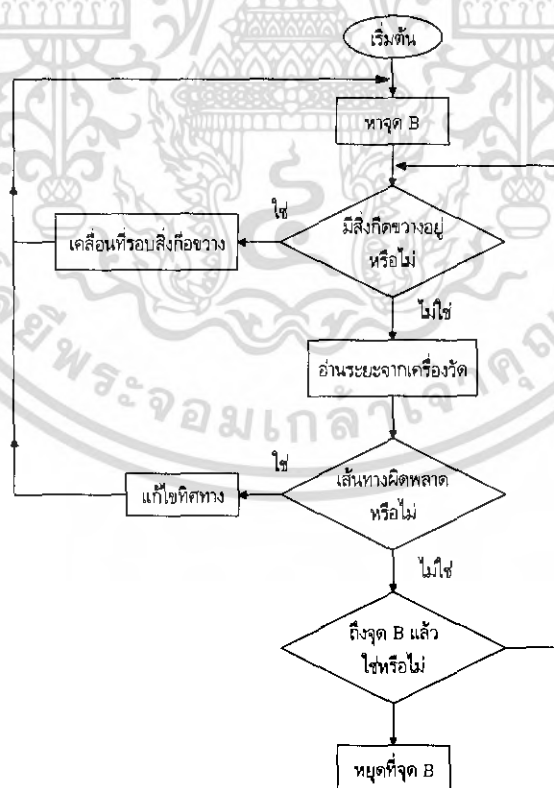
เบาว์เซอร์จะทำให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้สถานะของสัญญาณเพียงครั้งเดียว ซึ่งเป็นสถานะของสัญญาณที่ถูกต้อง

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

## 2.6 การนำร่องหุ่นยนต์

### 2.6.1 การบรรลุจุดหมาย

จุดประสงค์ของการนำร่องก็คือ การนำทางให้หุ่นยนต์สามารถเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การเดินทางดังกล่าวย่อมมีโอกาสที่จะมีอุปสรรคเข้ามากีดขวางได้เสมอ ซึ่งอุปสรรคที่ว่านั้นอาจจะเป็นอะไรก็ได้ ตั้งแต่สายไฟ แก้ว อี แอมว หรือแม้แต่มนุษย์



รูปที่ 2.1 การนำร่องหุ่นยนต์ไปยังพื้นที่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่หุ่นยนต์จะสามารถเดินทางจากจุด A ไปยังจุด B ได้นั้นหุ่นยนต์ต้องพิจารณาโดยอาศัยกระบวนการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. เรียกคำสั่งเกี่ยวกับเป้าหมาย (goal) เช่นสั่งให้ไปที่จุด B ซึ่งคำสั่งเหล่านี้อาจจะมาจากโปรแกรมคำสั่งภายนอก (external command) หรือคำสั่งกระตุ้นภายใน (internal stimulus) เมื่อแบตเตอรี่ของหุ่นยนต์เหลือน้อย อาจจะมีระบบภายในกระตุ้นให้รู้ว่าจะต้องไปที่สถานีอัดประจุไฟ
2. ค้นค่าความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่จะไป (ในที่นี้คือจุด B) และจุดที่อยู่ในปัจจุบัน (จุด A) จากนั้นจึงกำหนดเส้นทางหรือวิธีการที่จะเดินทางไป
3. หลบหลีกสิ่งกีดขวางต่างๆ ที่อาจอยู่ระหว่างทาง ถ้าสิ่งกีดขวางไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ให้อ้อมแล้วคำนวณเส้นทางใหม่เพื่อจะไปจุด B
4. แก้ไขข้อผิดพลาดในการนำร่อง ซึ่งอาจเกิดจากเหตุการณ์ต่างๆ เช่น การไกลของล้อหรืออื่นๆ ขั้นตอนนี้สามารถทำได้โดยการให้หุ่นยนต์ประเมินตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันใหม่อย่างสม่ำเสมอ ด้วยการคำนวณจากจุดอ้างอิง
5. ยกเลิกคำสั่ง ถ้าเป้าหมายไม่สามารถบรรลุได้ภายในระยะเวลาหรือระยะทางที่กำหนด

ปัจจัยต่างๆ ที่อาจเป็นสาเหตุทำให้หุ่นยนต์ของเราไม่สามารถบรรลุเป้าหมายได้ถ้ามีวัตถุที่ไม่สามารถเคลื่อนที่หรือเคลื่อนย้ายได้มากีดขวาง หุ่นยนต์จะต้องสามารถเดินอ้อมวัตถุนั้นๆ ไปได้นั้นหมายความว่าเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้ในตอนแรกจะต้องคำนวณขึ้นมาใหม่ ความผิดพลาดในเรื่องตำแหน่งและการคำนวณเส้นทางของหุ่นยนต์เป็นเองที่ปกติและเกิดขึ้นอยู่เสมอ อย่างไรก็ตามก็มีความสามารถที่จะลดผลกระทบที่เกิดจากความผิดพลาดต่างๆ เหล่านั้นโดยให้หุ่นยนต์ทำการประเมินตำแหน่ง ของตัวเองอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้วิธีอ้างอิงแบบต่างๆ เช่น การใช้แผนที่ ไฟสัญญาณหรือจุดอ้างอิง เป็นต้น

## 2.6.2 การเดินทางตามเส้นทางที่กำหนดไว้

หนึ่งในวิธีที่ง่ายที่สุดในการนำร่องหุ่นยนต์ก็คือ การให้หุ่นยนต์เดินไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้โดยใช้เครื่องหมายที่อยู่บนพื้น ซึ่งเครื่องหมายที่ว่าอาจจะเป็นสีขาวหรือสีดำที่ถูกกวาดไว้บนพื้นแข็ง หรืออาจจะเป็นสายไฟที่ถูกฝังไว้ใต้พรมหรือวิธีอื่นๆ วิธีการนำร่องหุ่นยนต์ในลักษณะนี้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานบางประเภท การใช้เทปสะท้อนแสงก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีความนิยมค่อนข้างมาก เนื่องจากสามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่ายและไม่ทำให้ผิวของพื้นเสียหาย

ระบบการนำร่องหุ่นยนต์ด้วยการใช้เทปจัดได้ว่าเป็นวิธีง่ายและได้ผลดีวิธีหนึ่ง โดยที่ระบบนี้อาจจะเป็นความสามารถเพียงอย่างเดียวของหุ่นยนต์หรือเป็นหนึ่งในหลายๆ ความสามารถของหุ่นยนต์ก็ได้

ในการนำร่องแบบใช้เทปนั้น สามารถใช้เทปสีขาวหรือเทปสีสะท้อนแสงก็ได้ โดยแบะไว้บนพื้นและเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด พื้นควรจะเป็นพื้นแข็ง ซึ่งอาจเป็นไม้ คอนกรีต หรือลิโนเลียม แต่ที่แน่ๆ คือไม่ควรเป็นพื้นพรม ควรจะติดตั้งตรวจจับแสงอย่างน้อยหนึ่งตัวบนหุ่นยนต์ โดยที่เซ็นเซอร์เหล่านี้จะทำงานร่วมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอด LED แบบอินฟราเรด และไฟโตะทรานซิสเตอร์แบบอินฟราเรดเมื่อตัวทรานซิสเตอร์ทำงาน เซ็นเซอร์ก็จะทำหน้าที่ตรวจแสงสว่างจากหลอด LED ซึ่งสะท้อนออกมาจากเทปดังนั้น ยิ่งพื้นของคุณเป็นสีเข้มเท่าใด แสงที่สะท้อนออกมาจากเทปก็ยิ่งสว่างขึ้น และจะมีผลทำให้เซ็นเซอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

หลอด LED และไฟโตะทรานซิสเตอร์ที่ติดตั้งให้หุ่นยนต์นั้นควรจะอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและควรจะมีตัวกันเพื่อหลีกเลี่ยงการกระทบกระเทือน อีกทางเลือกหนึ่งก็คือ ใช้หลอด LED ไฟโตะทรานซิสเตอร์หนึ่งคู่ โดยติดตั้งไฟโตะทรานซิสเตอร์ไว้ที่ด้านล่างหุ่นยนต์ โดยระยะห่างระหว่างไฟโตะทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวนั้นควรจะมากกว่าความกว้างของเทปที่เลือกใช้ เช่น ถ้าความกว้างของเทปที่ใช้คือ 0.25 นิ้ว ระยะห่างที่เหมาะสมของเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ตัวก็อาจจะเป็น 0.25 นิ้ว เป็นต้น

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

โดยปกติจะไม่พบแรงไฟฟ้าที่มีการหักเหด้วยมุมที่น้อยกว่า 8 องศาเหตุผลก็คือ ถ้ามุมน้อยกว่านั้นรถไฟจะสามารถทรงตัวอยู่บนรางได้ ในกรณีของหุ่นยนต์ก็เช่นกัน การหักเหของเส้นทางที่วางไว้ก็ไม่ควรต่ำกว่า 10-15 องศา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรัศมีในการเลี้ยวของหุ่นยนต์แต่ละตัว เหตุผลก็คือถ้ามุมที่เลี้ยวน้อยเกินไป หุ่นยนต์จะไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ด้วยความเร็วที่เพียงพอขณะที่พยายามจะข้ามผ่านเส้น ซึ่งผลที่อาจตามมาก็คือ หุ่นยนต์อาจจะหลุดออกมาจากเส้นตรงได้

รัศมีในการเลี้ยวของหุ่นยนต์แต่ละตัวนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบ เช่น ถ้าต้องการให้หุ่นยนต์สามารถเลี้ยวได้ด้วยมุมหรือองศาแคบๆ ก็ควรจะสร้างหุ่นยนต์ให้มีขนาดเล็ก ถ้าหุ่นยนต์สามารถคิดได้ด้วยคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถจะใช้อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์แทนการต่อโดยตรงไปที่รีเลย์ได้

### 2.6.3 การเดินตามผนัง

การใช้ผนังก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากสำหรับนำร่องหุ่นยนต์ ประโยชน์ข้อหนึ่งที่ได้เห็นได้ชัดจากการใช้วิธีนี้ก็คือ เราไม่ต้องมานั่งลากเส้นหรือแปะเทปให้เสียเวลา และถ้าเราออกแบบหุ่นยนต์ได้ดีพอหุ่นยนต์ก็สามารถหลบหลีกเคลื่อนที่รอบๆ สิ่งกีดขวางเล็กๆ ได้อีกด้วย

วิธีการเดินตามผนังแบบต่างๆ

หุ่นยนต์ที่ใช้การนำร่องแบบเดินตามผนัง (wall following) สามารถทำได้โดยการใช้วิธีหนึ่งจาก 4 วิธีดังต่อไปนี้

1. โดยการสัมผัสหุ่นยนต์สามารถใช้สวิตช์แบบกล (mechanical switch) หรือ stiff wire ที่ต่ออยู่กับสวิตช์เพื่อการรับรู้หรือรู้สึก ในกรณีที่เกิดการสัมผัสหนึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดวิธีหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของวิธีนี้ก็คือ สวิตช์จะเสียหายได้ง่ายจากการทำงานของหุ่นยนต์
2. โดยการใช้ active sensor หุ่นยนต์สามารถใช้ active proximity sensor เช่นอินฟราเรดหรืออัลตราโซนิกในการวัดหรือคำนวณระยะห่างระหว่างตัวของหุ่นยนต์กับผนังได้ ดังนั้นการสัมผัสทางกายภาพระหว่างหุ่นยนต์และผนังจึงไม่จำเป็น โดยปกติแล้วหุ่นยนต์ประเภทนี้จะใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัวเพื่อพิจารณาว่าหุ่นยนต์อยู่ในตำแหน่งที่ชนกับผนังหรือไม่
3. โดยการใช้ passive sensor หุ่นยนต์สามารถใช้ passive sensor เช่น สวิตช์แบบลิเนียร์ฮอลล์เอฟเฟกต์ (linear hall effect) โดยการคำนวณหรือวัดระยะห่างตัวของหุ่นยนต์กับผนังที่ถูกเตรียมขึ้นเป็นพิเศษ ในกรณีที่เรานำ สวิตช์แบบ Hall effect ก็สามารถใช้ตรวจจับผนังได้ด้วยสายไฟที่มีกระแสไฟฟ้าแรงต่ำ เมื่อหุ่นยนต์อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับสวิตช์ ตัวเซ็นเซอร์ต่างๆ ก็จะได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากกระแสไฟฟ้า และในกรณีที่ผนังเป็นเหล็ก ตัวเซ็นเซอร์เหล่านี้ก็ยังสามารถทำหน้าที่ช่วยในการพิจารณาระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์และผนังได้อีกด้วย
4. โดยการสัมผัสแบบเบาๆ (soft contact) วิธีนี้หุ่นยนต์จะมีการสัมผัสกับผนังทางกายภาพ โดยที่การสัมผัสนั้นจะถูกทำให้นวลขึ้นโดยการใช้วัสดุที่อ่อนนุ่ม เช่น เราสามารถใช้โฟมซึ่งมีน้ำหนักเบาทำเป็นล้อได้ผนัง ประโยชน์ข้อหนึ่งของวิธีนี้ก็คือ ช่วยลดความผิดพลาดทางกล (mechanical failure) เนื่องจากการสัมผัสระหว่างหุ่นยนต์กับผนังนั้นเกิดขึ้นโดยมีวัสดุที่อ่อนนุ่มหรือยืดหยุ่นได้มาเป็นตัวกลาง

## 2.7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

นิยามของมอเตอร์คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการดูด และผลักของสนามแม่เหล็ก

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกใช้งานอย่างกว้างขวาง เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงบิด สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามการใช้งานได้เกือบทุกรูปแบบ สำหรับการใช้งานของมอเตอร์ ในทิศทางและการหมุน การทำงานอย่างต่อเนื่องของมอเตอร์ และการลดความเร็วในระยะเวลาสั้นๆ จะอยู่ในช่วงไร้อุปสรรค (ควบคุมการลดความเร็วลงถึงศูนย์รอบต่อนาทีได้อย่างราบเรียบนุ่มนวล) มักจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อมันต้องจ่ายแรงบิดที่จะทำให้มอเตอร์หมุนมากกว่าแรงบิดขณะใช้งานปกติ 3 เท่าหรือมากกว่า และในสถานการณ์ฉุกเฉิน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถที่จะจ่ายแรงบิดได้มากกว่า 5 เท่าของแรงบิดใช้งานปกติ โดยปราศจากการหยุดกลางคัน (ต้นกำลังสามารถจ่ายกำลังให้ได้) การเบรกแบบ Dynamic (พลังงานที่เกิดจากมอเตอร์จะถูกป้อนเข้าไปยังขดลวดความต้านทาน) หรือการเบรกแบบ Regenerative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

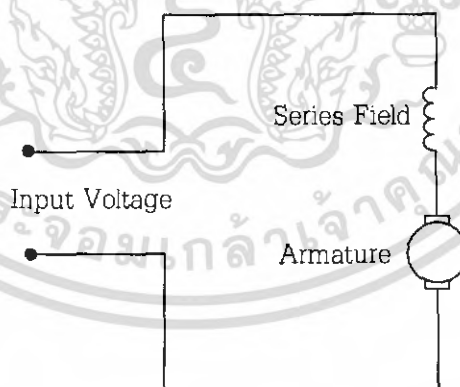
(พลังงานที่เกิดจากมอเตอร์จะถูกป้อนกลับไปยังแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง) สามารถทำได้ง่ายตายกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในการที่ต้องการให้มอเตอร์หยุดอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีเบรกทางกลหรืออาจจะลดขนาดของเบรกทางกลลงได้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถที่จะควบคุมความเร็วจนถึงศูนย์รอบต่อนาทีได้ อย่างไม่มีอุปสรรคโดยการเร่งในทิศทางตรงกันข้ามอย่างทันทีทันใด โดยไม่ต้องสับเปลี่ยนวงจรกำลังและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณควบคุม ได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากมันมีอัตราเร่งบิดต่อความเฉื่อยสูง

### 2.7.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดด้วยกันคือ

#### 1. มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor)

มอเตอร์แบบอนุกรม คือ มอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่า "ซีรีย์ฟิลด์" มีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูงนิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้าความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรม เมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมากแต่ถ้ามีโหลดมาต่อความเร็ว ก็จะลดลงตามโหลด โหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วลดลง แต่ขดลวดของมอเตอร์ไม่เป็นอันตราย จากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า ในบ้านหลายอย่างเช่นเครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร สว่านไฟฟ้า จักรเย็บผ้า เครื่องเป่าผม มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม ใช้งานหนักได้ดีเมื่อใช้งานหนักกระแสจะมากความเร็วรอบจะลดลงเมื่อไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมากอาจเกิดอันตรายได้ดังนั้นเมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ ดังรูปที่ 2.2

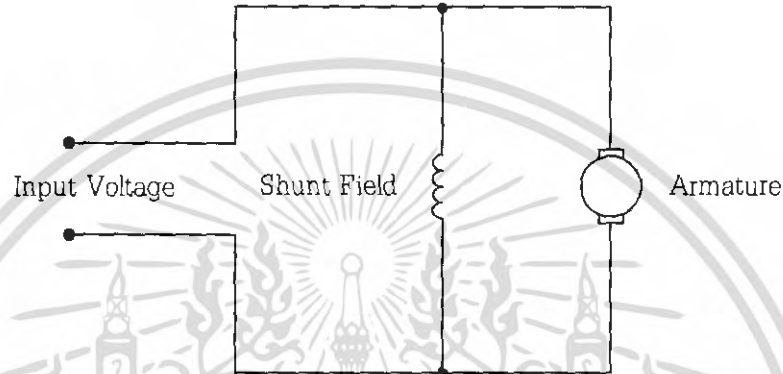


รูปที่ 2.2 วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor)

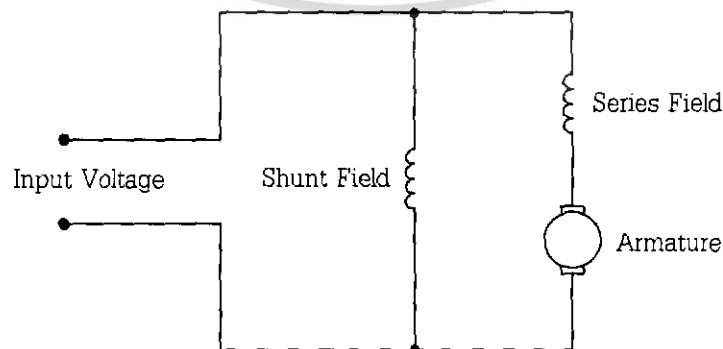
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน คือ มอเตอร์ที่มีขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อขนานกับขดลวดชุดอาเมเจอร์ มอเตอร์แบบนี้มีคุณลักษณะ มีความเร็วคงที่ แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่ความเร็วรอบคงที่ ของมอเตอร์แบบนี้ส่วนมากเหมาะกับงานดังนี้ พัดลมเพราะพัดลมต้องการความเร็วคงที่ และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย ดังรูปที่ 2.3



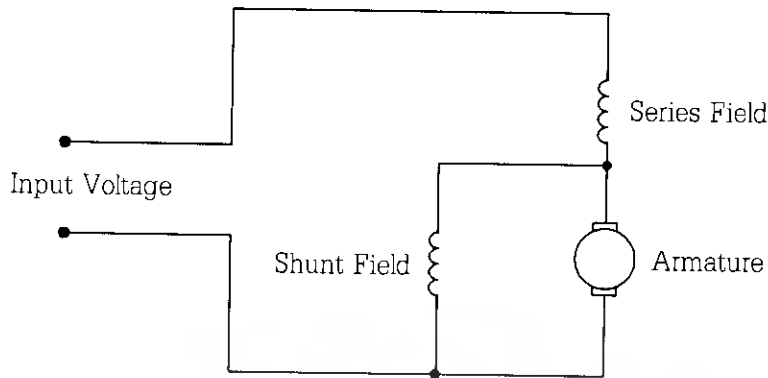
รูปที่ 2.3 วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

## 3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมหรือเรียกว่า "คอมปาวด์มอเตอร์" มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้ จะนำคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน และแบบอนุกรมมารวมกัน มอเตอร์แบบผสมมีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูงแต่ความเร็วรอบคงที่ตั้งแต่ยังไม่โหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่มี มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชั้นที่อยู่ 2 วิธี วิธีที่หนึ่งใช้ต่อขดลวดแบบชั้นขนานกับอาเมเจอร์เรียกว่า "ซีตชั้น" วิธีที่สองคือต่อขดลวดขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์เรียกว่า "ลองชั้นคอมปาวด์มอเตอร์" ดังรูปที่ 2.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน (ก) Long Shunt นั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) Short shunt

รูปที่ 2.4 วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบลองชั่นที่และแบบชอร์ตชั่นที่คอมเปา์ด

### 2.7.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

วิธีปรับความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขดลวดสนามแม่เหล็ก ตามพื้นฐานจะมี 2 วิธีในบางเวลาก็จะใช้แบบผสมทั้ง 2 วิธี

#### 1. การควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของอาร์เมเจอร์

เนื่องจากความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะแปรผันตรงกับแรงดันที่ใส่ให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์ ดังนั้นเราสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยการควบคุมแรงดันของอาร์เมเจอร์ วิธีการนี้จะใช้ในช่วงความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วที่กำหนด (Base Speed) หรือ  $n_{base}$  การควบคุมแบบนี้จะทำให้แรงบิดสูงสุดส่วนกำลังออกของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วเป็นเส้นตรง โดยจะมีกำลังออกสูงสุดความเร็วที่กำหนด การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงโดยทั่วไปจะใช้วิธีนี้เพราะให้แรงบิดสูง

#### 2. การควบคุมความเข้มของสนามแม่เหล็ก

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงในย่านความเร็วที่สูงกว่าความเร็วที่กำหนดจะทำได้โดยการควบคุมกระแสของขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ เมื่อต้องการเพิ่มความเร็วจะต้องลดขนาดของกระแสของขดลวดลง การลดความเข้มของสนามแม่เหล็กของมอเตอร์จะมีผลทำให้แรงบิดสูงสุดของมอเตอร์ลดลง ขณะที่กำลังออกสูงสุดของมอเตอร์จะไม่เปลี่ยนแปลง วิธีนี้จะใช้กับโหลดที่ต้องการความเร็วสูงโดยที่แรงบิดของโหลดจะต้องลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ไม่เช่นนั้นจะเป็นการเกินกำลังของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.7.3 การกลับทิศทางการหมุน

การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมี 2 วิธี คือ

1. เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ไหลผ่านอาเมเจอร์
2. เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ไหลผ่านวงจลวดลวดฟิลด์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไม่สามารถกลับทิศทางการหมุนได้โดยการสลับขั้วสายของมอเตอร์ทั้งนี้ เพราะจะทำให้กระแสที่ไหลผ่านทั้งอาเมเจอร์และขดลวดฟิลด์เปลี่ยนทิศทางพร้อมกันเป็นผลให้มอเตอร์หมุนในทิศทางเดิม

### 2.7.4 การเลือกมอเตอร์ให้ถูกต้องเหมาะสมกับงาน

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

#### 1. ไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับ

ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นแหล่งจ่ายพลังงานหลักสำหรับควบคุมการทำงานของวงจรรีเลย์ทรานซิสเตอร์ที่ติดตั้งบนหุ่นยนต์ การเปิด-ปิดขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า และควบคุมการทำงานของมอเตอร์

องค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของมอเตอร์คือ แปรรงถ่านที่สามารถสลับได้ ถ้าแปรรงถ่านนั้นถูกทำให้เอียงไปจะทำให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางไม่ได้ นอกจากนั้นระบบการเดินสายไฟภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงบางชนิดสามารถป้องกันตัวเองไม่ให้สามารถหมุนกลับทิศทางได้ ซึ่งการวางสายแบบนี้ค่อนข้างยากและจะใช้กับงานบางประเภทเท่านั้น

มอเตอร์แบบต่อเนื่องและแบบลำดับขั้น (Stepping) นั้นมีทั้งแบบต่อเนื่องและแบบเป็นลำดับขั้น (Stepping) ซึ่งมีข้อแตกต่างกันดังนี้คือ มีการทำงานโดยใช้พลังงานไปทำให้เพลลาหมุนอย่างต่อเนื่อง เพลลาจะหยุดหมุนเมื่อปิดแหล่งจ่ายพลังงานเท่านั้น

มอเตอร์แบบต่อเนื่องมีหลายชนิดเช่น ชนิดแม่เหล็กถาวรที่ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า ชนิดไม่ใช้แปรรงถ่าน และชนิดความต้านแม่เหล็กที่สามารถเปลี่ยนค่าได้สำหรับข้อแตกต่างของมอเตอร์ชนิดต่างๆ สำหรับมอเตอร์แบบลำดับขั้นการทำงานนั้นจะใช้พลังงานไฟฟ้าไปทำให้เพลลาหมุน 2-3 องศาแล้วก็หยุด การหมุนที่ต่อเนื่องของเพลลาจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีพลังงานไปกระตุ้นที่มอเตอร์เป็นจังหวะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่อเนื่องจะมีบางประเภทที่เป็นแบบลำดับขั้น เช่น มอเตอร์แบบลำดับขั้นแบบแม่เหล็กถาวร ซึ่งเป็นชนิดที่ใช้งานได้ง่ายประเภทหนึ่ง

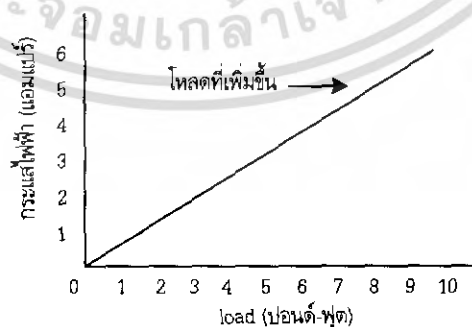
#### 2. รายละเอียดเกี่ยวกับมอเตอร์

1. แรงดันไฟฟ้า มอเตอร์ทุกตัวจะถูกจำแนกตามแรงดันไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กจะมีค่าอัตราแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.5-6 โวลต์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพสูงบางชนิดถูกออกแบบมาสำหรับค่าแรงดันไฟฟ้าเฉพาะค่าหนึ่งเช่น 12 หรือ 24 โวลต์ มอเตอร์ที่ได้รับความสนใจจากนักสร้างหุ่นยนต์มากที่สุดเป็นมอเตอร์ที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำอยู่ในช่วง 1.5-12 โวลต์ มอเตอร์ส่วนใหญ่สามารถทำงานได้ในช่วงแรงดันไฟฟ้าที่สูงหรือต่ำกว่าที่กำหนดไว้ มอเตอร์ 12 โวลต์ มักจะใช้งานที่ 8 โวลต์ซึ่งต่ำกว่าที่กำหนดไว้ แต่จะให้กำลังน้อยกว่าปกติและจะหมนช้า เราจะพบว่ามอเตอร์ส่วนใหญ่จะไม่ทำงานที่ค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 50% ของอัตราที่กำหนดไว้เช่นเดียวกับมอเตอร์ 12 โวลต์จะทำงานที่ 16 โวลต์อาจคิดว่าอัตราเร็วของการหมุนของเพลามากขึ้น จึงทำให้มอเตอร์ทำงานที่ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าที่กำหนดไว้ การทำให้มอเตอร์ทำงานที่ค่าแรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าที่กำหนดมากกว่า 30% หรือ 40% เป็นสิ่งที่ไม่ควรทำเพราะการหมนด้วยความเร็วที่สูงมากจะทำให้เกิดความร้อนสูงจนมอเตอร์เสียหายอย่างถาวรได้

2. การไหลของกระแสไฟฟ้า เมื่อพิจารณามอเตอร์ขณะกำลังทำงานร่วมกับโหลดต่างๆ ปริมาณกระแสไฟฟ้าในขณะที่ไม่ต่อมอเตอร์เข้ากับโหลดใดๆ จะมีค่าต่ำแต่สำหรับมอเตอร์แบบเดียวกันที่ใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ ปริมาณกระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นจาก 300% เป็น 500% หรือ 1000% ของมอเตอร์ตัวที่ไม่มีโหลดอยู่ สำหรับมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวรซึ่งเป็นชนิดที่นิยมมากที่สุด ปริมาณกระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามโหลดที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ จากรูป 2.5 เมื่อมีงานที่มอเตอร์ต้องหมนเพลามากขึ้นเท่าใด ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ต้องยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย เมื่อถึงจุดหนึ่งที่มอเตอร์ทำงานเต็มที ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะไม่เพิ่มขึ้นและเพลาก็หยุดหมนกำลังของมอเตอร์ก็จะตก (stalled) มีมอเตอร์บางชนิดเท่านั้น ที่มีการกำหนดอัตรากระแสไฟฟ้า ที่ไหลผ่านในขณะที่มอเตอร์หยุดกลางคันซึ่งเป็นสภาวะที่แย่มากที่สุดและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะไม่มากเกินไปกว่านี้แน่ ถ้ามอเตอร์ไม่ลัดวงจรไปเสียก่อนดังนั้น ถ้าระบบมีการออกแบบให้จัดการกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสภาวะที่หยุดกลางคันได้



รูปที่ 2.5 ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ได้รับจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับโหลดที่เพลามากขึ้น

ปัญหาต่างๆ ก็จะแก้ไขได้ไม่ยากนัก มอเตอร์ที่กำหนดอัตราการไหลของกระแสไฟฟ้าใน ขณะที่หยุดกลางคันไว้จะมีป้ายหรือรายละเอียดกำกับอยู่

3. อัตราเร็ว อัตราเร็วในการหมุนของมอเตอร์จะถูกกำหนดให้มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที (rpm) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงส่วนใหญ่มีอัตราเร็วปกติอยู่ในช่วง 4000-7000 รอบต่อนาที และจะมีมอเตอร์ที่ออกแบบมาให้ใช้กับวัตถุประสงค์เฉพาะอย่างเช่น ใช้ในเครื่องบันทึกเทปและ เครื่องเล่น CD ซึ่งทำงานด้วยอัตราเร็ว 2000-3000 รอบต่อนาที สำหรับมอเตอร์ที่ใช้กับ หุ่นยนต์ ความเร็วที่กล่าวมานั้นจะมีค่ามากเกินไปควรลดให้เหลือไม่เกิน 150 รอบต่อนาที โดยใช้เฟืองหลายตัวต่อเข้าด้วยกัน อัตราเร็วของสเตปเปอร์มอเตอร์ไม่มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที แต่เป็นจังหวะต่อวินาที ซึ่งจะเท่ากับจำนวนสเตปที่ต้องการในการหมุนครบหนึ่งรอบ คูณกับจำนวนสเตปที่จ่ายให้กับมอเตอร์ในแต่ละวินาที จากการเปรียบเทียบความเร็วรอบของสเตปเปอร์มอเตอร์จะอยู่ในช่วง 100-140 รอบต่อนาที
4. แรงบิด คือแรงที่มอเตอร์ให้กับโหลดที่ต่ออยู่ ยิ่งออกแรงบิดมากโหลดก็จะมาก และมอเตอร์ก็จะหมุนเร็วขึ้น เมื่อลดแรงบิดมอเตอร์ก็จะหมุนช้าลง แต่ยังคงให้โหลดเท่าเดิม เมื่อลดแรงบิดลงอีก จะเห็นว่ามอเตอร์มีกำลังไม่พอ และจะหยุดหมุนกลางคันแต่ยังมีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ จึงทำให้มอเตอร์ร้อน

### 3. 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 และเฟืองยังสามารถส่งแรงจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ด้วย แต่ก็ยังเป็นเพียงประโยชน์รองเมื่อเทียบกับการใช้ด้านอื่นๆ เฟืองเปรียบเสมือนคานที่มีลักษณะกลม ซึ่งอาจอธิบายความสัมพันธ์ของเฟืองต่างๆ ได้โดยการสอบพื้นฐานเชิงกลศาสตร์ของคาน โดยตอนแรกอาจทำการวางคานไว้บนจุดกึ่งกลาง ให้ด้านที่ยาวอยู่ด้านหนึ่ง และด้านที่สั้นกว่าอยู่อีกด้านหนึ่ง โดยใช้แรงผลักดันที่ยาวกว่า และด้านที่สั้นกว่าจะหมุนตามไปถึงแม้ว่าเราจะออกแรงผลักดันให้เคลื่อนที่ไปเป็นระยะในหน่วยฟุต ด้านที่สั้นกว่าก็จะเคลื่อนที่ไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

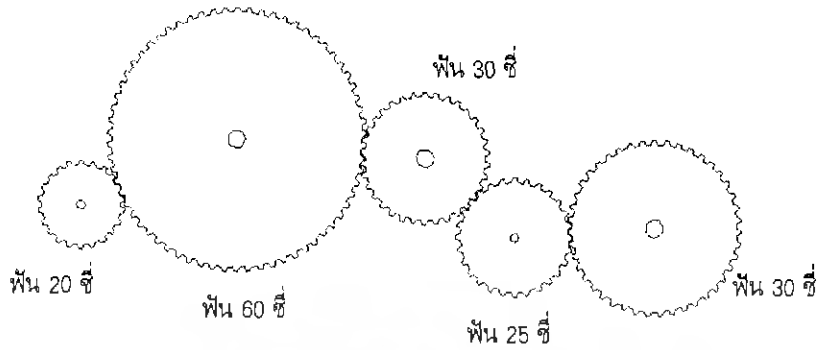
ไม่กี่นิ้วเท่านั้น แสดงว่าแรงที่กระทำทางด้านสั้นจะมากกว่าแรงที่กระทำทางด้านยาว เราสามารถนำความจริงทางฟิสิกส์นี้ไปใช้ได้ในเวลาที่สุดดินจากพื้นดิน โดยใช้เสียมหรือพลั่วหรือเวลาทำการยกกรดด้วยแม่แรงรถยนต์ ขณะเปลี่ยนยาง เมื่อก้าวถึงเฟืองการต่อเฟืองเล็กเข้ากับเฟืองใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 เฟืองเล็กจะถูกขับเคลื่อนโดยตรงจากมอเตอร์ เมื่อเฟืองเล็กหมุนครบ 1 รอบเฟืองใหญ่จะหมุนได้ครึ่งรอบหรือกล่าวได้อีกทางหนึ่งว่า ถ้ามอเตอร์และเฟืองเล็กหมุนด้วยความเร็ว 1000 รอบต่อนาที เฟืองใหญ่จะหมุนด้วยความเร็ว 500 รอบต่อนาทีหรือกล่าวได้ว่าอัตราส่วนของเฟืองคือ 2 ต่อ 1



รูปที่ 2.6 รูปที่ใช้แทนเฟืองทดรอบที่มีอัตราส่วน 2:1

จะสังเกตเห็นว่ามีข้อสำคัญอีกประการหนึ่งนอกเหนือจากการเปรียบเทียบในเรื่องของคาบที่วางอยู่บนจุดหมุน คือ การลดความเร็วรอบของมอเตอร์จะทำให้แรงบิดเพิ่มมากขึ้น กำลังที่ได้จะมีค่ามากกว่าประมาณ 2 เท่าของกำลังที่ให้ และมีกำลังบางส่วนสูญเสียไปเนื่องจากจากการทดรอบนี้ ซึ่งเกิดจากแรงเสียดทานระหว่างเฟือง ถ้าเฟืองที่ขับเคลื่อนกับเฟืองที่ถูกขับเคลื่อนมีขนาดเดียวกัน ความเร็วในการหมุนก็จะไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลง และแรงบิดก็จะมีผลกระทบแต่อย่างใด (นอกจากเกิดการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน) สามารถใช้เฟืองขนาดเดียวกันเพื่อส่งกำลังจากเพลานหนึ่งไปยังอีกอันหนึ่งได้ในหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้น เช่น การขับเคลื่อนชุดของล้อที่มีอัตราเร็วเท่ากันและทิศทางเดียวกัน

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

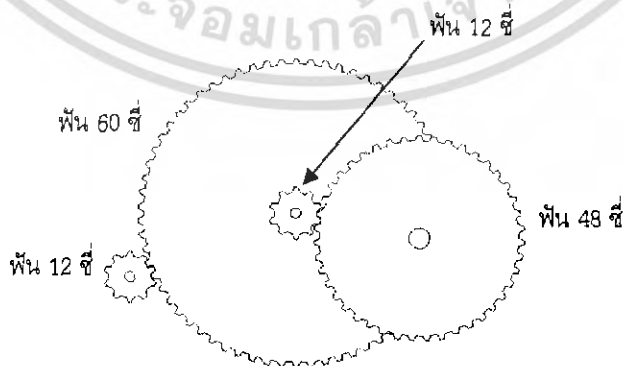


รูปที่ 2.7 เฟืองหลายตัวถูกขับโดยเฟืองที่มีจำนวนฟัน 20 ซี่ตัวเดียว

เราสามารถโยงเฟืองหลายๆ เฟืองเข้าด้วยกันได้ถึงแม้ว่าเฟืองเหล่านั้นจะมีฟันเฟืองจำนวนต่างกัน ดูรูปที่ 2.6 ถ้าใช้เครื่องวัดความเร็วรอบต่อเข้ากับจุดกึ่งกลางของเฟืองแต่ละอัน เราก็จะสามารถวัดอัตราความเร็วของเฟืองแต่ละอันได้

1. อัตราเร็วจะลดลงเสมอเมื่อทอดรอบจากเฟืองเล็กไปเฟืองใหญ่
2. อัตราเร็วจะเพิ่มขึ้นเสมอเมื่อทอดรอบจากเฟืองใหญ่ไปเฟืองเล็ก

หลายครั้งที่ต้องการลดความเร็วของมอเตอร์จาก 5000 รอบต่อนาทีเป็น 50 รอบต่อนาที การลดของอัตราเร็วดังกล่าวมีอัตราส่วน 100 ต่อ 1 จึงจำเป็นต้องใช้เฟืองที่มีจำนวนฟัน 10 ซี่ไปขับเคลื่อนที่มีจำนวนฟัน 1000 ซี่ ซึ่งเฟืองที่มีขนาดใหญ่กว่าจะเป็นตัวขับที่มาจากมอเตอร์ สามารถลดความเร็วรอบของมอเตอร์ได้โดยจัดเรียงเฟืองดังแสดงในรูปที่ 2.7 เฟืองที่เป็นตัวขับจะขับเฟืองขนาดใหญ่ที่มีเฟืองอันเล็กยึดติดอย่างถาวรบนแกนเพลาดียวกัน ซึ่งเฟืองขนาดเล็กอันนี้จะไปขับเฟืองตัวสุดท้าย เราสามารถใช้หลักการนี้ในการติดตั้งเฟืองหลายชุดจนกว่าจะได้ค่าความเร็วรอบตามที่ต้องการ แต่อัตราการทอดรอบของวิธีการนี้จะมีค่าน้อย ซึ่งจะเห็นการทอดรอบของเฟืองที่ใช้หลักการนี้เป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 2.8 การทอดรอบของเฟืองที่เกิดจากเฟืองที่ติดตั้งอยู่บนแกนเพลาดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้มอเตอร์ที่มีเฟืองทดรอบการใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการติดตั้งเฟืองทดรอบเป็นชุดอยู่แล้วนั้นทำได้ง่ายมาก ซึ่งเป็นการประหยัดเวลาในการหาเฟืองทดรอบที่เหมาะสมกับมอเตอร์ และยังสามารถนำไปติดตั้งกับงานอื่นได้อีกด้วย ในการเลือกมอเตอร์ที่มีเฟืองทดรอบโดยส่วนใหญ่จะสนใจเรื่องอัตราเร็วที่ได้จากเฟืองทดรอบ ซึ่งไม่ใช่ความเร็วรอบจริงของมอเตอร์ แรงบิดขณะทำงานและแรงบิดช่วงหยุดกลางคัน ของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก จึงต้องตรวจดูให้แน่ใจก่อนว่าแรงบิดที่มีนั้นเหมาะสมสำหรับชุดเฟืองทดรอบไม่ใช่ของตัวมอเตอร์เอง

ระบบเฟืองทดรอบส่วนใหญ่จะมีเพลาด้านทางออกอยู่ตรงข้ามกับเพลาด้านทางเข้า แต่ในชุดอื่นๆ ทางออกกับทางเข้าจะอยู่ด้านเดียวกัน ชุดเฟืองทดรอบจะวางเยื้องจากแนวเพลานั่นอื่นๆ จะเรียกว่าเป็นการขับเคลื่อนแบบเปลี่ยนทิศทางเป็นมุมฉาก ซึ่งเราควรเลือกชุดเฟืองทดรอบที่เหมาะสมที่สุดกับมอเตอร์ที่จะใช้งาน ซึ่งจะพบว่าเพลที่อยู่ด้านตรงข้ามเป็นตัวเลือกที่ดี และระบบการขับเคลื่อนแบบเปลี่ยนทิศทางเป็นมุมฉากก็ใช้ได้ดี แต่อาจจะราคาสูง จำเป็นต้องใส่เฟืองทดรอบเข้าไปด้วย หรือจะออกแบบเองก็ได้ถ้ามอเตอร์ยังไม่มีเฟืองทดรอบ อย่างไรก็ตามการออกแบบเองก็มีข้อควรระวังดังนี้

1. เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลของมอเตอร์และชุดเฟืองทดรอบอาจแตกต่างกัน ดังนั้นเราจึงต้องแน่ใจว่ามอเตอร์กับเฟืองทดรอบสามารถใช้ด้วยกันได้
2. ชุดเฟืองทดรอบเพียงอย่างเดียวนั้นหาซื้อได้ยาก โดยส่วนใหญ่แล้วจะหาได้จากมอเตอร์ที่ชำรุดแล้ว โดยเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่เก่าแล้ว ซึ่งจะมีชุดเฟืองทดรอบที่มีคุณภาพดีประกอบอยู่
3. เมื่อทำการสร้างชุดเฟืองทดรอบ ต้องแน่ใจว่าชุดเฟืองทุกอันมีขนาดเท่ากันและต่อกันได้กับเฟืองอื่นๆ ซึ่งไม่ใช่เรื่องง่าย
4. การสร้างชุดเฟืองทดรอบนั้นต้องได้ขนาดที่เที่ยงตรง เพราะถ้าเกิดข้อผิดพลาดเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้ฟันเฟืองชนกันได้ไม่สมบูรณ์

ลักษณะของเฟืองประกอบด้วยฟันจำนวนมาก และฟันเฟืองก็มีหลายขนาด หลายแบบ เฟืองตรง นั้นเป็นแบบที่ธรรมดาที่สุดซึ่งจะมีฟันอยู่รอบๆ ขอบนอกของเฟือง เฟืองตรงจะใช้เมื่อเพลที่ขับเคลื่อนและเพลที่ถูกขับเคลื่อนขนานกัน เฟืองดอกจอก จะมีฟันอยู่บนพื้นผิวของวงกลมมากกว่าอยู่บนขอบ ซึ่งจะใช้ในการส่งกำลังระหว่างเพลที่ตั้งฉากกัน

เฟืองหักมุม ก็มีการทำงานที่คล้ายกัน แต่ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อใช้ทดรอบ ทั้งเฟืองตรง เฟืองดอกจอก และเฟืองหักมุมนั้นสามารถหมุนกลับทิศทางได้ กล่าวคือ เราสามารถขับเฟืองจากปลายอีกด้านหนึ่งของชุดเฟืองทดรอบเพื่อทำให้ความเร็วรอบด้านทางเข้าเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้

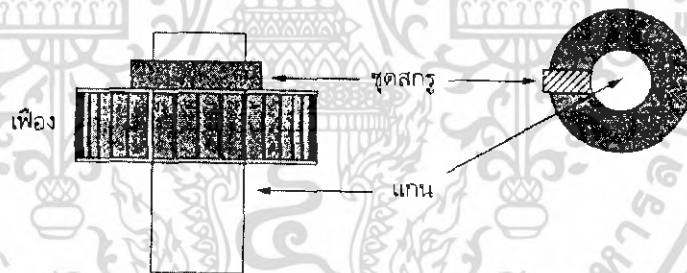
เฟืองตัวหนอน จะส่งกำลังในแนวตั้งฉากคล้ายกับเฟืองดอกจอกและเฟืองหักมุมแต่มีการออกแบบที่มีเอกภาพกว่า มีลักษณะคล้ายเกลียวเชือก ซึ่งจะทำหน้าที่ส่งกำลัง เมื่อเฟืองหมุนเกลียวก็จะประสานกันกับเฟืองตรง (ชุดประกอบที่ใช้ควรเป็นเกลียวทรงกระบอก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบของเฟืองตัวหนอนถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้ตรอบได้ในอัตราสูง เฟืองนี้ไม่สามารถหมุนกลับทิศทางได้ ทำให้เราไม่สามารถขับเคลื่อนเฟืองตัวหนอนโดยการหมุนเฟืองตรงได้ สิ่งนี้เป็นจุดสำคัญ เพราะทำให้ระบบเฟืองตัวหนอนเป็นระบบที่สามารถล็อกได้โดยอัตโนมัติ เฟืองตัวหนอนเหมาะสำหรับใช้เป็นแขนของหุ่นยนต์เพราะเป็นที่ที่เราต้องรักษาตำแหน่งไว้ ถ้าใช้เฟืองแบบอื่น แขนของหุ่นยนต์จะตกลงมาด้วยแรงโน้มถ่วงเมื่อเราไม่ป้อนพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์

เฟืองสะพาน นั้นคล้ายกับเฟืองตรงเวลาที่คลี่ออกมาเป็นแผ่นแบนราบ ซึ่งถูกนำมาใช้เปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบหมุน ให้เป็นการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น เฟืองสะพานมีลักษณะเป็นเฟืองที่ล็อกตัวเองได้อีกชนิดหนึ่ง แต่ไม่แข็งแรงเท่ากับที่พบในเฟืองตัวหนอน การต่อเพลลาของมอเตอร์เข้ากับเฟือง เฟืองทรอบ ล้อ คาน หรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรเหมือนจะเป็นงานที่ยากที่สุดในบรรดางานทั้งหมด เพราะของมอเตอร์มีหลายขนาด และเพลลาที่สร้างขึ้นมาจะใช้ได้กับมอเตอร์ที่ออกแบบไว้เท่านั้น

การต่อส่วนต่างๆ เช่น เฟืองและโซ่ฟันเฟือง จำเป็นอย่างยิ่งที่เฟืองหรือโซ่ฟันเฟืองนั้นจะต้องมีลักษณะที่สามารถตรึงแน่นเข้ากับเพลลาได้โดยใช้ชุดของสกรูดังแสดงในรูปที่ 2.8 เฟืองและโซ่ฟันเฟืองที่มีคุณภาพดีส่วนใหญ่จะมีชุดของสกรูอยู่ในตัวอยู่แล้ว ถ้าเฟืองหรือโซ่ฟันเฟืองไม่มีชุดของสกรูและไม่มีรูไว้ให้ ก็จะต้องเจาะรูและทำเกลียวไว้ให้สกรูสามารถยึดติดกันได้



รูปที่ 2.9 การใช้สกรูยึดระหว่างเฟืองกับเพลลา

ถ้าเกิดไม่สามารถใช้ชุดของสกรูได้ มี 2 วิธีคือ วิธีแรก ใส่สลักหรือลิ้มเพื่อยึดเฟืองหรือโซ่ฟันเฟืองเข้ากับเพลลา วิธีนี้จำเป็นจะต้องเจาะรูใส่สลักที่เพลลาและคุมของเฟืองหรือโซ่ฟันเฟืองไว้ด้วย วิธีที่สองคือ ร้อยเพลลาของเฟืองและติดตั้งเฟืองหรือโซ่ฟันเฟืองโดยใช้หนีต และแหวนสปริงที่มีลักษณะเป็น 2 ซีก บางครั้งจำเป็นต้องใช้การร้อยเพลลา ในการต่อเพลลาเข้ากับล้อซึ่งเมื่อได้ใช้ทั้งสองวิธีนี้แล้วจะพบว่า การร้อยเพลลาเป็นวิธีที่ง่ายกว่า ในการร้อยเพลลานั้นจะต้องล็อกเพลลาไว้ไม่ให้หมุน ซึ่งอาจจะทำให้เกิดปัญหาหับมอเตอร์บางชนิดได้ และต้องตรวจสอบดูด้วยว่าฝุ่นผงจากการตะไ่โดยวิธีการเหล่านี้ไม่ตกลงไปในมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

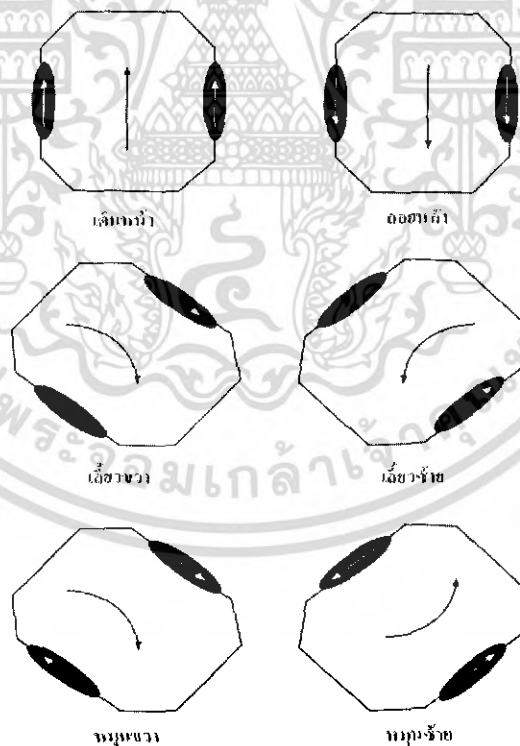
## 2.7.5 การขับเคลื่อนหุ่นยนต์ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

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

การให้พลังงานกับหุ่นยนต์ โดยการขับเคลื่อนหุ่นยนต์โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า นอกจากนั้นยังสามารถนำหลักการควบคุมมอเตอร์นี้ไปใช้ได้กับการควบคุมมอเตอร์ในงานอื่นๆ ได้เช่น การเปิด-ปิดส่วนของมือจับ การงอของส่วนข้อศอก และการตรวจสอบตำแหน่งโดยใช้ตัวตรวจจับ

### 1. หลักการพื้นฐาน

นอกจากแบตเตอรี่แล้ว มอเตอร์ไฟฟ้าก็เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีน้ำหนักมากที่สุดในตัวหุ่นยนต์ จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงตำแหน่งของการวางบนตัวของหุ่นยนต์ด้วย และจะต้องกระจายน้ำหนักให้เกิดการเหมาะสมมากที่สุด ส่วนใหญ่การออกแบบหุ่นยนต์จะใช้มอเตอร์จำนวนสองตัวขับเคลื่อนล้อทั้งสองล้อไปข้างหน้าหรือถอยหลัง ดังแสดงในรูปที่ 2.10



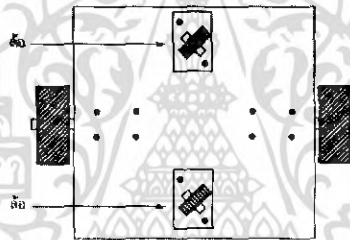
รูปที่ 2.10 มอเตอร์และล้อที่ติดตั้งทำให้หุ่นยนต์สามารถที่จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ถอยหลัง เลี้ยวขวา และเลี้ยวซ้ายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเลี้ยวนั้นสามารถทำได้โดยการหยุดล้อไคล้อหนึ่ง ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์สามารถหมุนไปในทิศทางที่ต้องการได้หรือทำให้ล้อข้างใดข้างหนึ่งหมุนกลับในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์สามารถเลี้ยวได้อย่างรวดเร็วในวงเลี้ยวแคบๆ ได้อีกด้วย

สำหรับการวางตำแหน่งของล้อนั้นสามารถวางตำแหน่งใดก็ได้ตามความเหมาะสมโครงสร้างของหุ่นยนต์ ถ้าวางไว้ตรงกลางดังรูปที่ 2.11 ก็จะใช้ลูกกลิ้ง 2 ตัวช่วยในการเพิ่มความสมดุล ถ้าวางล้อไว้ตรงกลาง ก็จำเป็นจะต้องวางตำแหน่งของแบตเตอรี่บนแกนของล้อหรืออยู่บนแนวของเพลาล้อ เพื่อที่จะทำให้เกิดความสมดุลมากที่สุด

การวางตำแหน่งของล้อสามารถวางที่ตำแหน่งปลายด้านหนึ่งของโครงสร้าง ซึ่งในกรณีนี้ควรจะนำลูกกลิ้งที่สามารถหมุนได้ มาติดตั้งเพื่อความสมดุลที่ปลายด้านตรงข้าม จะสังเกตได้ว่าน้ำหนักของโครงสร้างจะตกลงบนตำแหน่งด้านที่มีมอเตอร์อยู่ จึงควรที่จะวางแบตเตอรี่เพื่อปรับประูให้จุดที่รับน้ำหนักอยู่ตรงตำแหน่งที่ติดตั้งล้อนี้ เพื่อให้ล้อเป็นตัวรับน้ำหนักของโครงสร้าง



รูปที่ 2.11 ล้อแบบหมุนที่ติดตั้งไว้ต่ำกว่าล้อที่ขับเคลื่อนทั้งสองล้อ

## 2. ความเร็วในการเคลื่อนที่

ความเร็วในการหมุนของมอเตอร์และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ใช้ในการหาความเร็วของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ สำหรับงานทั่วไป ความเร็วรอบของมอเตอร์ไม่ควรเกิน 130 รอบต่อวินาที เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกอยู่ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะไม่เกิน 4 ฟุตต่อวินาทีเมื่อใช้ล้อขนาดปกติ ซึ่งเร็วพอสมควร ความเร็วที่พอเหมาะจะอยู่ที่ประมาณ 1-2 ฟุตต่อวินาที ซึ่งก็ต้องลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อหรือใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วรอบน้อยกว่าหรือปรับเปลี่ยนแปลงทั้งสองอย่าง

### วิธีการคำนวณความเร็วของหุ่นยนต์

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

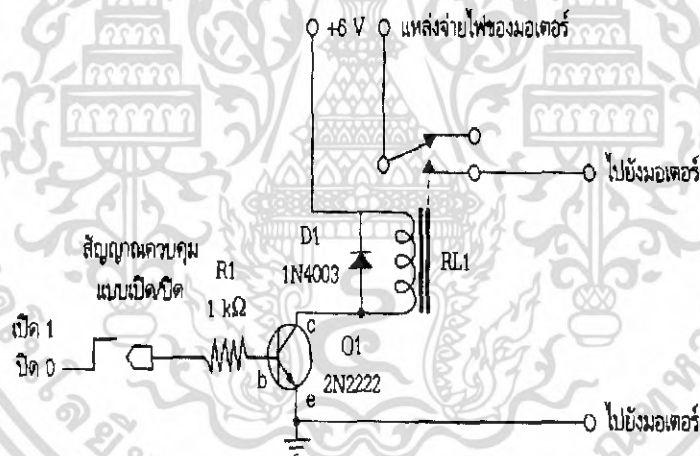
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. การควบคุมรีเลย์

การควบคุมทิศทางหมุนของมอเตอร์โดยใช้รีเลย์นั้นเป็นการควบคุมการหมุนแบบทางเดียว ซึ่งเป็นวิธีการที่เก่าและค่อนข้างยุ่งยาก เราควรจะหาวิธีการอื่นมากกว่าที่จะใช้วิธีการนี้ เพราะอาจจะพบปัญหาในขณะที่ใช้งาน เช่น รีเลย์เกิดการชำรุดในขณะที่ใช้งานแต่วิธีการนี้มีข้อดีคือ เป็นวิธีการที่ประหยัดกว่าวิธีอื่นๆ ใช้งานง่าย และใช้พื้นที่ขณะติดตั้งน้อย

การควบคุมรีเลย์ประเภท single-pole เป็นการควบคุมแบบเปิด-ปิดคือ รีเลย์จะยกขึ้นเมื่อไม่มีกระแสไหลผ่านและรีเลย์จะไม่ทำงาน ถ้ารีเลย์อยู่ในสถานะปิดกระแสไฟฟ้าจะสามารถไหลผ่านรีเลย์ได้ ทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้

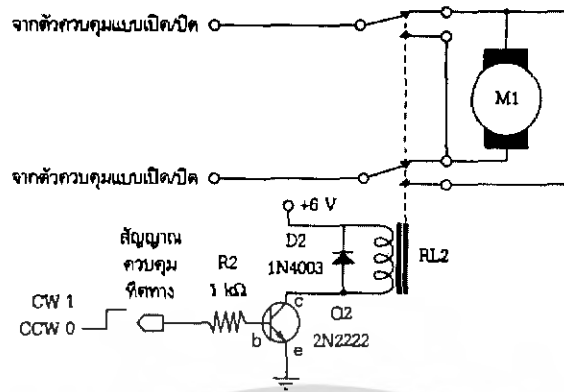
การควบคุมรีเลย์ให้ทำงานได้นั้นสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น ทำเป็นปุ่มกด ซึ่งเป็นวิธีการควบคุมแบบธรรมดา หรือการใช้สัญญาณดิจิทัล (สัญญาณเป็น "0" รีเลย์จะปิด หรือสัญญาณเป็น "1" รีเลย์จะเปิด) ดังรูปที่ 2.11 หรืออาจใช้เกต (gate) แบบต่างๆ และอาจรวมไปถึงการใช้คอมพิวเตอรืในการควบคุมผ่านทางพอร์ตของคอมพิวเตอร์หรือไม่โครโปรเซสเซอร์



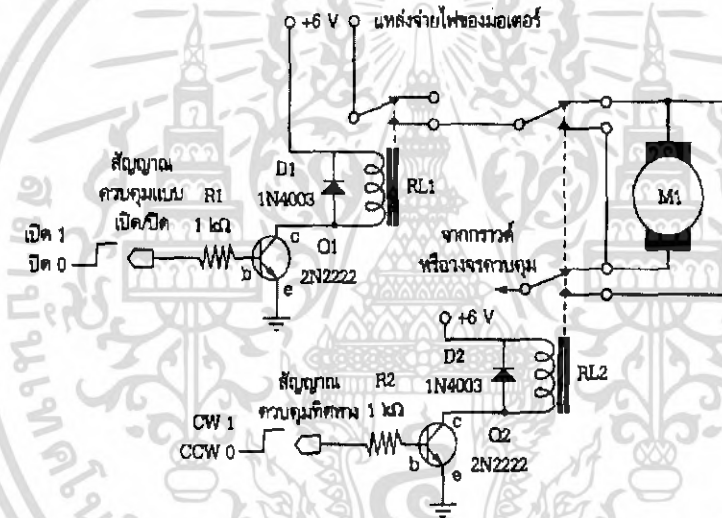
รูปที่ 2.12 การใช้รีเลย์ในการเปิด-ปิดมอเตอร์โดยใช้สัญญาณแบบ TTL

การควบคุมการทำงานของมอเตอร์จะมีความยุ่งยากบ้างเล็กน้อย รีเลย์ที่ใช้ต้องเป็นแบบ DPDT ดังรูปที่ 2.13 โดยถ้าหน้าสัมผัสที่อยู่ภายในรีเลย์สัมผัสกับปลายอีกด้านหนึ่ง จะทำให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา ซึ่งเราสามารถให้สัญญาณดิจิทัลเป็นตัวควบคุมได้ ถ้าสัญญาณเป็น "0" จะทำให้มอเตอร์หมุนไปอีกด้านหนึ่ง และถ้าสัญญาณเป็น "1" มอเตอร์ก็จะหมุนไปในทิศทางตรงกันข้าม ดังแสดงในรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การควบคุมการหมุนของมอเตอร์โดยใช้รีเลย์สัญญาณแบบ TTL



รูปที่ 2.14 วงจรควบคุมแบบเปิด/ปิดและควบคุมทิศทางของมอเตอร์ในวงจรเดียวกัน

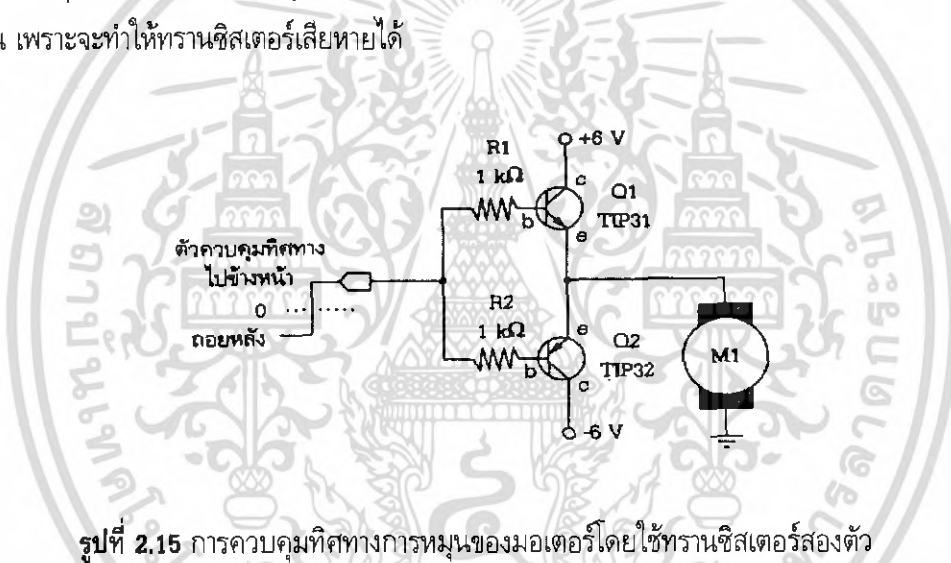
จากหลักการดังกล่าวจะทำให้เราสามารถใช้อุปกรณ์เพียง 2 บิต ("0" กับ "1") เป็นตัวควบคุมการทำงาน และทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ แต่โดยทั่วไปแล้วการสร้างหุ่นยนต์จะใช้ชุดขับเคลื่อนสองชุดหมายความว่า ต้องใช้อุปกรณ์จำนวน 4 บิตในการควบคุม เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกันได้ตามเงื่อนไขของการเคลื่อนที่ ในการเลือกกริเลย์เพื่อนำมาใช้งานควรคำนึงถึงกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการดึงหน้าสัมผัสที่อยู่ภายในตัวรีเลย์ให้ทำงานได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.5 จนถึงมากกว่า 10 แอมแปร์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 125 โวลท์ สำหรับรีเลย์ที่ต้องใช้กระแสไฟฟ้าสูงนั้นจะต้องใช้ทรานซิสเตอร์ที่มีความสามารถเพียงพอที่จะสามารถทำให้รีเลย์ทำงานได้ โดยปกติแล้วรีเลย์ที่มีขนาดเล็กๆ นั้นสามารถที่จะใช้สัญญาณดิจิทัลเป็นตัวควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้โดยไม่ต้องอาศัยทรานซิสเตอร์เป็นตัวช่วย สำหรับงานทั่วไปแล้วไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อัตราการใช้กระแสไฟฟ้าถึง 2-3 แอมแปร์

#### 4. ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โดยทั่วไปจะมีการใช้งานอยู่ 2 แบบ คือ แบบแรกจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.14 ซึ่งจะเห็นว่าเราใช้ทรานซิสเตอร์ในการควบคุมการทำงานทั้งหมด โดยถ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับทรานซิสเตอร์ตัวแรก มอเตอร์ก็จะหมุนตามเข็มนาฬิกา และถ้าไม่จ่ายกระแสไฟฟ้า มอเตอร์ก็จะไม่หมุนแต่ถ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับทรานซิสเตอร์อีกตัวหนึ่ง มอเตอร์ก็จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา จะเห็นได้ว่าการออกแบบในลักษณะนี้จะต้องใช้แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบสองขั้วจากรูปจะเป็นการจ่ายกระแสไฟฟ้าขนาด +6 และ -6 โวลต์ให้กับมอเตอร์ขนาด 6 โวลต์ 1 ตัวถ้าใช้รีเลย์ประกอบก็จะสามารถควบคุมการเปิด-ปิดด้วยสัญญาณดิจิตอลได้ง่ายขึ้น แต่ไม่ควรจ่ายกระแสไฟฟ้าทั้งสองทางในเวลาเดียวกัน เพราะจะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้



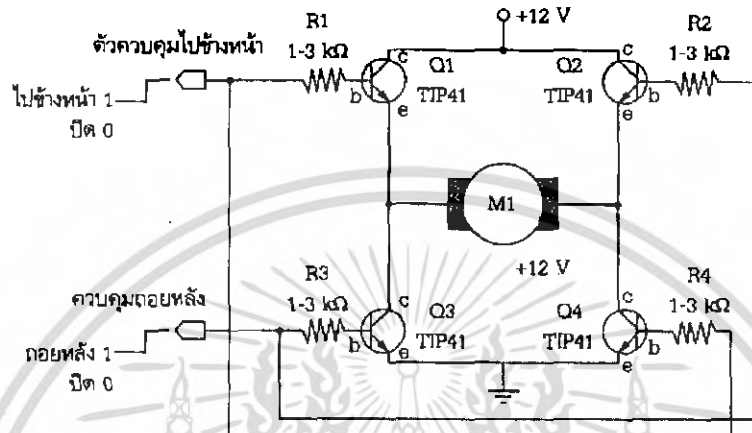
รูปที่ 2.15 การควบคุมทิศทางและการหมุนของมอเตอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์สองตัว

จะสังเกตได้ว่าในวงจรจะมีตัวต้านทานที่ใช้ในการไบแอสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้ากระชากที่มาจากพอร์ตของคอมพิวเตอร์หรือลอจิกเกต ถ้าไม่มีตัวต้านทานอาจจะทำให้ทรานซิสเตอร์ไหม้ได้ ค่าของตัวต้านทานที่ใช้ขึ้นอยู่กัค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์รับได้ และประเภทของทรานซิสเตอร์ที่ใช้ ปกติแล้วใช้ตัวต้านทานขนาด 1-3 kΩ ซึ่งสามารถใช้กฎของโอห์มคำนวณหาค่าความต้านทานได้ โดยสังเกตจากค่าอัตราขยายและปริมาณกระแสไฟฟ้าจากทรานซิสเตอร์ซึ่งจะทดลองไปจนกว่าจะหาค่าความต้านทานที่เหมาะสมได้ มีข้อสังเกตอยู่ประการหนึ่งคือ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุมจะร้อนมาก ไม่ควรใช้ความต้านทานที่มีค่าต่ำกว่า 1 kΩ และควรอ่านคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบในการใช้งานด้วย

วงจรควบคุมที่ใช้ทรานซิสเตอร์แบบอื่นๆ ได้แก่ การต่อทรานซิสเตอร์แบบตัวเอช ดังแสดงในรูปที่ 2.16 จะเห็นได้ว่าเมื่อ Q1 และ Q4 ทำงานจะทำให้มอเตอร์หมุนและถ้า Q2 และ Q3 ทำงานมอเตอร์จะหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทิศทางตรงกันข้าม การเลือกใช้ตัวต้านทานก็ควรเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับวงจร เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับทรานซิสเตอร์ (ในวงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวควบคุมนั้นทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ เมื่อมีการไบแอสวงจรก็จะทำงาน)



รูปที่ 2.16 การควบคุมทิศทางหมุนของมอเตอร์โดยการต่อทรานซิสเตอร์แบบ npn เป็นรูปตัว “H”

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

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

## 2.8 รีเลย์

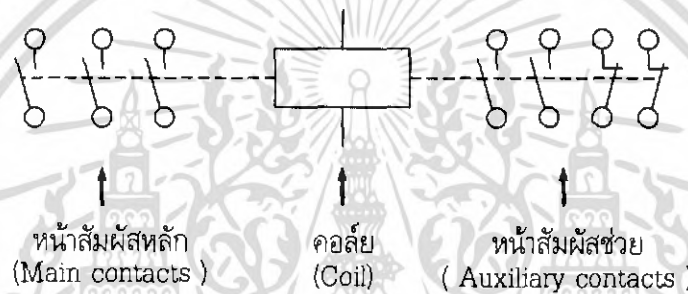
รีเลย์ เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (Solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้า ได้อย่างหลากหลายรีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางที่เรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

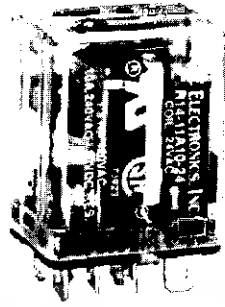
หน้าที่ของคอนแทกเตอร์ คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก (คอนแทกเตอร์) ทำให้สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทกเตอร์ทำงานเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและคอยล์ของคอนแทกเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอยล์อาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ขึ้นอยู่กับ การออกแบบการใช้คอนแทกเตอร์ทำให้ สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกลได้



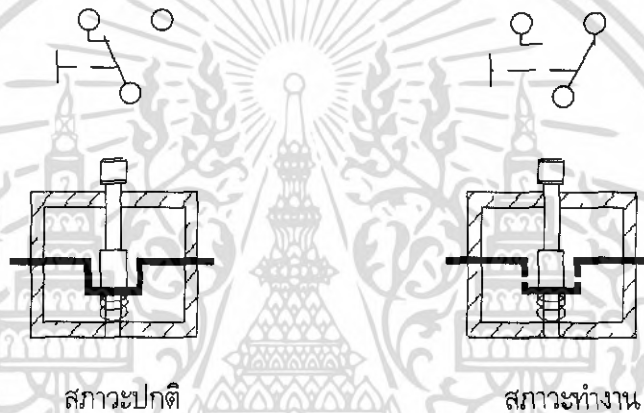
รูปที่ 2.17 แสดงโครงสร้างของคอนแทกเตอร์

### 2.8.1 โครงสร้างของรีเลย์

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ควบคุมวงจรไฟฟ้าที่มีการทำงานในลักษณะเป็นเครื่องกลไฟฟ้า ที่นิยมใช้ในวงจรควบคุมแบบต่างๆ กันอย่างแพร่หลาย โดยโครงสร้างพื้นฐานและการทำงานของรีเลย์จะประกอบไปด้วย ขดลวดตัวนำและแกนโลหะที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้เรียกว่า "อาร์มาเจอร์" โดยอาร์มาเจอร์จะมีหน้าที่เปิดปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์ การทำงานของรีเลย์จะเริ่มทำงานได้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปที่ขดลวดตัวนำ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปดึงดูดแกนของอาร์มาเจอร์ ถ้าแรงดึงดูดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กสามารถชนะแรงดึงของสปริงได้ ก็จะดึงแกนของอาร์มาเจอร์ให้หน้าสัมผัสของรีเลย์มาอยู่ในตำแหน่งอีกทางหนึ่ง แต่ถ้าแรงดึงดูดที่เกิดจากสนามแม่เหล็กไม่สามารถชนะแรงดึงของสปริงได้หน้าสัมผัสของรีเลย์ก็จะอยู่ในตำแหน่งเดิม รีเลย์จะมีหน้าสัมผัสอยู่สองแบบ คือ แบบปกติเปิดและแบบปกติปิด รีเลย์แบบปกติเปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์จะเปิดเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดของรีเลย์และหน้าสัมผัสจะปิดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปที่ขดลวดของรีเลย์ ซึ่งการทำงานก็จะตรงกันข้ามกันในรีเลย์แบบปกติปิด รีเลย์มีหลายชนิดด้วยกัน โดยมากรีเลย์จะถูกนำมาใช้ในวงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าในลักษณะของการหน่วงเวลาเพื่อทำให้เกิดการทำงานของวงจรควบคุมเป็นไปตามลำดับหรือใช้เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นภายในวงจรควบคุม



รูปที่ 2.18 ลักษณะของรีเลย์



รูปที่ 2.19 โครงสร้างของรีเลย์

### 2.8.2 ประเภทของรีเลย์

รีเลย์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีอยู่ 3 ประเภทคือ

1. แบบกลไกไฟฟ้า (Electromechanical Relay: EMR) ที่มีขั้วต่อของขดลวดสองขั้วต่อ เพื่อเป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้เกิดการดูดแชนของหน้าสัมผัสของจุดต่อออกไปใช้งาน
2. แบบโซลิตสเตต (Solid-State Relay: SSR) จะเป็นการใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมการทำงาน เช่น SCR เป็นต้น
3. แบบออปโตคัปเปิล (Optocouple Relay) เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เชื่อมโยงทางแสงทำให้มีประสิทธิภาพในการแยกกันอย่างเด็ดขาดของวงจรควบคุมกับวงจรทางเอาต์พุตของรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของรีเลย์ชนิดต่างๆ

พารามิเตอร์	ออปโตคัปเปิล	กลไกไฟฟ้า	โซลิดสเตต
ความเชื่อถือได้สูง	✓		✓
ข้อจำกัดอายุการใช้งาน	✓		✓
ความเร็วในการทำงาน	✓		✓
เสถียรภาพหน้าสัมผัส 100 เปอร์เซ็นต์	✓		✓
เงียบไม่มีเสียงรบกวน	✓		✓
ไม่มีสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า	✓		✓
ความเข้มสนามแม่เหล็ก	✓		✓
ขนาดเล็กความหนาแน่นสูง	✓		✓
ตำแหน่งในการติดตั้งได้กว้างขวาง	✓		✓
คุณสมบัติในการแยกอินพุตและเอาต์พุตสูง (5000 โวลต์ ขึ้นไป)	✓	✓	
เลือกสัญญาณอนาล็อก/ดิจิทัลได้	✓	✓	
ปัญหาในการทำงานกระโดดข้ามเป็นศูนย์	✓	✓	
ตัวถังบรรจุแบบ SO	✓		
การทำงานแบบขนาน	✓		
ควบคุมขอบขาขึ้นและขอบขาลงของเวลา	✓		
สวิตช์กระแสได้ประมาณ 4 แอมแปร์	✓	✓	✓

จากตารางที่ 2.1 จะสังเกตเห็นได้ว่าอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นรีเลย์สมัยใหม่ เช่น โฟโตมอสเฟสรีเลย์ นั้นมีประสิทธิภาพการทำงาน และเป็นที่นิยมค่อนข้างมากกว่ารีเลย์แบบโซลิดสเตตและแบบกลไกไฟฟ้า แต่อย่างไรยังคงใช้งานกันอยู่มากเช่นกัน เนื่องจากรีเลย์แบบเก่านั้นสามารถรองรับโหลดที่ต่ออยู่กับหน้าสัมผัสได้ค่อนข้างสูงกว่า โฟโตมอสเฟสรีเลย์ เพราะรีเลย์สมัยใหม่นั้นจะสามารถรองรับโหลดได้ประมาณ 1 แอมแปร์ นั่นถือว่ามากแล้วรวมทั้งหาซื้อได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการสร้างรีเลย์ให้รองรับโหลดทางเอาต์พุตได้มากขึ้น เช่น ขนาด 4 แอมแปร์ 60 โวลต์

### 2.8.3 คุณลักษณะของรีเลย์ (แบบกลไกไฟฟ้า)

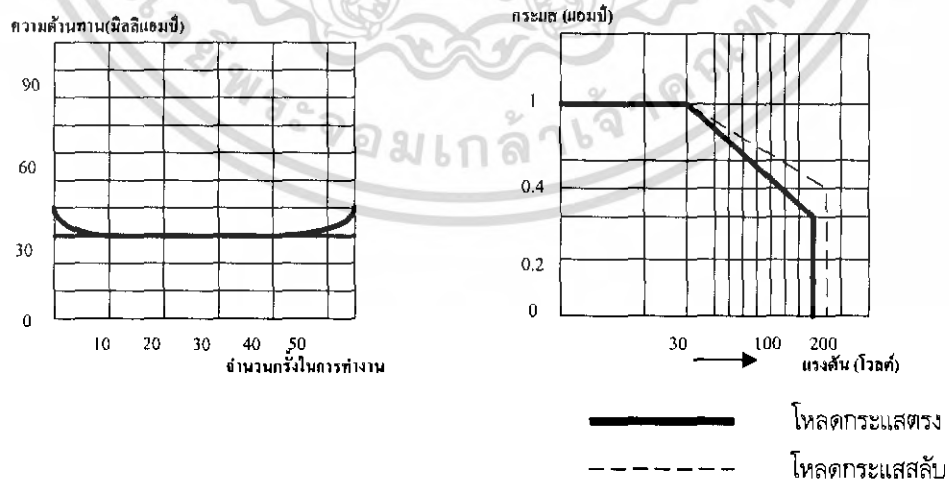
กล่าวถึงรีเลย์อันดับแรกควรพิจารณาถึงคุณลักษณะของหน้าสัมผัสโดยแรกเริ่มก่อนการใช้งานนั้น ค่าความต้านทานของหน้าสัมผัสรีเลย์ จะมีค่าสูงสุดซึ่งค่าความต้านทานแรกเริ่มของหน้าสัมผัสรีเลย์ (Initial Resistance) คือค่าที่วัดโดยที่รีเลย์ตัวนั้นยังไม่ถูกใช้งานเลยหรือยังไม่เคยต่อใช้งานในวงจรเลย โดยปกติค่าความต้านทานของหน้าสัมผัสนี้ จะสามารถวัดได้ด้วยการจ่ายกระแสผ่านเข้าไปยังหน้าสัมผัสแรกเริ่มนี้ จะต้องไม่มีค่าแรงดันตกคร่อมหน้าสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยรูปที่ 2.20 (ก) จะแสดงให้เห็นความแตกต่างอย่างเด่นชัดของค่าความต้านทานหน้าสัมผัสของรีเลย์ที่ยังไม่ใช้งาน กับรีเลย์ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วประมาณ 100,000 ครั้งค่าความต้านทานนี้จะลดลงตามจำนวนครั้งของการทำงานของหน้าสัมผัส อันเป็นสาเหตุเนื่องจากหน้าสัมผัสของรีเลย์ จะถูกทำให้ราบเรียบตามอายุการใช้งาน และจะทำให้มีค่าความต้านทานของหน้าสัมผัสลดลงไปด้วย ลักษณะของการเสียหายของหน้าสัมผัสนี้จะพบมากในรีเลย์ที่มีหน้าสัมผัสเป็นแผ่นทองแดง การใช้งานเริ่มต้นของหน้าสัมผัสรีเลย์นั้น ในทางปฏิบัติหากไม่มีการป้องกันที่เหมาะสมแล้วก็หมายถึงสัญญาณอันตรายต่อหน้าสัมผัสที่อาจเกิดการอาร์กหรือสปาร์กของหน้าสัมผัสขณะทำงานได้ ดังนั้นลักษณะของกราฟในรูปที่ 2.19 (ก) ก็จะแสดงออกมาเป็นเส้นโค้งและจะค่อยๆ โค้งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดอายุการใช้งานของรีเลย์ นั่นคือเมื่อถึงที่สุดแล้วค่าความต้านทานของหน้าสัมผัสก็จะยิ่งสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งไม่ได้ผลดีเลย ดังนั้นก่อนเวลานั้นมาถึงก็ต้องเปลี่ยนรีเลย์ใหม่มาแทนที่ สำหรับรีเลย์แบบโซลิดสเตตและไฟโตมอสเฟตรีเลย์จะมีรูปกราฟที่ราบเรียบตลอดอายุการใช้งานคือ จะไม่มีผลที่เกิดจากหน้าสัมผัส

รูปที่ 2.20 (ข) จะแสดงถึงค่ากำลังงานของหน้าสัมผัสที่คิดตามผลของกระแส และแรงดันอันเป็นตัวกำหนดค่าจำกัดสูงสุดทางไฟตรง และค่าจำกัดสูงสุดทางแรงดันไฟสลับ สังเกตว่าเมื่อรีเลย์ถูกจำกัดกระแสที่หน้าสัมผัสสูงสุดไว้ที่ 1 แอมแปร์ ทั้งไฟตรงและไฟสลับก็หมายความว่าหน้าสัมผัสขณะนั้นจะผ่านกระแสสูงสุดได้ 1 แอมแปร์ ที่ค่าแรงดันสูงสุด 30 โวลต์ เมื่อคิดออกมาแล้วข้อจำกัดทางกำลังงานที่หน้าสัมผัสจะเท่ากับ 30 วัตต์

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า หน้าสัมผัสรีเลย์จะทนต่อกระแสต่ำลง เมื่อค่าแรงดันที่หน้าสัมผัสเพิ่มขึ้น และกราฟตามรูปที่ 2.19 (ข) นี้จะแสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดทางกำลังงานที่หน้าสัมผัสสามารถทน หรือรองรับได้โดยไม่เกิดความเสียหาย



(ก) ความต้านทานหน้าสัมผัส

(ข) อัตราทนกระแสและแรงดัน

### รูปที่ 2.20 คุณสมบัติของรีเลย์แบบกลไกไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคาดการณ์ หรือกำหนดคุณสมบัติด้านอายุการใช้งานของรีเลย์ทางกลไกในลักษณะทำงาน และไม่ทำงานโดยปราศจากโหลดที่หน้าสัมผัสเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าและจะเป็นไฟตรงหรือไฟสลับนั้น สามารถประมาณอายุหรือกำหนดอายุการใช้งานของรีเลย์ได้ง่ายกว่าการกำหนดอายุการใช้งานทางไฟฟ้า เนื่องจากการกำหนดอายุการใช้งานทางไฟฟ้านั้น ต้องอาศัยองค์ประกอบ หรือต้องทำการทดสอบภายใต้โหลดที่ต่ออยู่ทางหน้าสัมผัสและโหลดทางไฟฟ้าที่จะนำมาทดสอบนั้นก็มากมายหลายชนิด เช่น ขดลวดเหนียวนำมอเตอร์ ค่าความจุโหลดไฟฟ้าและอื่นๆ อีกมากมาย ซึ่งโหลดเหล่านี้จะมีความต้องการทางกำลังงานไม่เท่ากัน เมื่อคิดตามชนิดของโหลดที่ต่อกับหน้าสัมผัส ดังนั้นการกำหนดอายุการใช้งานทางไฟฟ้าจึงไม่สามารถกำหนดค่าที่แน่นอนได้

อย่างไรก็ตามการทดสอบอายุการใช้งานทางไฟฟ้าก็ยังสามารถทดสอบได้ เพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพของอายุการใช้งานของรีเลย์ ด้วยการทดสอบทางไฟฟ้ากับโหลดที่เป็นตัวต้านทานบริสุทธิ์จะไม่เปลี่ยนแปลงของค่านอกจากจะมีการกำหนดค่าใหม่ แต่ตัวต้านทานนี้ก็ต้องใช้แบบไวร์วาล์ว ดังนั้นก็จะสามารถกำหนดอายุการใช้งานทางไฟฟ้าได้ภายใต้ค่าความต้านทานที่กำหนด เพราะฉะนั้นอายุการใช้งานจะขึ้นอยู่กับชนิดของโหลดที่นำมาทดสอบและกำหนดไว้เป็นชนิดไปแต่ก็เป็นกรยากที่ผู้ใช้จะทดสอบด้วยตนเอง ดังนั้นข้อมูลการทดสอบเหล่านี้จะถูกระบุหรือถูกทดสอบออกมาจากโรงงานผู้ผลิตเรียบร้อยแล้ว

คุณสมบัติของค่าเวลาในการทำงานของรีเลย์ โดยมาตรฐานแล้วค่าเวลาในการทำงานของรีเลย์จะอยู่ในหน่วยของมิลลิวินาที เนื่องจากว่าขณะที่รีเลย์ทำงานนั้นหน้าสัมผัสจะสั้นสะเทือนหรือกระโดด ช่วงจังหวะนี้เองจึงเป็นช่วงเวลาที่คลุ้มเครืออยู่ว่าจะกำหนดค่าเวลาการทำงานรีเลย์จริงๆ ที่ช่วงเวลาใดหรือสภาวะหน้าสัมผัสขณะทำงานหรือก่อนเริ่มทำงานได้อย่างต่อเนื่องมากกว่ารีเลย์แบบโซลิดสเตตเพราะแบบหลังนี้จะไม่มีส่วนกลไกที่เคลื่อนไหวเลย ดังนั้นค่าระยะเวลาในการทำงานของโซลิดสเตตรีเลย์แบบกลไกไฟฟ้า ค่าเวลาในการทำงานของรีเลย์ที่เป็นมาตรฐานระบุไว้ คือ 30 มิลลิวินาที

## 2.9 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 หรือซิลิกอน ซึ่งโลหะผสมเหล่านี้ มีความแข็งแรง และความแข็ง (Hardness) สูงกว่าอะลูมิเนียมบริสุทธิ์มาก เนื่องจากอะลูมิเนียมเป็นโลหะที่ไวต่อการรวมตัวกับออกซิเจนมาก แร่อะลูมิเนียมจึงมีอะลูมิเนียมในรูปออกไซด์ทั้งสิ้นทำให้การถลุงอะลูมิเนียมไม่สามารถใช้เตาต่างๆ ที่ใช้ถลุงเหล็กหรือทองแดงหรือโลหะอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ เพราะอะลูมิเนียมเมื่อถูกละลายออกมาได้จะกลายเป็นออกไซด์ทันที อะลูมิเนียมพบอยู่ทั่วไปบนผิวโลกในรูปของดินเหนียว แร่ที่ใช้ผลิตอะลูมิเนียมคือแร่บอกไซต์ สูตรทางเคมีคือ  $Al_2O_3 \cdot X(H)_2O$  โดยพบอยู่กับออกไซด์ของเหล็ก ซิลิกอนและไทเทเนียม (Titanium) ออกไซด์ของอะลูมิเนียมมีชื่อเรียกว่า อะลูมินา (Alumina) แร่อะลูมิเนียมจึงเป็นแร่ที่มีราคาถูกเพราะหาได้ง่าย

การผลิตอะลูมิเนียมแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนแรกเป็นการแยกให้ได้ออกไซด์อะลูมิเนียมอย่างเดี่ยว (Pure  $Al_2O_3$ ) จากแร่บอกไซต์ โดยอะลูมิเนียมได้มาจากการแปรสภาพของสินแร่บอกไซต์ (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

กระบวนการแปรสภาพของสินแร่บอกไซต์ เริ่มจากการเตรียมสินแร่บอกไซต์ โดยการผสมองค์ประกอบให้ได้ส่วน และนำไปบดเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน สินแร่บอกไซต์ถูกบดในขณะที่แขวนลอยอยู่ในสารละลายที่ใช้กระบวนการ เกิดเป็นส่วนผสมของแข็งกับของเหลวที่ขึ้น นำไปผสมกับสารละลายโซดาไฟที่ได้รับความร้อนในระดับที่เหมาะสม และนำไปปรับสภาพในถังย่อย ณ ความดันมากกว่าหนึ่งบรรยากาศ

ส่วนผสมของแข็งกับของเหลวขั้นที่ได้นี้ถูกนำออกจากถังย่อย และสินแร่ที่ตกค้างถูกแยกออกจากสารละลายโซเดียมอะลูมิเนต ในสองขั้นตอนเพื่อดำเนินการส่วนที่หยาบแยกกับส่วนที่ละเอียด เศษที่เหลือทั้งสองส่วนนี้ถูกล้างและทิ้งออกไป หลังจากผ่านอีกหลายขั้นตอนแล้วจึงเกิดเป็นอะลูมินา  $Al_2O_3$  ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นอะลูมิเนียม ใน Hall-Heroult Electrolysis Cell

ขั้นตอนที่สองผลิตอะลูมิเนียมโดยการแยกอะลูมิเนียมที่หลอมละลายด้วยไฟฟ้าการแยกอะลูมิเนียมจากแร่ใช้กรรมวิธีของไบเยอร์ (Bayer Process) คือล้างแร่บอกไซต์ให้สะอาด ตากแห้ง บดละเอียด ทำปฏิกิริยากับโซดาไฟ (NaOH) ในตู้อบได้สารละลายโซเดียมอะลูมิเนต (Sodium Aluminate:  $NaAlO_2$ ) สารที่เจือปนในแร่บอกไซต์ เช่น เหล็ก ซิลิกาจะไม่ทำปฏิกิริยากับโซดาไฟและตกเป็นตะกอนสีแดง (red mud) กรองสารละลายออกแล้วทิ้งสารละลายไว้จนเกิดตะกอนของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ (Aluminium Hydroxide:  $Al(OH)_3$ ) กรองเอาตะกอนอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ออก แล้วนำไปเผาที่หินปูนในเตาเผาแบบหมุนชนิดเดียวกับที่ใช้เผาซีเมนต์ (Rotary Kiln) จะได้ออกไซด์อะลูมิเนียมที่บริสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.10 เซ็นเซอร์

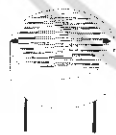
กรรมวิธีการผลิตการบริการหรือการนำเสนอข่าวสารต่างๆ ล้วนแต่ต้องใช้แรงงานคนโดยตรงแทบทั้งสิ้นลำดับต่อมาจึงมีพัฒนาการโดยการนำเอาการทำงานของกลไกต่างๆ เข้ามาช่วยเหลือเพื่อทุ่นแรง และได้รับการพัฒนาการจากเครื่องยนตร์กลไกธรรมดา ที่มีคนมาคอยบังคับให้เครื่องจักรกลไกทำงาน จนกระทั่งได้รับการพัฒนาขึ้นมาอีก เป็นกลไกที่มีการรับรู้สัมผัส ซึ่งทำให้กลไกเหล่านั้นได้รับการพัฒนาขีดความสามารถขึ้นมาได้อย่างมหาศาล

สิ่งที่เป็นเสมือนตัวรับความรู้สึกให้เครื่องกลตัวนั้น ก็คืออุปกรณ์ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดจากการกระทำของเครื่องจักรดังกล่าว อุปกรณ์ตรวจจับนี้ก็คือ เซ็นเซอร์ (Sensor) นั่นเอง

เซ็นเซอร์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของสสารเกี่ยวกับตำแหน่ง (การเคลื่อนที่) อุณหภูมิและความเข้มของแสง เป็นต้น

ดังนั้น จะนำคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงที่สามารถตรวจวัดได้ง่ายและจำเป็นต่อการใช้งานดังนี้

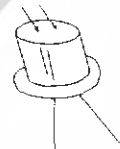
1. ใช้คุณสมบัติการเคลื่อนที่ของวัตถุ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของอุปกรณ์ตรวจวัด วิธีนี้ส่วนใหญ่ตรวจวัดจากเซ็นเซอร์แบบสัมผัส ได้แก่ สวิตช์แบบต่างๆ เช่น กดติดปล่อยดับ กดติดปล่อยติด สวิตช์เบ็ดติดค้าง หรือสวิตช์เลือกหลายๆ ฟังก์ชัน เป็นต้น
2. ใช้คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสง วิธีนี้จะใช้การเปลี่ยนแปลงของสารเคมีขณะมีการตกกระทบของแสง เมื่อความเข้มของแสงเพิ่มขึ้นหรือลดลง ก็จะทำให้ปฏิกิริยาของสารเคมีบริเวณที่ใช้ตรวจวัดเกิดการเปลี่ยน ทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงในลักษณะต่างๆ ได้แก่ เป็นแรงดันที่เปลี่ยนแปลงได้ เป็นค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงได้ เป็นต้น อุปกรณ์ที่ใช้หลักการตรวจวัดความเข้มของแสงได้แก่ LDR, Photo Diode, Photo Transistor ดังรูปที่ 2.20 เป็นต้น



ก. LDR



ข. Photo Diode



ค. Photo Transistor

รูปที่ 2.21 เซ็นเซอร์ต่างๆ ที่ใช้งานเกี่ยวกับแสง

3. ใช้คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ วิธีนี้ใช้ความร้อน ณ จุดตรวจวัดขยายตัวของเหลวที่บรรจุอยู่ในภาชนะท่อหุ้มที่เป็นอัตราส่วนต่อการอ่านมาตรวัด ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์มิสเตอร์ หรือใช้ความร้อนเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยสร้างหน่วยวัดให้เป็นสัดส่วนต่อการเปลี่ยนแปลง ก็จะสามารถนำค่าความต้านทานมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ อุปกรณ์ประเภทนี้ได้แก่ เทอร์มิสเตอร์ หรือใช้เป็นความร้อนสะสมในไบเมทัล (Bimetal) เพื่อติดตั้งเป็นสวิตช์ตัด-ต่อ เมื่ออุณหภูมิถึง ณ จุดที่กำหนด

### 2.10.1 เซ็นเซอร์แสง

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

#### 1. วัดความเข้มของแสง

การวัดแบบนี้ใช้หลักการตรวจวัดโดยการให้แสงทำปฏิกิริยากับสารแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือแคดเมียมเทลลูไรด์ (CdSe) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำ เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบ ให้ออกมาเชื่อมต่ออยู่กับขั้วโลหะสองขั้ว เมื่อมีแสงเข้ามากระทบบริเวณที่เคลือบด้วยสารเคมี ทำให้เกิดปฏิกิริยาขึ้น ซึ่งส่งผลให้ เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างขั้วทั้งสองใน 2 ลักษณะได้แก่

1. ความต้านทานระหว่างขั้วโลหะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามอัตราส่วนความเข้มของแสง
2. เกิดแรงดันขึ้นโดยเป็นอัตราส่วนต่อความเข้มของแสงที่ตกกระทบ

#### 2. วัดการสะท้อนของแสง

วิธีการนี้ใช้การปล่อยแสงจำนวนหนึ่ง ณ ตัวส่งแสง แล้วให้ตกกระทบกับตัวรับแสง อาจให้แสงจากจุดกำเนิด ตรงไปยังจุดรับโดยตรง หรือให้สะท้อนกลับด้วยวัตถุต่างๆ ที่จะใช้ตรวจจับ ตัวรับแสงก็จะสามารถรับแสงจากตัวส่งได้เช่นเดียวกัน การเลือกใช้อุปกรณ์พิจารณาตามข้อกำหนด ความสะดวก และความเหมาะสมต่อการใช้งานชนิดของแสงที่นิยมใช้ได้แก่

1. แสงธรรมชาติ ที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ อาจแยกเป็นสีหลัก ได้แก่ เขียว แดง น้ำเงิน
2. แสงอินฟราเรด (Infrared) เป็นแสงที่มนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ สามารถแยกการรบกวนจากแสงอื่นๆ ได้
3. แสงอุลตราไวโอเล็ต เป็นแสงที่ป็นอยู่ในแสงอาทิตย์ มักใช้ทำให้เกิดแรงดันในตัวเซ็นเซอร์ เพราะมีกำลังความร้อนที่ทำปฏิกิริยาได้สูง เมื่อแสงถูกวัตถุหรือสิ่งของใดๆ กระทำในลักษณะต่างๆ ให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น เกิดการหักเห การสะท้อน การบดบัง การกระจายและการรวมแสง เป็นต้น ทำให้สามารถทราบถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงได้ จึงสามารถอาศัยคุณสมบัติความเข้มของแสงในงานตรวจวัดได้นั่นเอง

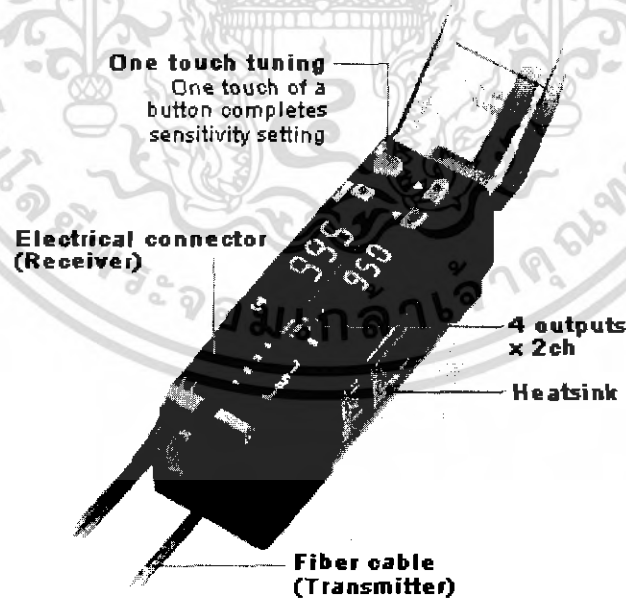
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.10.2 ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ (Fiberoptic Sensor)

### 1. ลักษณะเบื้องต้นของไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์

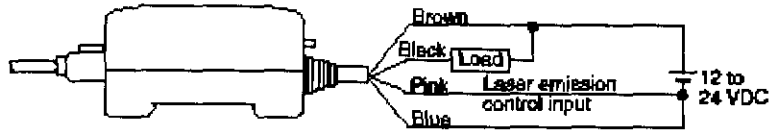
ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ (Fiberoptic Sensor) คือ อุปกรณ์ตรวจวัดชนิดหนึ่งซึ่งใช้คุณสมบัติของแสงเป็นเครื่องมือในการตรวจวัด โดยอาศัยหลักการทำงานของ Opto Sensor ร่วมกับการเดินทางของแสงในเส้นใยนำแสง (ไฟเบอร์ออปติก) ที่มีคุณสมบัติการนำแสงได้เป็นปกติแม้เส้นใยนำแสงจะเลี้ยวเบนหรือโค้งงอก็ตาม

ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ เป็นเครื่องมือตรวจวัดความเข้มของแสงที่สะท้อนกลับจากการกระทบกับวัตถุที่ทำการตรวจวัด โดยการปล่อยแสงออกไปจากชุดกำเนิดแสงด้วย LED สามสี เพื่อรวมแสงกันในลักษณะที่ให้สีแดงซึ่งมีความเข้มของแสงสูงเป็นสีหลัก แล้วทำการผสมสีฟ้าและสีเขียวในอัตราส่วนที่แตกต่างตามสัดส่วนที่ต้องการ แสงที่ถูกรวมแล้วจะถูกส่งออกทางเส้นใยส่ง ไปออกที่หัวเซ็นเซอร์ จากนั้นแสงที่ถูกส่งไปจะสะท้อนกับวัตถุที่ตรวจวัดรับกลับมายังชุดรับแสงความเข้มของแสงที่วัดได้ ลักษณะความเข้มของแสงที่สะท้อนกลับจะมีรายละเอียดที่ต่างกันไป เช่น ถ้าเจอวัตถุในระยะใกล้ แสงก็จะสะท้อนกลับได้เต็มที่ ถ้าไม่เจอวัตถุแสงก็จะสูญหายไปสะท้อนกลับ ในลักษณะของแสงที่สะท้อนกลับยังสามารถแยกแยะความเข้มของแสงที่กระทบกับวัตถุต่างสีกันได้ด้วย เมื่อได้แสงที่สะท้อนกลับมากอดรหัสความเข้มแล้วหน่วยประมวลผลจะแสดงลอจิกออกทางเอาต์พุตเป็น 0 หรือ 1 ลักษณะของหน่วยไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ แสดงดังรูปที่ 2.21



ก. รูปร่างภายในของหน่วยไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

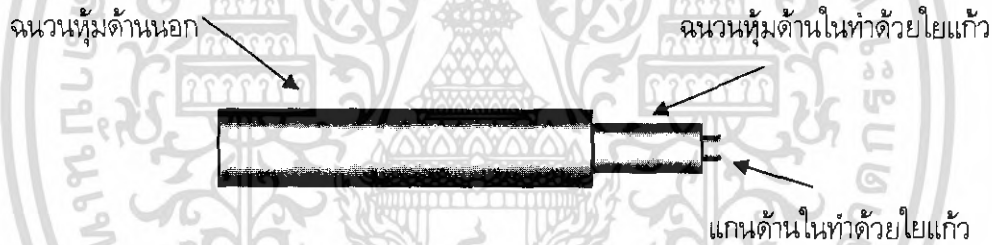


ข. วงจรการต่อใช้งานเบื้องต้น

รูปที่ 2.22 ดิจิตอล RGB ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ (Digital RGB Fiberoptic Sensor)

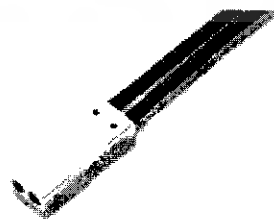
2. การเดินทางของแสงในเส้นใยไฟเบอร์ออปติก

เส้นใยไฟเบอร์ออปติกมีคุณสมบัติในการสะท้อนลำแสงที่ส่งผ่านโดยมีการสูญเสียของแสงน้อยมาก เนื่องจากใจกลางจะเป็นไฟเบอร์โกลอสๆ ให้แสงผ่านได้สะดวก ส่วนขอบของเส้นใยจะห่อหุ้มด้วยวัสดุสะท้อนให้แสงสะท้อนไปได้อย่างต่อเนื่องเป็นปกติตลอดเส้นใย แม้จะมีการโค้งงอของเส้นใยนำแสงก็ตาม



รูปที่ 2.23 โครงสร้างเส้นใยแก้วไฟเบอร์ออปติก

หัวเซ็นเซอร์จะต่ออยู่กับเส้นนำแสงไฟเบอร์ออปติก 2 เส้น เส้นหนึ่งเป็นเส้นนำแสง ณ จุดกำเนิดไปออกที่หัวเซ็นเซอร์ หัวเซ็นเซอร์จะบีบลำแสง ปล่อยออกไปในแนวตรงเพื่อส่งไปกระทบกับวัตถุที่ทำการตรวจวัด และอีกเส้นหนึ่งก็จะรับแสงที่สะท้อนกลับนั้นส่งกลับไปยัง หน่วย Amplifier ในตัวเซ็นเซอร์ต่อไป แสดงดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.24 รูปร่างลักษณะและการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์

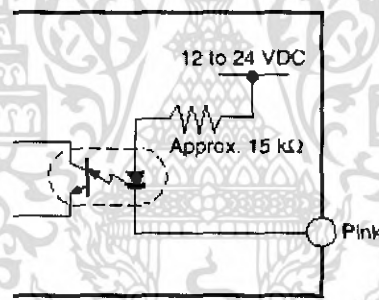
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดสี สามารถติดตั้งได้อย่างสะดวก เนื่องจากเส้นใยไฟเบอร์ออปติกสามารถมีขนาดยาวได้และจะวางในลักษณะที่โค้งงอได้ตามต้องการจึงสามารถวางหน่วยประมวลผลของเซ็นเซอร์กับหัวเซ็นเซอร์ห่างกันเป็นอิสระและวางหัวเซ็นเซอร์ได้แม้ในบริเวณจำกัดหรือคับแคบ ทำให้สะดวกในการติดตั้ง นอกจากนี้ยังสามารถปรับความเข้มของแสงเพื่อเลือกวัดสีของวัตถุได้อีกด้วย

### 3. การทำงานของหน่วยไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์

ในการทำงานของหน่วยไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์สามารถแยกหน่วยการทำงานเป็นภาคอินพุตและเอาต์พุตได้ดังนี้

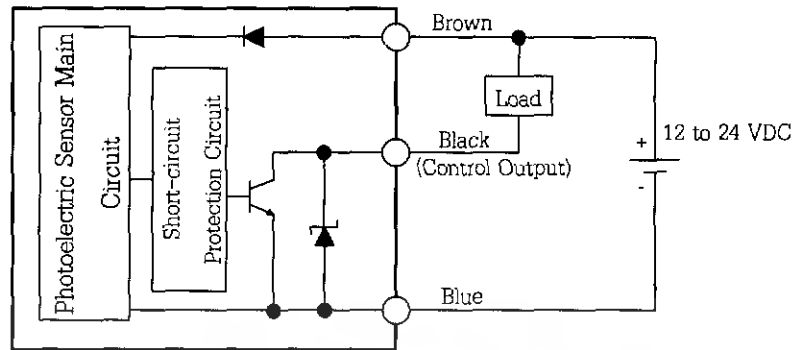
1. วงจรส่วนอินพุต ประกอบด้วยหลอด LED กำเนิดแสง ซึ่งรับแรงดันจากแหล่งจ่ายในส่วนของช่องทางการวิ่งของแสงไปสู่โฟโตทรานซิสเตอร์ของอีกฝั่งหนึ่งนั้น จะได้รับการต่อเชื่อมแสงผ่านเส้นใยไฟเบอร์ออปติกออกจากหัวเซ็นเซอร์ เพื่อไปตรวจจับวัตถุที่จะทำการตรวจวัดแล้วให้สะท้อนกลับมา ในเส้นใยแก้วอีกเส้นหนึ่งป้อนเข้าที่จุดรับแสงของโฟโตทรานซิสเตอร์เพื่อขยายสัญญาณแสงป้อนให้วงจรถอดรหัสความเข้มของแสงต่อไป



รูปที่ 2.25 วงจรอินพุตไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 วงจรเอาต์พุตไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์

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

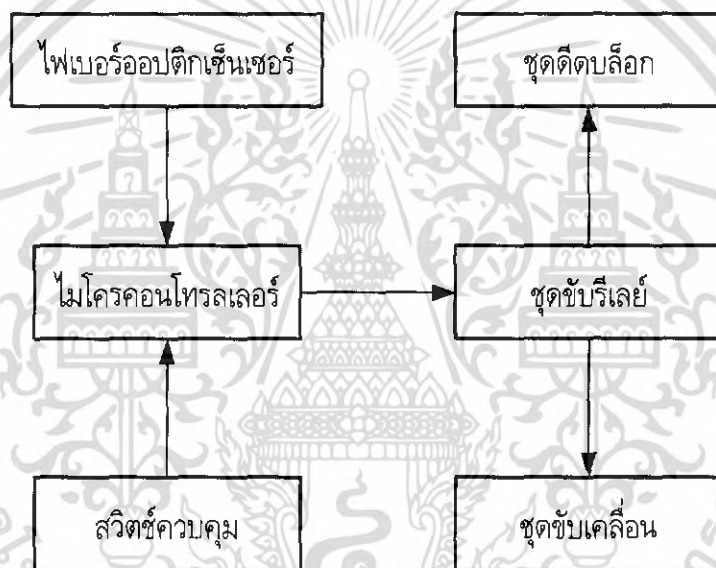
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

##### 3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัตินี้จะแบ่งออกเป็นส่วนสำคัญหลักๆ ซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนของชุดขับเคลื่อน มอเตอร์ปล่อยสลัก ส่วนของวงจรควบคุม และโปรแกรมควบคุม ซึ่งแต่ละส่วนนั้นแสดงเป็นผังการทำงานรวมของหุ่นยนต์ดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

เมื่อมีการกดปุ่มสวิตช์เพาเวอร์ และกดสวิตช์ START ตรงแผงควบคุม หุ่นยนต์จะทำงานตามโปรแกรมที่ได้โปรแกรมไว้ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะใช้หลักการการเดินแทรกตามจำนวนเส้นโดยมีเซนเซอร์ตรวจจับทิศทางการเดิน ประสิทธิภาพของตัวหุ่นยนต์นั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5.66 เมตร/นาที เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ถึงเป้าหมายที่กำหนด หุ่นยนต์จะทำการดีดบล็อกออกจากตัวหุ่นยนต์โดยอัตโนมัติ และจะค้างสถานะการทำงานไว้เป็นอันจบการทำงาน

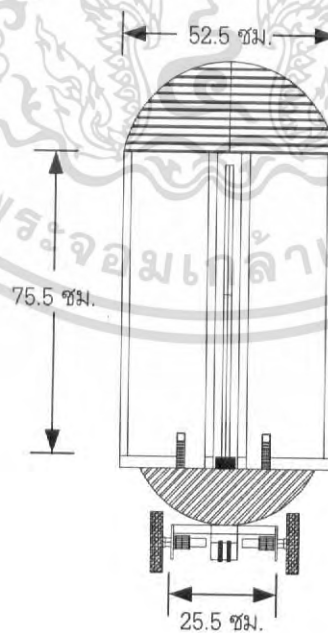
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

การออกแบบหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

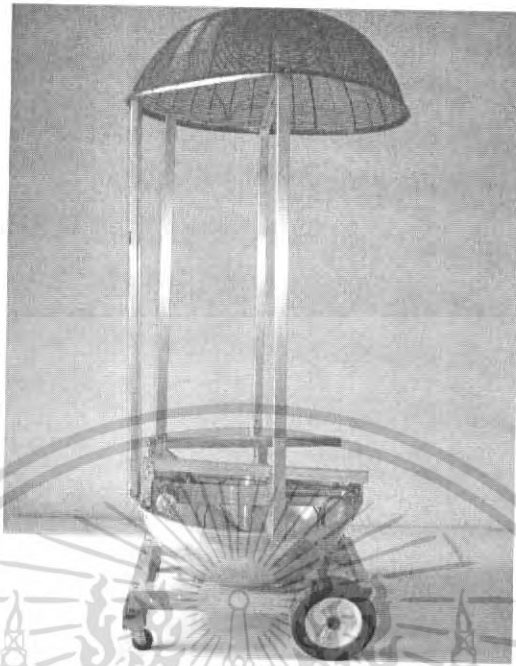


รูปที่ 3.2 รูปด้านหน้าหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

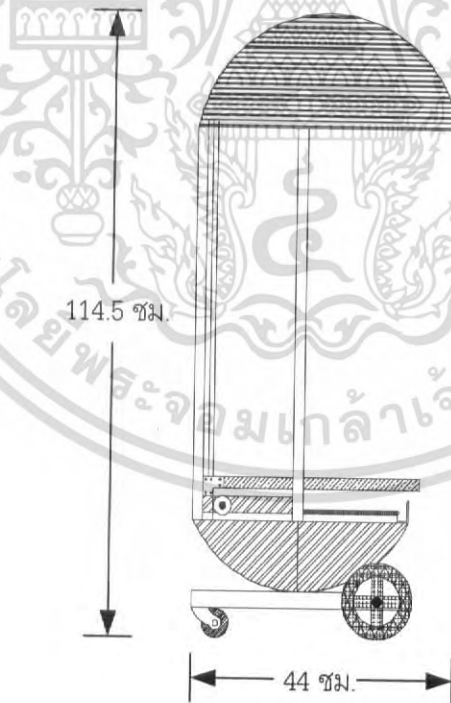


รูปที่ 3.3 ขนาดและลักษณะด้านหน้าของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 รูปด้านข้างของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ



รูปที่ 3.5 ขนาดและลักษณะด้านข้างของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติที่ออกแบบ

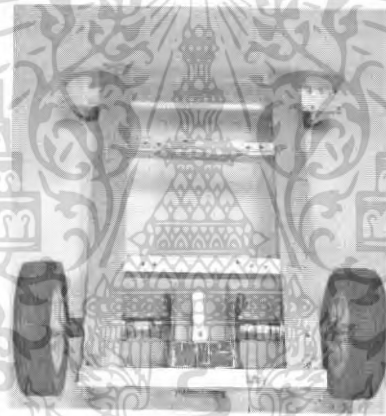
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1 การทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์

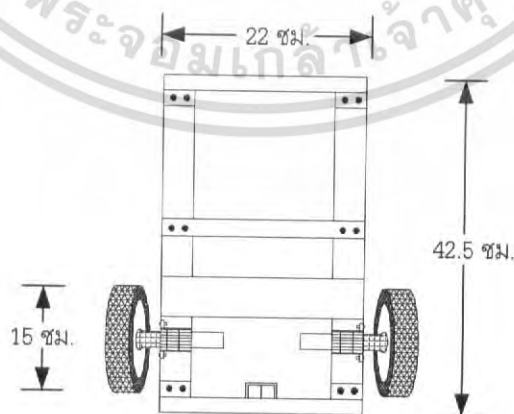
หลังจากกดปุ่มสวิตช์เพาเวอร์และกดสวิตช์ START ตรงแผงควบคุม หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นแนวตรงด้วยชุดขับเคลื่อน และมีเซนเซอร์ตรวจจับทิศทางการเคลื่อนที่ โดยใช้หลักการการเคลื่อนที่แบบแทรกเส้น เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่มาถึงเป้าหมายที่กำหนด ตัวหุ่นยนต์จะหยุดอยู่กับที่ จากนั้นหุ่นยนต์จะทำการตีดบล็อกออกไปที่เป้าหมายที่กำหนดทันที เป็นอันจบการทำงานของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

### 3.2.2 ชุดขับเคลื่อน

ในส่วนของชุดขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ มีชุดขับเคลื่อน 1 ชุด การทำงานของชุดขับเคลื่อน จะใช้วิธีการขับเคลื่อนสองล้อ ได้แก่ ล้อหน้า 2 ล้อที่ใช้ในการบังคับตัวหุ่นให้เคลื่อนที่เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และล้อหลัง 2 ล้อเป็นล้ออิสระ ชุดขับเคลื่อนจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Tormax) 12 VDC 2 ตัว ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที

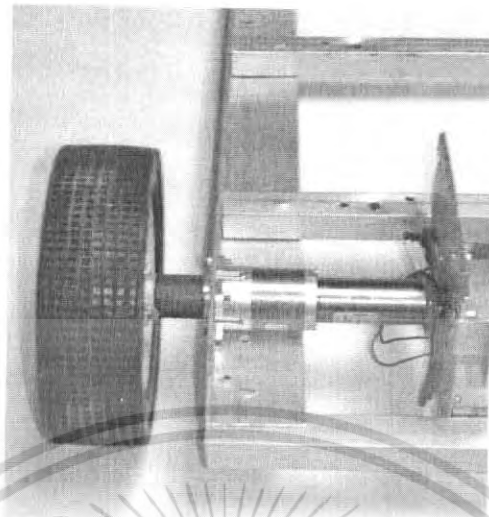


รูปที่ 3.6 ชุดขับเคลื่อนหุ่นยนต์

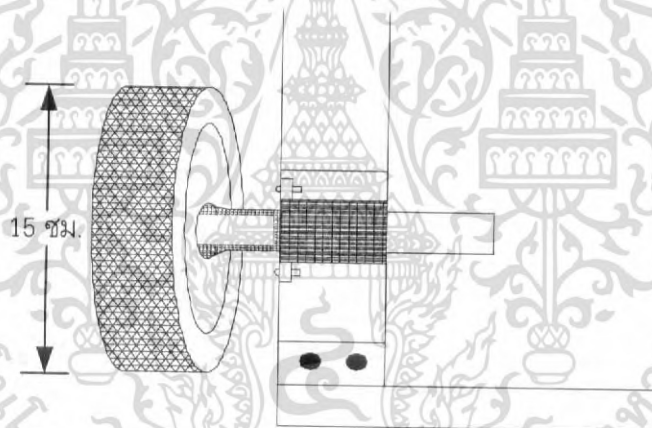


รูปที่ 3.7 ขนาดของชุดขับเคลื่อนตัวหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อของหุ่นยนต์อัตโนมัติ

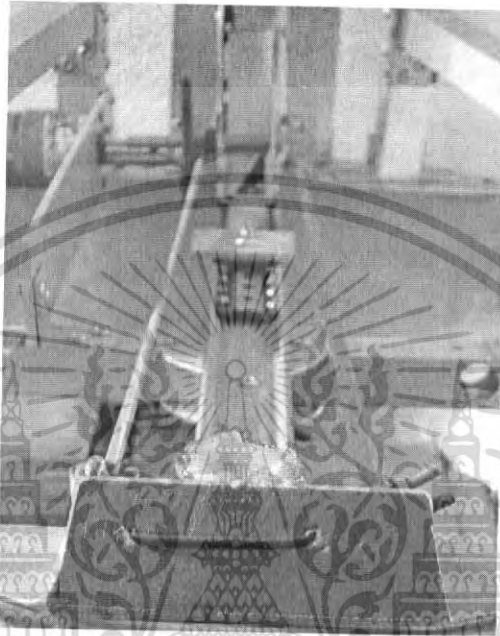


รูปที่ 3.9 ขนาดและลักษณะของชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อ

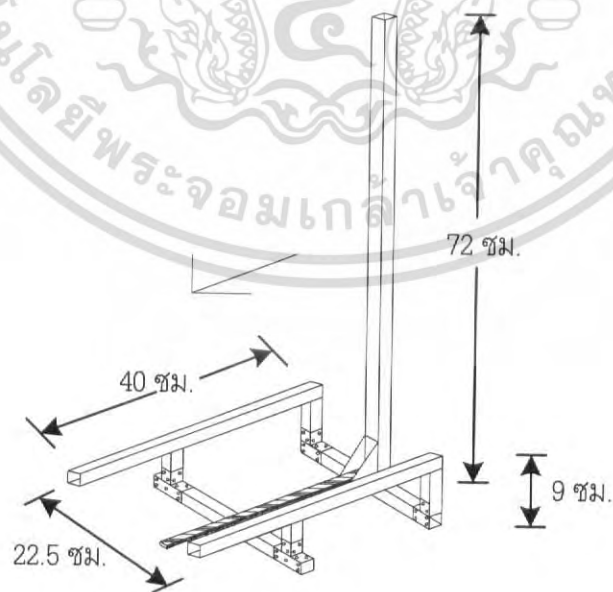
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 ชุดตีตบล็อกร

ชุดตีตบล็อกรจะประกอบไปด้วย มอเตอร์ปล่อยสลัก รวงเลื่อน และยางยึด ลักษณะของชุดตีตบล็อกรจะเป็นดังรูปที่ 3.10



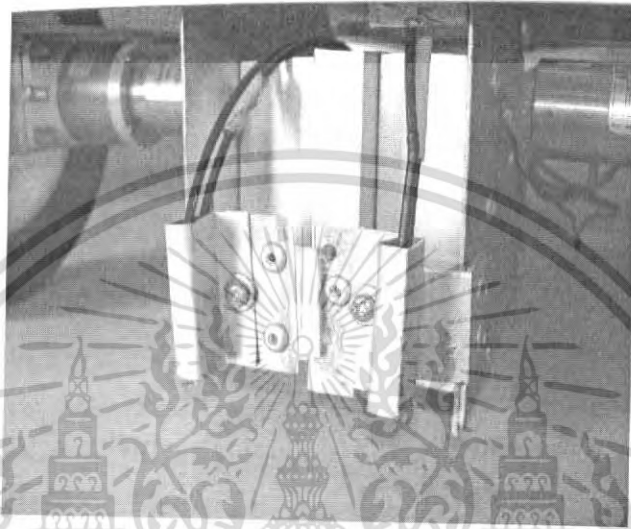
รูปที่ 3.10 ชุดตีตบล็อกรอัตโนมัติ



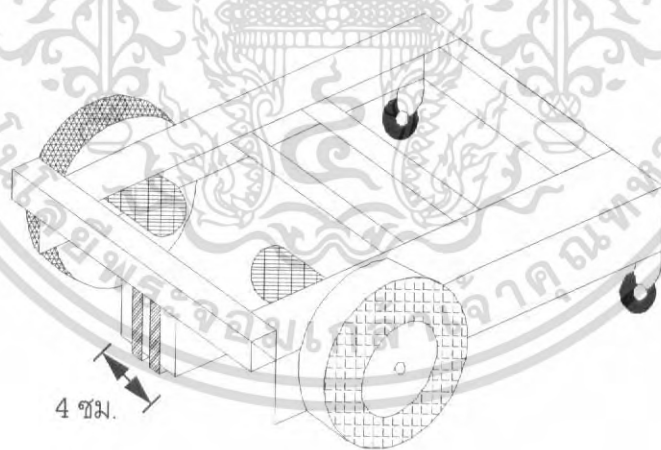
รูปที่ 3.11 ขนาดและลักษณะของชุดตีตบล็อกรของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติที่ออกแบบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 ชุดแทรกเส้น

ชุดแทรกเส้นจะประกอบไปด้วย ชุดไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่งเส้นแต่ละเส้น ลักษณะของชุดแทรกเส้นจะเป็นดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ชุดแทรกเส้นอัตโนมัติ

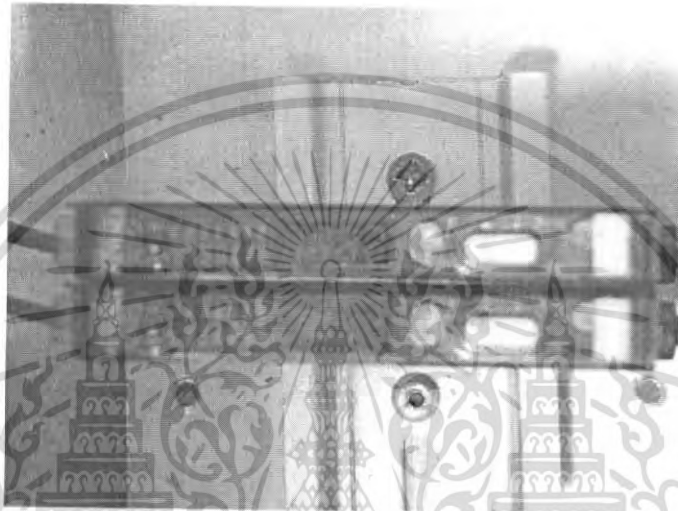


รูปที่ 3.13 ขนาดและลักษณะของชุดแทรกเส้นของหุ่นยนต์ก่อสร้างทอคอยอัตโนมัติที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4.1. วงจรไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์

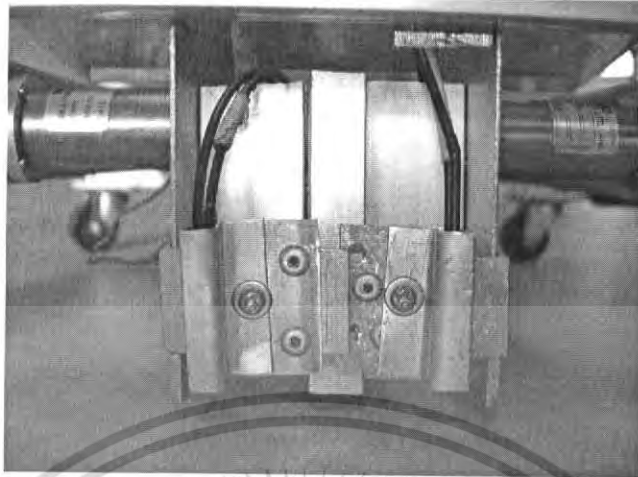
วงจรไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ ทำหน้าที่ตรวจจับสถานะของเส้นแต่ละเส้นให้ได้สถานะที่ต้องการ โดยการใช้การแทรกเส้นเป็นตัวนับจำนวนเส้น ตัวอย่างเช่น ถ้าเลือกเล่นเสาแรกจะตรวจจับเส้นไปเป็นจำนวน 14 เส้น แล้วเลี้ยวขวาแทรกเส้นไปอีก 7 เส้น แต่ถ้าเลือกทำคะแนนในเสากลางจะตรวจจับเส้นไปเป็นจำนวน 14 เส้น แล้วเลี้ยวขวา 7 เส้นหลังจากนั้นเลี้ยวขวาอีก 4 เส้นแล้วเลี้ยวซ้ายนับไปอีก 1 เส้นเป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการทำงาน



รูปที่ 3.14 หน่วยเซ็นเซอร์แสง (Fiber optic Sensor Unit)

### 3.2.4.2 การติดตั้งหัวเซ็นเซอร์

การติดตั้งหัวไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ ส่วนหัวเซ็นเซอร์ด้านล่างของฐานตรงกลางของชุดขับเคลื่อนใช้การแทรกเส้นเพื่อที่จะสามารถใช้แยกความแตกต่างของตำแหน่งลีของเส้นระหว่างเส้นลีขาวกับพื้นลีเขียว และต้องมี 2 สถานะ คือ 0 และ 1 จึงต้องใช้เซ็นเซอร์ที่ให้ข้อมูลได้ 1 บิต วางห่างกัน 4 เซนติเมตร ยิงลำแสงในแนวตั้งห่างจากพื้น 1 เซนติเมตร การติดตั้งไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์ในลักษณะดังกล่าวจะทำให้สามารถแทรกเส้นได้ตามเงื่อนไข



รูปที่ 3.15 ตำแหน่งการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์แสงกับตัวหุ่นยนต์อัตโนมัติ

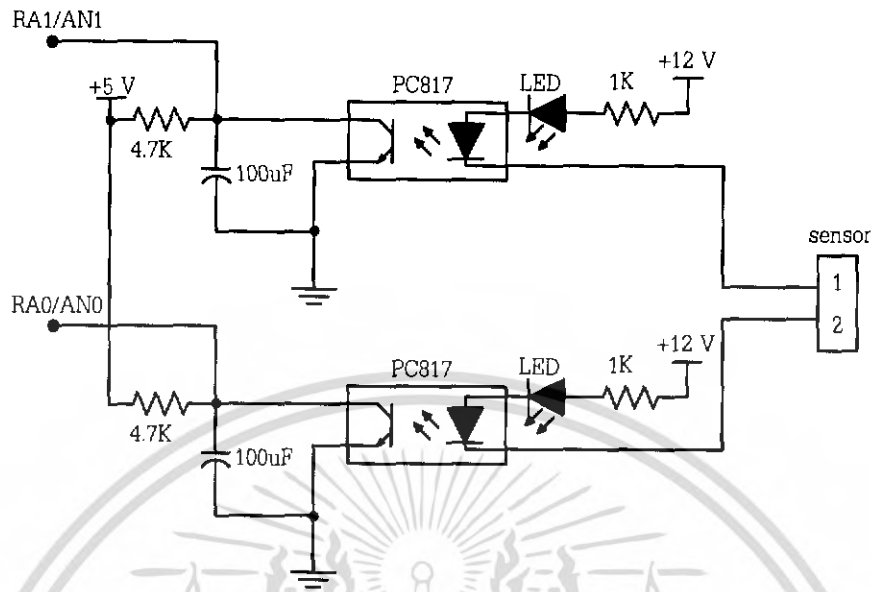
ทั้งสองชุดจะทำงานสัมพันธ์ต่อเนืองกัน คือ ชุดขับเคลื่อน และชุดติดบล็อกอัตโนมัติ ชุดขับเคลื่อนจะมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 VDC แบบทวดเฟืองกำลังสูง (Tormax) ความเร็ว 20 รอบต่อนาที เป็นตัวขับเคลื่อน และ จะมีชุดไฟเบอร์อปติกเซ็นเซอร์เป็นตัวแทรกเส้น โดยจะตรวจจับสถานะลอจิกให้ได้ตามเงื่อนไขได้จำนวนเส้นตามที่กำหนดไว้ โปรแกรมก็จะไปสั่งให้ชุดติดบล็อกทำงานโดยอัตโนมัติเพื่อที่จะติดบล็อก ใส่ท่าคะแนนในการแข่งขัน

### 3.3 ส่วนวงจรควบคุม

ส่วนวงจรควบคุมจะประกอบไปด้วย วงจรต่างๆ หลายส่วน ได้แก่ วงจรรับสัญญาณไฟเบอร์อปติกเซ็นเซอร์ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

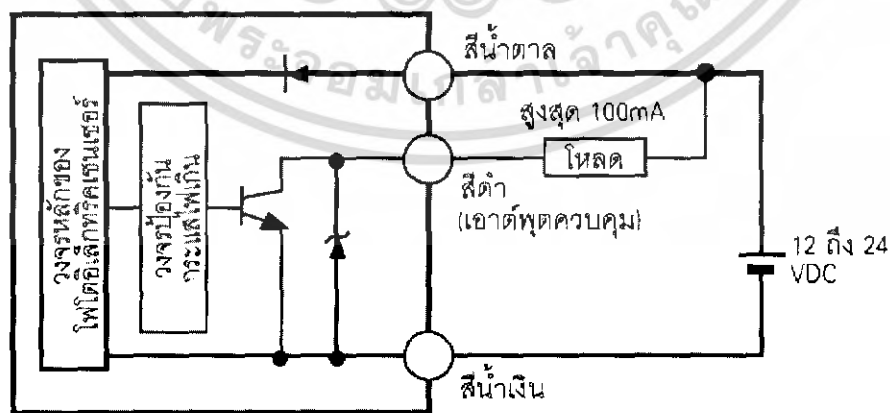
#### 3.3.1 วงจรรับสัญญาณไฟเบอร์อปติกเซ็นเซอร์

วงจรรับสัญญาณไฟเบอร์อปติกเซ็นเซอร์ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ไฟเบอร์อปติกแล้วส่งสัญญาณไปให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) ทำการประมวลผลต่อไป ลักษณะการต่อวงจรรับสัญญาณไฟเบอร์อปติกเซ็นเซอร์จะมีลักษณะการต่อวงจรตามรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 วงจรรับสัญญาณไฟเบอร์อปติกเซ็นเซอร์

อธิบายการทำงานของวงจรตามรูปที่ 3.16 ได้ดังนี้ จากวงจรจะมีสองส่วนคือเซ็นเซอร์ 1 และเซ็นเซอร์ 2 ในที่นี้จะขออธิบายในส่วนของเซ็นเซอร์ 1 เพราะการทำงานจะมีลักษณะการทำงานเหมือนกัน ตามวงจรจะเห็นว่า มีไฟบวก 12 โวลต์ ต่อผ่าน R3 และ LED1 เข้าขา 1 ของออปโตไดโอดโครงสร้างภายในจะเห็นว่าต่อเข้ากับขาแอโนดของ ไดโอด ส่วนด้านแคโทดจะต่อผ่านขา2 ของออปโตไดโอดไปเข้าวงจรภายในเซ็นเซอร์1 เมื่อเซ็นเซอร์ 1 ทำงานจะทำให้ไฟบวกที่ต่อไว้มีกระแสไหลผ่าน R3,LED1 เข้าขา1 ออกขา2 ของออปโตไดโอดไปครบวงจรที่วงจรภายในเซ็นเซอร์1 (ดูตามรูปที่ 3.17)



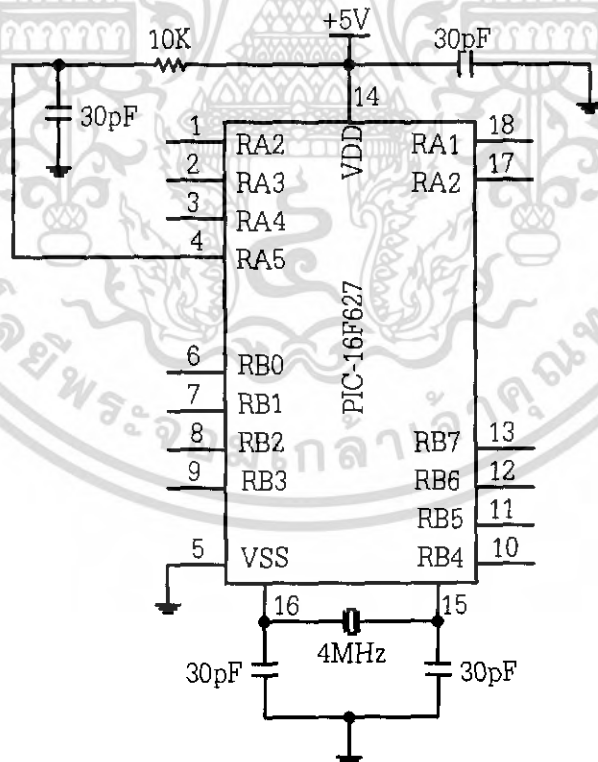
รูปที่ 3.17 วงจรไฟเบอร์อปติกเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าดูจากโครงสร้างภายในของออปโตไดโอดแล้วจะเห็นว่า มีไดโอด 1 ตัวและทรานซิสเตอร์ 1 ตัว การทำงานของออปโตไดโอดคือ ขาเบสของทรานซิสเตอร์ต้องการกระแสไบแอสจากไดโอด เมื่อไดโอดทำงานก็จะมีกระแสไบแอส ทรานซิสเตอร์ เมื่อทรานซิสเตอร์ได้รับกระแสไบแอส ทำให้ไฟบวก 5 โวลต์ ที่ต่อกับ R1 มีกระแสไหลผ่าน R1 เข้าขา4 ของออปโตไดโอดขา3 ลงกราวด์ครบวงจรการทำงาน แรงดันที่ตกคร่อมขา4 ของออปโตไดโอดตรงจุดนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงก็ขึ้นอยู่กับเซนเซอร์ ผลจากแรงดันที่ตกคร่อมขา4 ของออปโตไดโอดนี้ มีการเปลี่ยนแปลงได้จากเซนเซอร์ ดังนั้นจึงนำสัญญาณตรงจุดนี้ไปต่อเข้ากับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) เพื่อนำสัญญาณไปควบคุมการทำงานที่เราต้องการได้

### 3.3.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC)

วงจรมิโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) นี้ จะใช้ไอซีเบอร์ PIC16F627-04/P หน้าการทำงานหลักคือ จะเป็นตัวควบคุมระบบการทำงานของหุ่นยนต์ทั้งหมด โดยใช้วิธีการเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงาน (ภาษาC) เริ่มตั้งแต่การสตาร์ท ทิศทางการเคลื่อนที่ ระยะทางเท่าไร เมื่อถึงเป้าหมายหุ่นยนต์จะทำงานอย่างไรต่อไป ระบบการทำงานเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับวิธีการเขียนโปรแกรมให้เป็นไปตามความต้องการ ลักษณะการต่อวงจรมิโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) พื้นฐานจะมีลักษณะการต่อวงจรมตามรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ลักษณะการต่อวงจรมิโครคอนโทรลเลอร์ (PIC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

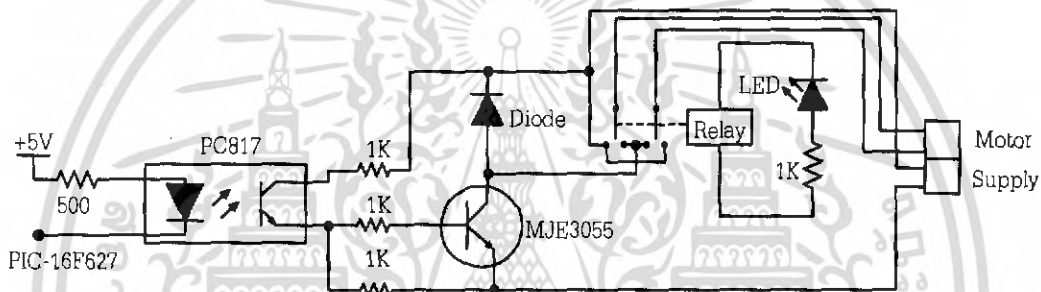
### 3.3.3 วงจรควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์

วงจรควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรก ควบคุมการขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ และส่วนที่สอง ควบคุมการขับเคลื่อนการตีบล็อก เพื่อทำคะแนน

#### 3.3.3.1 วงจรควบคุมการขับเคลื่อนการเคลื่อนที่

จากรูป 3.19 การทำงานวงจรควบคุมการขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ ทิศทางการเคลื่อนที่มีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

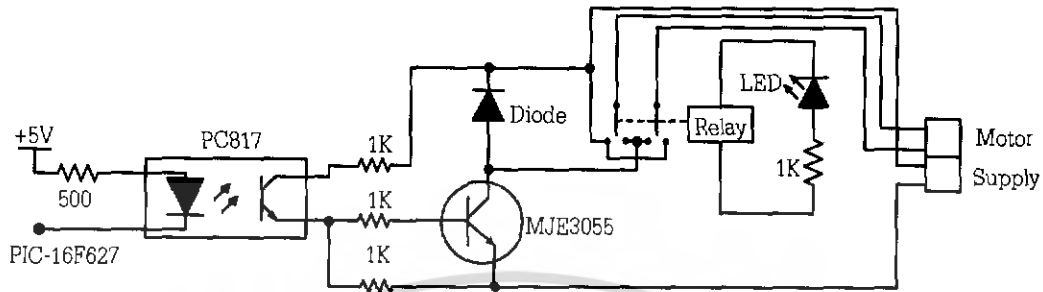
1. การเคลื่อนที่ไปแนวตรง (เดินหน้า - ถอยหลัง) จะใช้มอเตอร์ 2 ตัว ในการขับเคลื่อน วิธีการการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเราจะจ่ายไฟบวก-ลบ ให้ตรงกับขั้วของมอเตอร์ การเคลื่อนที่ไปข้างหลังเราจะจ่ายไฟบวก-ลบ ให้ตรงข้ามกับขั้วของมอเตอร์ วิธีการกลับขั้วใช้การสับเปลี่ยนหน้าสัมผัสรีเลย์ ควบคุมการสับเปลี่ยนหน้าสัมผัสจากไมโครคอนโทรลเลอร์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



รูปที่ 3.19 วงจรควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์

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

### 3.3.3.1 วงจรควบคุมการขับเคลื่อนการติดบล็อก

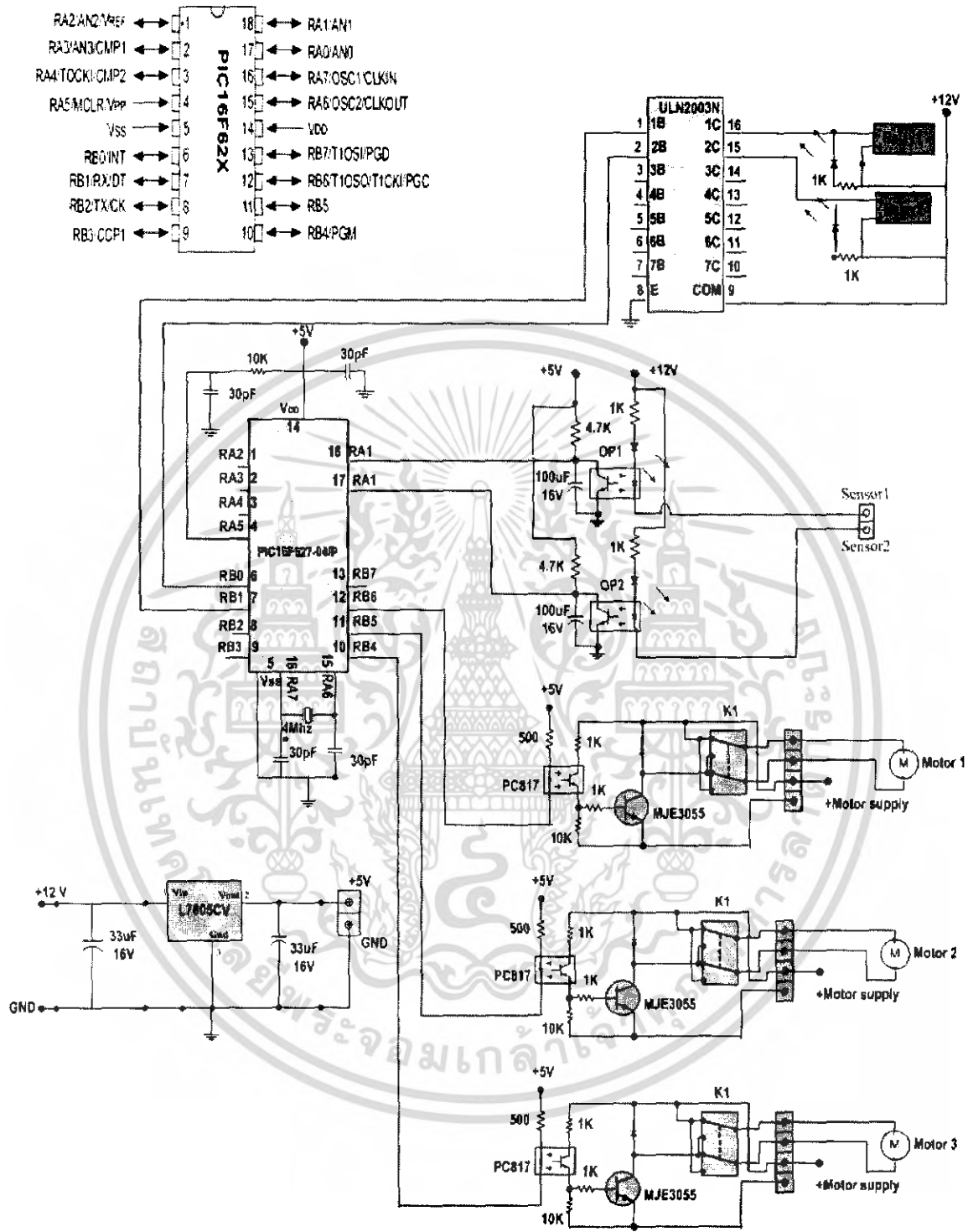


รูปที่ 3.20 วงจรควบคุมการขับเคลื่อนการติดบล็อก

จากรูปที่ 3.20 อธิบายการทำงานได้ดังนี้ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณมาที่ขา 2 ของออปโตไดโอด (PC817) จะทำให้มีกระแสไบโอสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะอยู่ภายในโครงสร้างของออปโตไดโอด (PC817) เมื่อทรานซิสเตอร์ได้รับกระแสไบโอส ทำให้มีกระแสไหลเข้าออปโตไดโอดทางขา 4 ไหลออกทางขา 3 ผ่านความต้านทานไบโอสขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 เมื่อทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงานจะทำให้วงจรควบคุมการขับเคลื่อนการติดบล็อกครบวงจรลงกราวด์

### 3.3.4 วงจรรวม

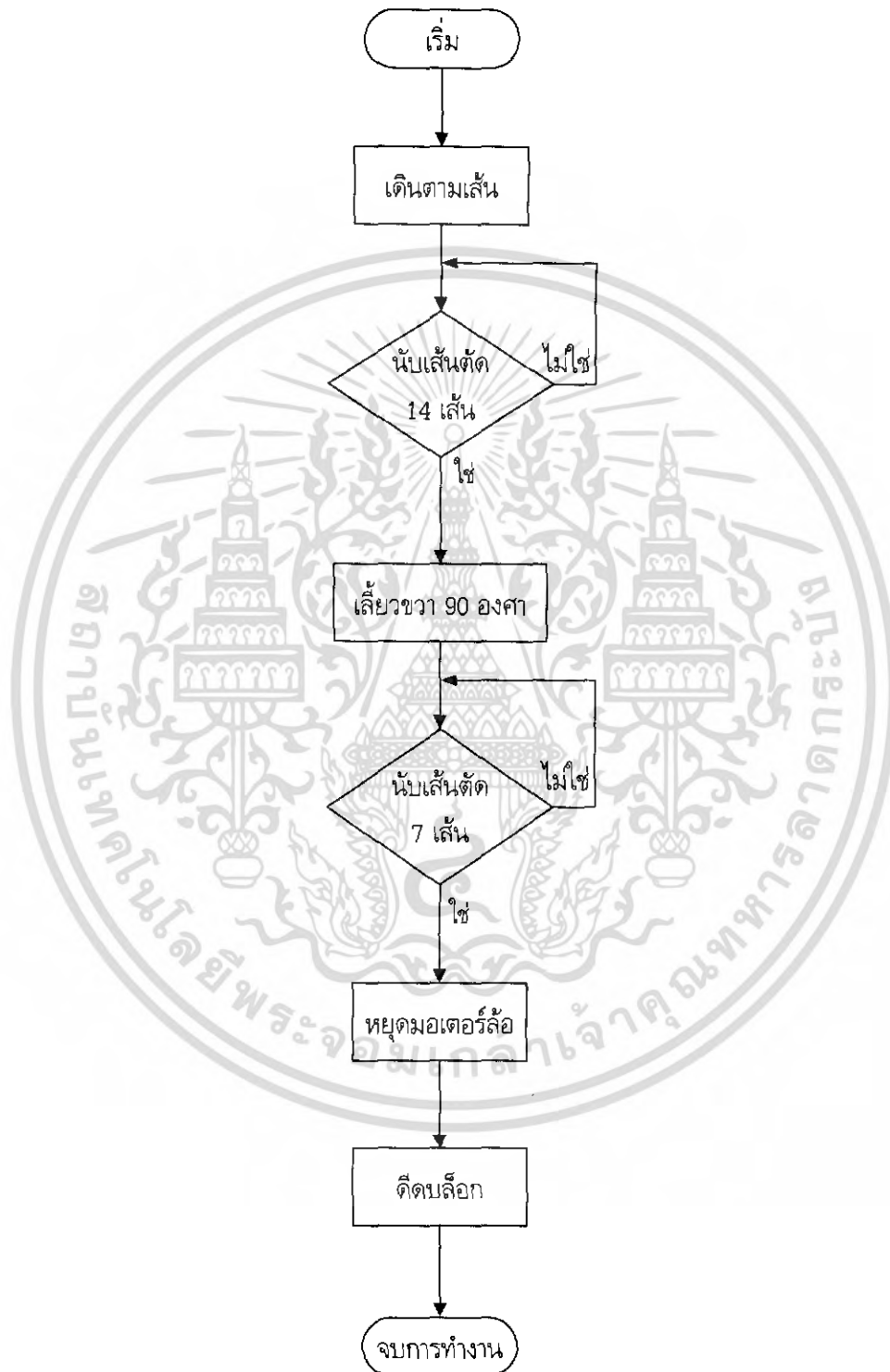
ส่วนของวงจรรวมของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ จะมีมอเตอร์ทั้งหมด 3 ตัว เป็นตัวขับเคลื่อนกลไกเพื่อเป็นกำลังงานเอาต์พุตให้กับตัวหุ่นยนต์ โดยการทำงานของมอเตอร์ทั้งหมดเกิดจากการสั่งงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC และเมื่อมอเตอร์ทำงาน ชุดกลไกปลายทางก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสถานการณ์ทำงานของกลไกจึงถูกตรวจจับด้วยไฟเบอร์ออปติกเซ็นเซอร์เพื่อส่งเป็นสัญญาณป้อนกลับให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ประมวลผลต่อไป การทำงานของวงจรรวมและความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ต่างๆ มีดังนี้



รูปที่ 3.21 วงจรรวมของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3.5 โฟล์ซาร์จการทำงาน

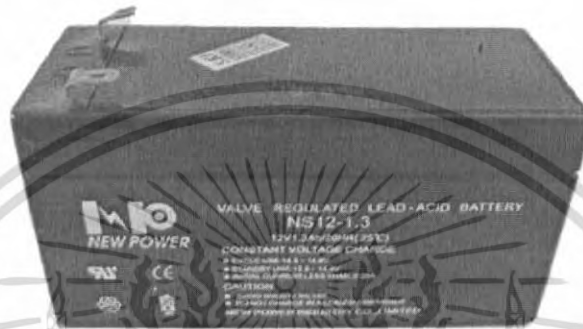


รูปที่ 3.22 ผังงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.6 แหล่งจ่ายแรงดัน (Power Supply)

แหล่งจ่ายแรงดัน ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ จากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ 1.3 แอมแปร์จำนวน 2 ก้อน นำมาต่อจ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และภาคกำลังของมอเตอร์ โดยแยกแบตเตอรี่ออกจากกัน ซึ่งจะให้กำลังงานที่เพียงพอต่อการทำงานของทุกๆ ส่วนของวงจรหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ



รูปที่ 3.23 แบตเตอรี่ 12 V 1.3 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 กล่าวนำ

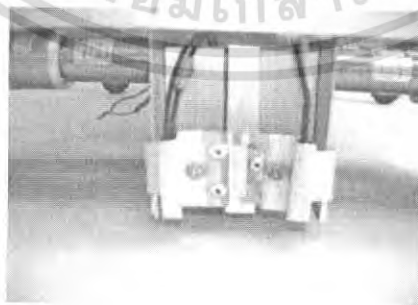
ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของส่วนต่างๆ ของโครงงานหุ่นยนต์ก่อสร้าง หอคอยอัตโนมัติที่ได้ออกแบบและจัดสร้างขึ้นมา มีขีดความสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ในตอนต้นหรือไม่ เพื่อจะได้ทราบผลการทำงานของส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นรวมทั้งผลที่ได้จากการทดลองว่าตรงตามขีดความสามารถที่กำหนดหรือไม่ และจะสามารถทำการแก้ไขข้อผิดพลาดก่อนที่จะประกอบเป็นตัวหุ่นยนต์สำเร็จได้ ในการทดลองจะแบ่งการทดลองชุดการทำงานออกเป็นส่วนๆ ได้แก่ ชุดเซ็นเซอร์แสง ชุดโปรแกรมควบคุม ชุดการเดินทางเส้น ชุดติดบล็อก

#### 4.2 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์

##### 4.2.1 การทดลองชุดเซ็นเซอร์แสง



ก. หน่วยประมวลผลเซ็นเซอร์แสง



ข. การติดตั้งหัวเซ็นเซอร์แสง

#### รูปที่ 4.1 ชุดเซ็นเซอร์แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1. ลำดับขั้นการทดลอง

- 1.1) ติดตั้งหัวเซ็นเซอร์บริเวณด้านหน้าของหุ่นยนต์
- 1.2) ติดตั้งตัวเซ็นเซอร์แสงและเชื่อมต่อสายไฟเบอร์ออปติก ระหว่างหัวเซ็นเซอร์กับตัวเซ็นเซอร์แสง
- 1.3) วางตัวหุ่นยนต์ในตำแหน่งเส้นและหัวเซ็นเซอร์อยู่ที่ด้านข้างของเส้นทั้ง 2 ข้าง
- 1.4) จ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้กับวงจร และตั้งค่าสีให้เข้าโหมดการตรวจวัดวัตถุ
- 1.5) เลื่อนตัวหุ่นกับเส้นและวัดสถานะลอจิกค่า 1 บิต จากเอาต์พุตของตัวเซ็นเซอร์

### 2. ผลการทดลอง

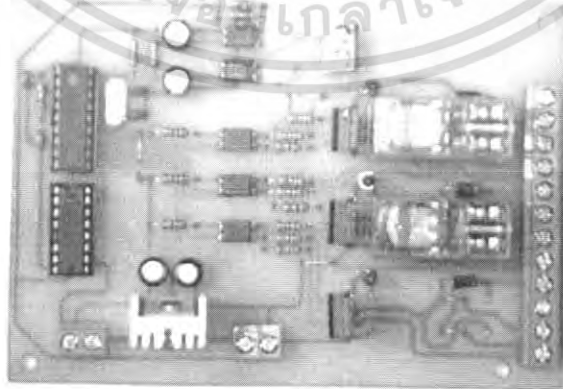
จากผลการทดลอง เป็นสีแต่ละตำแหน่งจะได้สถานะลอจิกเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตำแหน่งสีของสนามแข่งขันกับสถานะลอจิกที่ได้จากเซ็นเซอร์

ตำแหน่งสีของสนามแข่งขันหุ่นยนต์	สถานะลอจิกเอาต์พุต	ระดับแรงดัน (โวลต์)
ขณะอยู่ที่สีขาว	0	1.2
ขณะอยู่ที่สีเขียว	1	4.6

ค่าลอจิกที่ได้สามารถบอกความแตกต่างตำแหน่งสีของเส้นได้ คือ สถานะขณะที่อยู่ระหว่างสีขาวกับสีเขียว ซึ่งเป็นตำแหน่งที่สามารถจะนำค่าของลอจิกมาประมวลผล ในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการควบคุมมอเตอร์ล้อของหุ่นยนต์ ดังนั้นจึงสามารถนำค่าลอจิกที่ได้จากการทดลองไปสร้างเงื่อนไขในการเขียนโปรแกรมได้

#### 4.2.2 การทดลองโปรแกรม



รูปที่ 4.2 วงจรการทดลองโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1. ลำดับขั้นการทดลอง

- 1.1) เขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ด้วยภาษาซีโดยโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
- 1.2) จำลองค่าของอินพุทแทนเซ็นเซอร์ แล้วใช้มอเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุทของวงจร
- 1.3) ทดสอบโปรแกรมในเบื้องต้นด้วยการดู สถานะภาพการเปลี่ยนแปลงของรีเลย์ ค่าแรงดันเอาต์พุท
- 1.4) บันทึกผลการทดลอง

### 2. ผลการทดลอง

จากผลการทดลองโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะได้สัญญาณของเอาต์พุทไปใช้งานในส่วนลอจิกและชุดดีด ของหุ่นยนต์โดยแต่ละเอาต์พุทจะขึ้นอยู่กับค่าอินพุท และลักษณะการทำงานของโปรแกรม

#### 4.2.3 ชุดการเดินตามเส้น



รูปที่ 4.3 สนามจำลองในการทดสอบ

### 1. ลำดับขั้นการทดลอง

- 1.1) เขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ด้วยภาษาซีโดยรับสัญญาณอินพุทมาจากเซ็นเซอร์
- 1.2) ประกอบวงจรเข้ากับชุดเซ็นเซอร์แสง ชุดมอเตอร์ล้อ
- 1.3) จ่ายแหล่งจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้วงจร
- 1.4) ทดลองตัวหุ่นยนต์โดยไม่ได้บรรจุบล็อก และทดลองตัวหุ่นยนต์โดยบรรจุจำนวนบล็อก 2 บล็อก
- 1.5) เปิดสวิตช์ต่อวงจรทดลองและบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ผลการทดลอง

จากผลการทดลองตัวหุ่นยนต์ที่ไม่ได้บรรจุบล็อก และตัวหุ่นยนต์ที่บรรจุจำนวนบล็อก 2 บล็อก ในการเดินตามเส้น ได้ผลจากการทดลองจะไม่มี ความต่างกัน เพราะว่าแรงบิดของมอเตอร์มีค่าสูงในการต้องรับน้ำหนักเพียง 1 กิโลกรัมจึงไม่มีผลใดๆ ในการเดินตามเส้น นั้นหุ่นยนต์จะมีตัวเซ็นเซอร์ในการพาตัวหุ่นถึงเสาใส่ทำคะแนนบล็อกก็ถูกดีต่อออกจากตัวหุ่นยนต์

### 4.2.4 การทดลองชุดติดบล็อก



ก. การติดตั้งมอเตอร์ปล่อยสลัก



ข. การล็อกสลักชุดติด

### รูปที่ 4.4 ชุดติดบล็อก

#### 1. ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1.1) ประกอบชุดรางเลื่อน มอเตอร์ปล่อยสลัก และหนังยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.2) ติดตั้งสายเคเบิลและสวิตช์เปิด-ปิดตัดวงจร เพื่อจำลองการควบคุมจากส่วนโปรแกรมควบคุม
- 1.3) วางตัวหุ่นยนต์ในแนวตรงกับบริเวณเสา
- 1.4) จ่ายแหล่งจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ให้วงจร
- 1.5) ทำการทดสอบในระยะห่างจากเส้นผ่านศูนย์กลางของเสา 40 เซนติเมตร
- 1.6) เปิดสวิตช์ต่อวงจรทดลองและบันทึกผลการทดลอง

## 2. ผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปผลได้ว่าแรงดึงดูดที่เกิดจากหุ่นยนต์สามารถที่จะติดบล็อกจำนวน 2 บล็อกที่มีน้ำหนักรวม 1 กิโลกรัมได้ โดยมีมอเตอร์เป็นตัวปล่อยสลัก และบล็อกที่ติดออกไปสามารถที่จะอยู่ในเสาได้โดยไม่ตก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุป

#### 5.1 สรุป

หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติเป็นหุ่นยนต์ที่ประกอบด้วยส่วนกลไกและส่วนควบคุม ส่วนกลไกเป็นส่วนที่ทำให้หุ่นยนต์สามารถกระทำการต่างๆ ตามที่ผู้ใช้งานต้องการได้ นั่นคือ เคลื่อนที่ และดีดบล็อกกลไกส่วนต่างๆ อาศัยการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นหลัก โครงสร้างส่วนใหญ่ของตัวหุ่นยนต์ทำจากอะลูมิเนียมซึ่งมีน้ำหนักเบา แข็งแรง ง่ายต่อการขึ้นรูป ประกอบ และแก้ไขปรับปรุงโครงสร้าง

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

ส่วนของชุดดีดบล็อกใส่เสาเลือกใช้อย่างที่มีความยืดตัวมาทำเป็นชุดดีด โดยใช้ระบบมอเตอร์เป็นตัวปล่อยสลัก ซึ่งการดีดบล็อกที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ พบว่า หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติมีประสิทธิภาพโดยรวมดังนี้

1. ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ
2. วิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 5.66 เมตรต่อวินาที จากจุดเริ่มต้นถึงเสาใช้เวลาประมาณ 2 นาที
3. ทำคะแนนได้สูงสุด 4 คะแนนจากบล็อกจำนวน 2 บล็อก
4. การทำงานของหุ่นยนต์ตั้งแต่เริ่มต้นสตาร์ทจนกระทั่งทำงานเสร็จสิ้นใช้เวลาประมาณ 2 นาที

#### 5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้าง ทดสอบ และนำโครงการเข้าร่วมการแข่งขันพบว่ามีปัญหาที่เกิดขึ้นหลายประการ และได้ดำเนินการแก้ไขไปแล้ว ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. **ปัญหา** ความเร็วในการวิ่งของขับเคลื่อนหุ่นยนต์มีค่าไม่สูงมากเนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนของตัวหุ่นยนต์มีจำนวนรอบต่อวินาทีไม่สูงมาก

**วิธีการแก้ไข** เปลี่ยนมอเตอร์ขับเคลื่อนตัวหุ่นยนต์ให้มีจำนวนรอบต่อวินาทีสูงขึ้น เพื่อเพิ่มความเร็วในการวิ่งของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **ปัญหา** ชุดเพลาล็อกล้อกับมอเตอร์เกิดการคลายตัว ทำให้การเดินของหุ่นมีความเอียง ทำให้หุ่นยนต์เสียเวลาในการปรับตัวหุ่นยนต์ให้ตรงตามเส้นทาง  
**วิธีการแก้ไข** ทำการเจาะรูระหว่างล้อกับแกนเพลาลูกให้ทะลุ เพื่อที่จะใช้หมุดในการขันล็อกทำให้หมดปัญหาของการคลายตัวของล้อ
3. **ปัญหา** แรงกระแทกของชุดรางเลื่อนที่เกิดจากการติดตัวของบล็อก  
**วิธีการแก้ไข** ใช้ยางมาช่วยในการซับแรงกระแทกที่เกิดจากการติดบล็อก
4. **ปัญหา** ชุดปลั๊กที่ใช้เป็นแบบตัวแอลทำให้การหมุนของมอเตอร์ทำงานติดขัด และต้องใช้แรงบิดของมอเตอร์มาก  
**วิธีการแก้ไข** เปลี่ยนชุดสลักเป็นแบบตัวซีเพื่อลดแรงเสียดทานของการหมุนของมอเตอร์ ทำให้การติดบล็อกไม่ติดขัด และใช้แรงบิดของมอเตอร์ลดลง
5. **ปัญหา** เอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ บางส่วนทำงานไม่ตรงกับที่ต้องการเกิดจากระดับความสูงของตัวเซ็นเซอร์ที่ไม่สามารถการใช้งานที่ต้องการ  
**วิธีการแก้ไข** ปรับระดับความสูงของเซ็นเซอร์
6. **ปัญหา** วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้ในการควบคุมเป็นแบบเดินสายไฟต่อกับตัวของอุปกรณ์ในวงจรซึ่งทำให้ในการตรวจแก้ไขทำได้ยาก  
**วิธีการแก้ไข** ออกแบบลายวงจร PCB ลงแผ่นปริ้นและนำอุปกรณ์มาลงในแผ่นปริ้น
7. **ปัญหา** ออปโตเซ็นเซอร์ของชุดนำร่องหุ่นยนต์ที่ใช้ในตอนแรกเป็นตัวปรับชนิดแอนะล็อกซึ่งใช้งานยากและเสถียรภาพไม่คงที่  
**วิธีการแก้ไข** เปลี่ยนตัวปรับออปโตเซ็นเซอร์ของชุดนำร่องหุ่นยนต์เป็นชนิดดิจิทัลซึ่งใช้งานง่ายกว่า และมีเสถียรภาพคงที่มากกว่า
8. **ปัญหา** แบตเตอรี่ที่ใช้งานในตอนแรกมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก ทำให้เปลืองเนื้อที่และน้ำหนักเกินพิกัดที่กำหนดไว้ในกติกา  
**วิธีการแก้ไข** เปลี่ยนไปใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดเล็กลง แต่มีกระแสไฟเพียงพอต่อการใช้งาน เพื่อช่วยลดปัญหาเรื่องน้ำหนักและเนื้อที่ในการติดตั้ง

### 5.3 แนวทางการพัฒนา

ในการพัฒนาหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1. พัฒนาส่วนกลไกและส่วนควบคุมให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้หลายๆ ทิศทางหรือสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางต่างๆ ได้
2. พัฒนาส่วนกลไกและส่วนควบคุมให้หุ่นยนต์สามารถนำบล็อกของผู้เช่าแข่งขันทีมอื่นๆ ออกได้
3. พัฒนาส่วนของความเร็วมอเตอร์ของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

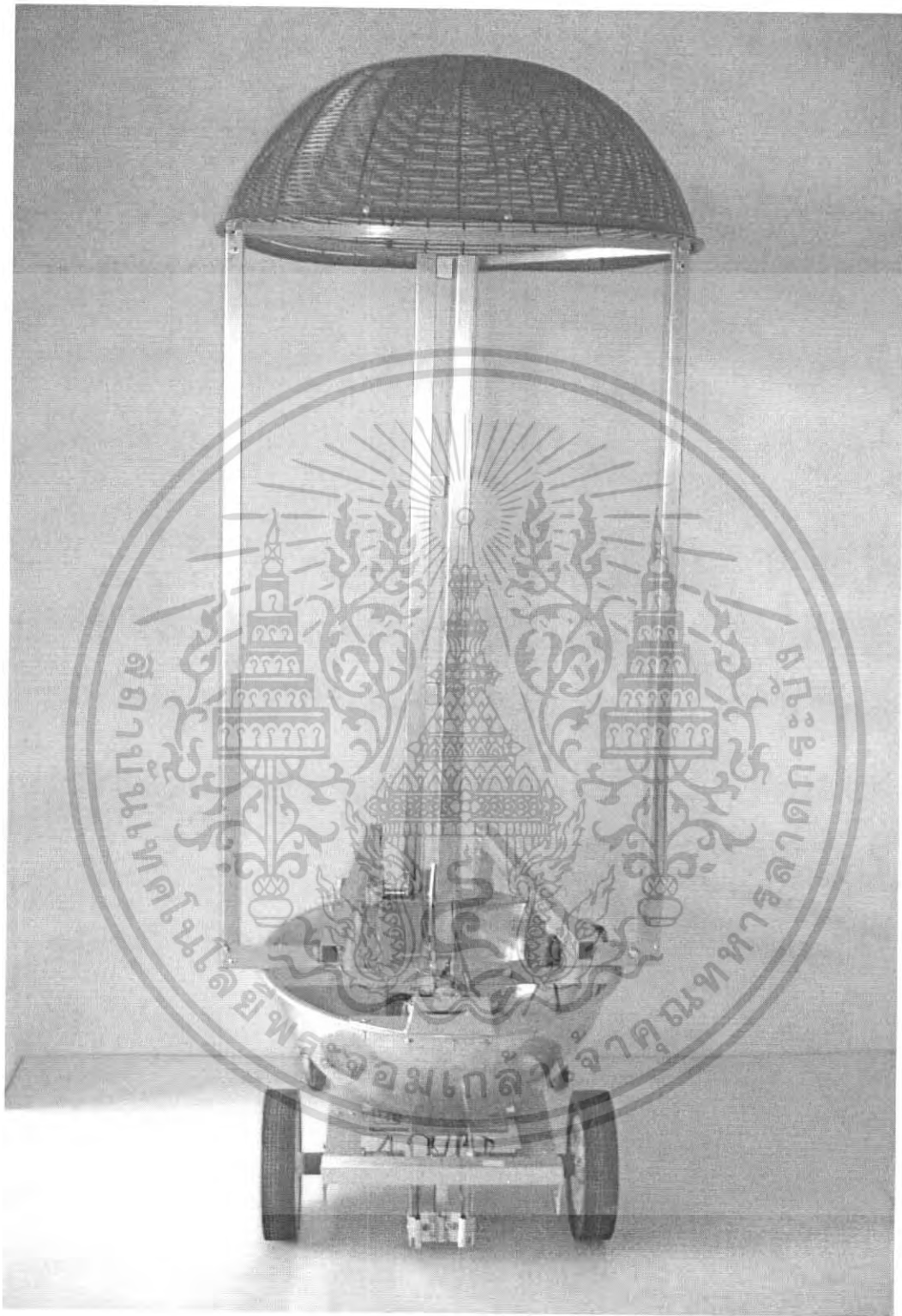
## บรรณานุกรม

- ชนาวุฒิ ไกรฤทธิกุล. 2544. **LDR ตัวต้านทานไวแสง**. [Online]. เข้าถึงได้จาก :  
[http://electronics.se-ed.com/contents/041s060/041s060\\_p01.asp](http://electronics.se-ed.com/contents/041s060/041s060_p01.asp).
- พระนครศรีอยุธยา, วิทยาลัยเทคนิค. 2544. “**กติกากการแข่งขันหุ่นยนต์อาชีวศึกษา (VEC ROBOCON 2004) ประจำปีการศึกษา 2547.**” พระนครศรีอยุธยา : วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา. ม.ป.ท. เอกสารอัดสำเนา.
- พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ และคณะ. 2546. **งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีวฯ.
- สถาพร ลักษณะเจริญ. 2548. **เอกสารประกอบคำบรรยาย : การออกแบบหุ่นยนต์เพื่องานอุตสาหกรรมโดยใช้หลักการทางธรรมชาติ**. [Online]. เข้าถึงได้จาก :  
<http://biorobots.eng.kmitnb.ac.th/~s/jantalk.pdf>.
- สุธีธร เกียรติสุนทร. 2536. **คู่มือการใช้งาน PLC**. กรุงเทพฯ : บริษัท เอช เอ็น กรุ๊ป.
- อสมท. จำกัด (มหาชน), บริษัท. 2548. “**ถนนเทคโนโลยี 2548.**” กรุงเทพฯ : ม.ป.ท. เอกสารอัดสำเนา.
- อำนาจ ทองผาสุก. 2542. **การควบคุมมอเตอร์**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- Keyence Corporation. 2000. **Sensors : Vision System & Measuring Instruments**. Japan : Keyence Corporation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

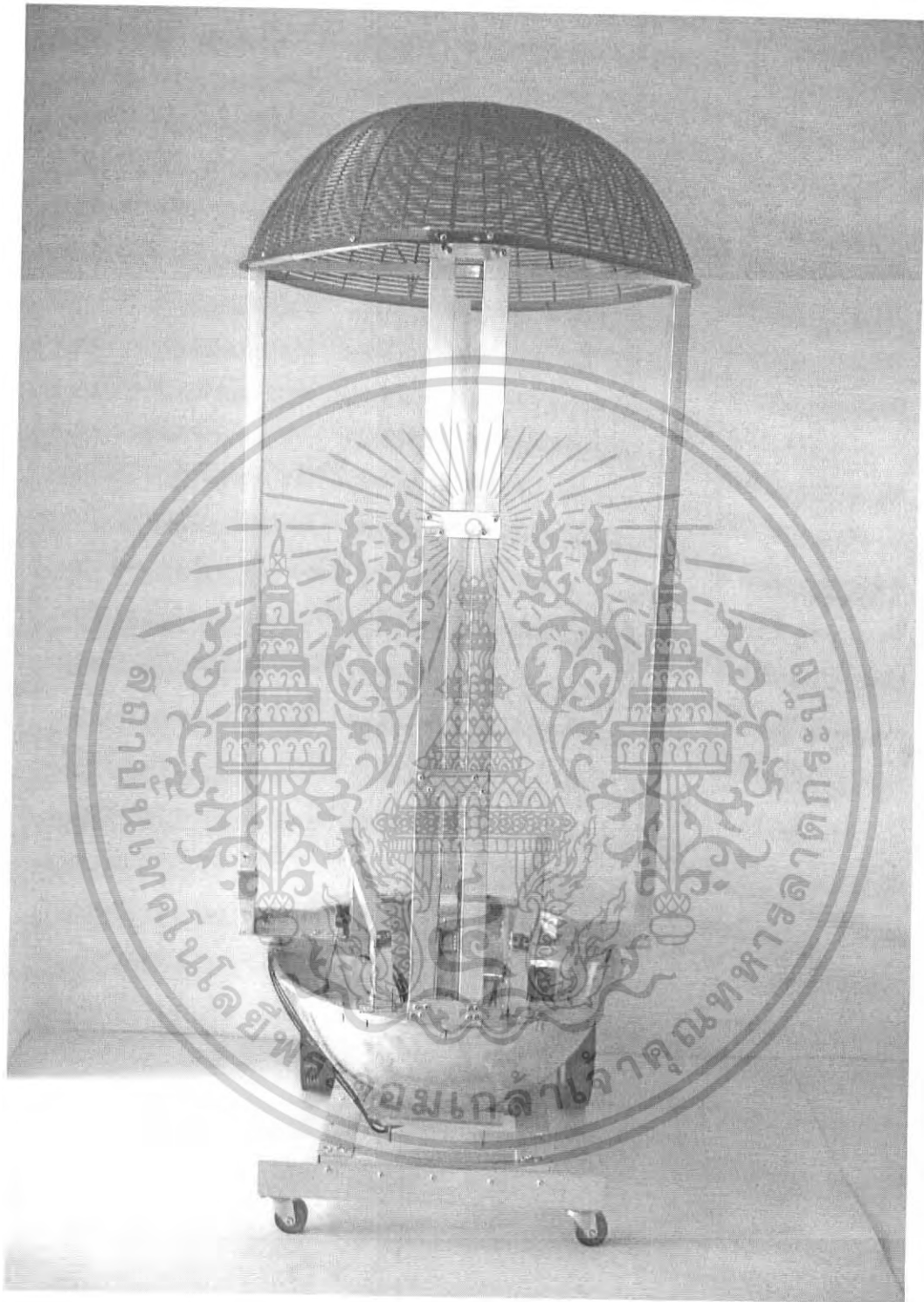


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



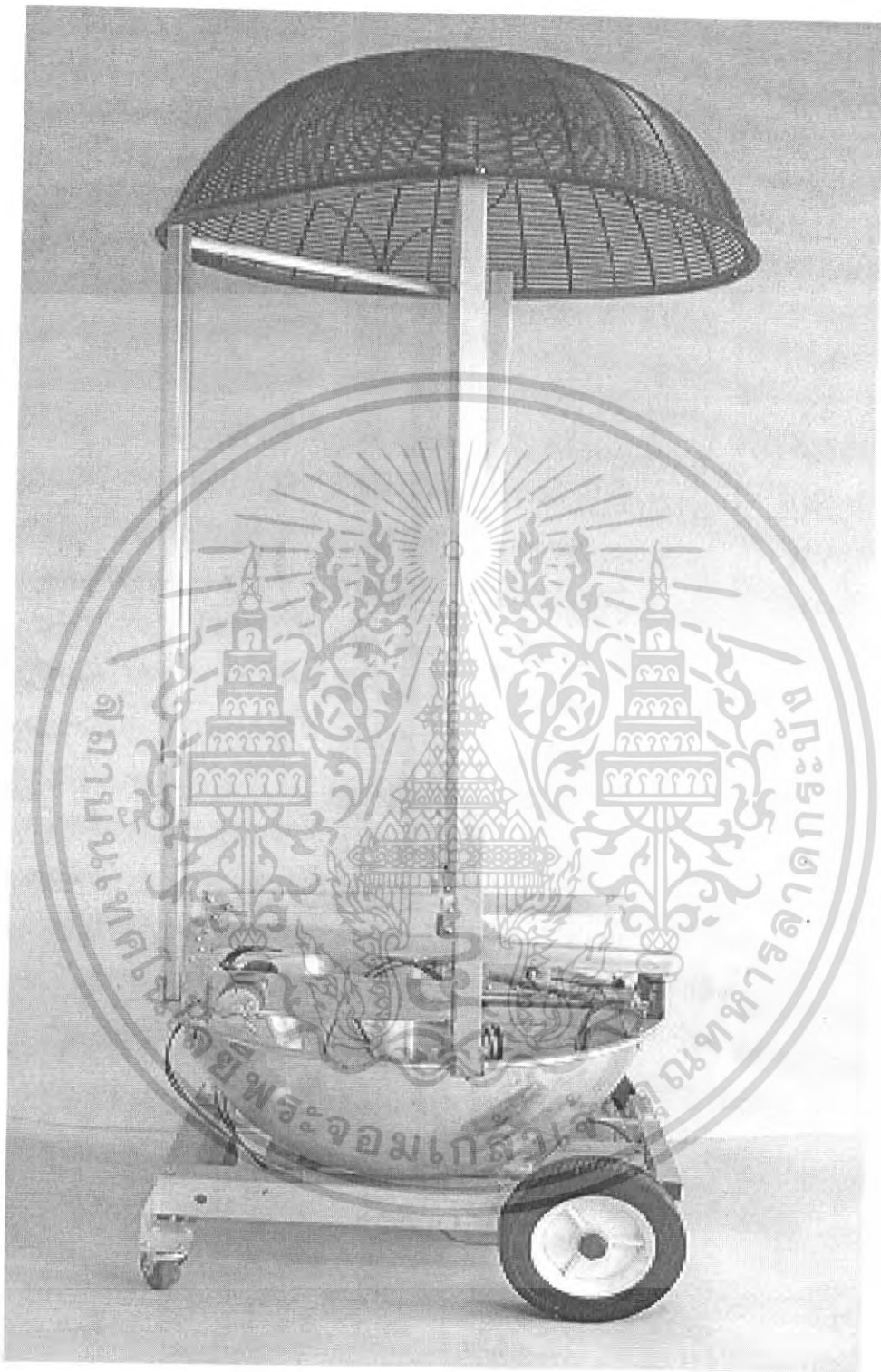
รูปที่ ก.1 ด้านหน้าของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 ด้านหลังของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



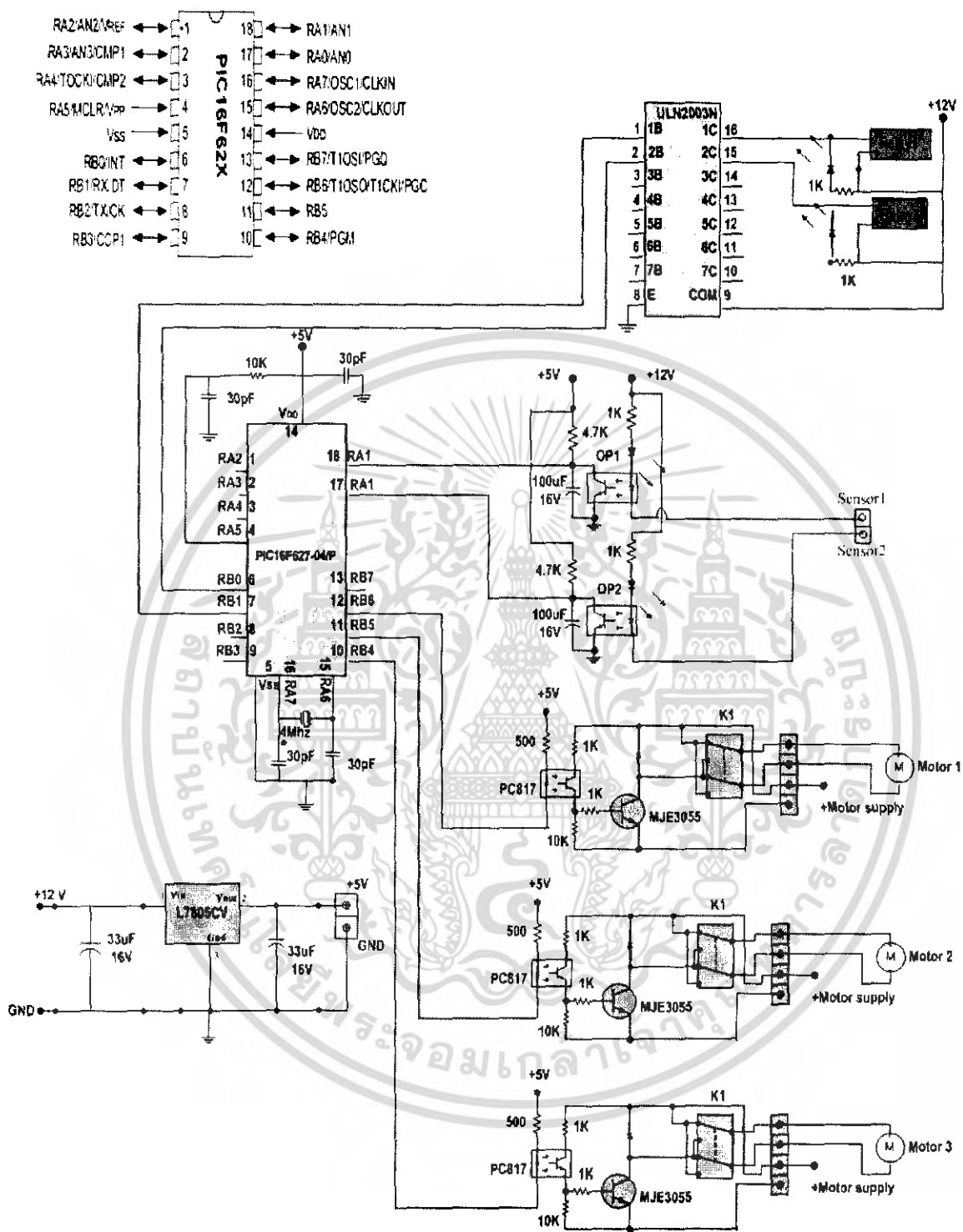
รูปที่ ก.3 ด้านข้างของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ข**  
**วงจรและแผนวงจรพิมพ์**

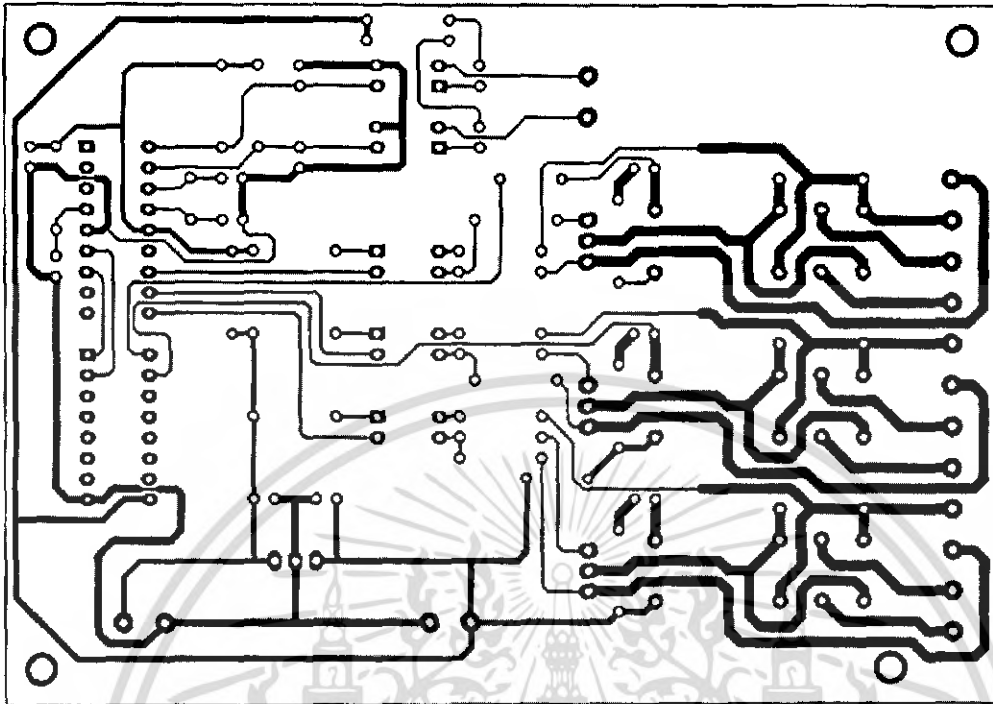


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

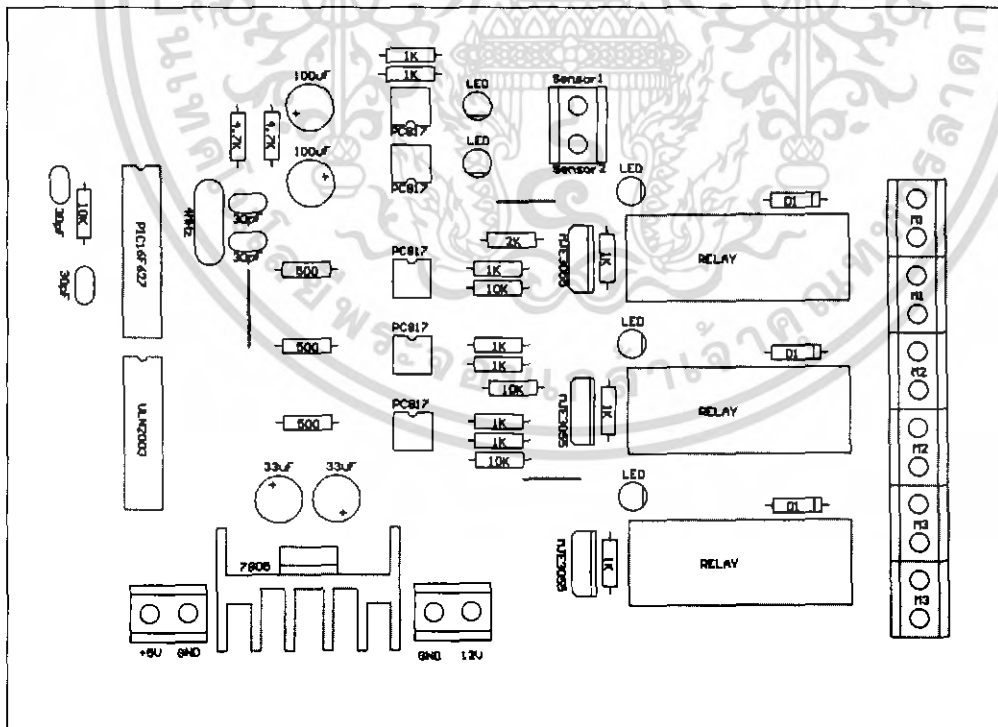


รูปที่ ข.1 วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

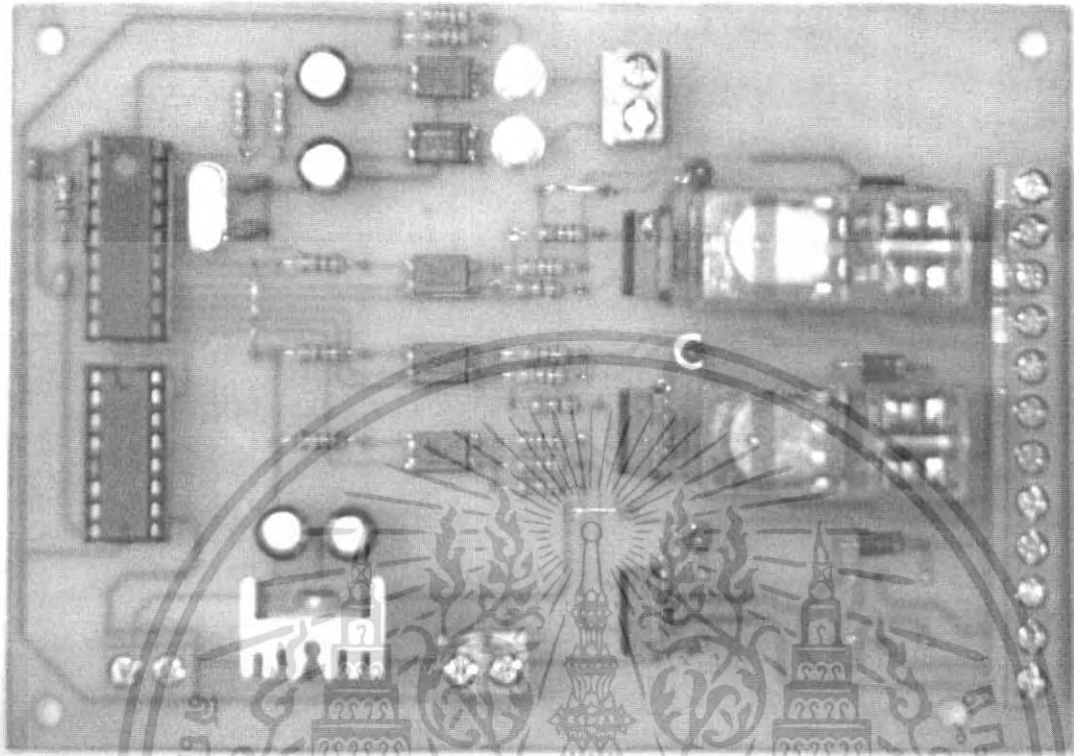


รูปที่ ๓.2 แผงวงจรพิมพ์วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ



รูปที่ ๓.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผงวงจรพิมพ์วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4 วงจรสำเร็จของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุมของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
<b>หน่วยไอซี</b>		
PIC-16F627-04/P	ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ไอซีเบอร์ PIC-16F627-04/P	1 ตัว
ULN2003N	ไอซีขับคอยล์รีเลย์เบอร์ ULN 2003N	1 ตัว
L7805CV	ไอซีจ่ายแรงดัน 5 โวลท์	1 ตัว
MJT305	ทรานซิสเตอร์	3 ตัว
PC817	ออปโต้	5 ตัว
<b>หน่วยเซ็นเซอร์แสง</b>		
Fiberoptic Sensor1	หน่วยเซ็นเซอร์แสง (Fiberoptic Sensor Unit) ยี่ห้อ KEYENCE รุ่น FS-V11	1 ตัว
<b>มอเตอร์</b>		
M1 - M3	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 V DC	3 ตัว
<b>ตัวต้านทาน</b>		
R1	1 k $\Omega$	10 ตัว
R2	4.7 k $\Omega$	2 ตัว
R3	10 k $\Omega$	4 ตัว
R4	500 $\Omega$	3 ตัว
<b>คาปาซิเตอร์</b>		
C1	30 pF	4 ตัว
C2	33 $\mu$ F/16V	2 ตัว
<b>ไดโอดเปล่งแสง</b>		
LED 1	สีแดง	3 ตัว
LED 2	สีขาว	2 ตัว
<b>สวิตช์</b>		
SW1	สวิตช์แบบกด 3 ทาง	1 ตัว
SW2	สวิตช์แบบปุ่มกดติดปลั๊ก	1 ตัว
<b>รีเลย์</b>		
Relay 1 - Relay 2	รีเลย์ ยี่ห้อ OMRON แบบ 2 หน้าสัมผัส 2 ชุด (8 ขา)	2 ตัว
<b>แบตเตอรี่</b>		
แบตเตอรี่ 1 - แบตเตอรี่ 2	12 VDC 1.3 A	2 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
<b>โครงสร้างหุ่นยนต์</b> อลูมิเนียม ล้อ	อลูมิเนียมท่อนสี่เหลี่ยม อลูมิเนียมเส้น อลูมิเนียมฉาก อลูมิเนียมแผ่น กะละมัง ฝาชี ล้อหน้า 2 ล้อหลัง 2	3.5 กก. 1 ชุด
<b>ชุดเพลลา</b> เพลาขับเคลื่อนล้อหน้า	เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2 เซนติเมตร	2 ชุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจำเพาะ

แอมพลิฟายเออร์

FS-V ซีรีส์

ชนิด	การปรับแต่งแบบผสม (Hybrid) (กดครั้งเดียว + แบบ Manual, ดิจิตอล)			การปรับแต่งแบบดิจิตอล
	ยูนิตหลัก	ยูนิตขยายต่อเชื่อมแบบ 1-line	ยูนิตขยายต่อเชื่อมแบบไร้สาย	ยูนิตหลัก
รุ่น	NPN	FS-V11	FS-V12	FS-V10 <sup>1)</sup>
	PNP	FS-V11P	FS-V12P	—
แหล่งกำเนิดแสง	LED สีแดง			
เวลาตอบสนอง	250 µs (FINE)/500 µs (TJRBO)/1 ms (SUPER TJRBO)		410 µs ถึง 1.7 ms <sup>2)</sup>	250 µs
โหมดการทำงาน	LIGHT-ON/DARK-ON (สวิตช์ปรับเลือกได้)			
ไฟแสดงผล	ไฟแสดงสถานะแยกชุด: LED สีแดง จอ LED แบบดิจิตอล: LED สีแดง, 7 segments, ตัวเลข 4 element จอ LED แบบกราฟิก: LED สีเขียวพื้น <sup>3)</sup> ไฟแสดงสถานะการปรับแต่ง: LED สีส้ม <sup>3)</sup>			ไฟแสดงสถานะแยกชุด: LED สีแดง 2 ดวง จอ LCD แบบดิจิตอล: LCD (LED สีเขียวแดง สองจากด้านบนหลัง) ไฟแสดงสถานะการปรับแต่ง: LED สีส้ม
Timer function	OFF-delay: 40 ms/10 ms/ Timer: OFF (สวิตช์ปรับเลือกได้)			ON-delay: 40 ms/ OFF-delay: 40 ms/ Timer: OFF (สวิตช์ปรับเลือกได้)
เอาต์พุตควบคุม	NPN หรือ PNP: สูงสุด 100 mA (40 V), แรงดันตกค้าง: สูงสุด 1 V <sup>4)</sup>			
วงจรป้องกัน	การป้องกันการตอกกลับขั้ว, การป้องกันกระแสไฟเกิน, ลดการกระชากของกระแสไฟ (Surge absorber)			
แหล่งจ่ายไฟ	12 ถึง 24 VDC ±10%			
การสิ้นเปลืองกระแสไฟ	สูงสุด 50 mA			
แสงรอบข้าง	หลอดไฟ: สูงสุด 10,000 ลักซ์, แสงแดด: สูงสุด 20,000 ลักซ์			
อุณหภูมิแวดล้อม <sup>5)</sup>	-10 ถึง +55°C (14 ถึง 131°F), ไม่เป็นน้ำแข็ง			
ความชื้นสัมพัทธ์	35 ถึง 85%, ไม่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำ			
วัสดุโครงสร้าง	ตัวเครื่องพลาสติก: Polycarbonate			
น้ำหนัก (รวมสายเคเบิลยาว 2 ม.)	ประมาณ 80 กรัม	ประมาณ 45 กรัม	ประมาณ 20 กรัม	ประมาณ 80 กรัม

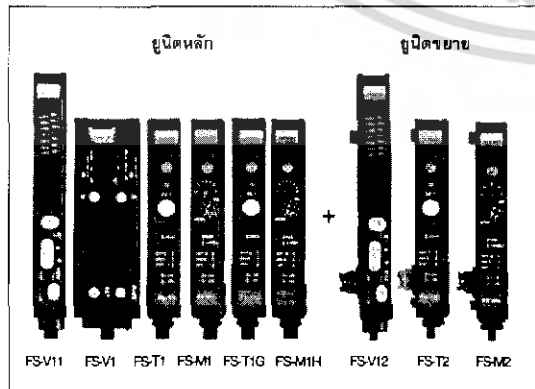
- FS-V10 ไม่มีสายเอาต์พุต ควรใช้ FS-R0 สำหรับส่งเอาต์พุต
- เวลาตอบสนองจะเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนยูนิตขยายที่ต่อเชื่อม
- โดยทั่วไป LED สีเขียวเป็นส่วนหนึ่งของจอ LED แบบกราฟิก และจะใช้เป็นไฟแสดงสถานะการปรับแต่ง เมื่อมีการตั้งค่าความไว
- FS-V1 มี 2 เอาต์พุต
- เมื่อมีการต่อเชื่อมหลาย ๆ ยูนิตเข้าด้วยกัน อุณหภูมิแวดล้อมจะเปลี่ยนไปตามสภาวะที่ตั้งต่อไป  
เมื่อมีการต่อเชื่อมหลาย ๆ ยูนิต จะต้องติดตั้งบนราง DIN (ราง DIN ที่เป็นโลหะ) และตรวจสอบให้แน่ใจว่ากระแสสูงสุดคือ 20 mA  
เมื่อมีการเชื่อมต่อ 3 ถึง 10 ยูนิต: -10 ถึง +50°C (14 ถึง 122°F), เมื่อเชื่อมต่อ 1 ถึง 16 ยูนิต: -10 ถึง +45°C (14 ถึง 113°F)

ฟังก์ชันแอมพลิฟายเออร์

แอมพลิฟายเออร์ที่ต่อเชื่อมแบบ one-line (แถวเดียว) สามารถลดการเดินสายไฟและแรงงาน

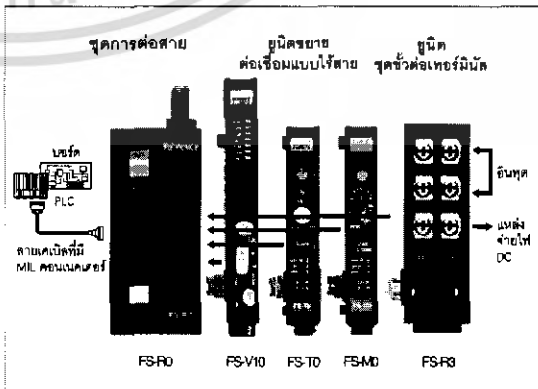
สามารถต่อเชื่อมยูนิตขยายเข้ากับยูนิตหลักได้สูงสุด 16 ยูนิต และเลือกต่อเชื่อมอย่างไรก็ได้ไม่จำกัด

FS-V11 การปรับแต่งแบบผสม (Hybrid)	FS-T1G แหล่งกำเนิดแสง LED สีเขียว
FS-V1 การปรับแต่งแบบดิจิตอล	FS-M1H การตอบสนองความเร็วสูง
หลายฟังก์ชัน	FS-V12 การปรับแต่งแบบผสม (Hybrid)
FS-T1 การปรับแต่งด้วยการกดครั้งเดียว	FS-T2 การปรับแต่งด้วยการกดครั้งเดียว
FS-M1 การปรับแต่งแบบ Manual	FS-M2 การปรับแต่งแบบ Manual



ยูนิตต่อเชื่อมแบบไร้สายไม่ต้องเดินสายไฟ และประหยัดแรงงาน

ระบบการต่อเชื่อมแบบไร้สายซึ่งเป็นนวัตกรรมล่าสุดนี้ ต้องการเพียงชุดการต่อสาย FS-R0 และสายเคเบิลที่มีคอนเนคเตอร์ MIL สำหรับเดินสาย คุณสามารถเชื่อมต่อยูนิตเข้ากับการ์ด I/O ของ PLC (programmable controller) หรือแผงวงจรพิเศษอื่นได้ โดยสามารถเลือกต่อเชื่อมยูนิตอย่างไรก็ได้เพื่อให้ตรงกับการใช้งาน

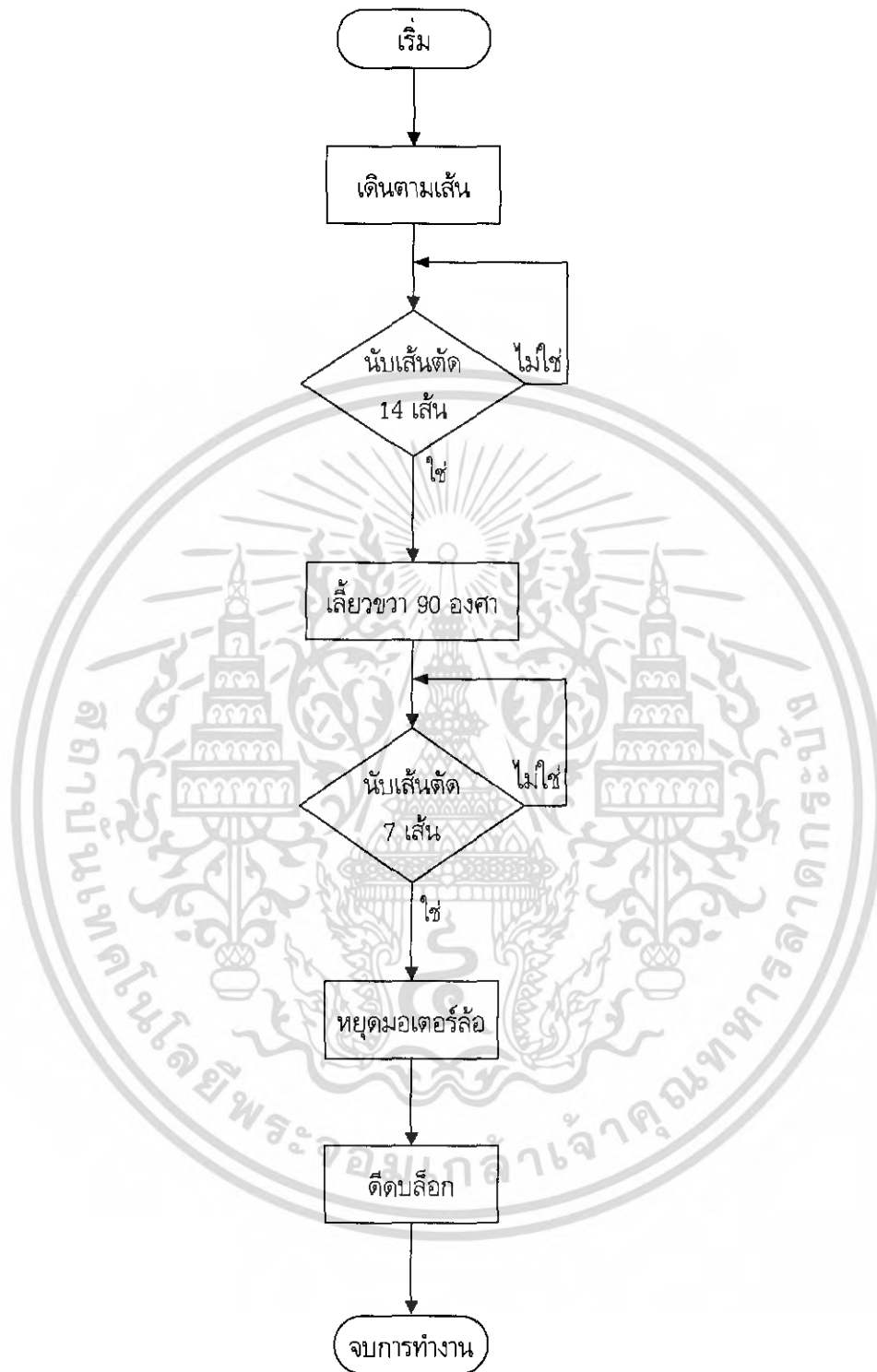


รูปที่ 1.1 ตารางคุณสมบัติของ Fiberoptic Sensor ยี่ห้อ KEYENCE รุ่น FS-V11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.1 ผังงานการทำงานโดยรวมของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

```

#include <16F627.h>
#define * =16
#define delay (clock=4000000, restart_wdt)
#define fuses HS,WDT,BROWNOUT,NOPROTECT,NOLVP, MCLR
// #fuses XT, NOWDT, NOPUT, NOPROTECT, BROWNOUT, MCLR, NOLVP, NOCPD
#define USE_DYNAMIC_MEMORY

// motor enable/direction
#define K1 PIN_B1
#define K2 PIN_B0
// #define K3 PIN_B2
#define M1 PIN_B6
#define M2 PIN_B5
#define M3 PIN_B4

// sensor input
#define IN1 PIN_A0
#define IN2 PIN_A1
#define IN3 PIN_A4

/* #define IN3 PIN_A2
#define IN4 PIN_A3
#define IN5 PIN_A4
#define IN6 PIN_A5
#define IN7 PIN_A6
#define IN8 PIN_A7
*/
#include "D:\rbt06\d2son\pic16.h"
#define ZERO_RAM

int1 bin1, bin2, reall, 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
f^=1;
if (f!=bin1) {
bin1=f;
tin1=0;
}
else {
if (++tin1>=20) {
tin1=10;
reall=bin1;
}
}
f=input (IN2); // read sen 1
f^=1;
if (f!=bin2) {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    bin2=f;
    tin2=0;
}
else {
    if (++tin2>=20) {
        tin2=10;
        real2=bin2;
    }
}

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

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);
    }
}
else    output_high (M2);

set_timer1(0xfc18); // sets timer to interrupt in 1kHz/4mhz
// 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) {
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=MAX_SPEED;
            if (f)    continue;
            f=1;    step--;
            continue;
        }
        else {
            f=0;

```

```

    if (real1) { // check input
        m1_speed=0; delay_ms (10);
        m1_speed=SLOW_SPEED;
    }
    if (real2) { // check input
        m2_speed=0; delay_ms (10);
        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;
}
}
delay_ms (500); // skib line
m1_speed=m2_speed=0;
}
/* turn right */
char left (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;
    }
    while (1) { // left
        restart_wdt (); //wdt
        if (!real1) break;
    }
}
// delay_ms (300);
m1_speed=m2_speed=0;
output_low (K1);
}
/* turn right */
char right (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;
    }
}
// delay_ms (300);
m1_speed=m2_speed=0;
output_low (K2);
}

/* main program */
void main () {
    char i, j;

```

```

int1 fr;

setup_wdt (WDT_1152MS); // setup watch dog
set_tris_a (0xff); // port a = input
set_tris_b (0x00); // port b = output
setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_1); // setup interrupts
enable_interrupts(INT_TIMER1);
enable_interrupts(global); // enable serial receive

output_float (IN1); // set input
output_float (IN2);
output_float (IN3);
output_high (M1); // set output state
output_high (M2);
output_high (M3);

for (i=0; i<3; i++) { // test cpu
    output_high (K1);
    output_high (K2);
    delay_ms (500);
    output_low (K1);
    output_low (K2);
    delay_ms (500);
}

m1_speed=m2_speed=0;
while (1) { // main loop
    restart_wdt ();

/*    if (!input (IN3)) { // check sw motor m3
        delay_ms (10);
        if (input (IN3)) continue;
        while (!input (IN3)) {
            restart_wdt ();
            output_low (M3); // close
        }
        output_high (M3);
        continue;
    }

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

        forward (14); // call to forward
        right ();
        forward (7); // call to forward

        m1_speed=m2_speed=2; // slow to target
        delay_ms (1300);
        m1_speed=m2_speed=0;

        delay_ms (1000); // wait 1 sec
        output_low (M3);
        delay_ms (1500);
        output_high (M3);
    }
}

```

```
output_high (K1);    output_high (K2);    // reverse dir
m1_speed=m2_speed=2; // slow to taget
delay_ms (1300);
m1_speed=m2_speed=0;
}
}
```



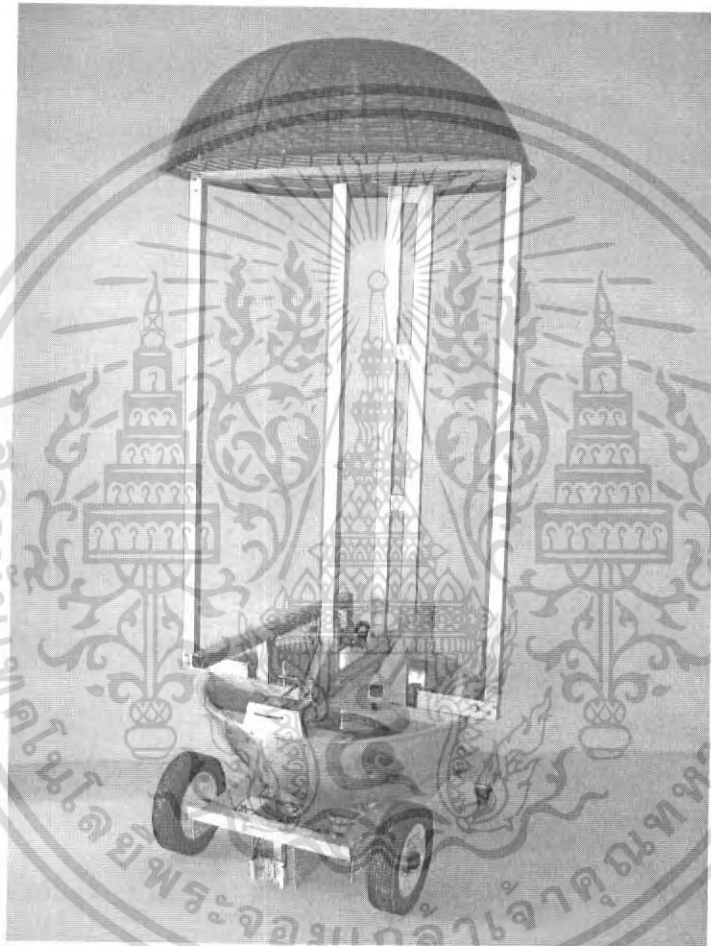
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาคผนวก ช**  
**คู่มือการใช้งาน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน  
หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2549

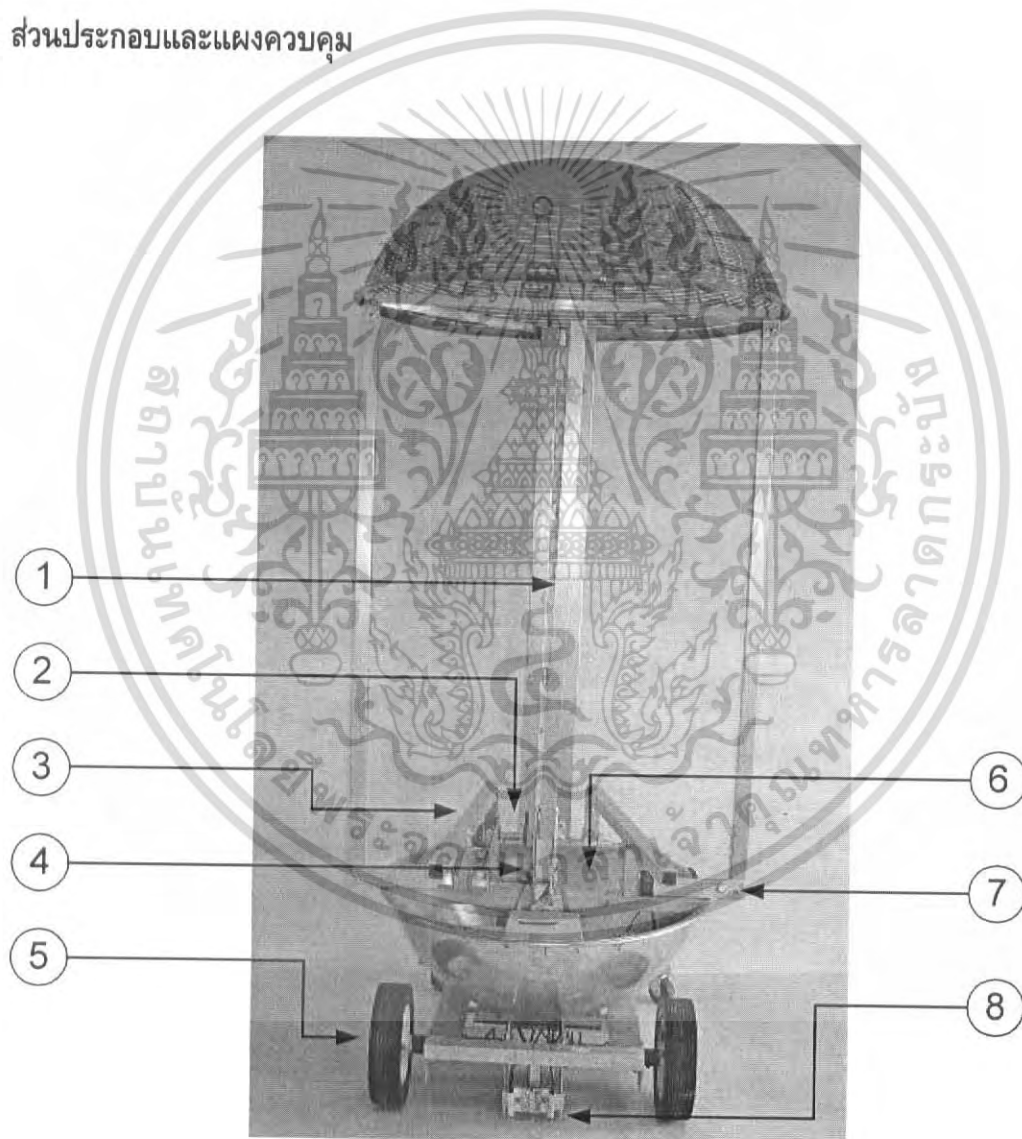
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. คำแนะนำเบื้องต้น

หน้าที่ของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติคือ ทำคะแนนในการแข่งตามกติกา โดยการนำบล็อกที่บรรจุอยู่ในชุดดีดไปใส่ในเสา ดังนั้นการใช้หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติให้ทำคะแนนได้ตามต้องการ จะต้องตั้งค่าและทำตามขั้นตอนและวิธีการใช้งาน

ก่อนการใช้งานในการแข่งขันจริงควรศึกษาคู่มือการใช้งานให้เข้าใจและทำการทดสอบจนมีความแน่ใจเสียก่อน

## 2. ส่วนประกอบและแผงควบคุม



รูปที่ ๒.1 ส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

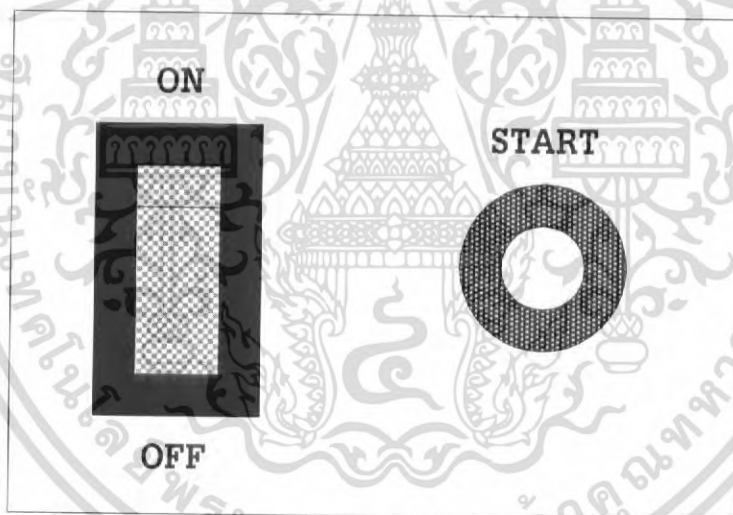
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1 ส่วนประกอบต่างๆ

จากรูปที่ ช.1 มีรายละเอียด ดังนี้

- 1 อะลูมิเนียมดันทบล็อก
- 2 ชุดมอเตอร์ปล่อยสลัก
- 3 อะลูมิเนียมรองบล็อก
- 4 ชุดรางเลื่อน
- 5 ชุดขับเคลื่อนล้อ
- 6 ที่เก็บวงจรควบคุม
- 7 แผงหน้าปัดควบคุม
- 8 เซ็นเซอร์

## 2.2 แผงควบคุม



รูปที่ ช.2 แผงชุดควบคุม หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

ชุดสวิตช์ควบคุม เป็นส่วนของการสั่งงานของหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ โดยใช้สวิตช์ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ได้แก่

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2. สวิตช์ START** เป็นสวิตช์กดติดปล่อยดับใช้ในการ START ในการทำงานใช้การกดสวิตช์ หลังจากทำการ Standby หุ่นยนต์ เป็นการให้สัญญาณโปรแกรมของหุ่นยนต์ให้เริ่มต้นการทำงานโปรแกรมตามเงื่อนไขที่ได้ตั้งค่าไว้ทั้งหมด

### 3. การติดตั้งและใช้งาน

#### 3.1 วิธีการใช้งานก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ

วิธีใช้งานหุ่นยนต์อัตโนมัติมีดังนี้

1. ทำการใส่บล็อกในหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติโดยใส่บล็อก จำนวน 2 บล็อก
2. เช็ทหุ่นยนต์ ณ จุดเริ่มต้นของตำแหน่งสนาม คือ วางหุ่นยนต์อัตโนมัติโดยให้ด้านหน้าของเซ็นเซอร์ให้ตรงกับเส้น
3. ทำการ Standby หุ่นยนต์โดยการเปิดสวิตช์ ON-OFF ไปตำแหน่ง ON เพื่อรอสัญญาณการปล่อยตัวของหุ่นยนต์ โดยกดสวิตช์กดติดปล่อยดับ เพื่อทำการ START หุ่นยนต์

หลังจากกดสวิตช์ START หุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ จะเข้าสู่การทำงานตามลำดับที่ได้ตั้งค่าไว้จนจบโปรแกรม

### 4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อประสบปัญหาในการใช้งานหุ่นยนต์ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ สามารถตรวจสอบแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ ๔.1 การแก้ปัญหาเบื้องต้น

อาการ	สาเหตุและวิธีการแก้ไข
ชุดติดบล็อกไม่ทำงาน	เกิดจากหนีตยัดสลักกลายตัว แก้โดยใช้แหวนสปริงรองหนีต
หุ่นยนต์เดินไม่ตรงกับโปรแกรมที่ตั้งไว้	เกิดจากการติดตั้งหัวของเซ็นเซอร์ไม่ได้ระดับที่เหมาะสมทำให้เกิดการผิดพลาด แก้โดยหัวของเซ็นเซอร์ในระดับที่เหมาะสม
รีเลย์ช้อต	เกิดจากกระแสไฟฟ้าสูงๆ ไหลผ่านหน้าสัมผัสรีเลย์เป็นเวลานาน แก้โดยทำการตรวจเช็ครีเลย์ตัวที่เสียหายและถอดออกจากเพื่อเปลี่ยนรีเลย์ตัวใหม่

### 5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

#### 5.1 การดูแลรักษา

1. เมื่อเลิกใช้งานควรถอดแบตเตอรี่ออกทุกครั้ง
2. เช็ดทำความสะอาดตัวหุ่นยนต์ด้วยผ้าชุบน้ำบิดพอหมาดๆ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตรวจสอบความหนาแน่นของน็อตทุกตัว สายไฟทุกเส้น และอุปกรณ์ทุกชิ้นให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ

4. เคลื่อนย้ายหุ่นยนต์ด้วยความระมัดระวัง ไม่ควรให้หุ่นยนต์ตก หรือกระแทกแรงๆ

## 5.2 ข้อควรระวังในการใช้งาน

1. ไม่ควรเปิดสวิตช์ ON-OFF ของหุ่นยนต์ทิ้งไว้เพื่อป้องกัน การกดสวิตช์ START ของตัวหุ่นยนต์ โดยบังเอิญ

2. วางหุ่นยนต์ที่ตำแหน่งจุดเริ่มต้นแล้ว ตั้งหุ่นยนต์ให้ด้านหน้าของเซ็นเซอร์ตรงกับเส้นเพื่อป้องกันการเดินออกนอกเส้นทาง

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

4. ต่อแบตเตอรี่ใช้งานให้ถูกต้อง มิฉะนั้นวงจรควบคุมทั้งหมดอาจเกิดการเสียหาย

5. ก่อนเริ่มต้นการทำงานของหุ่นยนต์ ควรตรวจสอบก่อนว่า ชุดติดบล็อกพร้อมที่จะใช้งานหรือไม่

6. ในการเคลื่อนย้ายหุ่นยนต์ควรระวังการกระแทกใดๆ ที่จะทำให้หัวเซ็นเซอร์เกิดความเสียหาย

7. ก่อนการใช้งาน (ทำการแข่งขัน) ควรทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ก่อนเสมอว่า ทำงานได้ตามโปรแกรมที่ป้อนไว้หรือไม่

## 6. ข้อมูลจำเพาะ

### ตารางที่ ๒.2 ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ขนาดของตัวหุ่นยนต์อัตโนมัติ ก่อสร้างหอคอยอัตโนมัติ	ขนาดปกติ : กว้าง 52.5 เซนติเมตร ยาว 44 เซนติเมตร สูง 114.5 เซนติเมตร น้ำหนัก 6.6 กิโลกรัม
ขนาดของบล็อกที่ใช้	ทำจากโพลีสไตรีน สูง 300 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางนอก 450 มิลลิเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางใน 200 มิลลิเมตร มีน้ำหนัก 500 กรัม +100 กรัม เคลือบด้วยสีน้ำเงินและแดง
จำนวนลูกบล็อกที่บรรจุได้	สูงสุดไม่เกิน 2 บล็อก
ความเร็วในการวิ่งสูงสุด	5.66 เมตรต่อวินาที
ส่วนควบคุมที่ใช้	ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ไอซีเบอร์ PIC-16F627-04/P
ซอฟต์แวร์	เขียนด้วยภาษาซี
แหล่งจ่ายพลังงาน	แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 1.3 แอมแปร์ 2 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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 ทำพิชิต”

จุดมุ่งหมายของการแข่งขันหุ่นยนต์ในครั้งนี้คือ การออกแบบสร้างหุ่นยนต์บังคับด้วยมือและหุ่นยนต์อัตโนมัติ ที่ทีมจะต้องผสมผสานให้เกิดการทำงานภายใต้กฎกติกา

#### 1. สนามแข่งขัน

- 1.1 พื้นที่สนามรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีขนาดกว้าง 13,000 มิลลิเมตร ยาว 13,000 มิลลิเมตร
- 1.2 พื้นสนามปูด้วยแผ่นไวนิลหนา 2 มิลลิเมตร และตรกรรอยต่อของแผ่นเชื่อมต่อกันด้วยเทปชนิดผิวไม่มันวาว
- 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. พื้นที่ของเขตอัตโนมัติมีสี่เหลี่ยม
  2. เขตสตาร์ทหุ่นยนต์อัตโนมัติทั้ง 2 ข้างมีขนาดกว้าง 1,000 มิลลิเมตร ยาว 1,000 มิลลิเมตร ซึ่งตั้งในเขตอัตโนมัติ
  3. หุ่นยนต์อัตโนมัติเท่านั้นที่จะทำงานในเขตอัตโนมัติได้ในเขตมีเส้นเทปสีขาวกว้าง 30 มิลลิเมตร สำหรับเป็นเส้นทางให้หุ่นยนต์อัตโนมัติ
  4. เขตหุ่นยนต์อัตโนมัติจะเชื่อมต่อกับเขตสร้างตึก (Building Site Zone) โดยผ่านทางเขตทางด่วน (Highway Zone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เขตสร้างตึก จะอยู่ตรงกลางของเขตอัตโนมัติ ในเขตนี้จะมีเสาหอคอยสัญญาณเงิน และแดง และมีหอสะพานลอย 3 ชุด
  6. เขตตึกหอคอย ฝ่ายแดง และน้ำเงิน จะอยู่คนละข้างในเขตสร้างตึกนี้ เขตตึกหอคอยของแต่ละฝ่ายจะมีไว้เฉพาะสำหรับหุ่นยนต์อัตโนมัติและหุ่นยนต์บังคับด้วย มือของฝ่ายนั้นเท่านั้น
  7. ในเขตตึกหอคอย ทั้งฝ่ายแดงและน้ำเงินจะมีเสาตั้งอยู่บนแผ่นเพลทโลหะกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 มิลลิเมตร หนา 50 มิลลิเมตรเสาเป็นท่อกว้างมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร และสูง 2,950 มิลลิเมตร เชื่อมติดกับแผ่นเพลทและที่ด้านบน จะเป็นบล็อกยอตตึกทำด้วยโพลีโพรพิลีนปิดติดอยู่ตรงปลายด้านบนของท่อ
  8. พื้นและด้านบนของเขตตึกหอคอยของฝ่ายใด จะมีไว้สำหรับการทำงานของหุ่นยนต์บังคับด้วยมือและหุ่นยนต์อัตโนมัติของฝ่ายนั้นเท่านั้น
  9. หอสะพานลอยทั้ง 3 หอ จะเป็นเสาตั้งบนแผ่นเพลทที่มีมิติเช่นเดียวกับตึกหอคอย และมีทรงกระบอกอะคลิลิกเส้นผ่านศูนย์กลาง 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 ชั้น 1 กอง และวางซ้อน 2 ชั้นซ้อนกัน 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 และผู้ควบคุมต้องไม่นั่งขับหุ่นยนต์บังคับด้วยมือ
2. การควบคุมหุ่นยนต์บังคับด้วยมือโดยกล่องควบคุมที่ใช้สายเคเบิลนั้น จุดเชื่อมต่อของสายเคเบิลเข้าที่หุ่นยนต์ต้องสูงอยู่เหนือพื้น 1,000 มิลลิเมตรเป็นอย่างน้อย และความยาวของสายเคเบิลจากหุ่นยนต์ถึงกล่องควบคุมไม่ยาวกว่า 3,000 มิลลิเมตร
3. ผู้เข้าแข่งขันไม่สามารถแตะต้องหุ่นยนต์บังคับด้วยมือ ได้หลังจากที่เริ่มการแข่งขันแล้ว
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. ในระหว่างการแข่งขันกรรมการสนามสามารถชี้ขาดสิทธิการเดินทางของหุ่นยนต์บังคับด้วยมือแต่ละตัวได้เพื่อให้เกิดความยุติธรรม และความมีน้ำใจเป็นนักกีฬาในการแข่งขัน

#### 3.2 หุ่นยนต์อัตโนมัติ (Automatic Machines)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์อัตโนมัติที่สตาร์ทไม่ทันภายในเวลา 20 วินาที ให้วางตั้งไว้ในเขตสตาร์ทหุ่นยนต์อัตโนมัตินั้น

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

### 3.3 วิธีการควบคุม (Method of Control)

1. อนุญาตให้มีผู้ควบคุมหุ่นยนต์บังคับด้วยมือในสนามแข่งขันเพียงทีละ 1 คนเท่านั้น
2. หลังจากสตาร์ทหุ่นยนต์อัตโนมัติแล้ว ผู้เข้าแข่งขันไม่สามารถสัมผัสหุ่นยนต์ได้อีกแต่สามารถขอ Retry ได้ 1 ครั้ง โดยต้องขออนุญาตจากกรรมการตัดสินในสนามก่อน ในการ Retry สามารถสตาร์ทหุ่นยนต์อัตโนมัติให้เสร็จภายในเวลา 20 วินาทีหลังจากกรรมการให้สัญญาณและผู้สตาร์ทหุ่นยนต์อัตโนมัติต้องออกจากสนามทันทีเมื่อเสร็จภารกิจการสตาร์ท

### 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 กว้าง 1,000 มิลลิเมตร ยาว 1,000 มิลลิเมตร และสูง 2,500 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หลังจากสตาร์ท หุ่นยนต์บังคับด้วยมือเดินออกจากเขตสตาร์ทแล้ว สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดได้อย่างอิสระ แต่ไม่อนุญาตให้แยกตัว

#### 4. วัสดุก่อสร้าง (The builder blocks)

1. วัสดุก่อสร้าง (Builder blocks) ทำจากโพลีสไตรีน (Low Density Polystyrene) สูง 300 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางนอก 450 มิลลิเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางใน 200 มิลลิเมตรมีน้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม +0.1 กิโลกรัม เคลือบด้วยสีน้ำเงินและแดง
2. ดูรายละเอียดจากรูปภาพและแบบประกอบ
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 ชิ้นที่เสาคือหอคอยของทีม
  - 2.2 มีวัสดุก่อสร้างของทีม วางอยู่บนสุดของหอสสะพานลอยฟ้า (Sky bridge) จำนวน 2 ต้น โดยที่ไม่สัมผัสกับหุ่นยนต์
  - 2.3 เวลาการแข่งขันหุ่นยนต์ก่อนการแข่งขัน ต้องเสร็จสิ้นภายใน 1 นาที หลังจากได้รับสัญญาณให้เริ่มเซต

##### 5.3 คะแนนที่ได้จากการแข่งขัน

1. การนับคะแนน จะทำหลังจากเกมยุติลง
2. คะแนนจะคิดจากวัสดุก่อสร้างที่ถูกสวมบนเสาหอคอยหรืออยู่ในถังคะแนนและเสาสะพานลอยฟ้า โดยคิดคะแนนดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วัสดุก่อสร้างต้องถูกสวมอยู่ในตำแหน่งที่สมบูรณ์ และนับคะแนนเมื่อส่วนล่างของวัสดุก่อสร้าง วางบนวัสดุอื่นหรือบนฐานหอคอยหรือบนทรงกระบอกอะคริลิก (Acrylic) และไม่สัมผัสพื้นหรือสัมผัสกับหุ่นยนต์
4. วัสดุก่อสร้างที่วางซ้อนกันที่เสถียรจนลอยฟ้า จะใช้ 3 ชั้นล่างในการนับคะแนนและพิจารณาการทำ "SIAP" เท่านั้น

#### 5.4 การตัดสินผู้ชนะ

การตัดสินผู้ชนะจะตัดสินตามลำดับ ดังนี้

1. ทีมที่ทำ "SIAP" ได้สำเร็จจะเป็นผู้ชนะ
2. ในกรณีที่ไม่มีทีมใดชนะโดยการ "SIAP" ได้ทีมที่ชนะคือ ทีมที่ได้คะแนนมากกว่าโดยคิดจากคะแนนรวมทั้งหมด ลบด้วยคะแนนที่ถูกหักจากการทำผิดกติกา
3. ในกรณีที่คะแนนเท่ากัน จะตัดสินจากเงื่อนไขต่อไปนี้ตามลำดับ ดังนี้
  1. ทีมที่มีวัสดุก่อสร้างที่เสถียรมากกว่าจะเป็นผู้ชนะ
  2. ทีมที่มีวัสดุก่อสร้างที่เสถียรจนลอยฟ้าด้านซ้ายและขวารวมกันมากกว่า
  3. ถ้ายังไม่สามารถหาผู้ชนะจากเงื่อนไขที่กล่าวมาได้ คณะกรรมการตัดสินการแข่งขันจะเป็นผู้ตัดสินหาผู้ชนะ

### 6. การทำผิดกติกาและการถูกหักคะแนน (Violations and Deduction of Points)

การกระทำต่อไปนี้ ถือว่าเป็นการผิดกติกาและถูกหัก 1 คะแนน และถ้าถูกหักครบ 3 คะแนน จะถือว่าทีมนั้นถูกตัดสินให้แพ้การแข่งขัน

- 6.1 ผู้บังคับหุ่นด้วยมือ หรือ ผู้บังคับหุ่นยนต์ด้วยมือ สัมผัสพื้นนอกโชนบังคับด้วยมือ
- 6.2 หุ่นยนต์บังคับด้วยมือยื่นล้ำเข้าไปในเขตทางด้านหรือเขตสร้างตึก
- 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 และทีมนั้นมีสิทธิ์จะถูกตัดสินให้แพ้การแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ 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 การแก้ไขกฎใดๆ จะถูกประกาศโดยคณะกรรมการจัดการแข่งขัน
- 10.3 ทีมที่เข้าแข่งขันทุกทีม ควรตกแต่งหุ่นยนต์ด้วยสัญลักษณ์ประจำจังหวัดหรือสถาบันเพื่อความสวยงาม
- 10.4 อนุญาตให้ใช้หุ่นยนต์ที่ประดิษฐ์ขึ้นเองเท่านั้นเพื่อการแข่งขัน ห้ามซื้อ ขาย เช่า หุ่นยนต์มาใช้ในการแข่งขันโดยเด็ดขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 11. รางวัล (Awards)

รางวัลชนะเลิศ	ถ้วยรางวัล ๓๗๗ 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

ข้อควรระวังต่อไปนี้เป็นประเด็นที่ต้องคำนึงถึงในการสร้างหุ่นยนต์ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตามผู้สร้างและผู้พัฒนาหุ่นยนต์พึงระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

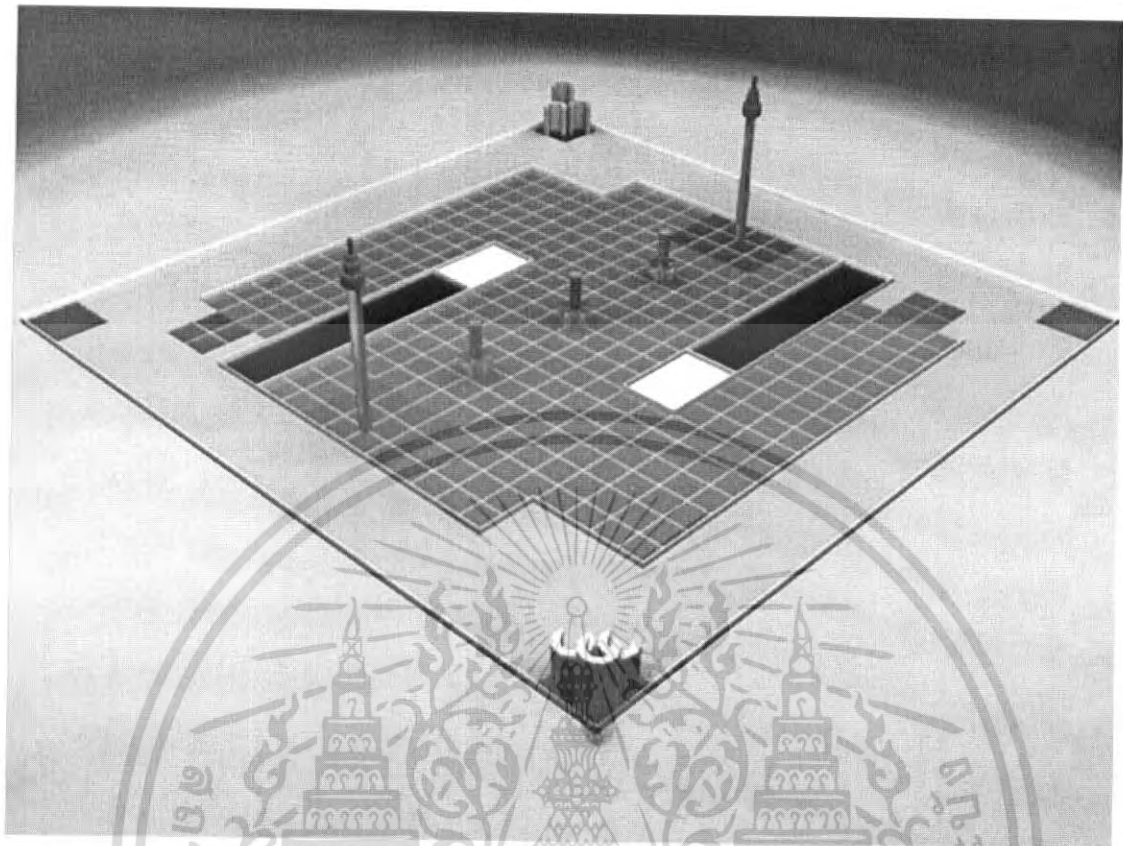
- 12.1 ทุกทีมที่ร่วมแข่งขัน ควรหลีกเลี่ยงการกระทำจากหุ่นยนต์ ทำให้สนามแข่งขันได้รับความเสียหายรวมทั้งอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้เพื่อการแข่งขัน
- 12.2 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกฎกติกาการแข่งขันคณะกรรมการจะแจ้งผ่าน FAO เพื่อให้ทราบล่วงหน้า
- 12.3 ตัวแทนประเทศสมาชิก ต้องส่งตัวอย่างโครงสร้างการทำงานใช้เวลา 5 นาทีโดยประมาณให้กรรมการเจ้าภาพแข่งขันตรวจสอบคุณสมบัติของหุ่นยนต์

## 13. รูปบล็อกและสนามการแข่งขัน



ก. รูปบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข. สหามการแข่งขัน

รูปที่ ข.1 รูปบล็อกและสหามการแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นายธานี จงศิริรักษ์
วัน เดือน ปีเกิด	9 มกราคม พ.ศ. 2524
ภูมิลำเนา	60 ถ.พระพุทธรบาท ต.ในเมือง อ.เมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โทรศัพท์ 0-5672-1196 โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0-9181-4629
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลเพชรบูรณ์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเพชรพิทยาคม
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนเพชรพิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีกว่าเมื่อวานนี้ และทำพรุ่งนี้ให้ดีกว่าวันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นายมานะ จันทรชานา
วัน เดือน ปีเกิด	22 ธันวาคม พ.ศ. 2527
ภูมิลำเนา	117/1 หมู่ที่ 3 ตำบลท่าเรือ อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร โทรศัพท์ 0-5684-2849 โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0-3602-7755
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดวังมะเดื่อ
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเมธีพิทยา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคพิจิตร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคพิจิตร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ตนเองนั้นแหละเป็นศัตรูที่สำคัญที่สุด ของตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นายเลิศชัย แก้วภักดี
วัน เดือน ปีเกิด	6 ตุลาคม 2525
ภูมิลำเนา	27 หมู่ 8 ต.กุดเมืองฮาม อ.ยางชุมน้อย จ.ศรีสะเกษ
ประวัติการศึกษา	
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบ้านกุดเมืองฮาม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงฯ วัฒนานคร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คติพจน์	เป็นคนดีไม่ได้ยากอย่างที่คิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้