สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

หุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III

WIRELESS ROBOT III

T059530

นายเกียรติกูล เหล่ากอดี
นายอัสนัย ธูปเทียน
นายอภิชาติ กุศลคุ้ม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2547
ก 852 ก
2547

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 59530
วัน,เดือน,ปี - 7 มิ.ย. 2549

b. 11570283
i.

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ หุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III

Wireless Robot III

ชื่อนักศึกษา

1. นายเกียรติกูล เหล่ากอดี รหัสประจำตัว 46035569
2. นายอัสนัย ธูปเทียน รหัสประจำตัว 46035609

สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

3. นายอภิชาติ กุศถคุ้ม รหัสประจำตัว 46035720

สาขาวิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุชิน อาจหาญ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์วรวิทย์ สมหา

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์อำพล ทองระอา	
2. อาจารย์สุชิน อาจหาญ	
3. อาจารย์วรวิทย์ สมหา	
4. อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ	
5. อาจารย์พิชญ์สินี มะโน	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันเสาร์ที่ 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547 เวลา 15.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

<BT4710312>

หุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง หุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III

Wireless Robot III

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำการศึกษาทฤษฎีหลักการหุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III
2. เพื่อออกแบบโครงสร้างและผังการทำงานของหุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III
3. เพื่อสร้างหุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III
4. เพื่อทดลองการทำงานและทดสอบสมรรถนะของหุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III
5. เพื่อใช้หุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ศึกษาทฤษฎีหลักการทำงานของหุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III
2. ได้โครงสร้างและผังการทำงานของหุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III
3. ได้หุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III มาใช้งาน
4. ได้ทำการทดลองการทำงานและทดสอบสมรรถนะของหุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III
5. ได้หุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III ใช้ในการแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณอาจารย์สุชิน อาจหาญ อาจารย์วรวิทย์ สมหา และคณาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ และอุปกรณ์ รวมทั้งยังให้คำแนะนำ แนวความคิด ความรู้ต่างๆแนวทางแก้ไขปัญหาในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ หอสมุดกลาง ที่เอื้ออำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล สุดท้ายที่ควรละลึกถึงอย่างยิ่ง บิดาและมารดาที่เป็นผู้ให้ความสนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นผู้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ 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 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ความเป็นมาของหุ่นยนต์	3
2.2 ที่มาของหุ่นยนต์	4
2.3 รูปร่างของหุ่นยนต์	6
2.4 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม	7
2.4.1 ประเภทของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม	7
2.4.2 การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์	9
2.5 ประเภทของหุ่นยนต์	14
2.6 โครงสร้างและการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	15
2.7 มอเตอร์กระแสตรง	17
2.7.1 ชนิดของมอเตอร์	17
2.7.2 ระบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	18
2.7.3 การทำงานของแอมปลิฟลายแบบการมอดูเลตแบบความกว้าง	19
2.7.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	20
3.1 กล่าวนำ	20
3.2 โครงสร้างและการทำงานของหุ่นยนต์	21
3.2.1 การทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์	21
3.2.2 ชุดขับเคลื่อน	21
3.2.3 ชุดยกกล่อง	22
3.2.4 ชุดหนีบ – ปล่อยกล่อง	23
3.3 ส่วนควบคุม	25
3.3.1 หลักการทำงานภาคส่งสัญญาณ	25
3.3.2 หลักการทำงานภาครับสัญญาณ	26
3.3.3 ภาคขับมอเตอร์	27
3.4 แหล่งจ่ายไฟ	28
3.5 การแสดงผลการทำงานของหุ่นยนต์	29
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	30
4.1 การทดลองโครงสร้างหุ่นยนต์	30
4.1.1 การทดลองชุดควบคุมการหนีบกล่อง	30
4.1.2 การทดลองชุดควบคุมการยกกล่อง	32
4.1.3 การทดลองชุดขับเคลื่อน	34
4.2 การทดลองชุดควบคุม	37
บทที่ 5 บทสรุป	40
5.1 บทสรุป	40
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	40
5.3 แนวทางการพัฒนา	42
5.4 หุ่นยนต์ขณะแข่งขัน	42
บรรณานุกรม	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	45
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	47
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	53
ภาคผนวก ง แผนผังการทำงาน	57
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	59
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	65
ประวัติผู้แต่ง	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การทำงานของจุดต่อของหุ่นยนต์	9
2.2 ชนิดของหุ่นยนต์	9
4.1 ผลการทดสอบการหนีบเข้าและหนีบออกของชุดหนีบ	32
4.2 ผลการทดสอบการยกขึ้น และยกลงของชุดยก	33
4.3 ผลการทดลองการเคลื่อนไปข้างหน้าโดยไม่มีกล่อง	35
4.4 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ถอยหลังโดยไม่มีกล่อง	35
4.5 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ข้างหน้าโดยมีกล่อง 1 ใบ	36
4.6 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ถอยหลังโดยมีกล่อง 1 ใบ	36
4.7 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ข้างหน้าโดยมีกล่อง 2 ใบ	37
4.8 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ถอยหลังโดยมีกล่อง 2 ใบ	37
4.9 ทดสอบการส่งสัญญาณผ่านสิ่งกีดขวาง	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนต่าง ๆ ของ หุ่นยนต์เปรียบเทียบกับสรีระของมนุษย์	8
2.2 หุ่นยนต์แบบมีขาหยั่ง	10
2.3 หุ่นยนต์ทรงกระบอก	11
2.4 หุ่นยนต์ที่มีโลหะทรงกลมหุ้ม	12
2.5 หุ่นยนต์เคลื่อนที่แนวนอน	12
2.6 หุ่นยนต์แบบมีข้อต่อ	13
2.7 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	15
2.8 (ก) วงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	16
2.8 (ข) วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	16
2.9 มอเตอร์ไฟตรงแบบต่างๆ	18
3.1 แผนผังการทำงานหุ่นยนต์ไร้สายขังคับด้วยมือ III	20
3.2 มอเตอร์และล้อที่ติดตั้งทำหุ่นยนต์	21
3.3 ล้อที่ใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์	22
3.4 รอกที่ใช้ในการประกอบหุ่นยนต์	23
3.5 ลูกเบี้ยวที่ติดอยู่กับสไลด์หนีบ	24
3.6 การติดสปริงเพื่อช่วยในการสไลด์ออก	25
3.7 วงจรภาคส่งสัญญาณ 8 ช่อง 49 เมกกะเฮิร์ท	25
3.8 วงจรภาครับสัญญาณ 8 ช่อง 49 เมกกะเฮิร์ท	26
3.9 วงจรภาคขับมอเตอร์	27
3.10 แบตเตอรี่แห้งขนาด 12V/3A	28
3.11 กล่องแสดงสภาวะการทำงานของหุ่นยนต์	29
4.1 การปะกอบลูกเบี้ยวเข้ากับแขนสไลด์หนีบหุ่นยนต์	30
4.2 การหนีบกล่องชุดหนีบกล่อง 1 ใบ	31
4.3 การหนีบกล่องชุดหนีบกล่อง 2 ใบ	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4 การต่อสลิงเข้ากับรอกและมอเตอร์	33
4.5 ทดสอบการยกกล่อง	34
4.6 ชุดส่งสัญญาณของรีโมตคอนโทรล	38
4.7 ทดสอบการส่งสัญญาณผ่านสิ่งกีดขวาง	39
5.1 หุ่นยนต์กำลังหนีบกล่องขณะแข่งขัน	42
5.2 หุ่นยนต์วางกล่องขณะแข่งขัน	43
ก.1 หุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III	45
ก.2 ด้านข้างของหุ่นยนต์เก็บกล่องบังคับด้วยมือ	45
ข.1 วงจรภาคส่งสัญญาณ	47
ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคส่งสัญญาณ	47
ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรภาคส่งสัญญาณ	48
ข.4 วงจรภาครับสัญญาณ	48
ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์ภาครับสัญญาณ	49
ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรภาครับสัญญาณ	49
ข.7 วงจรชุดขับมอเตอร์	50
ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคขับมอเตอร์	51
ง. รายละเอียดขั้นตอนการออกแบบ	57
จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มรีโมตควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์	60
จ.2 ส่วนประกอบชุดการทำงานของหุ่นยนต์	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ได้มีการจัดการแข่งขันหุ่นยนต์ ครั้งที่ 1 ขึ้น จึงได้มีการจัดทำหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการแข่งขัน มีการศึกษาค้นคว้า และออกแบบหุ่นยนต์ในหลายรูปแบบเพื่อใช้ในการแข่นขันหุ่นยนต์ในครั้งนี้ จากการศึกษาการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์บังคับไร้สายบังคับด้วยมือ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างหุ่นยนต์ เก็บกล่องให้มีประสิทธิภาพในการทำงาน เมื่อโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์ สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องต้นแบบ ในการสร้างหุ่นยนต์เก็บกล่องที่สามารถใช้งานได้จริง

ในปัจจุบันโลกกำลังพัฒนาเข้าสู่ยุคนาโนเทคโนโลยี ซึ่งเป็นยุคที่เครื่องจักรกลไกและระบบอิเล็กทรอนิกส์สามารถทำงานแทนมนุษย์ได้ ประเทศไทยได้ตระหนักถึงการพัฒนาการทรัพยากรมนุษย์ โดยได้จัดการแข่งขันและพัฒนาหุ่นยนต์อย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เพื่อเป็นการป้อนทรัพยากรมนุษย์เข้าสู่ตลาดแรงงานอย่างมีประสิทธิภาพและยกระดับฐานะของประเทศขึ้นเป็นประเทศอุตสาหกรรมในอนาคต ทางกลุ่มของข้าพเจ้าได้ตระหนักความสำคัญในข้อนี้จึงจัดทำหุ่นยนต์เก็บกล่องไร้สายบังคับด้วยมือ III เพื่อเป็นการพัฒนาทักษะความรู้ความสามารถในการแข่งขันและใช้งานต่อไป

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. หุ่นยนต์สามารถบังคับด้วยคลื่นวิทยุ
2. หุ่นยนต์สามารถเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาได้อย่างอิสระ
3. หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลังได้อย่างอิสระ
4. หุ่นยนต์สามารถจับกล่องได้ 2 กล่องน้ำหนักรวม หนัก 1 กิโลกรัมได้
5. หุ่นยนต์สามารถยกกล่องได้ 2 กล่องน้ำหนักรวม หนัก 1 กิโลกรัมได้
6. หุ่นยนต์สามารถหนีบกล่องขนาดกล่องขนาด 20×20 เซนติเมตรหนัก 0.5 กิโลกรัมได้
7. หุ่นยนต์สามารถวิ่งด้วยความเร็วระยะทาง 1 เมตร ต่อ 3 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ล่ะบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงาน และเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วย ทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับโครงงานของหุ่นยนต์เก็บไร้สายบังคับด้วยมือ III องค์ประกอบของหุ่นยนต์ของหุ่นยนต์เก็บไร้สายบังคับด้วยมือ III หลักการทำงาน

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงงาน ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน ตลอดจนการออกแบบและสร้างส่วนประกอบต่างๆ เช่น วงจรไดร์ฟมอเตอร์ วงจรความถี่ควบคุม โครงสร้างของชิ้นงาน พร้อมทั้งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ โดยละเอียด

บทที่ 4 ประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลอง วงจรไดร์ฟมอเตอร์ วงจรความถี่ควบคุม การใช้งานในแบบต่างๆ ของหุ่นยนต์เก็บไร้สายบังคับด้วยมือ III

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงงาน ผลการแข่งขัน ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไขรวมทั้งแนวทางในการพัฒนา

ภาคผนวก ก ภาพหุ่นยนต์เก็บไร้สายบังคับด้วยมือ III

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งานในแต่ล่ะวงจรและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน

ภาคผนวก ง แสดงแผนผังการทำงานของโครงงาน

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้หุ่นยนต์เก็บไร้สายบังคับด้วยมือ III

ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ความเป็นมาของหุ่นยนต์

มนุษย์นั้นได้สร้างเครื่องอำนวยความสะดวกขึ้นมา เพื่อให้ใช้ในชีวิตประจำวัน มนุษย์กับเครื่องจักรจึงเป็นสิ่งที่อยู่ควบคู่กับมาโดยตลอดเพราะว่ามนุษย์ในด้านกายภาพแล้ว มนุษย์จะไม่สามารถทำกิจกรรมที่ซ้ำๆ กันได้เหมือนทุกครั้ง เช่น ไม่สามารถเขียนอักษรตัวเท่าเดิมเท่ากันทุกตัว จึงได้คิดพิมพ์ดีดขึ้นมาใช้ หรือ ความสามารถบางอย่างมีขอบเขตจำกัด เช่น ยกของหนักๆ มนุษย์จะไม่สามารถยกน้ำหนักได้จำกัด มนุษย์จึงคิดค้นเครื่องจักรหรือกลไกที่ช่วยผ่อนแรงขึ้นมาใช้จะเห็นว่าเครื่องจักรกับมนุษย์นั้นเป็นสิ่งที่อยู่คู่กัน

แต่เดิมนั้นเครื่องจักรถูกควบคุมโดยมนุษย์ แต่หลังจากมนุษย์ได้สร้างคอมพิวเตอร์ (Computer) ขึ้นมามนุษย์ก็ได้คิดสร้างเครื่องจักรที่สามารถทำงานได้เองโดยอัตโนมัติไม่ต้องอาศัยมนุษย์ควบคุมทุกขั้นตอน ซึ่งเครื่องจักรบางประเภทได้ถูกออกแบบให้เลียนแบบการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เครื่องจักรแบบนี้จะเรียกว่า หุ่นยนต์ (ROBOT)

หุ่นยนต์ถูกออกแบบให้เคลื่อนที่โดยการเลียนแบบการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เพื่อให้สามารถทำงานแทนมนุษย์โดยผ่านการควบคุมจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อีก การเลียนแบบการเคลื่อนไหวและการทำงานจะทำให้ดูคล้ายมนุษย์มากที่สุด ดูได้จากเครื่องล้างจานเป็นตัวอย่าง จะเห็นได้ว่าไม่สามารถเรียกว่า หุ่นยนต์ได้ เพราะงานที่ทำแค่ล้างจานเท่านั้น แต่ไม่ได้วางจานลงในอ่างเอง ไม่ใช้ผ้าเช็ดจาน หรือไม่ได้วางจานลงในที่พักจานเสร็จ จิตนาการของมนุษย์ต่อหุ่นยนต์ที่สมบูรณ์ที่สุดคือ “มนุษย์จักรกล” และในปัจจุบันจะพบบ่อยมากขึ้นที่หุ่นยนต์จะดูคล้ายส่วนหนึ่งของมนุษย์จักรกล แขนกลหุ่นยนต์ส่วนใหญ่ก็เป็นอีกสิ่งที่สร้างเลียนแบบแขนมนุษย์นั้นเอง

หุ่นยนต์ประเภทแขนกล (Robot Arm) นั้นส่วนใหญ่ใช้ในงานเชื่อม, งานหีบห่อ, งานพ่นสี, งานจับของวางตามตำแหน่ง และงานประกอบผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ผลิตอยู่ในทุกวันนี้ เช่น การวางตำแหน่งของตัวไอซีลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ที่แม่นยำ หรือการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ ซึ่งในปัจจุบันบางส่วนของงานหรือทั้งหมดของกระบวนการทำโดยหุ่นยนต์ทั้งสิ้น

องค์ประกอบของระบบหุ่นยนต์ที่ดูซับซ้อนสามารถแบ่งอย่างชัดเจนได้เป็น 4 กลุ่ม โดยอ้างอิงกับอวัยวะของมนุษย์ได้ดังนี้

1. ฮาร์ดแวร์ (Hard Ware) คือร่างการภายนอก อาทิ แขนกลและกริปเปอร์ (Gripper) คือ แขน และมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบการมองภาพ (Vision System) คือ ตาทั้งสองข้าง

3. คอมพิวเตอร์ คือ สมอง

4. การโปรแกรมของซอร์ฟแวร์ (Soft Ware) คือ การศึกษาหรือประสบการณ์ที่เรียนรู้

ชิ้นส่วนทางกลของหุ่นยนต์ที่ทำงานทางกายภาพถูกออกแบบให้ทำงานได้โดยกลุ่มของงานเฉพาะอย่างและภายในขอบเขตจำกัดที่ขึ้นอยู่กับขนาดของหุ่นยนต์เอง ปริมาณของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ที่มีอยู่ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ Automatically Guided Vehicles (AGVs) โดยการใช้งานหลักของหุ่นยนต์ประเภทนี้ คือการขนส่งส่วนของวัตถุดิบ โดยมีลักษณะเป็นระบบสายพานลำเลียง (Conveyer) ที่ฉลาด, เคลื่อนที่ได้ และ สามารถโปรแกรมได้ด้วย

แขนกลหุ่นยนต์คือ ข้อต่อซึ่งต่อเป็นอนุกรมเพื่อทำงานเหมือนสิ่งที่เคลื่อนที่ได้ (Manipulator) อย่างอิสระหรือเปรียบเสมือนแขนมนุษย์ โดยมีมอเตอร์เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของแต่ละข้อต่อ การทำงานของแต่ละข้อต่อไม่จำเป็นต้องเป็นอิสระต่อกันแต่ต้องเป็นส่วนเสริมการทำงานต่างๆ ที่เป็นอิสระต่อกัน ถ้าการทำงานไม่เป็นอิสระต่อกันคอมพิวเตอร์จะโปรแกรมการทำงานที่ต้องการให้ดูเหมือนเป็นอิสระต่อกันได้ อย่างไรก็ตามวิธีนี้จะทำให้งานของคอมพิวเตอร์หนักมากขึ้นเพราะอาจต้องมีการคำนวณก่อนการเคลื่อนที่ทุกครั้ง ซึ่งเวลาในการคำนวณนี้ไม่มากพอสำหรับการคำนวณในส่วนอื่น ถึงอย่างไรเครื่องจักรกลก็ไม่มีทางเคลื่อนที่ได้อย่างสมบูรณ์สลับซับซ้อนหรือยืดหยุ่นเท่าแขนของมนุษย์ได้

แขนกลหุ่นยนต์สมัยใหม่ คืออุปกรณ์ที่ตั้งอยู่กับพื้นหรือยึดกับเครื่องจักรที่ใช้งานร่วมกัน ถูกควบคุมการทำงานโดยคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งโดยปกติจะวางไว้ใกล้กับตัวหุ่นยนต์ และภายในส่วนคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์ทางลอจิก (Logic Component) และส่วนขยาย (Amplifier) ทั้งหมดที่จำเป็นในการทำงานของหุ่นยนต์ หุ่นยนต์ตั้งพื้นสามารถหยิบชิ้นงานที่หนักเกิน 100 กิโลกรัม (Kilogram) หรือ 200 ปอนด์ (Pound) ได้ และวางลงภายใน 1 มิลลิเมตร หรือ 0.04 นิ้ว (Inch) ของตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างง่ายดายสามารถเคลื่อนสิ่งของได้ด้วยความเร็วโดยประมาณ 1 เมตร หรือ 3 ฟุตต่อวินาที และวางของลงได้อย่างนุ่มนวลเท่าที่ต้องการ กริปเปอร์หรือมือหุ่นยนต์ในหลายประเภทสามารถเคลื่อนที่และควบคุมท่าทางของสิ่งต่างๆ ได้

หุ่นยนต์ หรือ ภาษาอังกฤษเขียนว่า Robot มาจากบทละครของ นายคาเรล คาเปก (Karel Kapek) นักแต่งนิยายชาว เช็ก เรื่อง R.U.R (Rossum's Universal Robots) ซึ่งหมายถึงคนงานคำจำกัดความของ หุ่นยนต์ตามมาตรฐาน ISO 8373 An Automatically Controlled, Reprogrammable, Multipurpose, Manipulator Programmable in Three or More axes Which May be Either Fixed in Place or Mobile For use in Industrial Automation Application หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรที่ถูกควบคุมอัตโนมัติ สามารถเขียนโปรแกรมใหม่ได้ ใช้งานเอนกประสงค์ โปรแกรมการเคลื่อนที่จะต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถโปรแกรมให้เคลื่อนที่ได้อย่างน้อย 3 แกนหรือมากกว่า หุ่นยนต์อาจจะยึดอยู่กับที่หรือย้ายตำแหน่ง (Mobile) เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม

2.2 ที่มาของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ หรือโรบอต (ROBOT) เกิดจากการที่คนหลายๆ คนให้ความเห็นที่ตรงกันว่าจะเรียกสิ่งนั้นว่าเป็น "หุ่นยนต์" หรือมักจะใช้คำว่า "โรโบติก (Robotic)" เพื่ออธิบายถึงเครื่องจักรที่ออกแบบมาเพื่อทำงานโดยอัตโนมัติด้วยตัวมันเอง ถ้าหากมีรถยนต์ที่สามารถวิ่งได้เองโดยอัตโนมัติ เราก็สามารถเรียกว่า "โรโบติกจิป (Robotic Jeep)" หรือหุ่นยนต์อุตสาหกรรมถูกเรียกว่าแขนกล หรือ Robotic Arm ซึ่งคุณสมบัติอย่างกว้างๆ ของหุ่นยนต์ก็มีพอสังเขปดังนี้

1. ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์
2. มีส่วนประกอบที่เคลื่อนที่ได้
3. มีเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นส่วนร่วมในการทำงาน
4. มียูสเซอร์อินเตอร์เฟส (User Interface) เป็นส่วนติดต่อระหว่างมนุษย์กับตัวหุ่นยนต์
5. ตัวอินเตอร์เฟส (Interface) อาจเป็นแค่ปุ่มเริ่มการทำงานหรือกุญแจเปิดปิด (Key Switch)
6. สามารถโปรแกรมใช้งานต่างๆ ได้
7. มีการตอบสนองกับสภาพรอบข้างของหุ่นยนต์โดยสัญญาณอินพุทกับเอาท์พุท
8. จับยึดหรือตรวจสอบสิ่งภายนอกบางอย่างให้กับตัวหุ่นยนต์เองด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง

และหากพิจารณาจากคอมพิวเตอร์เล่นหมากรุก จะเห็นว่ามีการฉลาดในการเล่นเกมหมากรุกได้เป็นอย่างดี แต่เราไม่เรียกคอมพิวเตอร์นี้ว่าหุ่นยนต์อย่างไรก็ตาม หากติดแขนหุ่นยนต์เข้าไปและให้คอมพิวเตอร์สั่งงานให้แขนกลขยับตับหมากรุก เกิดการทำงานอย่างต่อเนื่องถึงจะเป็นที่ยอมรับได้ว่าสิ่งนี้ คือหุ่นยนต์เล่นหมากรุกได้ นี่คือการแสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนที่ได้ คือส่วนสำคัญในความเห็นโดยทั่วไปของการยอมรับความเป็นหุ่นยนต์ แต่บางครั้งเรายังเรียกระบบของการมองภาพได้ (Vision System) ว่าเป็น "ระบบหุ่นยนต์" (Robotic System) แม้ว่าจะไม่มีการเคลื่อนที่มาเกี่ยวข้องก็ตาม

โรบอต มาจากคำว่า แคล๊ก ซึ่งหมายถึงทาสหรือคนรับใช้ และเข้ามาในศัพท์ภาษาอังกฤษในปี ค.ศ.1921 โดยนักเขียนบทละครชื่อ KAREL KAPEX ในบทละครแนวล้อเลียน โดยละครเรื่องนี้หุ่นยนต์ก็คือ จักรกลที่คล้ายคลึงกับมนุษย์และนำมาทำงานที่น่าเบื่อแทนมนุษย์ แต่ในตอนหลังพวกหุ่นยนต์รวมตัวกันต่อต้านและทำลายมนุษย์

ในช่วงปลายปี 1940 ระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 งานวิจัยหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้เกิดขึ้น ซึ่งเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องจักรกลควบคุมระยะไกลสำหรับการขนถ่ายวัสดุรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ในปี 1995 บริษัท IBM ได้พัฒนามานิพิวเลเตอร์ ซึ่งควบคุมโดยคอมพิวเตอร์กับเซนเซอร์แรง และสัมผัส

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

มนุษย์สนใจอย่างยิ่งที่จะทำงานให้น้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้แต่ให้งานทำหมดสำเร็จ ในการออกแบบหุ่นยนต์ขึ้นเพื่อเพิ่มลักษณะบวกและจำกัดลักษณะลบของมนุษย์ โดยส่วนใหญ่ความพยายามทั้งหมดอยู่ในทิศทางนี้ ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างเครื่องจักรอัตโนมัติปัจจุบันและอดีตคือ เครื่องจักรปัจจุบันสามารถโปรแกรมได้ ณ วันนี้สิ่งที่หุ่นยนต์ทำจะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในตัวหุ่นยนต์ ในวันหน้าหุ่นยนต์จะเพิ่มความชาญฉลาดและในที่สุดจะมีความฉลาดที่ยิ่งใหญ่ หุ่นยนต์จะสามารถทำงานของตนให้ได้ประโยชน์สูงสุด และตอบสนองสิ่งที่ไม่คาดคิดและสิ่งรบกวนต่างๆ ที่คาดไม่ถึงได้อย่างหลักแหลม ซึ่งสิ่งรบกวนทั้งหลายที่คาดไม่ถึงทั้งหมดจะถูกควบคุมด้วยการปิดเครื่อง, ส่งเสียงเตือน, เรียกหาผู้ปฏิบัติงาน, หรือคัดชิ้นส่วนออก สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากจากวัฏจักรหนึ่งไปวัฏจักรหนึ่ง และชิ้นส่วนหนึ่งไปยังชิ้นส่วนหนึ่งนั้นยากเกินจะควบคุมได้แต่หุ่นยนต์มีความละเอียดอ่อน และแข็งแรงพอที่จะกำหนด, ตรวจจับ และตอบสนองได้อย่างเหมาะสม

2.3 รูปร่างของหุ่นยนต์

องค์ประกอบพื้นฐานที่ครอบคลุมการเคลื่อนที่และความสามารถของมนุษย์คือ การออกแบบของรูปร่างและความซับซ้อนของซอร์ฟแวร์ หุ่นยนต์ถูกออกแบบมาให้มีรูปแบบและขนาดต่างๆ มากมาย และซอฟต์แวร์เป็นส่วนทำให้เกิดผลสูงสุดกับความต้องการในแต่ละลักษณะเฉพาะของหุ่นยนต์ ในสภาพแวดล้อมสามมิติของเราในทุกวันนี้ มีวิธีอันหลากหลายที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบหุ่นยนต์ให้ขยับไปถึงทุกจุดในขอบเขตการทำงานของตน โดยกฎที่ว่าต้องมีมอเตอร์ (Motor) หนึ่ง ตัวต่อหนึ่งองศาอิสระ (Degree of Freedom) ที่ต้องการจะเจาะจงลงไป ดังนั้นอย่างน้อยที่สุดต้องมีมอเตอร์สามตัวเพื่อทำงานตำแหน่งสามมิติ (ระนาบแกน X, Y และ Z) และอีกสามตัวเพื่อหมุนมือในการหมุนมือสามแบบที่เป็นไปได้ (Roll, Pitch และ Yaw) ทั้งหมดนี้คือหุ่นยนต์ที่มีพื้นฐานในแกนสากลทั้งหก (The Basic Universal Six-A Six Robot) การออกแบบทางกลของรูปร่างแขนมนุษย์ที่ควรจะสังเกตไว้ได้แก่

1) ระยะจากไหล่ไปยังข้อศอกมากกว่าระยะข้อศอกไปข้อมือ ซึ่งมากกว่าระยะจากข้อมือไปข้อนิ้ว ที่มากกว่าระยะข้อต่อแรกของนิ้วไปยังข้อต่อที่สองของนิ้ว โดยระยะจากข้อต่อที่สองของนิ้วไปยังปลายนิ้วเป็นระยะที่สั้นที่สุด

2) ความละเอียดของระบบจะมากขึ้นขณะที่เราเข้าใกล้กริปเปอร์ และเนื้องานมากขึ้น สำหรับแขนมนุษย์นั้น จำนวนประสาทในแขนจะเพิ่มมากขึ้นจากไหล่ไปนิ้วในส่วนหลังจากข้อมือไปความยืดหยุ่นเกิดขึ้นเมื่อกางฝ่ามือออก, การกำหมัด, การเคลื่อนที่ของนิ้วต่างๆออกจากนิ้วและการประทับรอยนิ้วมือการมีนิ้วที่ยาวไม่เท่ากันคือการขัดเกลาให้เกิดความละเอียดที่มากยิ่งขึ้น

3) ข้อมูลดังกล่าวให้ขอบข่ายการทำงานของแขนมนุษย์เปรียบเทียบกับลักษณะทางกลของหุ่นยนต์ ซึ่งแขนมนุษย์ได้ทำในเกือบทุกสิ่งที่มนุษย์ต้องการมาเป็นเวลาล้านๆ ปีแล้วมีอะไรบ้างที่อวัยวะนี้ได้บอกเราเกี่ยวกับแขนกลหุ่นยนต์

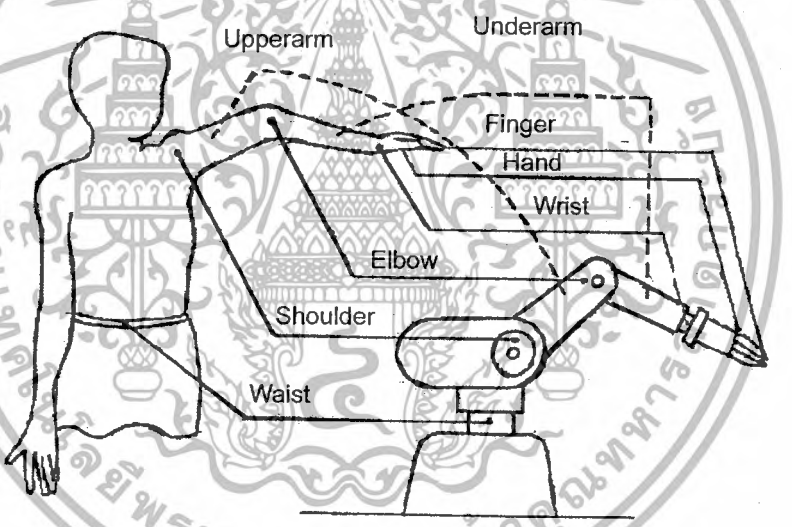
2.4 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม

2.4.1 ประเภทของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

ในยุคเริ่มต้นของการส่งเริมอุตสาหกรรมในไทยจะเห็นได้ว่ามีโรงงานต่างเข้ามาตั้งฐานผลิตในเมืองไทยเป็นจำนวนมากทำให้เกิดนิคมอุตสาหกรรมขึ้นหลายแห่ง ทั้งนี้เนื่องจากฐานรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมอุตสาหกรรมอย่างชัดเจน ค่าแรงงานถูก ลดรายจ่ายเนื่องจากการนำเข้าของสินค้า และวัตถุดิบบางตัว แต่ ณ ปัจจุบันนี้ค่าแรงบ้านเราสูงขึ้น และสูงกว่าประเทศเพื่อบ้าน เช่น จีน เวียดนาม อินโดนีเซีย ฯลฯ ในขณะเดียวกันแรงงานไม่ได้มาตรฐาน ขาดความรู้และทักษะ จึงทำให้หลายบริษัทย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศที่มีแรงงานถูกกว่า ปละอีกหลายบริษัทที่พยายามปรับตัวเอง โดยมีการนำเทคโนโลยีอัตโนมัติ (Automation Technology) เข้ามาใช้งานเพื่อให้สินค้าสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ทั้งในเรื่องราคา และคุณภาพ โดยเฉพาะในเรื่องคุณภาพ ปัจจุบันโรงงานที่ผลิตสินค้าส่งออกหรือส่งให้กับลูกค้าที่เป็นบริษัทของต่างประเทศมักจะประสบปัญหาในเรื่องคุณภาพ มีทั้ง ผลิตสินค้าไม่ได้มาตรฐานตามที่ลูกค้ากำหนด หรือ ผลิตสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ทันตามกำหนดเวลา อาจเนื่องจากมีการเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์อยู่บ่อยๆ ต้องใช้เวลาในการ Set Up ปัจจุบันจึงมีการนำเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาใช้ หนึ่งในเทคโนโลยีที่มีความยืดหยุ่นสูง ได้แก่ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม เนื่องจากการเปลี่ยนการทำงานสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรม นอกจากนี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสม่ำเสมอเป็นมาตรฐานเดียวกัน หุ่นยนต์ (Robotics) มีมากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้งาน เช่น หุ่นยนต์ที่เป็นของเล่น หุ่นยนต์ใช้ในงานการแพทย์ หุ่นยนต์เพื่องานวิจัย หุ่นยนต์สำรวจ และหุ่นยนต์อุตสาหกรรมฯลฯในที่นี้จะกล่าวถึงหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robot) การทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมจะเลียนแบบร่างกายของมนุษย์โดยจะเลียนแบบเฉพาะส่วนของร่างกายที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ในอุตสาหกรรมเท่านั้น นั่นคือช่วงแขนของมนุษย์ ดังนั้น บางคนอาจจะได้ยินคำว่าแขนกล ซึ่งก็หมายถึงหุ่นยนต์อุตสาหกรรม การทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเปรียบเทียบกับแขนมนุษย์ แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ส่วนต่างๆ ของ หุ่นยนต์เปรียบเทียบกับสรีระของมนุษย์

ปัจจุบันและในอนาคตหุ่นยนต์อุตสาหกรรมจะเข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมมากขึ้น โดยจะทำงานแทนมนุษย์ในงานต่างๆ เหล่านี้งานที่อันตราย เช่น งานยกเหล็กเข้าเตาหลอม งานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีงานซ้ำซากน่าเบื่อ เช่น งานยกสินค้าจากสายงานการผลิต งานประกอบ งานบรรจุผลิตภัณฑ์งานที่ต้องการคุณภาพมาตรฐานเดียวกัน เช่น งานเชื่อม งานตัด งานที่ต้องใช้ทักษะความชำนาญสูง เช่น งานเชื่อมแนว เชื่อมเลเซอร์งานที่ต้องใช้ความละเอียดประณีต เช่น งานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ งานตรวจสอบ (Inspection) ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์

โดยทั่วไปการแบ่งชนิดของหุ่นยนต์จะแบ่งตามลักษณะรูปทรงของพื้นที่ทำงาน (Envelope Geometric) แต่ก่อนจะอธิบายชนิดของหุ่นยนต์ขออธิบายการทำงานของจุดต่อ (Joint) ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมซึ่งในขั้นพื้นฐานมี 2 ชนิดด้วยกัน ดังนี้

ตารางที่ 2.1 การทำงานของจุดต่อของหุ่นยนต์

ชนิด	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
Revolute(R)		เป็นการหมุนรอบแกน (Rotary)
Prismatic (P)		การเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear motion)

จุดต่อ (Joint) ทั้งสองแบบเมื่อนำมาต่อเข้าด้วยกันอย่างน้อย 3 แกนหลักจะได้พื้นที่ทำงาน (Work Envelope) ที่มีลักษณะแตกต่างกันไป ซึ่งสามารถนำมาแบ่งชนิดของหุ่นยนต์ได้ดังต่อไปนี้

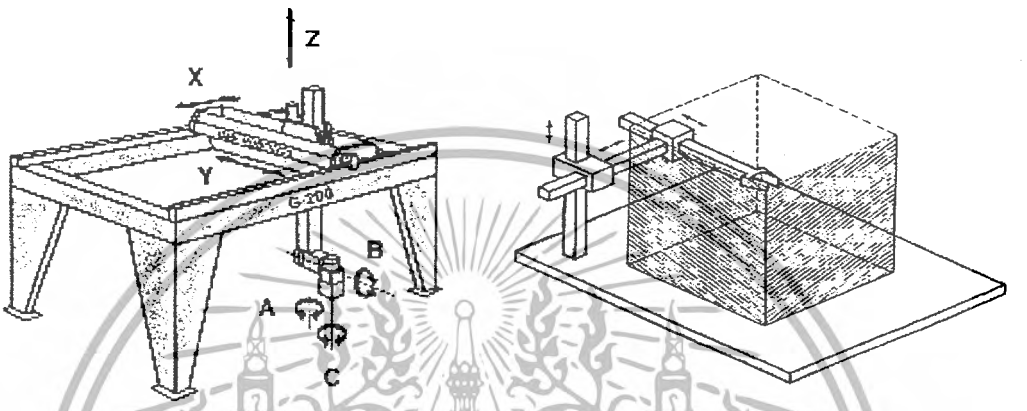
ตารางที่ 2.2 ชนิดของหุ่นยนต์

ชนิดของหุ่นยนต์	แกนที่ 1 (เอว)	แกนที่ 1 (เอว)	แกนที่ 3 (ข้อศอก)
Cartesian (gantry)	P	P	P
Cylindrical	R	P	P
Spherical (Polar)	R	R	P
SCARA	R	P	R
Articulated	R	R	R
R = Revolute, P = Prismatic			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) Cartesian (gantry) Robot

แกนทั้ง 3 ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้น (Prismatic) ถ้าโครงสร้างมีลักษณะคล้าย Overhead Crane จะเรียกว่าเป็นหุ่นยนต์ชนิด Gantry แต่ถ้าหุ่นยนต์ไม่มีขาตั้งหรือขาเป็นแบบอื่น เรียกว่า ชนิด Cartesian



(ก) หุ่นยนต์ขาหยั่ง (ข) หุ่นยนต์ขาหยั่งแบบมีที่หุ้ม

รูปที่ 2.2 หุ่นยนต์แบบมีขาหยั่ง

ข้อดี เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงทั้ง 3 มิติ การเคลื่อนที่สามารถทำความเข้าใจง่าย มีส่วนประกอบง่ายๆ โครงสร้างแข็งแรงตลอดการเคลื่อนที่

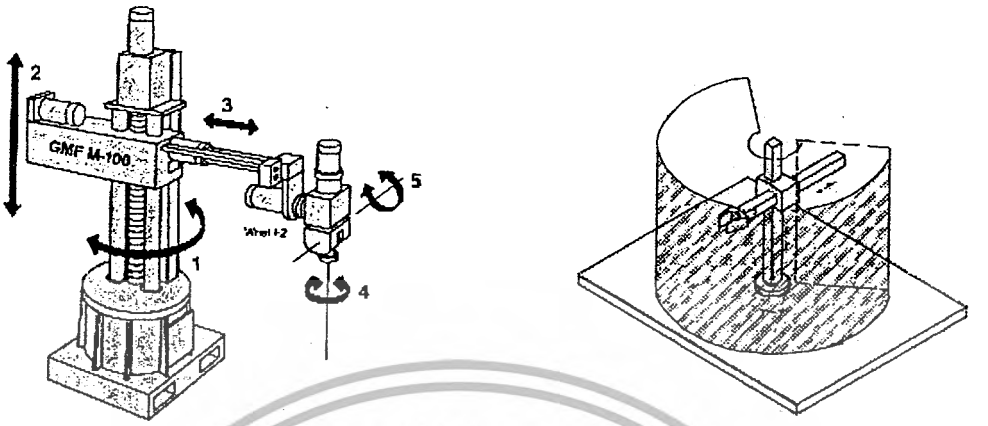
ข้อเสีย ต้องการพื้นที่ติดตั้งมาก บริเวณที่หุ่นยนต์เข้าไปทำงานได้ จะเล็กกว่าขนาดของตัวหุ่นยนต์ ไม่สามารถเข้าถึงวัตถุจากทิศทางข้างใต้ได้ แกนแบบเชิงเส้นจะ Seal เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลวได้ยาก

การประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงตลอดแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเหมาะกับงานเคลื่อนย้ายของหนัก ๆ หรือเรียกว่างาน Pick-And-Place เช่นใช้โหลดชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Machine Loading), ใช้จัดเก็บชิ้นงาน (Stacking) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานประกอบ (Assembly) ที่ไม่ต้องการเข้าถึงในลักษณะที่มีมุมหมุน เช่น ประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และงาน Test ต่าง ๆ

2) Revolute Robot

หุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีแกนที่ 2 (ไหล่) และแกนที่ 3 (ข้อศอก) เป็นแบบ Prismatic ส่วนแกนที่ 1 (เอว) จะเป็นแบบหมุน (Revolute) ทำให้การเคลื่อนที่ได้พื้นที่การทำงานเป็นรูปทรงกระบอก ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) หุ่นยนต์ทรงกระบอก (ข) หุ่นยนต์ทรงกระบอกมีโลหะหุ้ม

รูปที่ 2.3 หุ่นยนต์ทรงกระบอก

ข้อดี มีส่วนประกอบไม่ซับซ้อน การเคลื่อนที่สามารถเข้าใจได้ง่าย สามารถเข้าถึงเครื่องจักรที่มีการเปิด-ปิด หรือเข้าไปในบริเวณที่เป็นช่องหรือโพรงได้ง่าย (Loading) เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าเครื่อง CNC

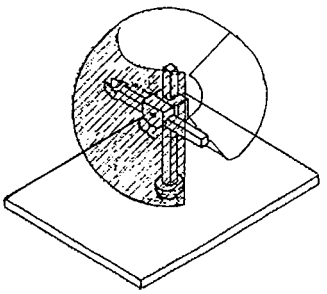
ข้อเสีย มีพื้นที่ทำงานจำกัด แกนที่เป็นเชิงเส้นมีความยุ่งยากในการ Seal เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลว

การประยุกต์ใช้งาน โดยทั่วไปจะใช้ในการหยิบยกชิ้นงาน (Pick-And-Place) หรือป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องจักร เพราะสามารถเคลื่อนที่เข้าออกบริเวณที่เป็นช่องโพรงเล็กๆ ได้สะดวก

3) Spherical Robot (Polar)

มีสองแกนที่เคลื่อนในลักษณะการหมุน (Revolute Joint) คือแกนที่ 1 (เอว) และแกนที่ 2 (ไหล่) ส่วนแกนที่ 3 (ข้อศอก) จะเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ดังรูปที่ 2.3 (ก) ซึ่งทำให้ได้พื้นที่การทำงาน ดังรูปที่ 2.3 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 หุ่นยนต์ที่มีโลหะทรงกลมหุ้ม

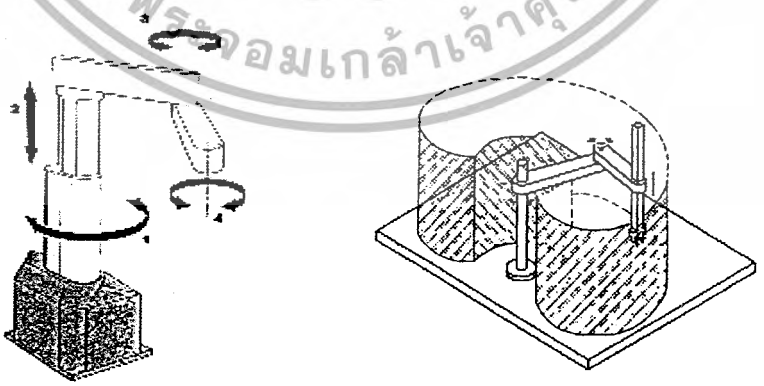
ข้อดี มีปริมาตรการทำงานมากขึ้นเนื่องจากการหมุนของแกนที่ 2 (ไหล่) สามารถที่จะก้มลงมาจับชิ้นงานบนพื้นได้สะดวก

ข้อเสีย มีระบบพิกัด (Coordinate) และส่วนประกอบ ที่ซับซ้อน การเคลื่อนที่และระบบควบคุมมีความซับซ้อนขึ้น

การประยุกต์ใช้งาน ใช้ในงานที่มีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (Vertical) เพียงเล็กน้อย เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าออกจากเครื่องปั๊ม (Press) หรืออาจจะใช้งานเชื่อมจุด (Spot Welding)

4) SCARA Robot

หุ่นยนต์ SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) จะมีลักษณะแกนที่ 1 (เอว) และแกนที่ 3 (ข้อศอก) หมุนรอบแกนแนวตั้ง และแกนที่ 2 จะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ขึ้นลง (Prismatic) ดังรูปที่ 2.5 (ก) ทำให้ได้พื้นที่การทำงานดัง รูปที่ 2.5 (ข) หุ่นยนต์ SCARA จะเคลื่อนที่ได้รวดเร็วในแนวระนาบ และมีความแม่นยำสูง



(ก) หุ่นยนต์เคลื่อนที่แนวนอน (ข) หุ่นยนต์เคลื่อนที่แนวนอนมีโลหะหุ้ม

รูปที่ 2.5 หุ่นยนต์เคลื่อนที่แนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

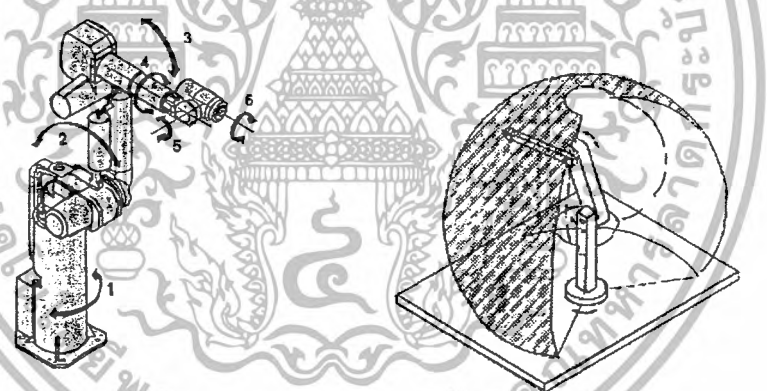
ข้อดี สามารถเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และขึ้นลงได้รวดเร็ว มีความแม่นยำสูง

ข้อเสียมีพื้นที่ทำงานจำกัด ไม่สามารถหมุน (Rotation) ในลักษณะมุมต่างๆได้ สามารถยกน้ำหนัก (Payload) ได้ไม่มากนัก

การประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากการเคลื่อนที่ในแนวระนาบและขึ้นลงได้รวดเร็วจึงเหมาะกับ งานประกอบชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่ง ต้องการความรวดเร็วและการเคลื่อนที่ก็ไม่ต้องการ การหมุนมากนัก แต่จะไม่เหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางกล (Mechanical Part) ซึ่งส่วนใหญ่การประกอบจะอาศัยการหมุน (Rotation) ในลักษณะมุมต่างๆ นอกจากนี้ Scara Robot ยังเหมาะกับงานตรวจสอบ (Inspection) งานบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

5) Articulated Arm (Revolute)

ทุกแกนการเคลื่อนที่จะเป็นแบบหมุน (Revolute) รูปแบบการเคลื่อนที่จะคล้ายกับแขนคน ซึ่งจะประกอบด้วยช่วงเอว ท่อนแขนบน ท่อนแขนล่าง ข้อมือ การเคลื่อนที่ทำให้ได้พื้นที่การทำงานดังรูปที่ 2.6



(ก) หุ่นยนต์แบบมีข้อต่อ (ข) หุ่นยนต์แบบมีข้อต่อแบบมีโลหะหุ้ม

รูปที่ 2.6 หุ่นยนต์แบบมีข้อต่อ

ข้อดี เนื่องจากทุกแกนจะเคลื่อนที่ในลักษณะ ของการหมุนทำให้มีความยืดหยุ่นสูงในการเข้าไปยังจุด ต่าง ๆ บริเวณข้อต่อ (Joint) สามารถ Seal เพื่อป้องกันฝุ่น ความชื้น หรือน้ำ ได้ง่าย มีพื้นที่การทำงานมาก สามารถเข้าถึงชิ้นงานทั้งจากด้านบน ด้านล่าง เหมาะกับการใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นชุดขับเคลื่อน

ข้อเสีย มีระบบพิกัด (CoorDinate) ที่ซับซ้อน การเคลื่อนที่ และระบบควบคุมทำความ เข้าใจได้ยากขึ้น ควบคุมให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear) ได้ยาก โครงสร้างไม่มั่นคงตลอดช่วงการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะบริเวณขอบ Work Envelope ปลายแขนจะมีการสั่น ทำให้ความแม่ยำลดลง **การประยุกต์ใช้งาน** หุ่นยนต์ชนิดนี้สามารถใช้งานได้กว้างขวางเพราะสามารถเข้าถึงตำแหน่งต่างๆ ได้ดี เช่นงานเชื่อม Spot Welding, Path Welding, งานยกของ, งานตัด, งานทากาว, งานที่มีการเคลื่อนที่ยากๆ เช่น งานพ่นสี งาน Sealing

2.5 ประเภทของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์อาจแยกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1) Fixed Robots คือ หุ่นยนต์ที่ถูกตรึงกับฐานที่ถูกยึดคงที่ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่าอิสระ

2) Mobile Robot คือ หุ่นยนต์ที่ถูกตรึงกับฐานที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ โดยที่ฐานมีล้อหรือต้นระบบ

สรุปได้ว่าหุ่นยนต์ คือ "เครื่องจักรที่สามารถโปรแกรมได้ และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อเคลื่อนที่สิ่งของผลิตภัณฑ์ต่างๆ และหรือเครื่องมือเพื่อทำงาน หุ่นยนต์สามารถตัดสินใจและมีการตอบสนองกับสภาพแวดล้อมได้อย่างชาญฉลาด สามารถรับและส่งข้อมูลให้กับสิ่งรอบข้าง แต่อาจจะเคลื่อนที่ไปยังที่ต่างๆ ได้หรือไม่ได้ก็ได้"

จากทั้งสองประเภทของหุ่นยนต์คือ ฟิกโรบอต และ โมบายโรบอต หุ่นยนต์ประเภทที่สองค่อนข้างจะเป็นหุ่นยนต์ที่มีความยืดหยุ่นสูงกว่าประเภทแรก ซึ่งในโครงงานนี้ก็จะเป็นเรื่องเกี่ยวกับโมบาย โรบอต

จากที่ได้มีการกล่าวมานั้น เราสรุปได้ว่าหุ่นยนต์ คือ "เครื่องจักรกลที่สามารถโปรแกรมได้และควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อเคลื่อนที่สิ่งของหรือเครื่องมือเพื่อทำงาน หุ่นยนต์สามารถตัดสินใจและมีการตอบสนองกับสภาพแวดล้อมได้อย่างชาญฉลาด สามารถรับส่งข้อมูลให้กับสิ่งรอบข้าง และอาจเคลื่อนที่ไปยังสถานที่ต่างๆ ได้หรือไม่ก็ได้

2.6 โครงสร้างและการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หลักการของมอเตอร์คือ การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล เพื่อนำพลังงานกลที่ได้ไปขับเคลื่อนสิ่งต่างๆ ตามที่ต้องการ อาการทางกลที่เกิดขึ้นนี้จะอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในตัวนำซึ่งขณะนั้นอยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จะทำให้เกิดแรงขึ้นในทิศทางที่สามารถหาได้จากกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นคำนวณได้จากสูตร

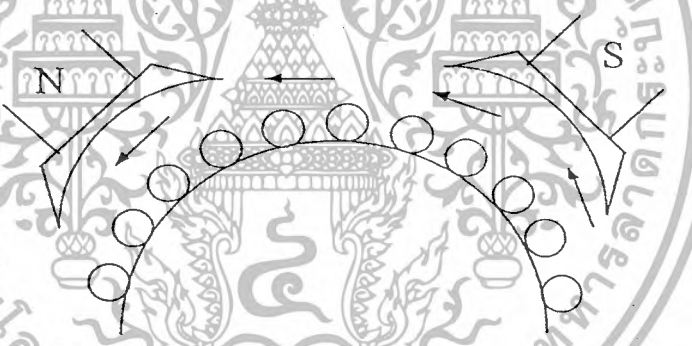
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมาการที่ 2.1 หาค่าความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

$$F = Bil \qquad Newton$$

เมื่อ F = แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำตัวหนึ่ง (นิวตัน)
B = ความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก (เวเบอร์/เมตร)
i = กระแสที่ไหลในตัวนำ (แอมแปร์)
I = ความยาวของตัวนำ (เมตร)

แรง F ที่เกิดขึ้นบนตัวนำ จะเกิดขึ้นในแนวตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำนั้นๆ



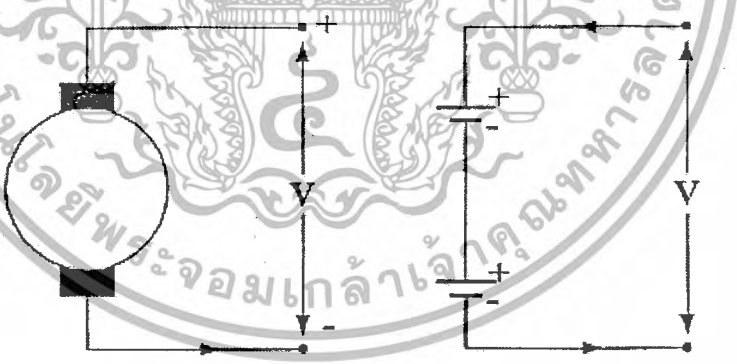
รูปที่ 2.7 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่ 2.7 แสดงส่วนหนึ่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีหลายขั้วแม่เหล็ก เมื่อป้อนไฟเข้าไปที่สนามกระตุ้น จะทำให้เกิดอำนาจที่ขั้วแม่เหล็กเมื่อทำการป้อนกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านในตัวนำที่อาร์เมเจอร์ (Armature) ก็จะทำให้เกิดแรงขึ้นซึ่งอยู่ในตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็กนั้นคือทำให้อาร์เมเจอร์หมุน ในที่นี้ได้กำหนดให้กระแสที่ไหลในตัวนำของอาร์เมเจอร์ที่อยู่ภายใต้ขั้วเหนือ N มีทิศทางของกระแสพุ่งออกมาข้างนอกดังหัวลูกศรที่เป็นจุด เมื่อเป็นเช่นนี้จึงหาการเคลื่อนที่ของตัวนำทุกๆตัวที่อยู่ภายใต้ขั้วแม่เหล็กทั้ง N และ S โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง วิธีหาก็คือ กางมือซ้ายออก โดยให้หัวแม่มือ นิ้วชี้และนิ้วกลางตั้งฉากซึ่งกันและกัน (ทำแบบเดียวกับกฎมือขวาซึ่งใช้หาทิศแรงเคลื่อนที่ไฟที่เกิดขึ้น) จากนั้นให้นิ้วชี้ ชี้ไปทิศทางสนามแม่เหล็ก คือชี้ที่ขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N ไป S ให้นิ้วกลางชี้ไปตามทิศทางการไหลของกระแส ณ ตัวนำต้องการหาทิศทางนั้นๆ นั้น คือ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศการเคลื่อนที่ของตัวนำนั้นๆ จะพบแรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำทุกๆ ตัวภายใต้ขั้วแม่เหล็กเดียวกัน จะมีทิศทางไปในทางเดียวกัน และจะอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวงของอาร์เมเจอร์นั้นๆ อีกทั้งยังพบว่าแรงที่เกิดขึ้นภายใต้ขั้วแม่เหล็ก ทุกขั้วที่สลับกันไปนั้นจะมีทิศทางไปในทางเดียวกันทั้งสิ้นโดยแต่ละแรงจะอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้น รอบวงของอาร์เมเจอร์นั้นคือภายใต้ขั้วแม่เหล็กของแต่ละขั้วก็เกิดแรงลัพธ์ขึ้นแรงหนึ่ง ฉะนั้นเมื่อมีหลายขั้วก็เกิดแรงขึ้นหลายแรง และทุกๆ แรงก็รวมกันเป็นแรงบิดขึ้นมาแรงหนึ่ง ดังนั้นจึงทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้จากแรงที่เกิดขึ้น

ความสำคัญของแรงเคลื่อนไฟฟ้าส่วนกลับ เมื่ออาร์เมเจอร์เริ่มหมุนจะทำให้ตัวนำที่อยู่อาร์เมเจอร์ตัดเส้นแรงแม่เหล็กที่มาจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าหลัก หรือสนามแม่เหล็กลัพธ์ที่เกิดอยู่ในมอเตอร์นั้น นั้นคือเกิดการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นบนตัวนำภายในอาร์เมเจอร์ ซึ่งเป็นไปตามกฎของการเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้า ในการหาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้สามารถทำการหาโดยการใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่งและพบว่ามีทิศทางสวนกลับกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปให้กับตัวมอเตอร์ ดังนั้น จึงเรียกแรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นนี้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสวนกลับ (Back e.m.f. $=E_b$) ดังรูปที่ 2.8 (ก)



(ก) วงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (ข) วงจรสมมูลย์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

รูปที่ 2.8 วงจรสมมูลย์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากการที่เกิด E_b ขึ้นนี้จึงเขียนวงจรสมมูลย์ของมอเตอร์ได้ดังรูปที่ 2.8 (ก) ซึ่งเหมือนกับว่ามีแบตเตอรี่ E_b ต่อคร่อมอยู่กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า โวลต์ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ นั้นคือในการที่จะให้ I_a ไหลได้ในอาร์เมเจอร์นั้น จะต้องมีกำลังไฟฟ้าจำนวนหนึ่งที่ต้องการเอาชนะการสวนนี้ กำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ที่เอาชนะกำลังที่สวนนี้ได้ คือ EI_g ในกรณีที่เป็นเซลล์หรือแบตเตอรี่นั้น กำลังที่เอาชนะการสวนนี้ก็คือกำลังที่เปลี่ยนไปเป็นพลังงานทางเคมีเต่ในมอเตอร์นั้น กำลังที่เอาชนะการสวนกระนี้คือกำลังที่เปลี่ยนไปเป็นกำลังกล

2.7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการดูด และผลักของสนามแม่เหล็ก มอเตอร์ได้เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องต่อการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมโดยตรง มอเตอร์เป็นแหล่งต้นกำลังที่สามารถได้รับการควบคุมได้โดยง่ายด้วยขบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์จึงทำให้มอเตอร์แพร่หลาย ภายในโรงงานจะมีมอเตอร์มากมายหลายแบบตั้งแต่แบบเล็กๆ ที่ใช้ในงาน ควบคุมจนถึงมอเตอร์ต้นกำลังขนาดใหญ่โตหลายร้อยแรงม้า

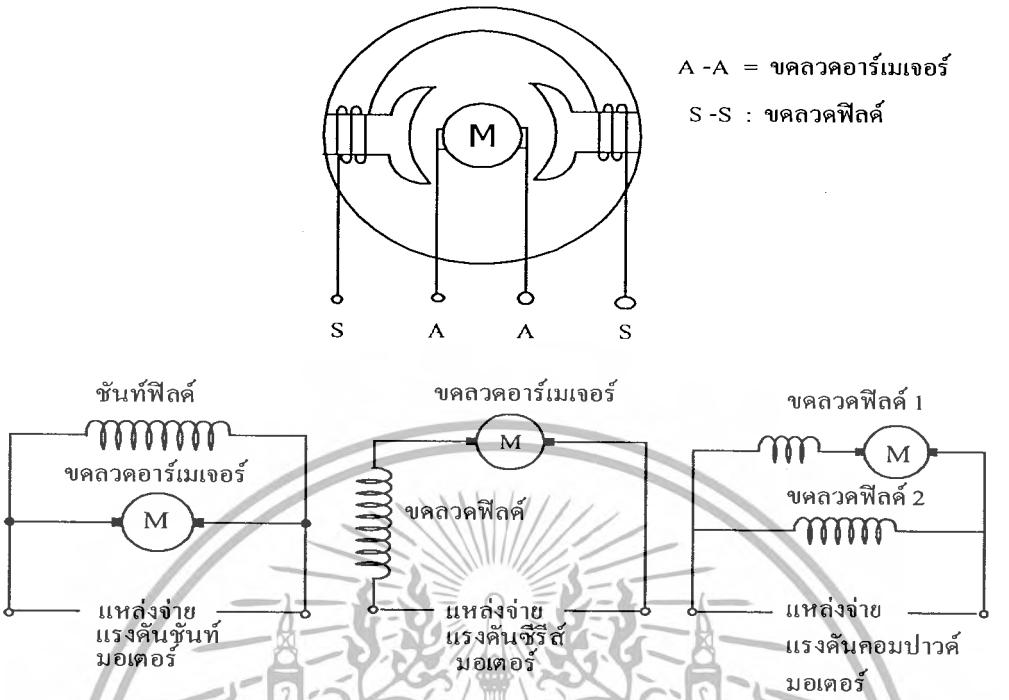
อุปกรณ์ทางด้านโซลิดสเตทโดยเฉพาะอย่างยิ่งไทริสเตอร์ได้มีบทบาทที่สำคัญควบคุมมอเตอร์ สามารถควบคุมการเริ่มต้นของมอเตอร์ การหมุนเดินหน้า ถอยหลัง การปรับตัวเร็ว ควบคุมความเร็วให้คงที่ ควบคุมแรงบิด เป็นต้น

2.7.1 ชนิดของมอเตอร์

มอเตอร์ที่ใช้กันทั่วไปแยกได้เป็นสองชนิด คือ มอเตอร์ไฟตรง และมอเตอร์ไฟสลับ ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะมอเตอร์ไฟตรงเท่านั้น สำหรับส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ ส่วนตรงข้ามจะเป็นขั้วที่ต่างกัน เรียกว่า โพล (Pole) ซึ่งจะให้สนามแม่เหล็กออกมาเรียกว่า ฟิลด์ฟลักซ์ (Field Flux) ส่วนแท่งเหล็ก ที่พันรอบด้วยเส้นลวดอาบฉนวน ที่ติดอยู่กับแกนหมุน หรือทุ่นอาร์เมเจอร์ (Armature) จะให้สนามแม่เหล็กออกมา เรียกว่า อาร์เมเจอร์ฟลักซ์ (Armature Flux) เมื่อเราต่อมอเตอร์ในลักษณะของขดลวดเหล่านี้ผสมกันแล้วจะได้ชนิดของมอเตอร์ไฟตรงเป็น 3 ชนิดคือ ชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor) ซีรีส์มอเตอร์ (Series Motor) และคอมปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor) ลักษณะของมอเตอร์ทั้งสามแบบนี้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.9

สำหรับมอเตอร์ไฟตรงนั้น มีข้อดีในแง่การควบคุมซึ่งเราสามารถควบคุมความเร็วได้โดยง่าย แต่ปัญหาในแง่แหล่งจ่ายไฟตรง และราคาของมอเตอร์ไฟตรงเป็นข้อจำกัดที่ทำให้มอเตอร์ชนิดนี้มีผู้ใช้งานน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
59530



รูปที่ 2.9 มอเตอร์ไฟตรงแบบต่างๆ

2.7.2 ระบบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ตัวควบคุม เป็นส่วนของระบบที่ทำให้เกิดสัญญาณควบคุม ไปบังคับดีซีมอเตอร์และโหลด ซึ่งอาจจะเป็นแอนะลอกหรือดิจิตอลก็ได้

กำลังขยาย หรือส่วนภาคขับทำหน้าที่ปรับปรุงและขยายสัญญาให้เหมาะสมก่อนที่จะป้อนไปขับดีซีมอเตอร์ ซึ่งอาจแบ่งแยกเป็นลิเนียร์เพาเวอร์แอมปลิฟลาย และพัลส์วิดท์มอดูเลชั่น

1) ลิเนียร์เพาเวอร์แอมปลิฟลาย เป็นการควบคุมมอเตอร์ (Control Motor) แบบต่อเนื่อง แต่จะมีความสูญเสียทางเพาเวอร์สูงเนื่องจากกำลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียในเอาต์พุตทรานซิสเตอร์ (Output Transistor) เป็นจำนวนมาก เพราะขณะมอเตอร์ไม่ทำงานทรานซิสเตอร์ส่วนนี้ก็ต้องแบกภาระเนื่องจากมีกระแสไหลผ่านตัวมัน

2) การมอดูเลตแบบความกว้างของพัลส์ เป็นสวิทชิ่งแอมปลิฟลาย คือ การควบคุมแรงดันของมอเตอร์ โดยการปรับดิวตี้ไซเคิลของแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ และให้มันทำงานทุกๆ ภาวะอิ่มตัวหรือภาวะไม่นำกระแสด้วยเหตุนี้กำลังสูญเสียน้อย เนื่องจากเมื่อทรานซิสเตอร์นำกระแสแรงดันตกคร่อมตัวมันจะน้อยจนตัดทิ้งได้และเมื่อหยุดนำกระแสแรงดันตกคร่อมจะประมาณ VCC ดังนั้นกระแสไหลผ่านจึงน้อยมากประมาณศูนย์ แต่จะใช้กับความถี่สูงได้ไม่ดี และความถี่ต้องคงที่ถ้าไม่เช่นนั้นอาจเกิดออสซิสเลตขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีซีมอเตอร์ และโหลดคือ ระบบที่ถูกควบคุมหรือส่วนที่ออกแรงทำงานซึ่งจะเป็นเครื่องจักรกลการเข้ารหัส หรือฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์ ใช้รับรู้หรือดีเทคสัญญาณที่ต้องการโดยไม่มีผลของการโหลดดิ้ง สัญญาณที่ดีตรวจจับได้นี้จะป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิง เพื่อควบคุมมอเตอร์อีกที ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์แบ่งเป็น แบบแอนะลอก และแบบดิจิตอล

2.7.3 การทำงานของแอมปลิฟลายแบบการมอดูเลตแบบความกว้างของพัลส์

แอมปลิฟลายแบบการมอดูเลตแบบความกว้างของพัลส์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะการทำงาน คือ ไบโพล่าร์ ยูนิโพล่าร์ และลิมิตยูนิโพล่าร์ ซึ่งทั้ง 3 ชนิดสามารถอธิบายด้วยวงจรพื้นฐานนี้ได้โดยทั้ง 3 ชนิด ต่างกันตรงการ ควบคุมการเปิด-ปิด ของทรานซิสเตอร์ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวเฉพาะแบบไบโพล่าร์ เพราะเป็นแบบที่ควบคุม และ เข้าใจได้ง่าย คือ เมื่อให้มอเตอร์อยู่ในเฟส เปิด ก็ให้ T1 กับ T4 เปิด และ T2 กับ T3 ปิด ดังนั้น กระแสไหลจาก VS ผ่าน T1, มอเตอร์และ T4 ลงกราวด์ ดัง VM=VS (มอเตอร์หมุนตามเข็ม) เมื่อให้มอเตอร์อยู่ใน Phase OFF ก็ให้ T2 กับ T3 เปิด และ T1 กับ T4 ปิด ดังนั้น กระแสไหลจาก VS ผ่าน T3 ขั้วลบมอเตอร์, T2 ลงกราวด์ ดังนั้น Va = VS (มอเตอร์หมุนทวนเข็ม)

2.7.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำได้ 2 วิธี คือ

1) การควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของอาร์เมเจอร์ เนื่องจากความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะแปรผันตรงกับแรงดันที่ใส่ให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์ ดังนั้นเราจึงสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยการควบคุมแรงดันของอาร์เมเจอร์ วิธีการนี้จะใช้ในช่วงความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วที่กำหนด (Base Speed) หรือ N Base การควบคุมแบบนี้จะทำให้แรงบิดสูงสุดส่วนกำลังออกของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วเป็นเส้นตรง โดยจะมีกำลังออกสูงสุดความเร็วที่กำหนด การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงโดยทั่วไปจะใช้วิธีนี้เพราะให้แรงบิดสูง

2) การควบคุมความเข้มของสนามแม่เหล็ก การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงในย่านความเร็วที่สูงกว่าความเร็วที่กำหนดจะทำได้โดยการควบคุมกระแสของขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ เมื่อต้องการเพิ่มความเร็วจะต้องลดขนาดของกระแสของขดลวดลง การลดความเข้มของสนามแม่เหล็กของมอเตอร์จะมีผลทำให้แรงบิดสูงสุดของมอเตอร์ลดลง ขณะที่กำลังออกสูงสุดของมอเตอร์จะไม่เปลี่ยนแปลง วิธีนี้จะใช้กับโหลดที่ต้องการความเร็วสูงโดยที่แรงบิดของโหลดจะต้องลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ไม่เช่นนั้นจะเป็นการเกินกำลังของมอเตอร์

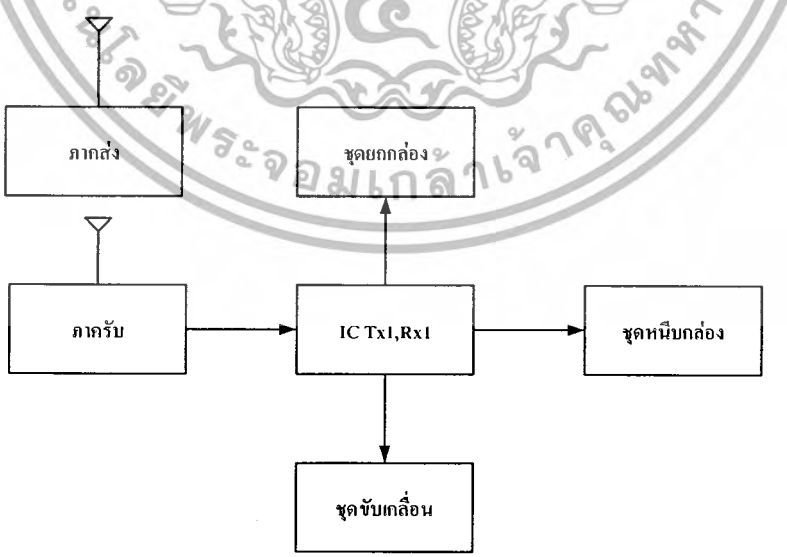
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

ในการออกแบบโครงงานนี้จะแบ่งออกเป็น ส่วนสำคัญหลักๆ ประกอบไปด้วย ส่วนของภาคขับเคลื่อน ภาคแขนกล ภาครับสัญญาณ และภาคส่งสัญญาณ ซึ่งแต่ละภาคจะกล่าวในหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 กล่าวนำ

โครงงานนี้จะนำความรู้ที่ศึกษามาเกือบทั้งหมด มาประยุกต์ใช้งานโดยรูปธรรมโดยนำเทคนิคและทฤษฎีต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการสร้าง ลักษณะของหุ่นยนต์มอเตอร์ไฟฟ้าก็เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีน้ำหนักมากที่สุดในตัวหุ่นยนต์จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงตำแหน่งการวางล้อบนตัวหุ่นยนต์ด้วย และจะต้องกระจายน้ำหนักให้เกิดความเหมาะสมมากที่สุด ส่วนใหญ่จะออกแบบหุ่นยนต์จะใช้มอเตอร์จำนวนสองตัวขับเคลื่อนล้อทั้งสองไปข้างหน้าหรือถอยหลัง สำหรับการเลี้ยวสามารถทำได้โดยการหยุดล้อใดล้อหนึ่ง ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์สามารถหมุนไปทิศทางที่ต้องการได้ หรือทำให้ล้อข้างใดข้างหนึ่งหมุนกลับในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์สามารถเลี้ยวได้อย่างรวดเร็วในวงแคบๆ ได้อีกด้วย



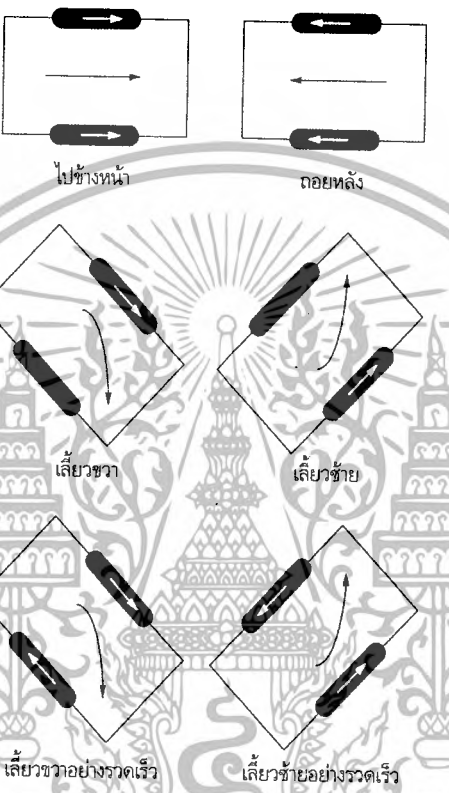
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของหุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โครงสร้างและการทำงานของหุ่นยนต์

3.2.1 การทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์

มอเตอร์กระแสตรงสำหรับระบบขับเคลื่อนหุ่นยนต์

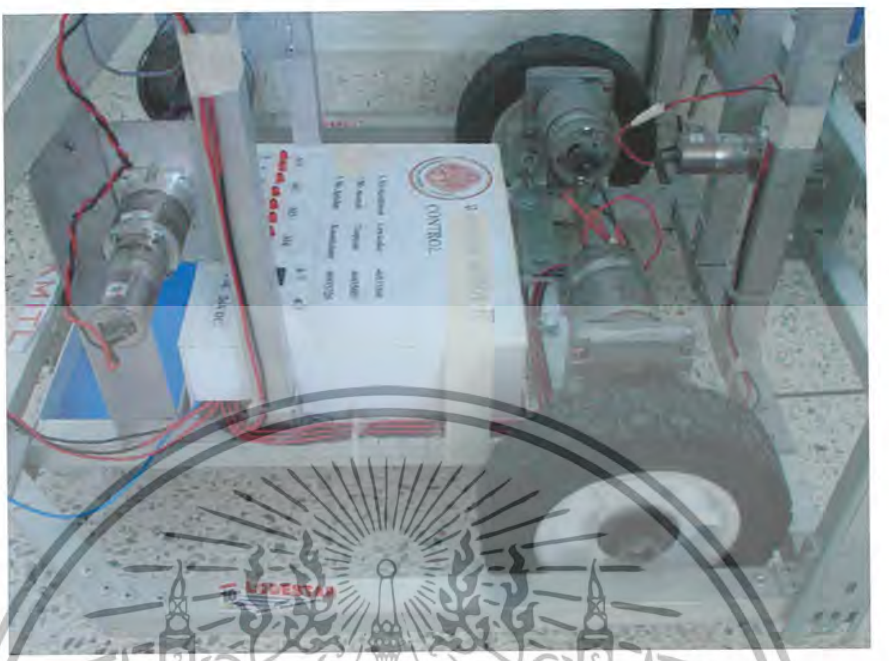


รูปที่ 3.2 มอเตอร์และล้อที่ติดตั้งทำให้หุ่นยนต์สามารถที่จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ถอยหลัง เลี้ยวขวา และเลี้ยวซ้าย

3.2.2 ชุดขับเคลื่อน

ในส่วนของการขับเคลื่อนใช้มอเตอร์กระแสตรงจำนวน 2 ตัว ต่ออยู่กับล้อจำนวน 2 ล้อ เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร และล้อฟรีใช้ในการพยุงตัวหุ่นอีกจำนวน 1 ล้อ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ด้วยมอเตอร์และล้อนี้ทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ 8 รูปแบบ คือ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้ายแบบเดินหน้า เลี้ยวซ้ายแบบถอยหลัง เลี้ยวขวาแบบเดินหน้า เลี้ยวขวาแบบถอยหลัง หมุนตัวอยู่กับที่ทิศทางตามเข็มนาฬิกา หมุนตัวอยู่กับที่ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ล้อที่ใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์

3.2.3 ชุดยกกล่อง

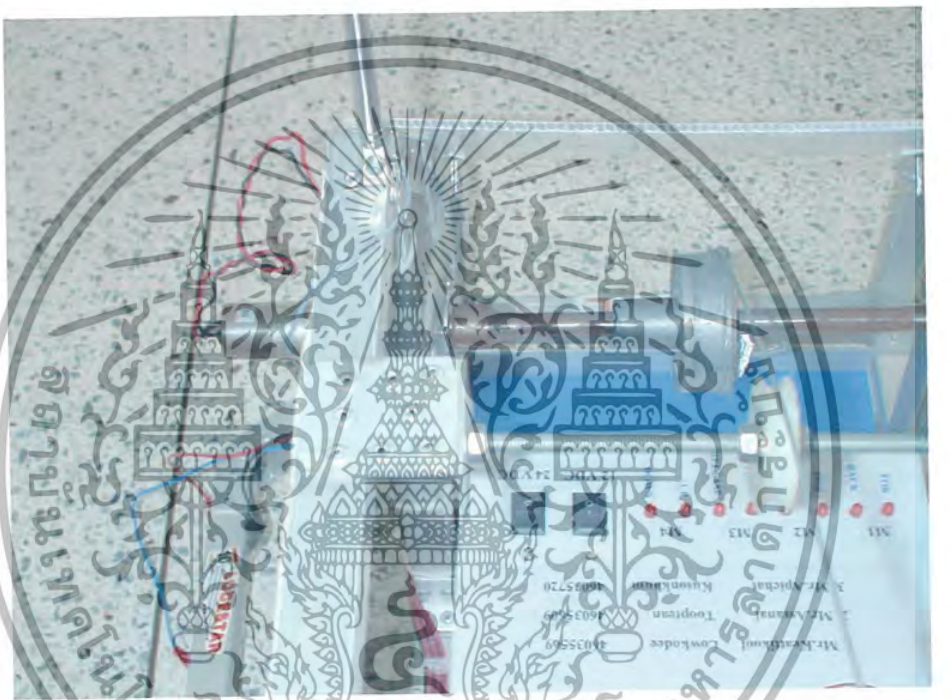
ใช้หลักการของรอก (Pulley) ในการยก รอกประกอบด้วยวงล้อและเส้นเชือกหรือเส้นลวด ถ้ามีล้อเดียวเรียกว่า "รอกเดี่ยว" ตัวล้อหรือรอกตรึงอยู่กับที่พาดเส้นเชือกหรือลวดลงไปในร่องของล้อ ปลายข้างหนึ่งผูกติดกับน้ำหนักบรรทุกที่ต้องการยกขึ้น แล้วออกแรงดึงที่ปลายเชือกอีกข้างหนึ่งถ้าไม่คิดถึงความเสียดทาน แรงพยายามที่ใช้ดึงเชือกจะเท่ากับน้ำหนักบรรทุกที่ยกขึ้น ระหว่างทางที่ทั้งสองเคลื่อนที่ก็เท่ากัน เพียงแต่เคลื่อนที่สวนทางกัน อย่างหนึ่งขึ้นอีกอย่างหนึ่งลง ถึงแม้รอกเดี่ยวจะไม่ทุ่นแรง แต่ก็เป็นการอำนวยความสะดวกในการทำงาน ถ้าจะใช้รอกช่วยยกของที่หนักมากโดยใช้แรงน้อย ก็ทำได้โดยใช้รอกมากกว่าหนึ่งตัว รอกเป็นชุดอย่างนี้เรียกว่า "รอกพวง" ใช้เชือกหรือลวดเส้นเดียวกันเท่านั้น คล้องวนผ่านรอกทุกตัว ในระบบที่มีรอกเพียงสองตัว รอกตัวบนตรึงอยู่กับ ที่ตัวล่างลอยและเป็นตัวรับน้ำหนักบรรทุก เชือกที่ใช้ดึงพาดผ่านรอกตัวบนลงมาข้างล่าง พันรอบรอกตัวล่างแล้วไปยึดติดที่รอกตัวบน คราวนี้เมื่อออกแรงดึงเชือกก็จะไปเพิ่มแรงยกน้ำหนักบรรทุกได้มากเป็นสองเท่า แต่ทว่าระยะทางที่น้ำหนักบรรทุก เคลื่อนที่สูงขึ้นจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะทางที่เชือกถูกดึงลง

รอกที่ใช้กับโครงงานชิ้นนี้เป็นชนิดรอกเดี่ยวตัวรอกตรึงอยู่กับโครงส่วนบนของตัวหุ่นยนต์ โดยปลายสลิงข้างหนึ่งผูกติดอยู่กับชุดแขนที่ทำหน้าที่บีบจับกล่อง ปลายอีกข้างหนึ่งผูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดอยู่กับรอกอีกหนึ่งตัวซึ่งอยู่บริเวณส่วนหลังของโครงโดยยึดอยู่กับแกนมอเตอร์กระแสตรงเพื่อทำหน้าที่ดึงสลิงกลับ และด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางของรอกตัวที่สองที่ยาวเท่ากับ 6 เซนติเมตร นี้ทำให้สามารถดึงสลิงกลับมาได้อย่างรวดเร็ว

ถึงแม้ว่าการใช้รอกเพียงตัวเดียวจะไม่สามารถทุ่นแรงได้ แต่เป็นการอำนวยความสะดวกและความเหมาะสมในการติดตั้งที่ต้องการถ่วงน้ำหนักในส่วนหลังได้ โดยที่ประสิทธิภาพการทำงานยังคงเดิม คือสามารถดึงให้ชุดแขนเลื่อนขึ้น ลงในแนวดิ่งได้



รูปที่ 3.4 รอกที่ใช้ในการประกอบหุ่นยนต์

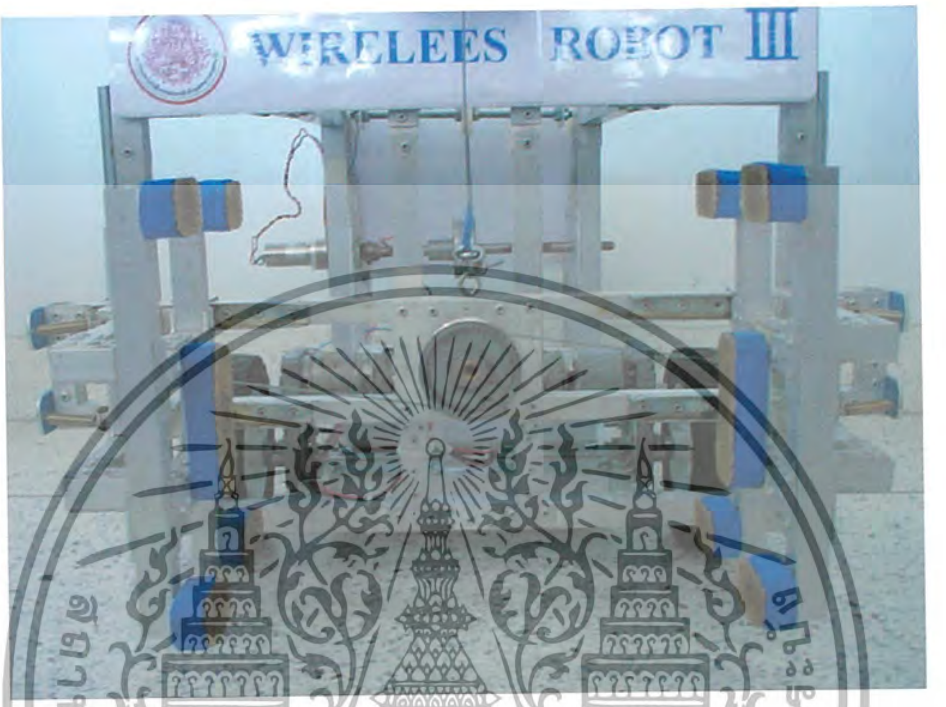
3.2.4 ชุดหนีบ – ปล่อยกล่อง

ชุดแขนกลประกอบไปด้วยชุดจับจำนวน 2 ชุด ซึ่งการทำงานของแต่ล่ะชุดจะทำหน้าสัมพันธ์กัน และลูกเบี้ยว (Cam) มีความสำคัญมากในการจับกล่อง และปล่อยกล่อง

ในส่วนของแขนสไลด์หนีบที่ใช้กับโครงงานชิ้นนี้ ประกอบอยู่กับแท่นสไลด์ ซึ่งบริเวณของแท่นสไลด์จะทำการยึดติดกับตัวถังหุ่นยนต์และไม่สามารถขยับได้ แต่สำหรับแขนสไลด์สามารถเลื่อนเข้า และเลื่อนออกได้เพราะชุดแขนสไลด์ได้ทำการเชื่อมต่อกับลูกเบี้ยวโดยใช้สลิงเป็นตัวเชื่อมต่อ ลูกเบี้ยวนี้สามารถหมุนได้ 2 ทิศทาง คือ ทิศทางตามเข็มนาฬิกาและทิศทางทวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

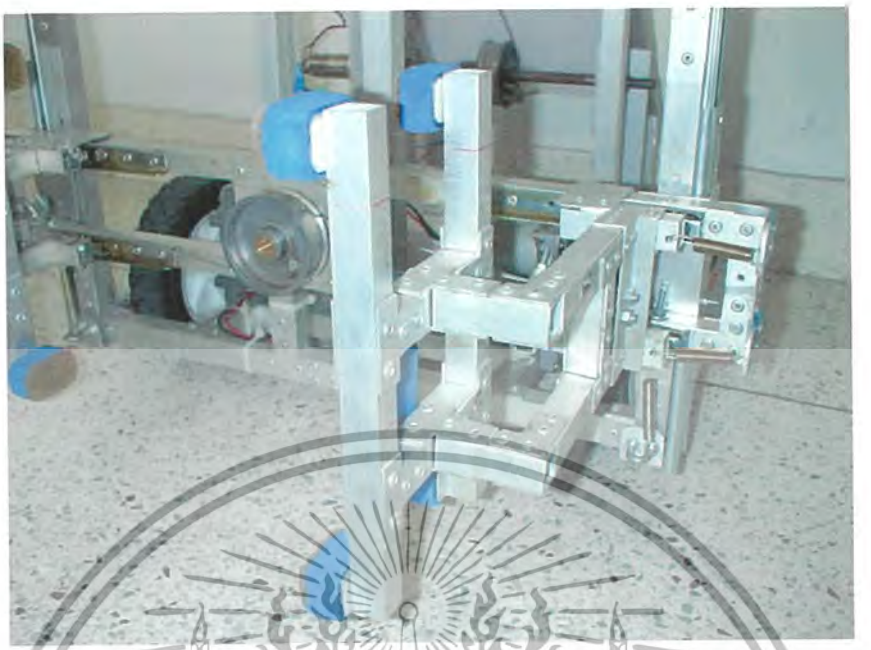
เข็มนาฬิกาส่งผลไปยังแขนสไลด์ เมื่อลูกเบี้ยวหมุนตามเข็มนาฬิกาจะทำให้แขนสไลด์บีบเข้ามา และเมื่อลูกเบี้ยวหมุนทวนเข็มนาฬิกาแขนสไลด์จะทำการคลายออก



รูปที่ 3.5 ลูกเบี้ยวที่ติดอยู่กับแขนสไลด์หนีบ

การทำงานของชุดสไลด์หนีบด้านข้างติดสปริงไว้ทั้ง 2 ข้างเนื่องจากการทำงานของแขนเพื่อช่วยในการสไลด์ออกเวลาอ้าออกให้เร็วยิ่งขึ้น ในส่วนหน้าสัมผัสของแขนจับติดด้วยแผ่นยางพารา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจับกล่องให้มีความมั่นคงมากยิ่งขึ้น และด้วยความยืดหยุ่นของแผ่นยางพาราจึงไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อกล่องในการจับแต่ละครั้ง

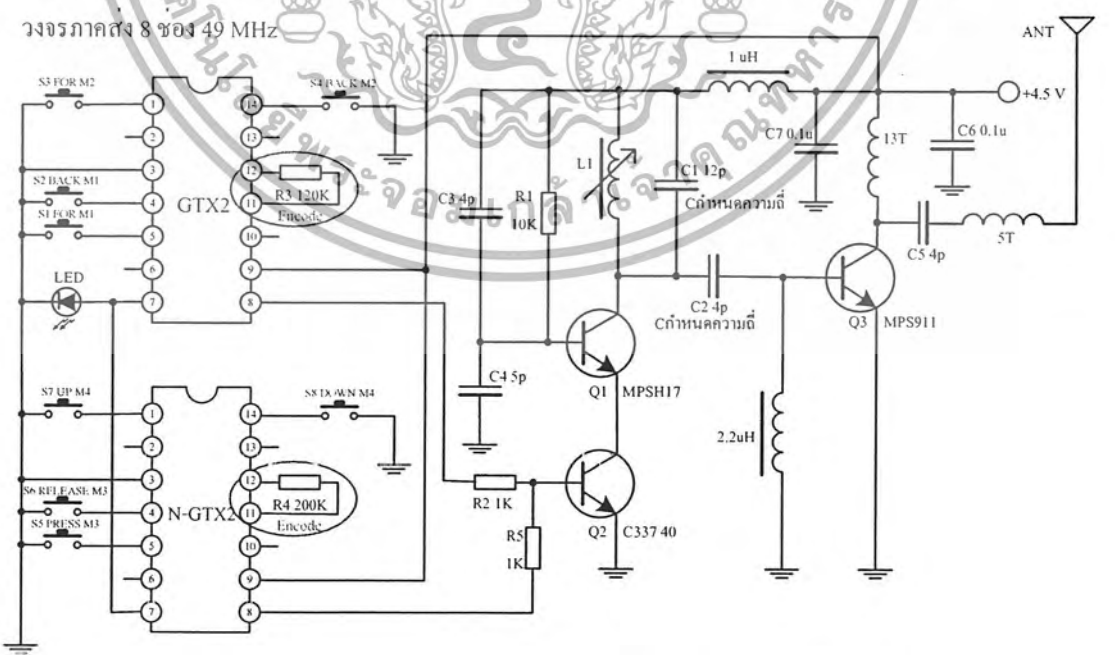
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 การติดสปริงเพื่อช่วยในการสไลด์ออก

3.3 ส่วนควบคุม

3.3.1หลักการทำงานภาคส่งสัญญาณความถี่ UHF 49 เมกกะเฮิร์ท



รูปที่ 3.7 วงจรภาคส่งสัญญาณ 8 ช่อง ความถี่ UHF 49 เมกกะเฮิร์ท

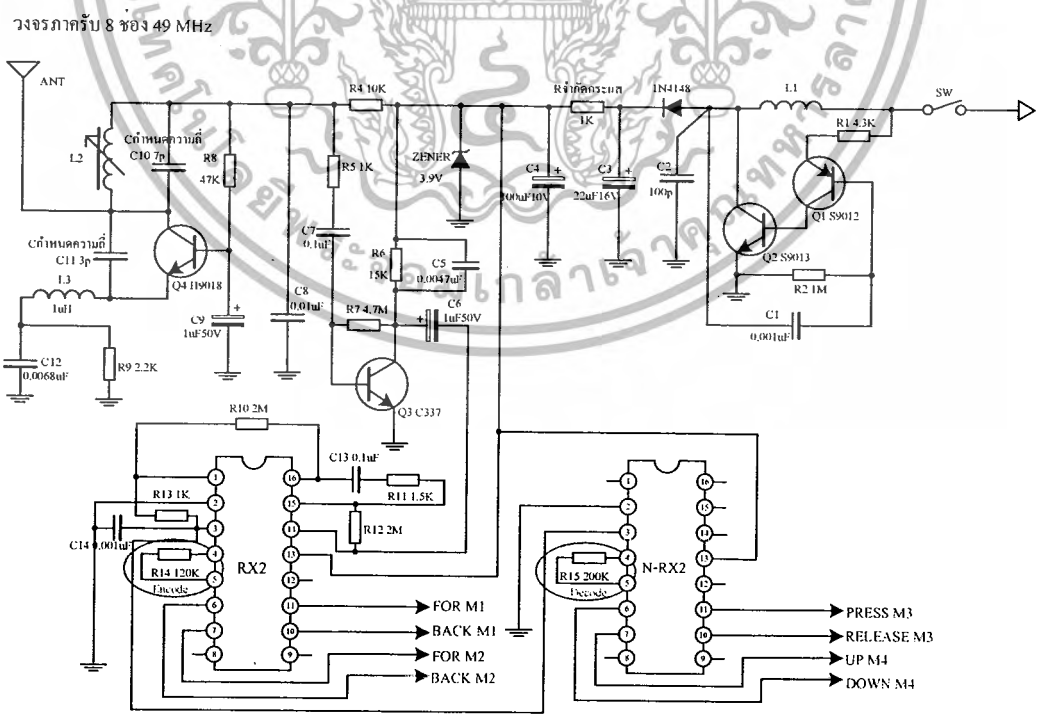
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของภาคส่งเริ่มจากเมื่อมีการกดปุ่มใดปุ่มหนึ่ง เช่น กดปุ่มเดินหน้า (S1) จะทำให้สวิตช์ต่อลงกราวด์ IC GTX2 จะปล่อยสัญญาณ Encode ออกทางขา 8 (SO) เพื่อไป Mocl กับคลื่นพา ซึ่งปุ่มแต่ละปุ่มจะมีรหัสของตัวเองอยู่ดูได้จาก Datasheet ของ IC ความถี่ของสัญญาณ Encode ที่ปล่อยออกมาทางขา 8 นั้น ก็ถูกกำหนดด้วยค่าความต้านทานที่ต่อคร่อมขา 11 และ 12 ก็คือ R3 (12 กิโลโอห์ม) ในวงจร สัญญาณ Encode ที่ออกทางขา 8 จะไปเข้าหาเบสของทรานซิสเตอร์ Q2 จะทำให้มีกระแสเบสไบแอสให้ทรานซิสเตอร์ Q2 ทำงาน

สวิตช์ "ON" ต่อไฟให้กับวงจรทั้งหมดทั้งไอซี LED 1 ก็จะติดเพราะต่อจากขา 7 (SC) เมื่อมีสัญญาณออกจาก SO เมื่อวงจรเปิดก็จะควบคุมให้ไอซีส่งคำสั่งไปยังวงจร Encode ให้ส่งออกอากาศไปในส่วนการทำงานของปุ่มที่เหลือก็ทำงานคล้ายกัน

ในส่วนของวงจรออสซิเลเตอร์ทำงานโดย ทรานซิสเตอร์ Q3 , Q1 และ C3 , C4 , R1 , L1 โดยมี R2 และ R5 เป็นตัวไบแอสทรานซิสเตอร์ Q2 ความถี่ที่ต้องการออสซิเลตจะขึ้นอยู่กับความถี่ของ C1 และ C2 สัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปยังภาคขยายอาร์เอนแอมป์ Q3 ออกไปทาง C5 โดยมี L (5T) ทำหน้าที่กรองฮาร์มอนิกส์ออกไปชั้นหนึ่งไม่ให้ไปรบกวนการสื่อสารย่านอื่นก่อนจะส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับ

3.3.2 หลักการทำงานภาครับสัญญาณความถี่ UHF 49 เมกกะเฮิร์ท



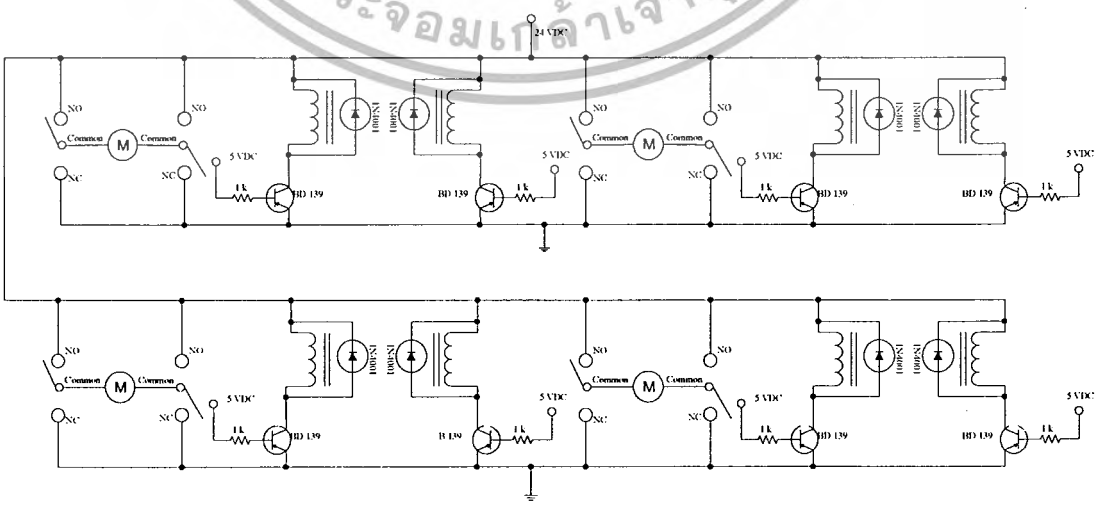
รูปที่ 3.8 วงจรภาครับสัญญาณ 8 ช่อง ความถี่ UHF 49 เมกกะเฮิร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของภาครับก็จะต้องใช้ค่าความต้านทานเท่ากับภาคส่งเพื่อกำหนดความถี่ในการ Encode ด้วย ซึ่งก็คือ R14 และ R15 ที่ต่อคร่อมขา 4 และขา 5 ของ IC ทั้งสองตัว การทำงานเริ่มจากสัญญาณจากภาคส่งจะถูกเหนี่ยวนำเข้ามาทางสายอากาศผ่านเข้ามาสู่วงจรจูนซึ่งประกอบไปด้วย L2 และ C7 จัดวงจรแบบซูเปอร์รีเจเนอเรทีฟ เป็นวงจรเครื่องรับวิทยุที่มีความไวในการรับสูง เพราะขยายได้ทั้งสัญญาณวิทยุและสัญญาณเสียงได้พร้อมกัน แต่วงจรชนิดนี้จะมีความสามารถในการแยกคลื่นได้ต่ำ คลื่นที่มีความถี่ใกล้เคียงกันสามารถที่จะเข้ามารบกวนกันได้ง่าย สัญญาณที่ผ่านการขยายโดยทรายซิสเตอร์ Q4 แล้วจะให้เอาท์พุตผ่าน R4 ป้อนเข่าสู่ IC RX-2 ทั้งสองตัว โดยมี C9 และC8 ทำหน้าที่กรองความถี่วิทยุทิ้งไป ไอซี RX-2 ทำหน้าที่ Decode คำสั่งจากไอซี TX-2 ที่ส่งมาเป็นเอาท์พุตส่งไปยังวงจรขับมอเตอร์ เช่น เดินหน้า , ถอยหลัง , บีบ , ปล่อย , ยกขึ้น , ยกลง

อีกวงจรหนึ่งที่สำคัญของภาครับคือ วงจรทวีแรงดันและควบคุมแรงดัน วงจรนี้จะทำหน้าที่ปั้มแรงดันขึ้นมาควบคุมให้มีค่าคงที่ที่ 3.3 โวลต์ ไม่ว่าแรงดันแบตเตอรี่จะขึ้นๆ ลงๆ อย่างไร แรงดันที่จะเข้าไปเลี้ยงไอซีนั้นจะยังมีค่าคงที่เสมอ การทำงานของวงจรในส่วนนี้ เมื่อป้อนไฟฟ้าเข้าเครื่องในครั้งแรกทรานซิสเตอร์ Q1 จะทำงาน “ON” ทำให้ Q2 ทำงาน “ON” ตามไปด้วย มีกระแสไหลผ่าน โชค (คอยล์) L1 เมื่อ Q2 ทำงานแรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์ก็จะลดลง แรงดันแรงดันที่ลดลงนี้จะถูกเชื่อมโยงไปยังขาเบสของ Q1 โดย C1 ทำให้ Q1 มีกระแสไบแอสน้อยลง ลักษณะเช่นนี้จะส่งผลให้กระแสที่จะป้อนให้เบส Q2 ลดลงด้วย แรงดันที่คอลเลคเตอร์ของ Q2 ก็จะเพิ่มขึ้นเป็นวัฏจักรต่อเนื่องกันไป แรงดันที่ขึ้นลงต่อเนื่องกันนี้จะผ่านไดโอด D1(1N4148) เข้ามาชาร์จในตัวเก็บประจุ C3 เกิดเป็นแรงดันที่ทวีคูณสะสมขึ้นมา ส่งผ่านตัวต้านทาน R (จำกัดกระแส) และไดโอดซีเนอร์ D2 (3.9V) ซึ่งทำหน้าที่เป็นชันต์เรกูเลเตอร์รักษาแรงดันไว้คงที่ 3.3 โวลต์ตลอดเวลา

3.3.3 ภาคขับมอเตอร์



รูปที่ 3.9 วงจรภาคขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการประมวลผลและสั่งให้พอร์ตแต่ละพอร์ตทำงานเพื่อการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีภาคขับมอเตอร์โดยจะทำให้มอเตอร์สามารถทำงานได้ 2 สภาวะในตัวเดียวกัน โดยที่มีการเชื่อมต่อพอร์ตเอาต์พุตกับภาคขับมอเตอร์ โดยสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

1) ถ้าพอร์ตหมายเลข 1 มีการสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ จะมีแรงดันไฟฟ้า 5 โวลท์ออกมา จะทำให้ทรานซิสเตอร์หมายเลข 1 ทำงาน และกระตุ้นให้รีเลย์หมายเลข 1 อยู่ในสภาวะ NC และรีเลย์หมายเลข 2 อยู่ในสภาวะ NO ทำให้ครบวงจรและมอเตอร์ทำงาน

2) ถ้าพอร์ตหมายเลข 2 มีการสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ จะมีแรงดันไฟฟ้า 5 โวลท์ออกมา จะทำให้ทรานซิสเตอร์หมายเลข 2 ทำงาน และกระตุ้นให้รีเลย์หมายเลข 1 อยู่ในสภาวะ NO และรีเลย์หมายเลข 2 อยู่ในสภาวะ NC ทำให้ครบวงจรและมอเตอร์หมุนกลับทางกับในสภาวะที่ 1

3.4 แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

แหล่งจ่ายไฟที่ใช้ในวงจร มีขนาดแรงดัน 12 V / 3A เป็น แบตเตอรี่ ชนิดแห้ง จำนวน 2 ก้อน โดยก้อนแรกจะใช้สำหรับจ่ายแรงดันไฟฟ้า 12 V ให้กับภาคส่งสัญญาณ และก้อนที่สองใช้สำหรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า 12 V ให้กับภาครับสัญญาณและภาคขับมอเตอร์

รูปที่ 3.10 แบตเตอรี่แห้งขนาด 12V/3A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การแสดงผลการทำงานของหุ่นยนต์

การทำงานของหุ่นยนต์ทั้งด้านแขนกลและขับเคลื่อน การทำงานของส่วนต่างๆจะมี LED สีแดง ที่ติดอยู่กับกล่องตัวรับสัญญาณที่ติดอยู่กับตัวหุ่นยนต์จะแสดงสภาวะการทำงาน เมื่อมีการทำงานของหุ่นยนต์เกิดขึ้นทั้งด้านการใช้งาน ของชุดขับเคลื่อน, เดินหน้า, ถอยหลัง, ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.11 กล่องแสดงสภาวะการทำงานของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

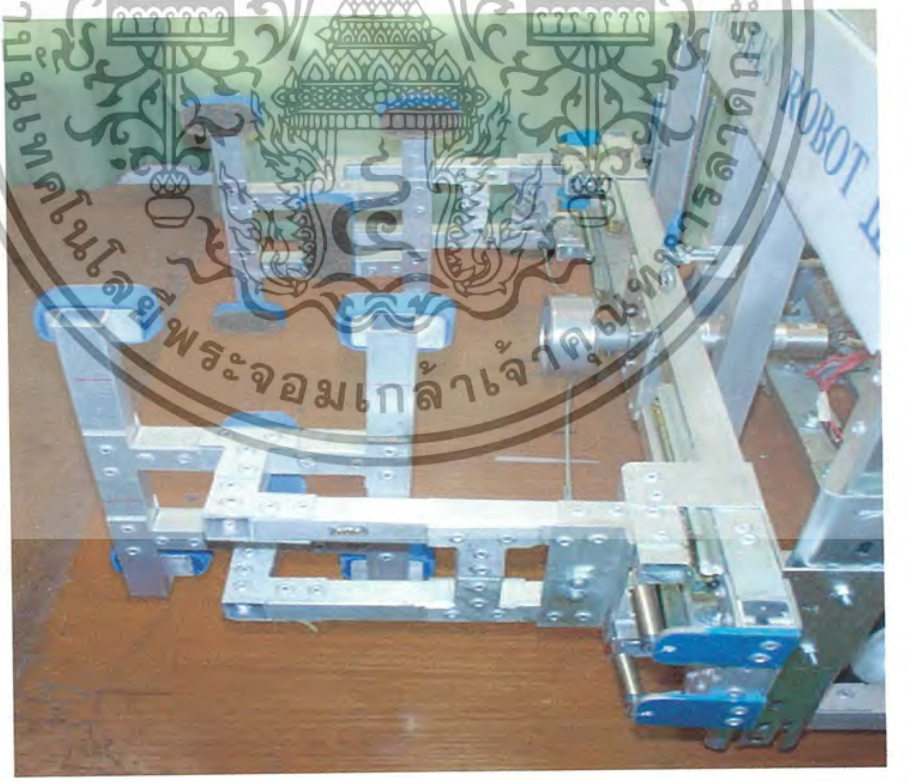
ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองของโครงสร้างและการทำงานแต่ละส่วนของหุ่นยนต์ว่าทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ การทดลองแบ่งออกเป็นส่วนสำคัญต่างๆ ของแต่ละภาค ประกอบไปด้วยส่วนของ ชุดควบคุมการขับเคลื่อน ชุดควบคุมการหนีบกล่อง ชุดควบคุมการยกกล่อง ชุดภาครับสัญญาณ และภาคส่งสัญญาณ เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงแก้ไขโครงงานซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

4.1 การทดลองโครงสร้างของหุ่นยนต์

4.1.1 การทดลองชุดควบคุมการหนีบกล่อง

1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ประกอบลูกเบี้ยวเข้ากับแขนสไลด์หนีบของหุ่นยนต์ทั้งสองแขนรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การประกอบลูกเบี้ยวเข้ากับแขนสไลด์หนีบของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) ต่อมอเตอร์เข้ากับแขนของหุ่นยนต์

1.3) ต่อสปริงเข้ากับชุดสไลด์หนีบเพื่อช่วยดึงในขณะปล่อยออก

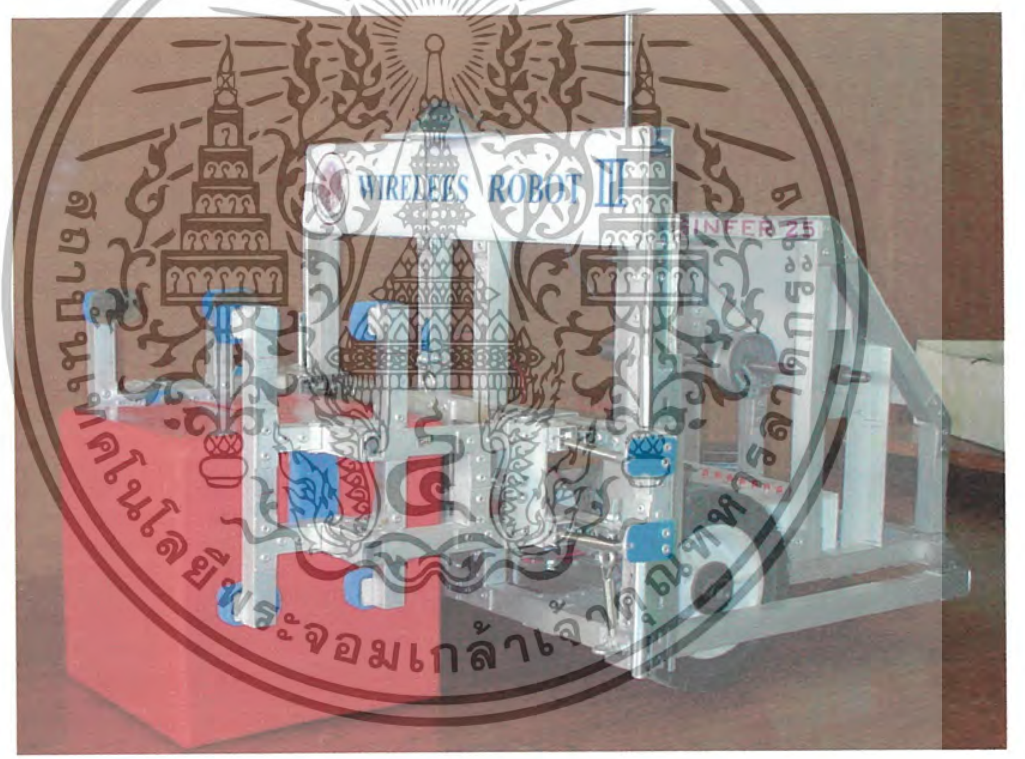
1.4) ตรวจสอบความถูกต้องของการประกอบลูกเบี้ยวและมอเตอร์

1.5) ทำการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์เพื่อทดสอบการทำงาน

1.6) นำกล่องมาทดสอบการหนีบกล่อง

2) ผลการทดลอง

เมื่อทำการทดสอบการหนีบกล่องโดยทดสอบทีละ 1 กล่องจนครบ 2 กล่อง ผลปรากฏว่าสามารถหนีบกล่องได้ดีโดยสามารถหนีบกล่องได้ตั้งแต่ 1 กล่อง จนถึง 2 กล่อง ได้ภายในครั้งเดียว โดยแสดงได้ดังรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 การหนีบกล่องของชุดหนีบกล่อง 1 ใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 การหนีบกล่องของชุดหนีบกล่อง 2 ใบ

หลังจากทดสอบหนีบกล่องเสร็จแล้ว ต่อไปจะเป็นการทดสอบระยะเวลาในการหนีบเข้าและหนีบออกของชุดหนีบขณะมีกล่อง 1- 2 ใบ และไม่มีกล่องโดยทำการทดสอบใช้หน่วย การจับเวลาเป็น วินาที ในการทดสอบโดยแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการหนีบเข้า และหนีบออกของชุดหนีบ

ทดสอบ	บีบเข้า ไม่มีกล่อง	บีบออก ไม่มีกล่อง	บีบเข้ามี กล่อง 1 ใบ	บีบออก มีกล่อง 1 ใบ	บีบเข้ามี กล่อง 2 ใบ	บีบออก มีกล่อง 2 ใบ
เวลา	00.93	00.63	00.78	00.37	00.76	00.37

4.1.2 การทดลองชุดควบคุมการยกกล่อง

1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ต่อสลิงค์เข้ากับรอก และต่อเข้ากับมอเตอร์ดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 การต่อสลิงเข้ากับรอกและมอเตอร์

1.2) ต่อชุดสลิงเข้ากับแขนของหุ่นยนต์

1.3) ทำการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์และทำการทดสอบ

1.4) ทดสอบการยกและวางขณะหนีบกล่องอยู่

2) ผลการทดลอง

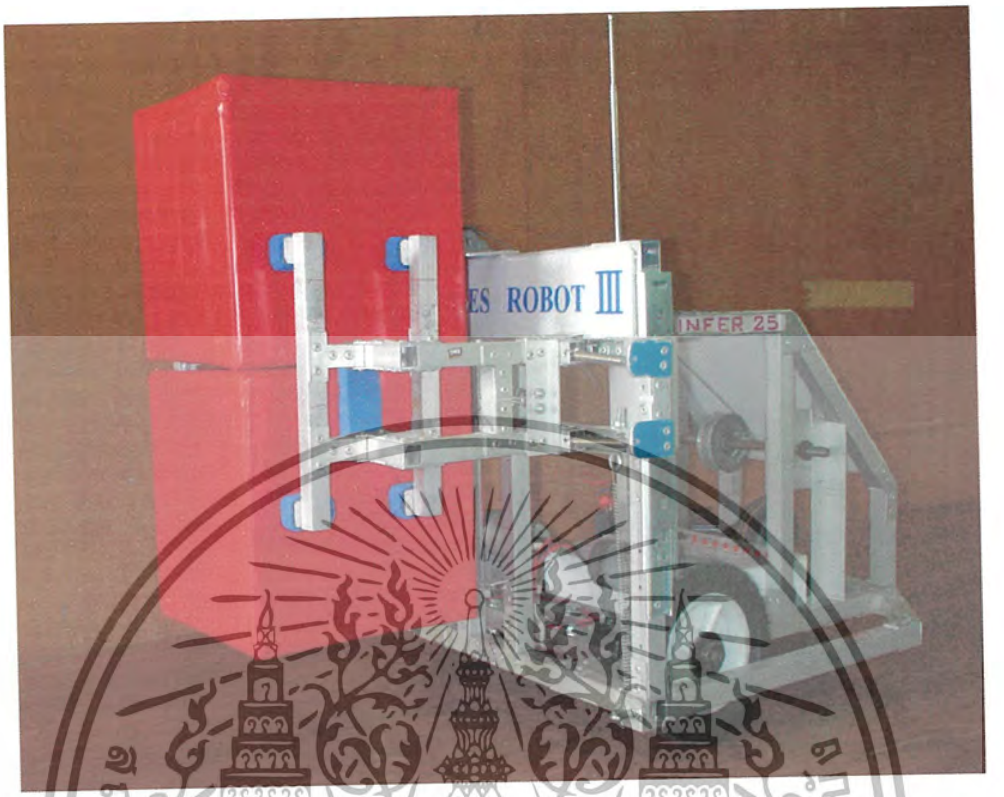
เมื่อทำการทดสอบการยกกล่องผลปรากฏว่าสามารถยกกล่องได้ดีโดยสามารถยก ล่องสูงจากพื้นได้ 15 เซนติเมตร และสามารถวางกล่องได้เมื่อต้องการ โดยแสดงได้ดังรูปที่ 4.5

เมื่อทำการทดสอบยกกล่องเสร็จแล้วต่อไปจะเป็นการทดสอบระยะเวลาในการยกขึ้นของชุดยกขณะมีกล่อง 1 ใบ และมีกล่อง 2 ใบ เพื่อที่จะทราบความเร็วในการทำงานของชุดยกโดยทำการทดสอบใช้หน่วย การจับเวลาเป็น วินาที ในการทดสอบโดยแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการยกขึ้น และยกลงของชุดยก

ทดสอบ	ยกขึ้นไม่มีกล่อง	ยกลงไม่มีกล่อง	ยกขึ้นมีกล่อง 1 ใบ	ยกลงมีกล่อง 1 ใบ	ยกขึ้นมีกล่อง 2 ใบ	ยกลงมีกล่อง 2 ใบ
เวลา	02.56	02.48	02.85	02.75	03.09	02.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ทดสอบการยกกล่อง

4.1.3 การทดลองชุดขับเคลื่อน

1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) นำล้อที่จัดเตรียมมาประกอบเข้ากับมอเตอร์ 2 ตัว

1.2) ประกอบชุดล้อเข้ากับตัวหุ่นยนต์ในตำแหน่งที่ได้ทำการออกแบบไว้

1.3) ต่อชุดขับมอเตอร์เข้ากับมอเตอร์ทั้ง 2 ตัว

1.4) ทำการจ่ายไฟให้กับวงจรเพื่อทำการทดสอบ

1.5) ทำการทดสอบการวิ่งของล้อพร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง

2) ผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปได้ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าโดยไม่มีกล่อง

ระยะทาง/วินาที	จำนวนครั้งที่ทดสอบ			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1 เมตร	01.62	01.29	01.78	01.56
5 เมตร	05.00	04.98	04.59	04.85
10 เมตร	10.26	10.98	10.58	10.60

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ถอยหลังโดยไม่มีกล่อง

ระยะทาง/วินาที	จำนวนครั้งที่ทดสอบ			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1 เมตร	01.00	00.99	01.03	1.00
5 เมตร	05.00	04.28	04.43	04.57
10 เมตร	10.26	10.02	10.58	10.34

หลังจากทดสอบการทำงานของโครงสร้าง ชุดควบคุมการขับเคลื่อน ชุดควบคุมการหนีบกล่อง ชุดควบคุมการยกกล่อง เสร็จแล้วต่อไปจะเป็นการทดลองการวิ่งไปข้างหน้าและถอยหลังของหุ่นยนต์ขณะหุ่นยนต์หนีบกล่อง 1 ใบ และ หนีบกล่อง 2 ใบ ตามลำดับ ผลการทดลองดูได้จากตารางที่ 4.5 ถึง ตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าโดยมีกล่อง 1 ใบ

ระยะทาง/วินาที	จำนวนครั้งที่ทดสอบ			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1 เมตร	01.97	01.56	01.73	01.75
5 เมตร	06.98	06.28	06.59	06.61
10 เมตร	12.26	12.02	12.58	12.28

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ถอยหลังโดยมีกล่อง 1 ใบ

ระยะทาง/วินาที	จำนวนครั้งที่ทดสอบ			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1 เมตร	01.09	00.99	01.03	01.03
5 เมตร	06.00	06.28	06.59	06.29
10 เมตร	10.26	10.78	10.58	10.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าโดยมีกล่อง 2 ใบ

ระยะทาง/วินาที	จำนวนครั้งที่ทดสอบ			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1 เมตร	02.36	02.58	02.43	02.45
5 เมตร	07.84	07.53	07.42	07.59
10 เมตร	12.97	12.73	12.22	12.64

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ถอยหลังโดยมีกล่อง 2 ใบ

ระยะทาง/วินาที	จำนวนครั้งที่ทดสอบ			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1 เมตร	0.2.36	02.58	02.43	02.36
5 เมตร	06.84	06.63	06.72	6.73
10 เมตร	11.28	11.34	11.21	11.27

4.2 การทดลองชุดควบคุม

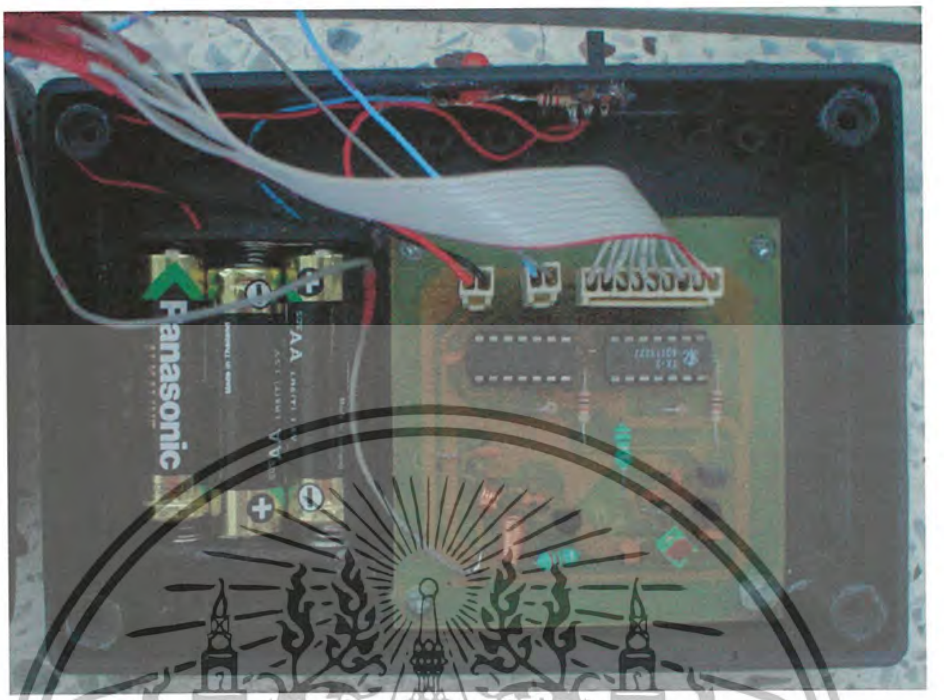
4.2.1 การทดลองภาครับ – ส่งสัญญาณ

1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ประกอบวงจรชุดรับและชุดส่ง

1.2) ต่อชุด LED แสดงผลเข้ากับชุดรับและชุดส่ง เพื่อทำการทดสอบผลลัพธ์ ดังรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ชุดส่งสัญญาณของรีโมตคอนโทรล

1.3) จ่ายไฟ DC 4.5 V ให้กับชุดส่งสัญญาณ

1.4) ทดสอบกด Push Button Switch ที่ภาคส่งสัญญาณแล้วสังเกตผลลัพธ์ที่ LED แสดงผล

2) ผลการทดลอง

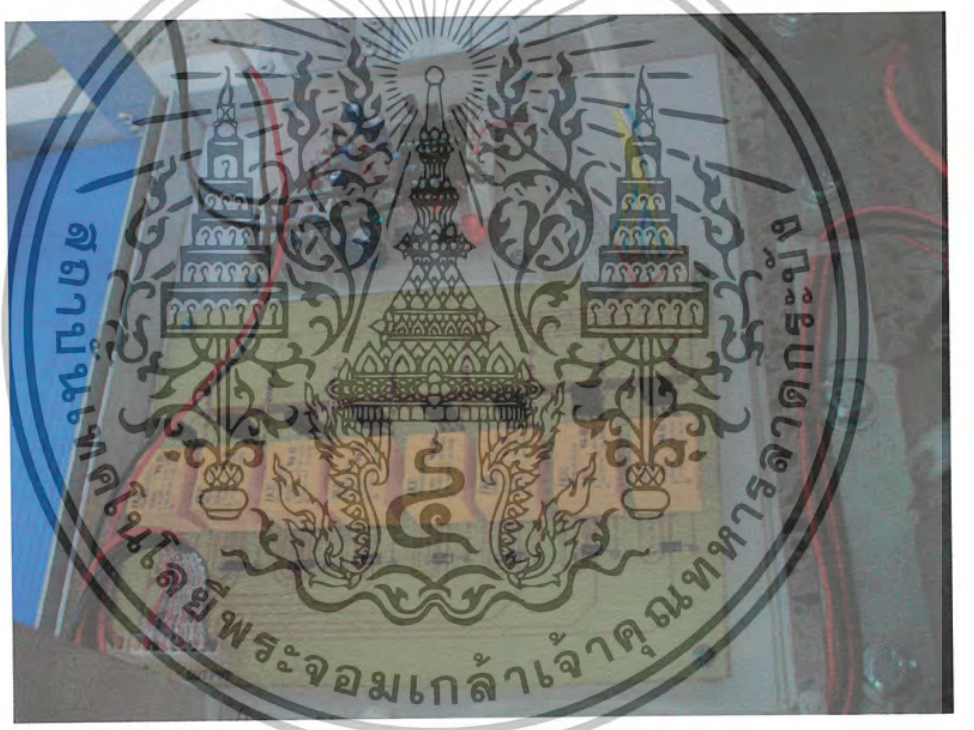
เมื่อทดสอบกด Push Button Switch ที่ภาคส่งสัญญาณแล้วผลลัพธ์ที่ได้คือมีการส่งสัญญาณมาที่ภาครับสัญญาณโดยสังเกตได้จาก ชุด LED แสดงผล สว่างขึ้นมาตามสัญญาณที่กดออกไป หลังจากนั้นชุดรับสัญญาณจะส่งสัญญาณไปไปยังชุดขับมอเตอร์เพื่อสั่งมอเตอร์ให้หมุนต่อไป ดังรูปที่ 4.7

เมื่อทำการทดลองการทำงานของชุดรับ และชุดส่งเสร็จแล้ว ต่อไปจะเป็นการทดลองสัญญาณที่ใช้ควบคุมหุ่นยนต์ว่ามีระยะทางในการควบคุมได้กี่เมตร เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงแก้ไขซอร์ฟแวร์ให้ทำงานได้ดีกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ทดสอบการส่งสัญญาณผ่านสิ่งกีดขวาง

สิ่งกีดขวาง	ระยะทางส่งสัญญาณขณะหด เสาสัญญาณ (เมตร)	ระยะทางส่งสัญญาณขณะยืด เสาสัญญาณ (เมตร)
ฝาพนังปูนซีเมนต์	15	60
ฝาพนังไม้	14	60
ฝาพนังกระจก	15	59



รูปที่ 4.7 ชุดรับสัญญาณและชุดขับเคลื่อนมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

เนื่องจากภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ได้มีการจัดการแข่งขันหุ่นยนต์ ครั้งที่ 1 ขึ้น จึงได้มีการจัดทำหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการแข่งขัน มีการศึกษาค้นคว้า และออกแบบหุ่นยนต์ในหลายรูปแบบเพื่อใช้ในการแข่นขันหุ่นยนต์ในครั้งนี้ จากการศึกษาการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์บังคับไร้สายบังคับด้วยมือ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างหุ่นยนต์ เก็บกล่องให้มีประสิทธิภาพในการทำงาน เมื่อโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์ สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องต้นแบบ ในการสร้างหุ่นยนต์เก็บกล่องที่สามารถใช้งานได้จริง

จากการสร้างหุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ นี้ทำให้รู้และเข้าใจถึงรายละเอียด คุณสมบัติและหลักการทำงานของการส่งความถี่วิทยุในย่านความถี่ UHF ความถี่ 49 MHz มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หลักการทำงานของลูกเบี้ยว ชุดขับเคลื่อน ชุดหนีบ การทำงานของแขนกล หลักการทำงานของ วงจรรถกระป๋องที่ใช้ในการควบคุม และสิ่งที่ได้จากการทำโครงงานชิ้นนี้คือ ได้พบปัญหาต่างๆในระหว่างการลงมือทำโครงงาน เมื่อพบปัญหาก็ต้องหาวิธีแก้ไขปัญหา และการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การทำโครงงานชิ้นนี้ได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งเอาไว้คือ สามารถเก็บกล่องขนาด 20 cm * 20 cm น้ำหนัก 0.5 กิโลกรัมได้และสามารถนำไปวางในจุดที่กำหนดได้ โดยขีดความสามารถของโครงงานชิ้นนี้คือสามารถเก็บกล่อง 20 cm × 20 cm น้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม ได้จำนวน 2 กล่อง ภายในครั้งเดียว และตัวหุ่นยนต์วิ่งด้วยความเร็ว 1 m / 3 s

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานในบทที่ 4 ที่ผ่านมาปรากฏว่าได้เกิดปัญหาหลายประการซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา ชุดหนีบไม่ทำการปล่อยออกเมื่อต้องการอ้าชุดหนีบออกทำให้ไม่สามารถหนีบกล่องอันต่อไปได้

แนวทางแก้ไข ใส่สปริงตรงข้อแขนหนีบทั้ง 2 ข้างเพื่อช่วยดึงขณะชุดหนีบอ้าออก

2. ปัญหา สลิงตกร่อง รอกที่ทำหน้าที่ดึงสลิงมีขอบของตัวรอกตื้นทำให้สลิงเลื่อนออกมานอกตัวรอก ส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการเลื่อนชุดแขนมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางแก้ไข เสริมขอบรอกให้มีขอบที่สูงขึ้นให้มากพอที่สลิงจะไม่ตกร่อง ซึ่งจะไม่ทำให้เสียเวลาในการเลื่อนชุดแขนมากนัก

3. ปัญหา มอเตอร์ไม่เสถียร เนื่องจากมอเตอร์ที่จัดหานำมาทำเป็นชุดขับเคลื่อนนั้น เป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะของแกนเหมือนกันทำให้เมื่อนำมาใช้งานจริงแกนมอเตอร์จะไม่ตรงกันทั้ง 2 ฝั่ง จึงมีการดัดแปลงให้แกนตรงกันทั้ง 2 ข้าง ส่งผลให้โครงสร้างของมอเตอร์ไม่มั่นคงและเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ จึงไม่สมดุลเท่าที่ควร

แนวทางแก้ไข จัดหามอเตอร์ใหม่ให้มีแกนตรงกันทั้ง 2 ฝั่ง จะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยความสมดุล

4. ปัญหา สวิตช์ยากต่อการบังคับ ชุดของสวิตช์ที่ใช้บังคับหุ่นยนต์ไม่มีปุ่มที่เดินหน้าหรือถอยหลังปุ่มเดียว แต่มีปุ่มกดถึง 2 ปุ่ม ทำให้เวลาต้องการเดินหน้าหรือถอยหลังต้องกดปุ่ม 2 ปุ่มพร้อม ๆกัน ทำให้หุ่นยนต์ขับเคลื่อนไม่ตรงทิศทางที่ต้องการเท่าที่ควร

แนวทางแก้ไข เพิ่มปุ่มควบคุมการเดินหน้าและถอยหลังอย่างละ 1 ปุ่ม เพื่อเพิ่มความสะดวกในการบังคับทิศทาง

5. ปัญหา วงจรชุดรับ – ส่ง เนื่องจากขาดประสบการณ์ในการเลือกซื้อ และประกอบรวมไปถึงการออกแบบวงจร ทำให้เสียงบประมาณในการทดลองค่อนข้างสูง และสิ้นเปลืองเวลาในการทดลองทำค่อนข้างมาก

แนวทางแก้ไข ปรึกษาผู้ที่มีประสบการณ์ก่อนลงมือปฏิบัติจริง

6. ปัญหา หลังจากที่ทำวงจรเสร็จแล้วหุ่นยนต์ไม่สามารถส่งความถี่ไปควบคุมได้ไม่ไกลไม่เหมือนกับเวลาใช้วงจรรถกระป๋องสำเร็จรูป

แนวทางแก้ไข ปรึกษาผู้ที่มีประสบการณ์ในการออกแบบและทำวงจรก่อนจะลงปฏิบัติจริง

7. ปัญหา ล้อฟรี เนื่องจากน้ำหนักของตัวหุ่นยนต์ ค่อนข้างเบาจึงทำให้ไม่มีแรงไปกดที่ชุดขับเคลื่อนและประกอบกับพื้นสนามไม่เรียบเท่าที่ควรจึงทำให้เวลาแข่งขันเกิดอาการล้อฟรี

แนวทางแก้ไข เพิ่มน้ำหนักของหุ่นยนต์ให้มากขึ้น และหาวัสดุที่มีน้ำหนักมากๆ มาถ่วงด้านหลัง

8. ปัญหา กล่องควบคุมหุ่นยนต์ไม่สามารถกันน้ำได้เวลาฝนตก

แนวทางแก้ไข ทำกล่องที่มีชีนป้องกันน้ำเพื่อไม่ให้น้ำไหลซึมเข้าไปภายในวงจร

9. ปัญหา หุ่นยนต์ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ทุกที่ เนื่องจากพื้นที่แต่ละพื้นที่ไม่เท่ากัน และแตกต่างกัน ดังนั้น เวลาหุ่นยนต์จึงเกิดการติดขัน ล้อไม่หมุน หรือเกิดอาการล้อฟรีขึ้น

แนวทางแก้ไข ทำการใส่โช๊คเข้าไปในชุดล้อเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งานสภาพต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. สร้างหุ่นยนต์ AUTO เพิ่มขึ้นจากเดิมโดยอาจนำมาช่วยในการเก็บกล่อง หรืออาจใช้ในการกีดขวางการเก็บกล่องของหุ่นยนต์คู่แข่ง จะเป็นผลทำให้เกิดความไดเปรียบในการแข่งขัน

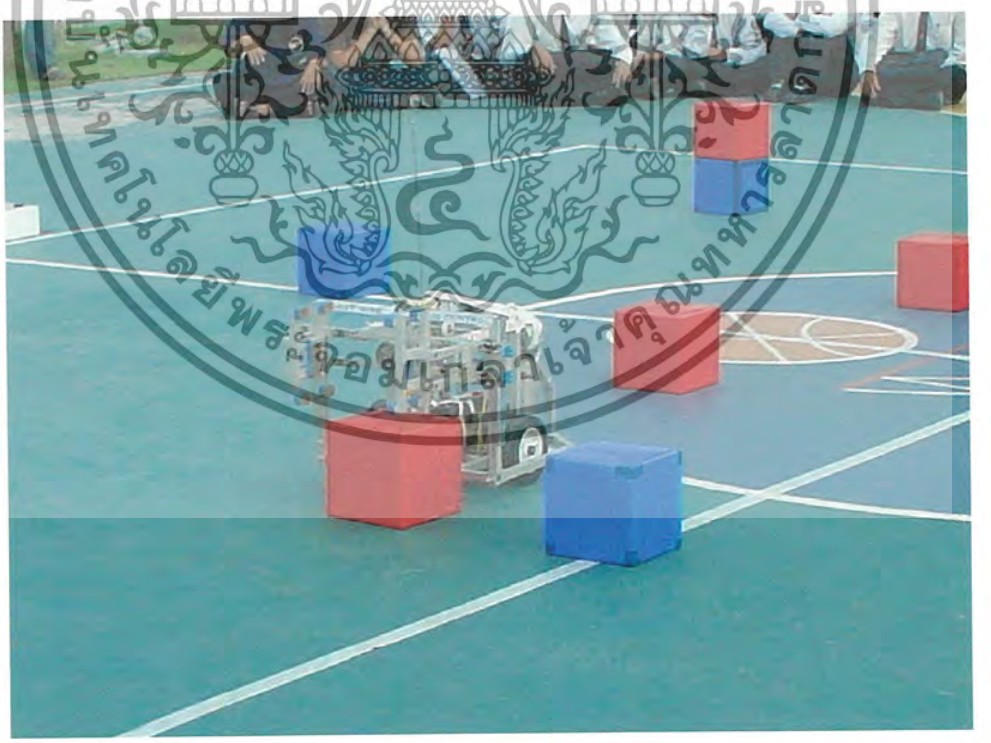
2. การติดตั้ง Limit Switch เพื่อใช้เป็นตัวป้องกันความเสียหายของ Hard Ware จะเป็นผลให้เกิดความสะดวกแก่ผู้ที่บังคับหุ่นยนต์

3. พัฒนาให้เป็นหุ่นยนต์ช่วยเหลือ, กู้ภัย, เสี่ยงภัย โดยนำไปใช้ในด้านการเสี่ยงภัยและอันตรายต่างๆ แทนมนุษย์ โดยเป็นการป้องกันภัยอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นกับมนุษย์ในอนาคต

4. เพิ่มชุดจับกล่องของหุ่นยนต์ให้สามารถเก็บกล่องได้มากขึ้น เพราะช่วยประหยัดเวลาในการเก็บกล่อง

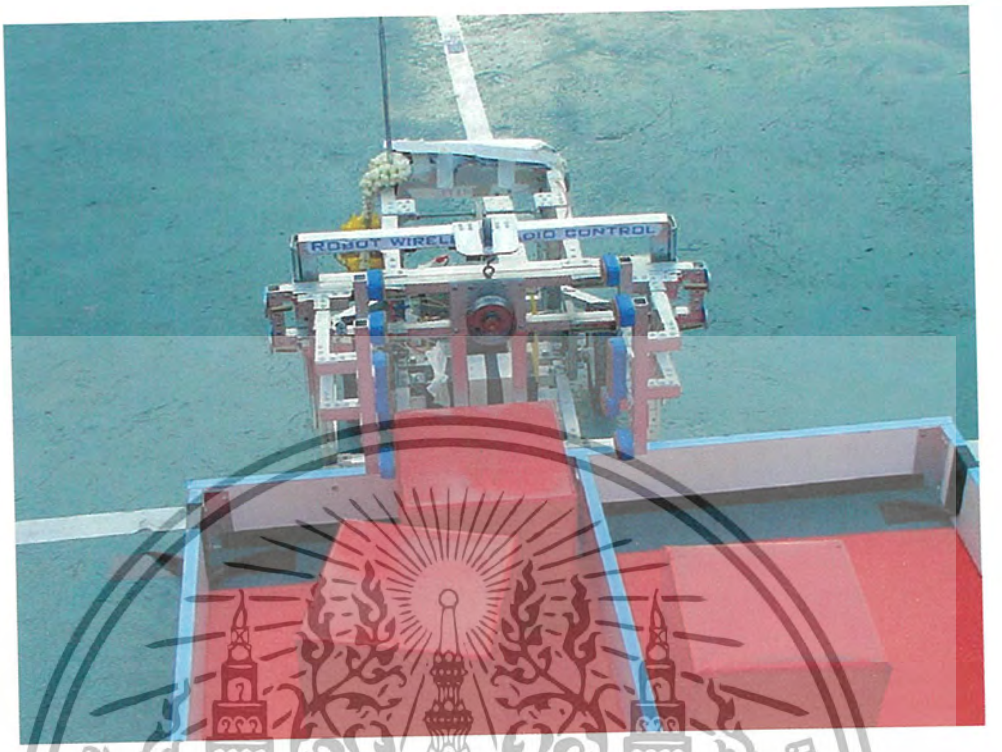
5. ออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ให้สามารถทนต่อทุกสภาพการใช้งานไม่ว่าจะเป็นในน้ำ พื้นดิน และอากาศเพื่อการใช้งานในอนาคต

5.4 หุ่นยนต์ขณะแข่งขัน



รูปที่ 5.1 หุ่นยนต์กำลังหนีบกล่องขณะแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 หุ่นยนต์วางกล่องขณะแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

วาที ปริยพงศ์. **นักประดิษฐ์หุ่นยนต์**. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

Circuit Scrapbook; Don Lancaster, Howard W. Sams,414 pgs, illustrated

Fundamentals of Transducer; R.H. Warring and Stan Gibilisco, TAB Books, Catalog #1693,308 pgs./150 illus

Engineer's Mini-Notebook; Forrest Mims III.,Radio Shack book series; 48 pages each

สมยศ จุณณะปิยะ. **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51.** กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2539

ฤทธิ์ ธีระโกเมน. **รวมบทความทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2538

สุนทร วิทูสุรพจน์. **การใช้งานไมโครคอนโทรล เลอร์ตระกูล 8051.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2537

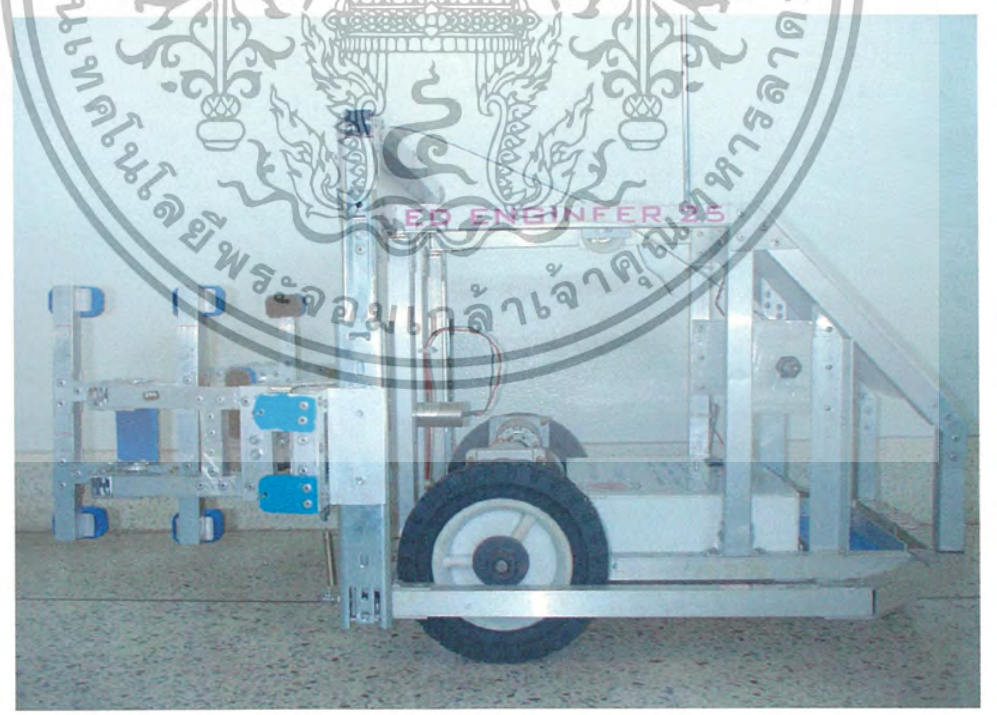
ประกิต อ่องสร้อย. **เซอคิท 2001.** พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ : เอส แอนด์ จี กราฟฟิค. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.1 หุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III

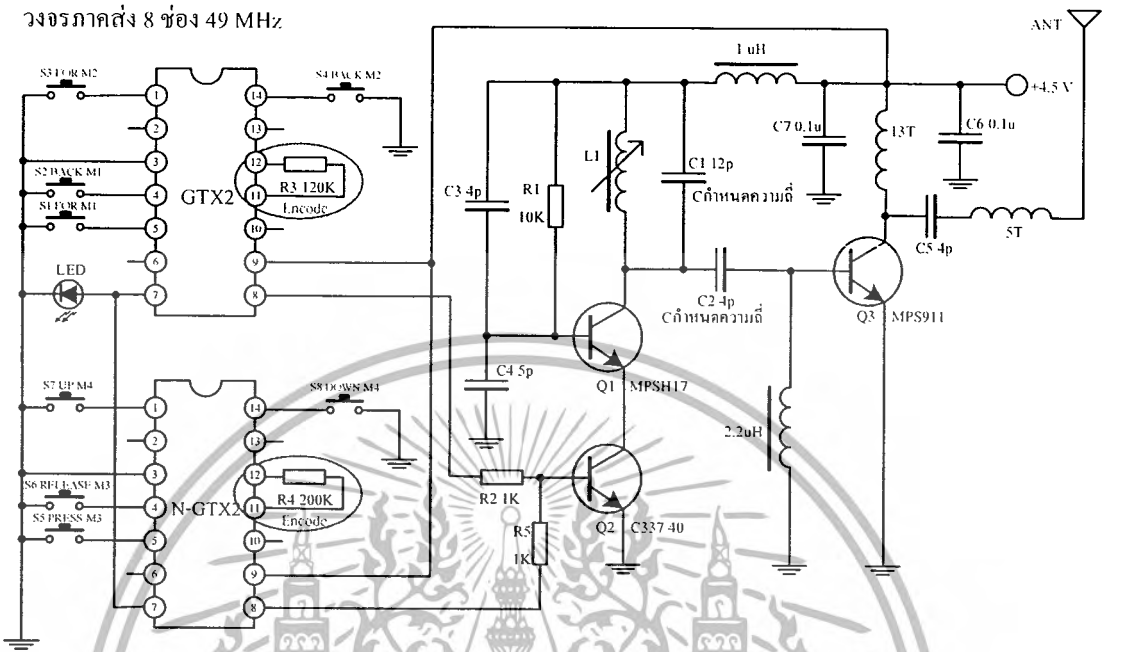


รูปที่ ก.2 ด้านข้างของหุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III

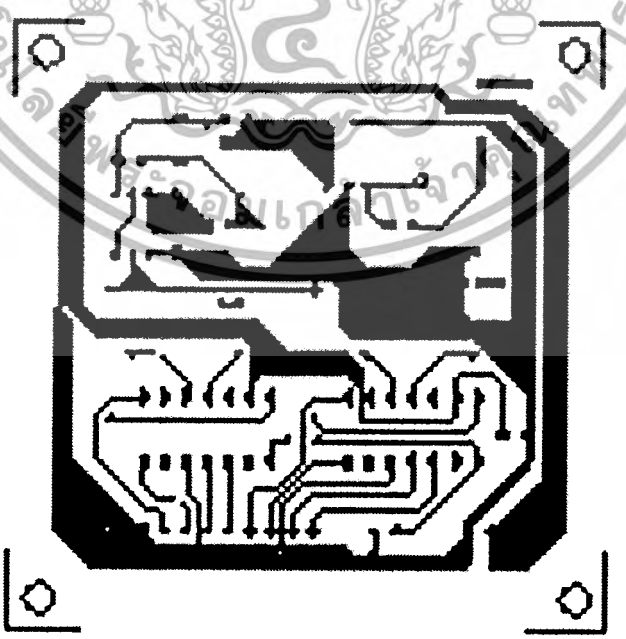
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

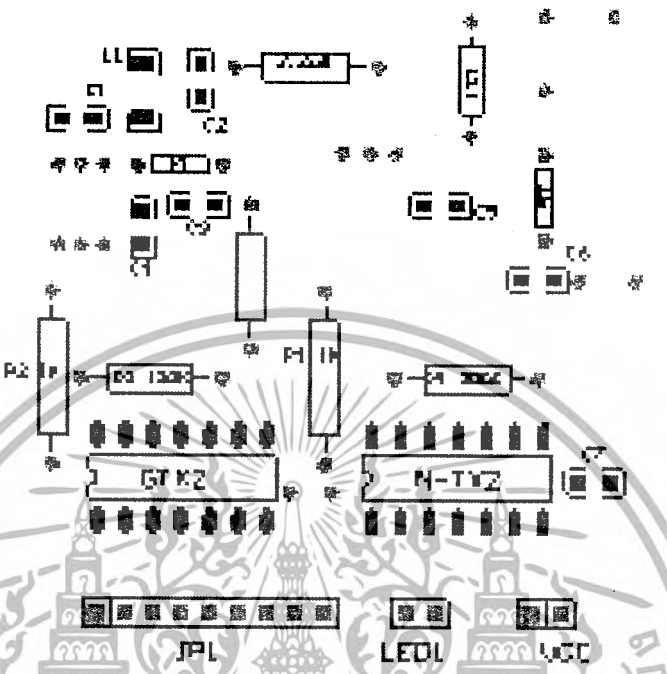


รูปที่ ข.1 วงจรภาคส่งสัญญาณ

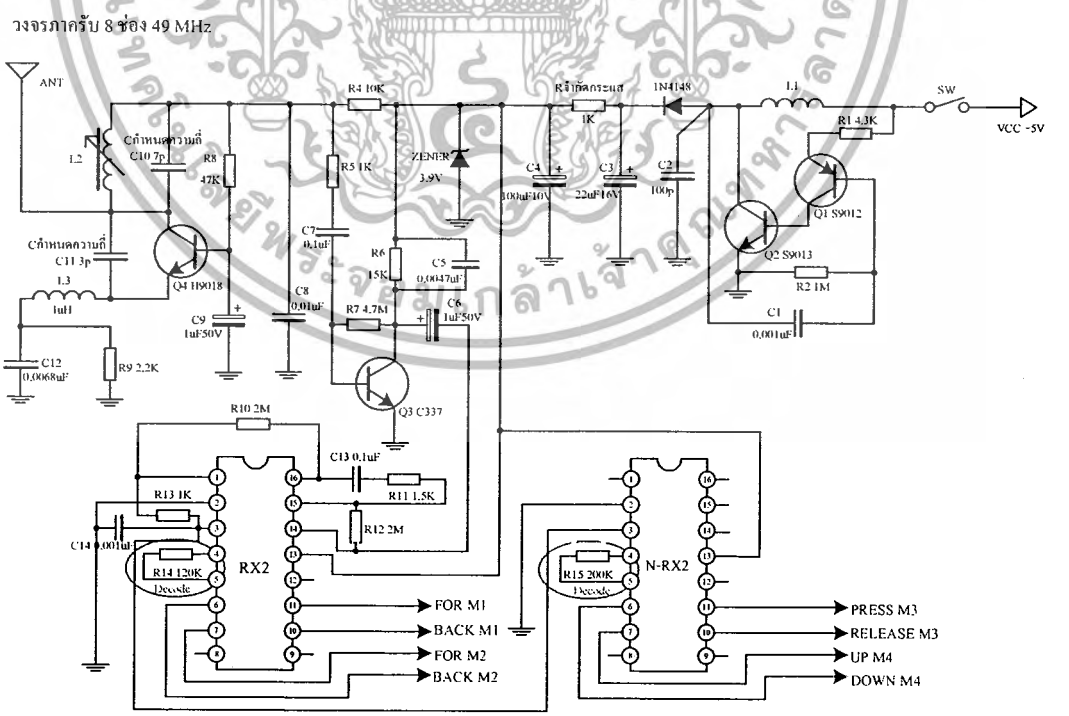


รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

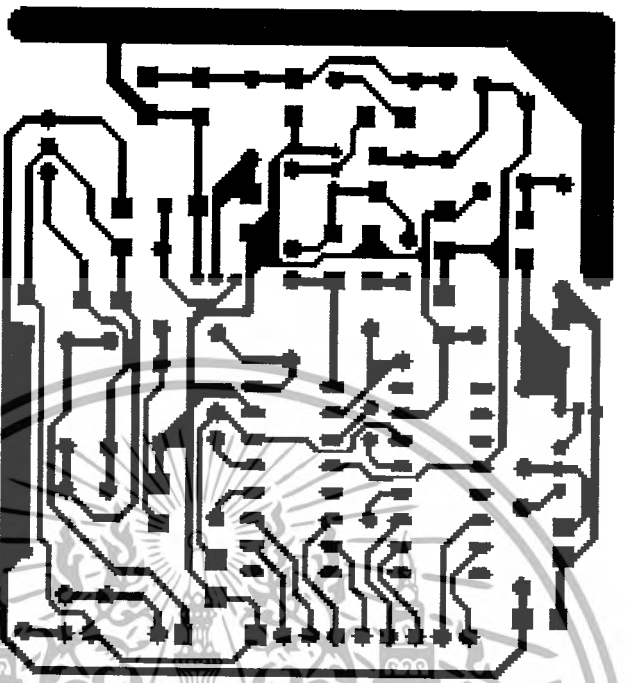


รูปที่ ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรภาคส่งสัญญาณ

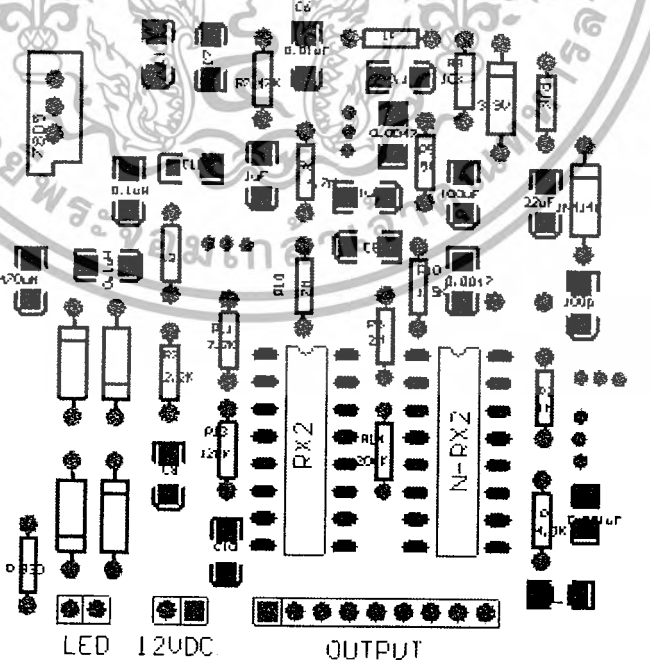


รูปที่ ข.4 วงจรภาครับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

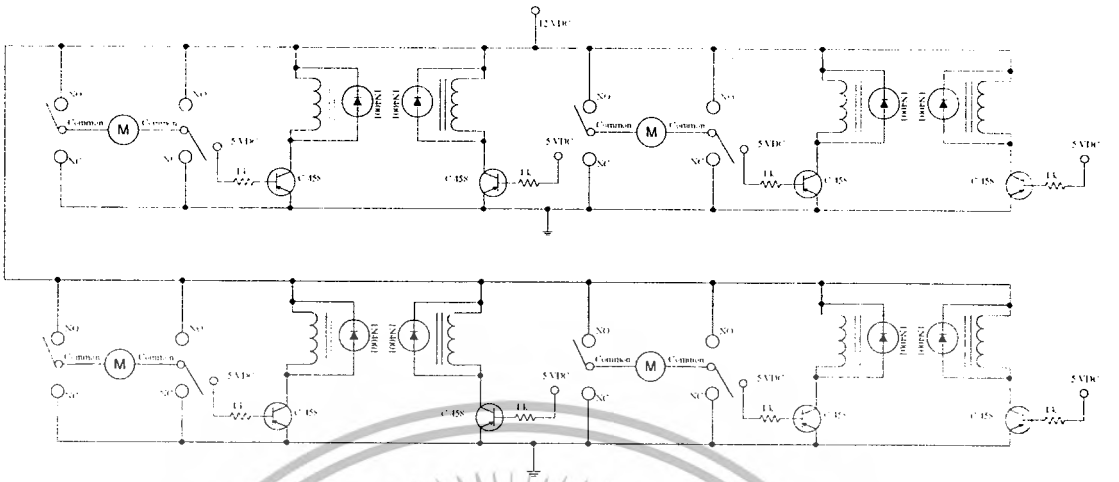


รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์ภาครับสัญญาณ

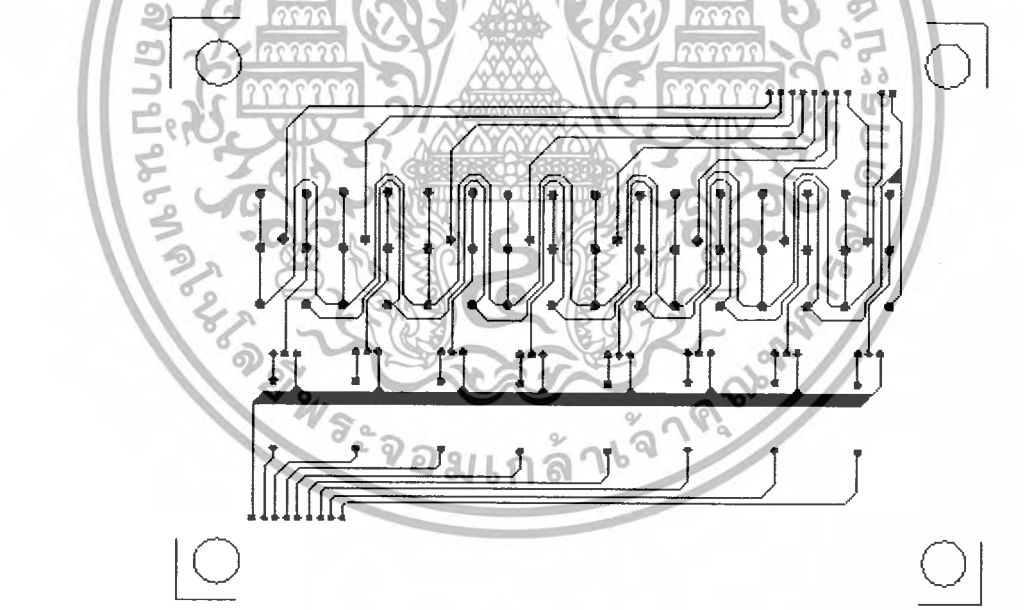


รูปที่ ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรภาครับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

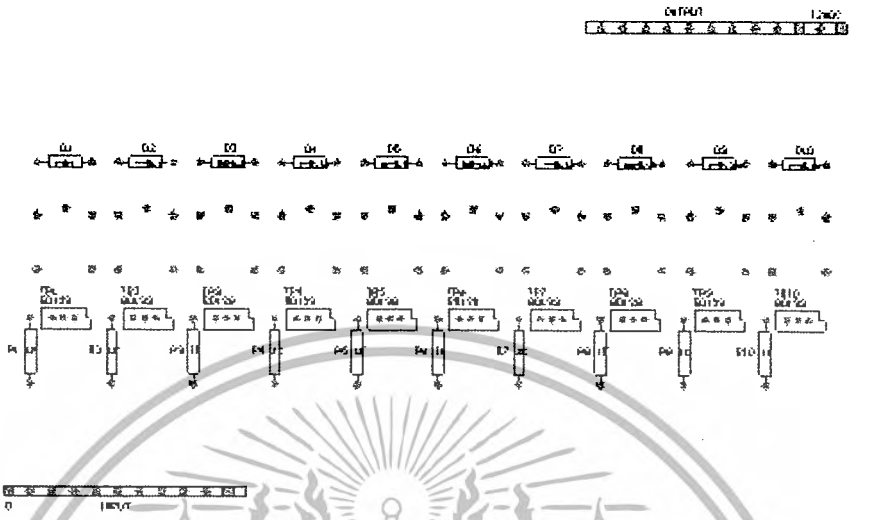


รูปที่ ข.7 วงจรชุดขับมอเตอร์



รูปที่ ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.9 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์วงจรภาคขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาครับ- ส่งสัญญาณ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1,IC2	GTX-2	2 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1	S9012 (PNP)	1 ตัว
Q2	S9013(NPN)	1 ตัว
Q3	C337(NPN)	1 ตัว
Q4	H9018(NPN)	1 ตัว
D1	1N4148	1 ตัว
D2	Zener 3.9 V	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1,C14	0.001 µF	2 ตัว
C2	100 pF	1 ตัว
C3	22 µF 16 V	1 ตัว
C4	100 µF 10 V	1 ตัว
C5	0.0047 µF	1 ตัว
C6,C9	1 µF 50 V	1 ตัว
C7,C13	0.1 µF	2 ตัว
C8	0.01 µF	2 ตัว
C10	7 pF	1 ตัว
C11	3 pF	1 ตัว
C12	0.0068 µF	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวความต้านทาน		
R3(จำกัดกระแส)R5,R13	1 kΩ ¼ W	3 ตัว
R1	43 kΩ ¼ W	1 ตัว
R2	1 MΩ ¼ W	1 ตัว
R4	10 kΩ ¼ W	1 ตัว
R6	15 kΩ ¼ W	1 ตัว
R7	4.7 MΩ ½ W	1 ตัว
R8	47 kΩ ¼ W	1 ตัว
R9	2.2 kΩ ¼ W	1 ตัว
R10,R12	2 MΩ ½ W	2 ตัว

อุปกรณ์อื่นๆ		
S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7,	Pust Buttom Swicth	8 ตัว
S8		1 ตัว
L1	คอลย์ IFT	1 ตัว
L2	1 μF	1 ตัว
L3	พัน 13 รอบ ลวดเบอร์ 14	1 ตัว
L4	พัน 13 รอบ ลวดเบอร์ 14	1 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ชุดขับมอเตอร์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
TR1, TR2, TR3, TR4, TR5, TR6, TR7, TR8	BD 139 (NPN)	8 ตัว
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8,	1N4001	8 ตัว
ค่าความต้านทาน		
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8,	1 kΩ ¼ W	8 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

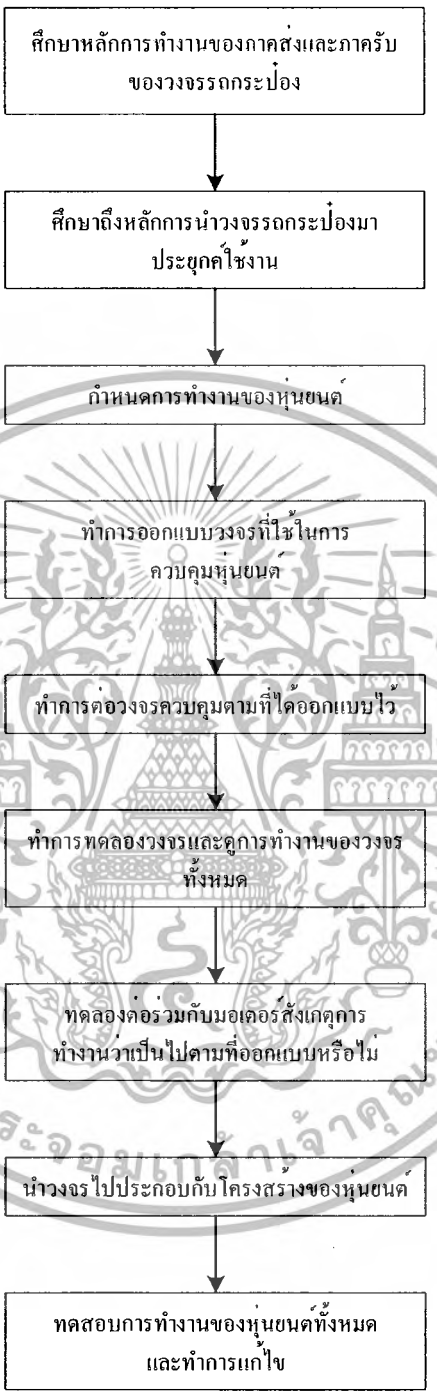
อุปกรณ์อื่นๆ JP1,JP2	Connector 9 Pin	8 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

แผนผังการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 รายละเอียดขั้นตอนการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
หุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III

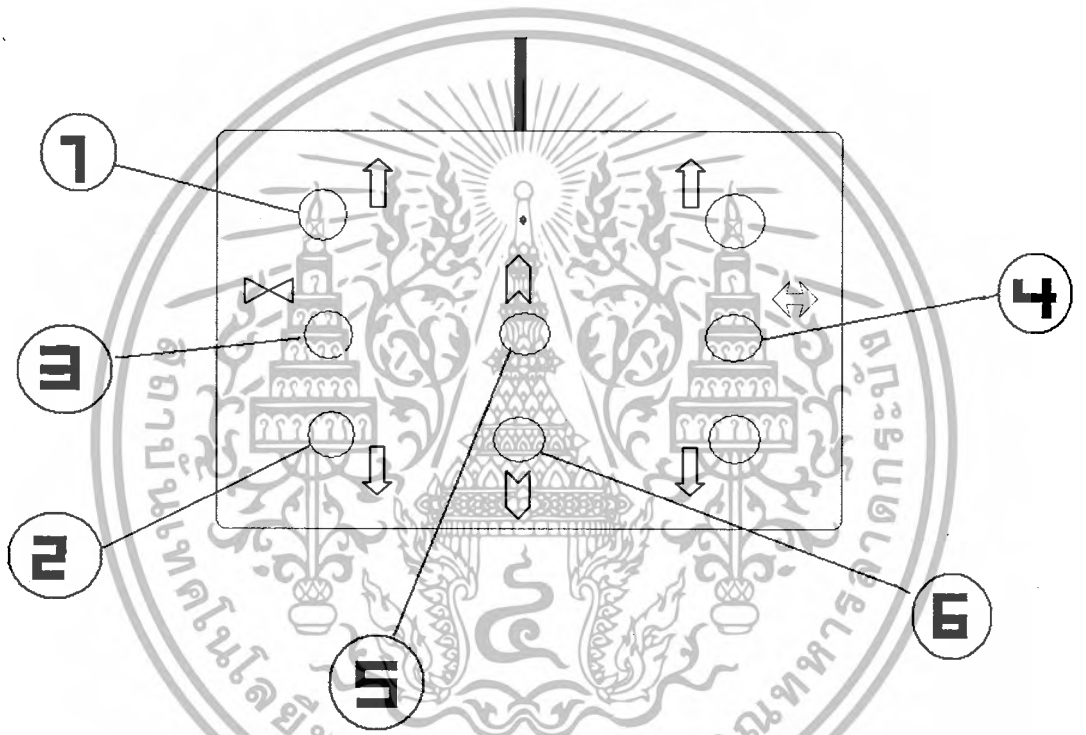
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนจะลงมือใช้งานหุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III ควรทำการศึกษาการใช้งานคู่มือให้เข้าใจเพื่อที่จะทราบการทำงานที่ถูกต้อง และเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับ หุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือ III

2. ปุ่มควบคุมรีโมตคอนโทรล



รูปที่ จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มรีโมตควบคุมการทำงานหุ่นยนต์

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

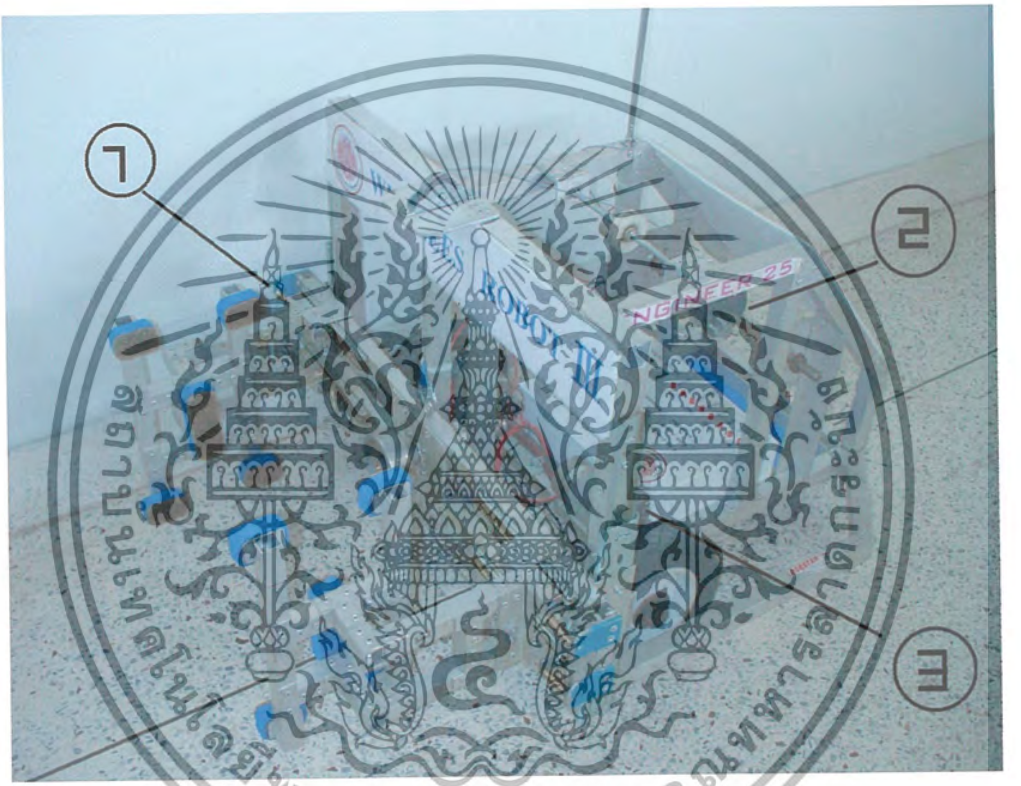
1. สวิตช์เดินหน้าซ้าย และขวา ⇧
2. สวิตช์ถอยหลังซ้าย และขวา ⇩
3. สวิตช์สั่งชุดหนีบ หนีบเข้า ⋈
4. สวิตช์สั่งชุดหนีบ หนีบออก ⇔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) สวิตช์สั่งชุดยก ยกขึ้น

(6) สวิตช์สั่งชุดยก ยกลง

3. ส่วนประกอบและชุดการทำงานของหุ่นยนต์



รูปที่ จ.2 ส่วนประกอบชุดการทำงานของหุ่นยนต์

จากรูปที่ จ.2 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1. ชุดหนีบ
2. ชุดยก
3. ชุดขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การติดตั้งและการใช้งาน

3.1 ตรวจสอบหุ่นยนต์ว่าพร้อมกับการใช้งานหรือไม่

3.2 ตรวจสอบแบตเตอรี่ว่าพร้อมกับการใช้งานหรือไม่

3.3 เสียบขั้วแบตเตอรี่เข้ากับกล่องชุดวงจรควบคุม

3.4 เปิดสวิตช์การทำงานของวงจรที่กล่องควบคุม

3.5 ตรวจสอบถ่านที่รีโมตก่อนที่จะเปิดสวิตช์รีโมตคอนโทรล

3.6 เปิดสวิตช์รีโมตคอนโทรล

3.7 ทำการควบคุม

3.8 เมื่อใช้งานหุ่นยนต์เสร็จแล้ว ให้ทำการปิดสวิตช์ทั้งรีโมต และตัวหุ่นยนต์

3.9 ถอดขั้วแบตเตอรี่กล่องควบคุมออกจากแบตเตอรี่

4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานหุ่นยนต์ไร้สายบังคับด้วยมือIII สามารถตรวจสอบแนวทางแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

อาการ	สาเหตุ/หรือวิธีแก้ไข
หุ่นยนต์ไม่ทำงาน,LED ไม่สว่าง	ตรวจดูขั้วแบตเตอรี่, ไม่ได้เปิดสวิตช์
ล้อของหุ่นยนต์ไม่หมุนหรือหยุดหมุน	น็อตยึดล้อหลวมหรือหลุดทำการไขให้แน่น
ชุดหนีบไม่อ้าออก	สปริงที่ติดกับชุดหนีบหลุด
ขณะยกกล่องแล้วหุ่นยนต์หน้าทิ่มไปข้างหน้า	หาวัสดุถ่วงตัวถังด้านหลังของหุ่นยนต์
ขณะยกกล่องขึ้นมีเสียงดังและยกขึ้นช้า	สลิงค์หลุดออกจากรอก
ขณะหุ่นยนต์ทำงานเกิดหยุดนิ่งไม่ขยับ	แบตเตอรี่หมด,ขั้วแบตเตอรี่หลุด

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

- ถอดแบตเตอรี่ออกทุกครั้งหลังการใช้งาน
- ตรวจสอบหุ่นยนต์ว่าเสียหายจุดไหนบ้าง
- ชาร์ตแบตเตอรี่ทุกครั้งเมื่อใช้แบตเตอรี่หมดเพื่อความพร้อมที่จะใช้งานครั้งต่อไป
- ซ่อมแซมจุดเสียหายของหุ่นยนต์ทุกครั้งหากเกิดความเสียหายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อควรระวัง

- อย่าเปิดสวิตช์ทิ้งไว้เมื่อไม่ได้ใช้งาน
- ตรวจสอบหุ่นยนต์ทุกครั้งก่อนนำไปใช้งาน
- อย่านำหุ่นยนต์ไปใช้งานเกินความสามารถของหุ่นยนต์จะทำได้
- ขณะใช้งานควรระมัดระวังเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อหุ่นยนต์
- เมื่อหุ่นยนต์เกิดความเสียหายควรหยุดการใช้งานทันที

6. ข้อมูลเฉพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
หลักการทำงาน	เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา หนีบเข้า หนีบออก ยกขึ้น ยกลง
การใช้งาน	สามารถหนีบกล่องขนาด 20 cm * 20 cm น้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม ได้ครั้งละ 1- 2 กล่อง ภายในครั้งเดียว และสามารถยกสูงห่างจากพื้น 15 เซนติเมตร
ส่วนแสดงผล	แอลอีดีบอกถึงสภาวะการทำงาน
แหล่งจ่ายพลังงาน	แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 2 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

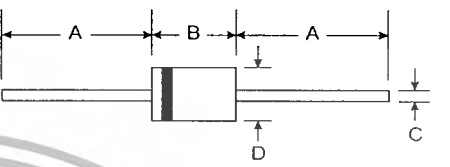
DIODES INCORPORATED

1N4001/L - 1N4007/L

1.0A RECTIFIER

Features

- Diffused Junction
- High Current Capability and Low Forward Voltage Drop
- Surge Overload Rating to 30A Peak
- Low Reverse Leakage Current
- Plastic Material: UL Flammability Classification Rating 94V-0



Mechanical Data

- Case: Molded Plastic
- Terminals: Plated Leads Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Weight: DO-41 0.30 grams (approx)
  A-405 0.20 grams (approx)
- Mounting Position: Any
- Marking: Type Number

	DO-41 Plastic		A-405	
Dim	Min	Max	Min	Max
A	25.40	-	25.40	-
B	4.06	5.21	4.10	5.20
C	0.71	0.864	0.53	0.64
D	2.00	2.72	2.00	2.70
All Dimensions in mm				

"L" Suffix Designates A-405 Package
No Suffix Designates DO-41 Package

Maximum Ratings and Electrical Characteristics @ T_A = 25°C unless otherwise specified

Single phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	1N 4001/L	1N 4002/L	1N 4003/L	1N 4004/L	1N 4005/L	1N 4006/L	1N 4007/L	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	50	100	200	400	600	800	1000	V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Output Current (Note 1) @ T_A = 75°C	I_O	1.0							A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC Method)	I_{FSM}	30							A
Forward Voltage @ I_F = 1.0A	V_{FM}	1.0							V
Peak Reverse Current @ T_A = 25°C at Rated DC Blocking Voltage @ T_A = 100°C	I_{RM}	5.0 50							μA
Typical Junction Capacitance (Note 2)	C_j	15				8			pF
Typical Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	100							K/W
Maximum DC Blocking Voltage Temperature	T_A	+150							°C
Operating and Storage Temperature Range (Note 3)	T_j, T_{STG}	-65 to +175							°C

Notes: 1. Leads maintained at ambient temperature at a distance of 9.5mm from the case.
2. Measured at 1. MHz and applied reverse voltage of 4.0V DC.
3. JEDEC Value.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

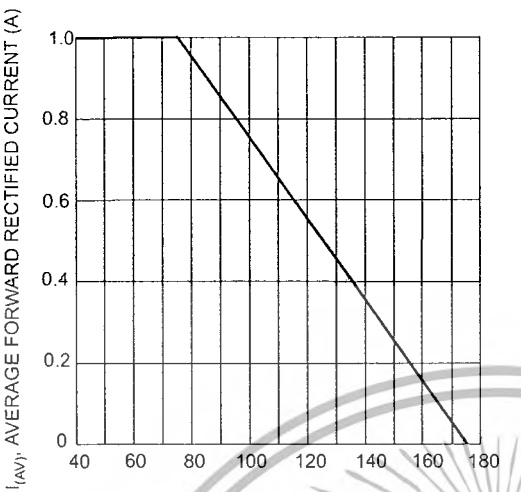


Fig. 1 Forward Current Derating Curve

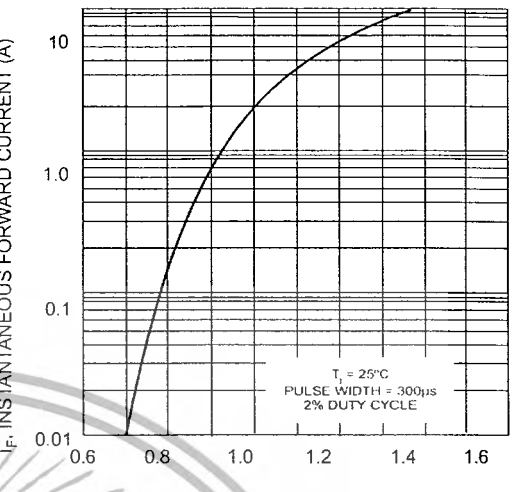


Fig. 2 Typical Forward Characteristics

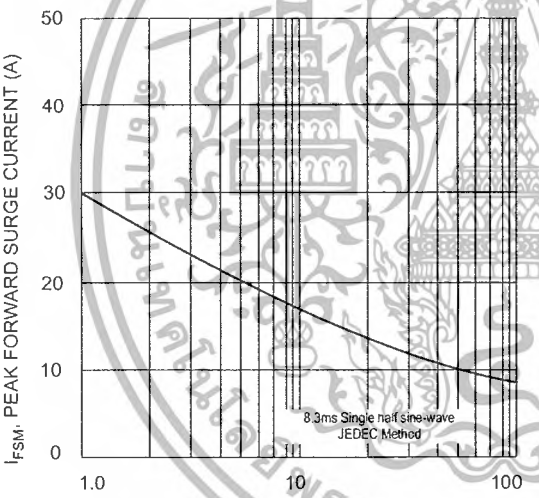


Fig. 3 Max Non-Repetitive Peak Fwd Surge Current

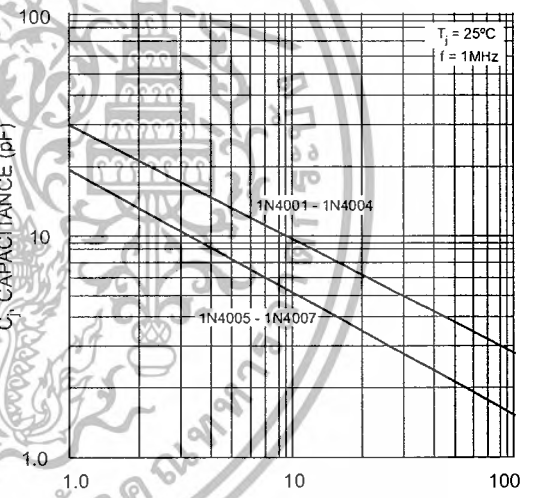


Fig. 4 Typical Junction Capacitance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

Discrete POWER & Signal Technologies

1N/FDLL 914/A/B / 916/A/B / 4148 / 4448

DO-35

LL-34

THE PLACEMENT OF THE EXPANSION GAP HAS NO RELATIONSHIP TO THE LOCATION OF THE CATHODE TERMINAL

COLOR BAND MARKING

DEVICE	1ST BAND	2ND BAND
FDLL914	BLACK	BROWN
FDLL914A	BLACK	GRAY
FDLL914B	BROWN	BLACK
FDLL916	BLACK	RED
FDLL916A	BLACK	WHITE
FDLL916B	BROWN	BROWN
FDLL4148	BLACK	BROWN
FDLL4448	BROWN	BLACK

High Conductance Fast Diode

Sourced from Process D3.

Absolute Maximum Ratings*

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
W_{IV}	Working Inverse Voltage	75	V
I_O	Average Rectified Current	200	mA
I_F	DC Forward Current	300	mA
i_f	Recurrent Peak Forward Current	400	mA
$i_{f(surge)}$	Peak Forward Surge Current		
	Pulse width = 1.0 second	1.0	A
	Pulse width = 1.0 microsecond	4.0	A
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +200	°C
T_J	Operating Junction Temperature	175	°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 200 degrees C.

2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max	Units
		1N/FDLL 914/A/B / 4148 / 4448	
P_D	Total Device Dissipation	500	mW
	Derate above 25°C	3.33	mW/°C
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	300	°C/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

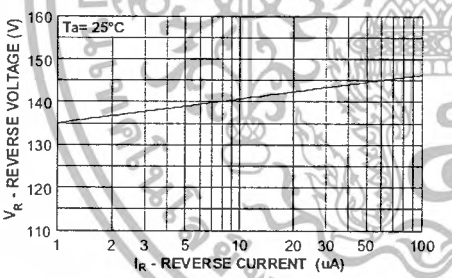
High Conductance Fast Diode
(continued)

Electrical Characteristics
TA = 25°C unless otherwise noted

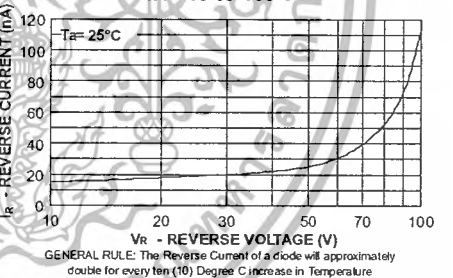
Symbol	Parameter		Test Conditions	Min	Max	Units
B_V	Breakdown Voltage		I_R = 100 µA	100		V
			I_R = 5.0 µA	75		V
I_R	Reverse Current		V_R = 20 V		25	nA
			V_R = 20 V, T_A = 150°C		50	µA
			V_R = 75 V		5.0	µA
V_F	Forward Voltage	1N914B / 4448	I_F = 5.0 mA	620	720	mV
		1N916B	I_F = 5.0 mA	630	730	mV
		1N914 / 916 / 4148	I_F = 10 mA		1.0	V
		1N914A / 916A	I_F = 20 mA		1.0	V
		1N916B	I_F = 30 mA		1.0	V
		1N914B / 4448	I_F = 100 mA		1.0	V
C_O	Diode Capacitance					
		1N916/A/B / 4448	V_R = 0, f = 1.0 MHz		2.0	pF
		1N914/A/B / 4148	V_R = 0, f = 1.0 MHz		4.0	pF
T_{RR}	Reverse Recovery Time		I_F = 10 mA, V_R = 6.0 V (60 mA), I_{rr} = 1.0 mA, R_L = 100 Ω		4.0	nS

Typical Characteristics

REVERSE VOLTAGE vs REVERSE CURRENT
BV - 1.0 to 100 uA

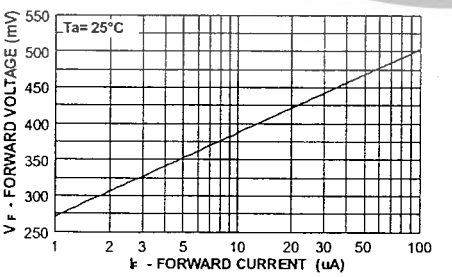


REVERSE CURRENT vs REVERSE VOLTAGE
IR - 10 to 100 V

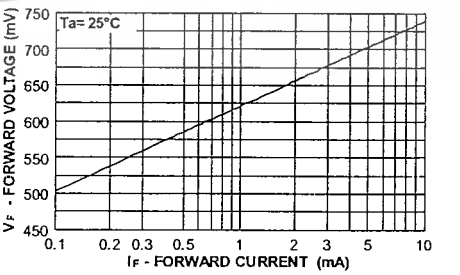


GENERAL RULE: The Reverse Current of a diode will approximately double for every ten (10) Degree C increase in Temperature

FORWARD VOLTAGE vs FORWARD CURRENT
VF - 1 to 100 uA



FORWARD VOLTAGE vs FORWARD CURRENT
VF - 0.1 to 100 mA

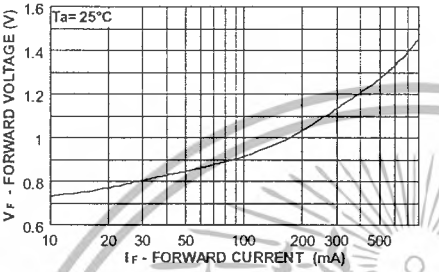


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

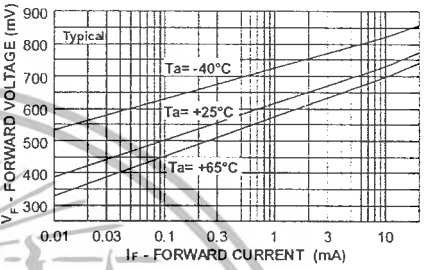
High Conductance Fast Diode
(continued)

Typical Characteristics (continued)

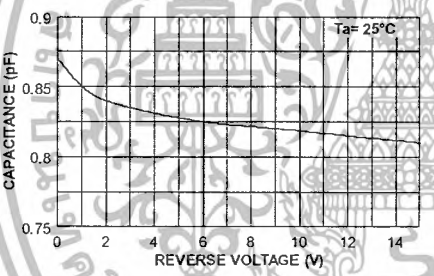
FORWARD VOLTAGE vs FORWARD CURRENT
VF - 10 to 800 mA



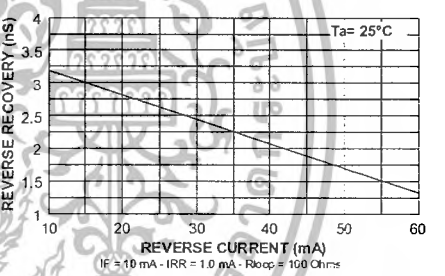
VF - 0.01 - 20 mA (-40 to +65 Deg C)
FORWARD VOLTAGE vs
AMBIENT TEMPERATURE



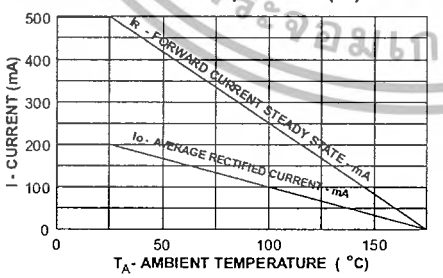
CAPACITANCE vs REVERSE VOLTAGE
VR = 0.0 to 15 V



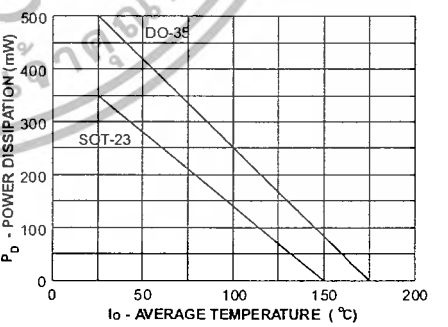
REVERSE RECOVERY TIME vs
REVERSE CURRENT



Average Rectified Current (Io) &
Forward Current (I_F) versus
Ambient Temperature (T_A)



POWER DERATING CURVE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

SS9012

1W Output Amplifier of Potable Radios in Class B Push-pull Operation.

- High total power dissipation. (P_T=625mW)
- High Collector Current. (I_C= -500mA)
- Complementary to SS9013
- Excellent h_{FE} linearity.

TO-92

1. Emitter 2. Base 3. Collector

PNP Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings T_a=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Ratings	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	-40	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	-20	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	-5	V
I_C	Collector Current	-500	mA
P_C	Collector Power Dissipation	625	mW
T_J	Junction Temperature	150	°C
T_{STG}	Storage Temperature	-55 ~ 150	°C

Electrical Characteristics T_a=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
BV_{CBO}	Collector-Base Breakdown Voltage	I_C = -100μA, I_E =0	-40			V
BV_{CEO}	Collector-Emitter Breakdown Voltage	I_C = -1mA, I_B =0	-20			V
BV_{EBO}	Emitter-Base Breakdown Voltage	I_E = -100μA, I_C =0	-5			V
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	V_{CB} = -25V, I_E =0			-100	nA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	V_{EB} = -3V, I_C =0			-100	nA
h_{FE1}	DC Current Gain	V_{CE} = -1V, I_C = -50mA	64	120	202	
h_{FE2}		V_{CE} = -1V, I_C = -500mA	40	90		
V_{CE} (sat)	Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C = -500mA, I_B = -50mA		-0.18	-0.6	V
V_{BE} (sat)	Base-Emitter Saturation Voltage	I_C = -500mA, I_B = -50mA		-0.95	-1.2	V
V_{BE} (on)	Base-Emitter On Voltage	V_{CE} = -1V, I_C = -10mA	-0.6	-0.67	-0.7	V

h_{FE} Classification

Classification	D	E	F	G	H
h_{FE1}	64 ~ 91	78 ~ 112	96 ~ 135	112 ~ 166	144 ~ 202

©2002 Fairchild Semiconductor Corporation

Rev. A4, November 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics

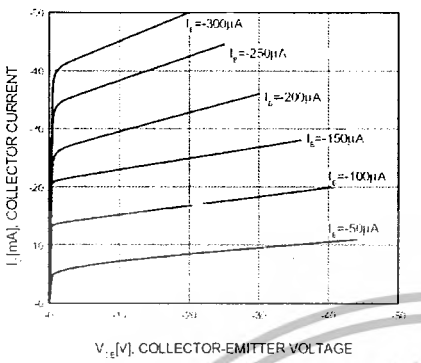


Figure 1. Static Characteristic

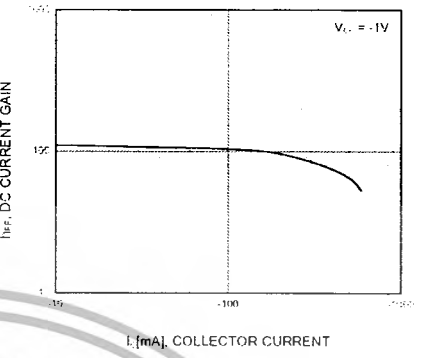


Figure 2. DC current Gain

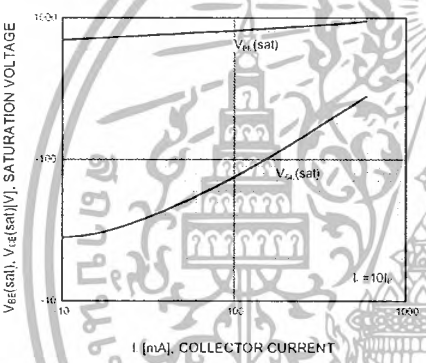


Figure 3. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

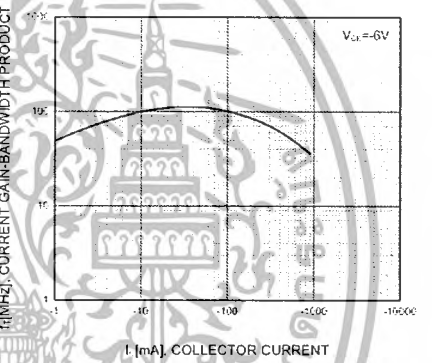


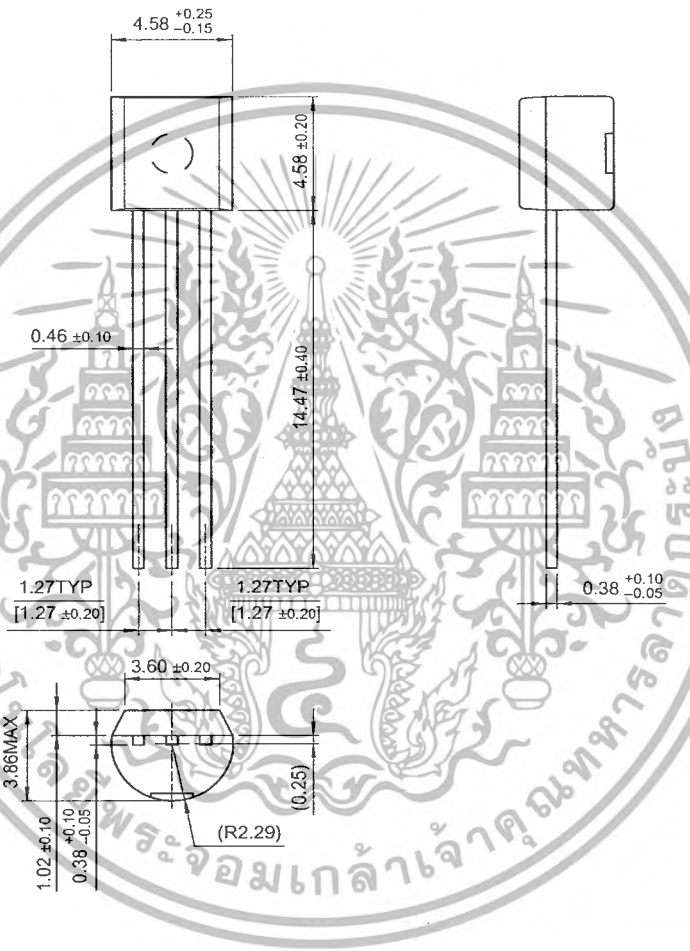
Figure 4. Current Gain Bandwidth Product

©2002 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Dimensions

TO-92



Dimensions in Millimeters

©2002 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™	FACT™	ImpliedDisconnect™	PACMAN™	SPM™
ActiveArray™	FACT Quiet series™	ISOPLANAR™	POP™	Stealth™
Bottomless™	FAST®	LittleFET™	Power247™	SuperSOT™-3
CoolFET™	FASTr™	MicroFET™	PowerTrench®	SuperSOT™-6
CROSSVOLT™	FRFET™	MicroPak™	QFET™	SuperSOT™-8
DOME™	GlobalOptoisolator™	MICROWIRE™	QS™	SyncFET™
EcoSPARK™	GTO™	MSX™	QT Optoelectronics™	TinyLogic™
E²CMOS™	HiSeC™	MSXPro™	Quiet Series™	TruTranslation™
EnSigna™	I²C™	OCX™	RapidConfigure™	UHC™
Across the board. Around the world.™		OCXPro™	RapidConnect™	UltraFET®
The Power Franchise™		OPTOLOGIC®	SILENT SWITCHER®	VCX™
Programmable Active Droop™		OPTOPLANAR™	SMART START™	

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR IM

BD135/137/139

Medium Power Linear and Switching Applications

- Complement to BD136, BD138 and BD140 respectively

1 TO-126
1. Emitter 2.Collector 3.Base

NPN Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings T_C=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter		Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	: BD135	45	V
		: BD137	60	V
		: BD139	80	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	: BD135	45	V
		: BD137	60	V
		: BD139	80	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage		5	V
I_C	Collector Current (DC)		1.5	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)		3.0	A
I_B	Base Current		0.5	A
P_C	Collector Dissipation (T_C=25°C)		12.5	W
P_C	Collector Dissipation (T_a=25°C)		1.25	W
T_J	Junction Temperature		150	°C
T_{STG}	Storage Temperature		- 55 ~ 150	°C

Electrical Characteristics T_C=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
V_{CEO}(sus)	Collector-Emitter Sustaining Voltage					
	: BD135	I_C = 30mA, I_B = 0	45			V
	: BD137		60			V
	: BD139		80			V
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	V_{CB} = 30V, I_E = 0			0.1	µA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	V_{EB} = 5V, I_C = 0			10	µA
h_{FE1}	DC Current Gain : ALL DEVICE	V_{CE} = 2V, I_C = 5mA	25			
h_{FE2}	: ALL DEVICE	V_{CE} = 2V, I_C = 0.5A	25			
h_{FE3}	: BD135	V_{CE} = 2V, I_C = 150mA	40		250	
	: BD137, BD139		40		160	
V_{CE}(sat)	Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C = 500mA, I_B = 50mA			0.5	V
V_{BE}(on)	Base-Emitter ON Voltage	V_{CE} = 2V, I_C = 0.5A			1	V

h_{FE} Classification

Classification	6	10	16
h_{FE3}	40 ~ 100	63 ~ 160	100 ~ 250

©2000 Fairchild Semiconductor International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics

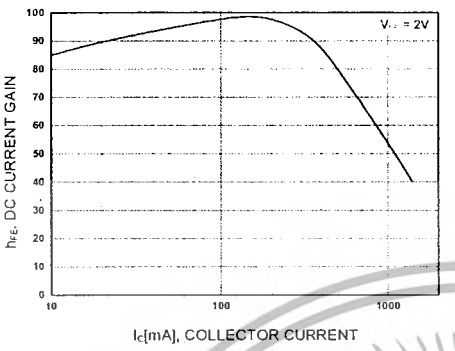


Figure 1. DC current Gain

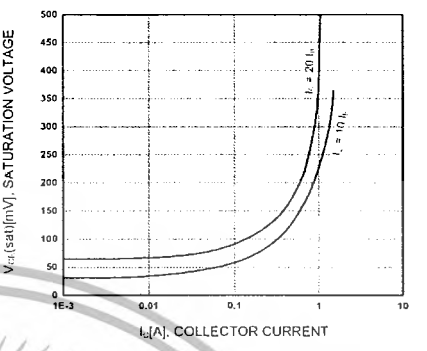


Figure 2. Collector-Emitter Saturation Voltage

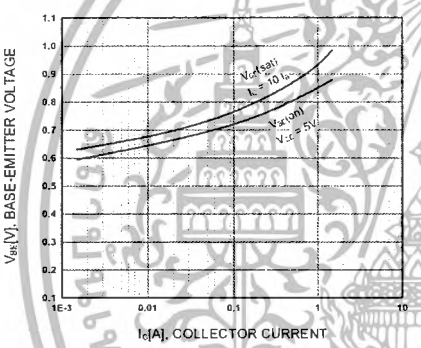


Figure 3. Base-Emitter Voltage

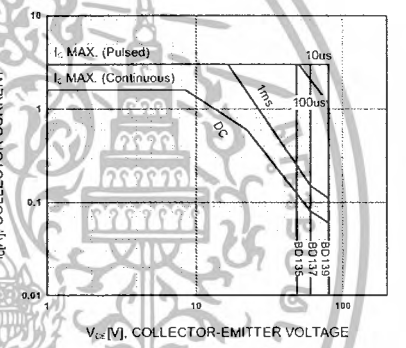


Figure 4. Safe Operating Area

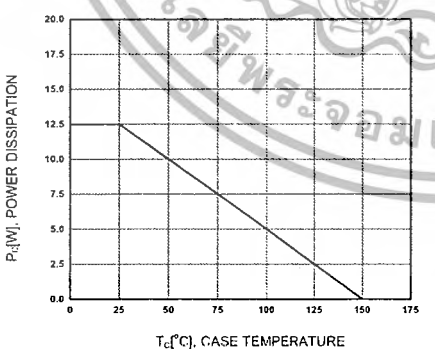


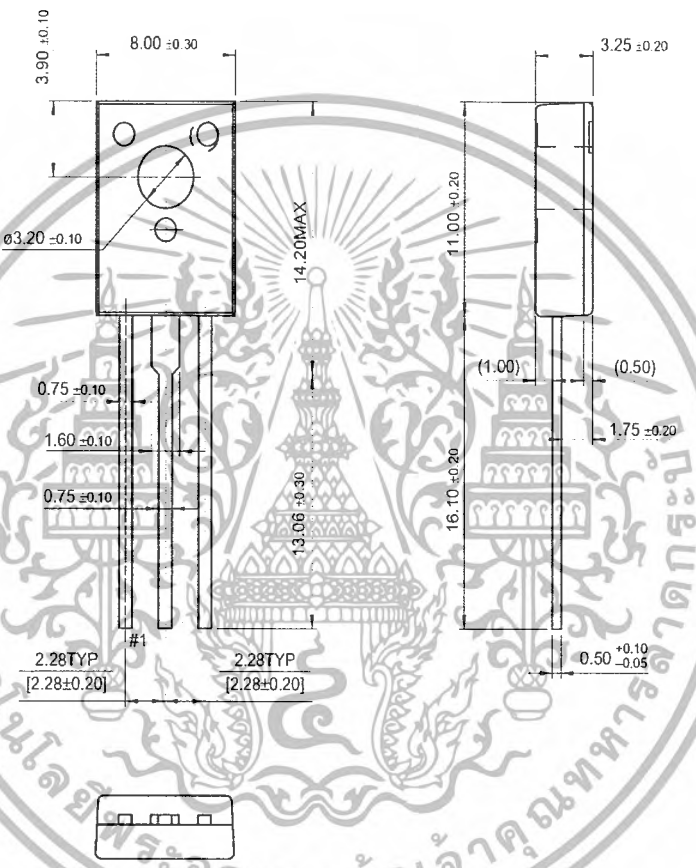
Figure 5. Power Derating

©2000 Fairchild Semiconductor International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Demensions

TO-126



Dimensions in Millimeters

©2000 Fairchild Semiconductor International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™
Bottomless™
CoolFET™
CROSSVOLT™
E^2CMOS™
FACT™
FACT Quiet Series™
FAST®
FASTr™
GTO™
HiSeC™
ISOPLANAR™
MICROWIRE™
POP™
PowerTrench®
QFET™
QS™
Quiet Series™
SuperSOT™-3
SuperSOT™-6
SuperSOT™-8
SyncFET™
TinyLogic™
UHC™
VCX™

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR INTERNATIONAL.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

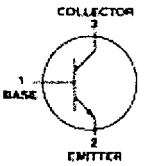
©2000 Fairchild Semiconductor International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fairchild

S9013

NPN General Purpose Transistors



SOT-23

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	25	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	40	Vdc
Emitter-Base VOltage	V_{EBO}	5.0	Vdc
Collector Current-Continuous	I_C	500	mAdc

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristics	Symbol	Max	Unit
Total Device Dissipation FR-5 Board (1) TA=25°C	P_D	225	mW
Derate above 25°C		1.8	mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	556	°C/W
Total Device Dissipation Alumina Substrate, (2) TA=25°C	P_D	300	mW
Derate above 25°C		2.4	mW/°C
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	417	°C/W
Junction and Storage, Temperature	T_J,Tstg	-55 to +150	°C

DEVICE MARKING

S9013=J3

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristics	Symbol	Min	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS				
Collector-Emitter Breakdown Voltage (I_C=0.1mAdc,I_B=0)	$V_{(BR)CEO}$	25	-	Vdc
Collector-Base Breakdown Voltage (I_C=100μAdc,I_E=0)	$V_{(BR)CBO}$	40	-	Vdc
Emitter-Base Breakdown Voltage (I_E=100μAdc,I_C=0)	$V_{(BR)EBO}$	5.0	-	Vdc
Collector Cutoff Current (V_{CE}=20Vdc,I_B=0)	I_{CEO}	-	0.1	uAdc
Collector Cutoff Current (V_{CB}=40Vdc,I_E=0)	I_{CBO}	-	0.1	uAdc
Emitter Cutoff Current (V_{EB}=5.0Vdc,I_C=0)	I_{EBO}	-	0.1	uAdc

1.FR-5=1.0 x 0.75 x 0.062 in
2.Alumina=0.4 x 0.3 x 0.024 in. 99.5% alumina

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S9013

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A=25°C unless otherwise noted) (Countinued)

Characteristics	Symbol	Min	Max	Unit
ON CHARACTERISTICS				
DC Current Gain (I_C=50 mAdc, V_{CE}=1.0 Vdc) (I_C=500 mAdc, V_{CE}=1.0 Vdc)	h_{FE} (1) h_{FE}	120 40	350	
Collector-Emitter Saturation Voltage (I_C=500 mAdc, I_B=50mAdc)	$V_{CE(sat)}$		0.6	Vdc
Base-Emitter Saturation Voltage (I_C=500 mAdc, I_B=50mAdc)	$V_{BE(sat)}$		1.2	Vdc
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS				
Current Gain-Bandwidth Product (I_C=20 mAdc, V_{CE}=6.0 Vdc, f=30MHz)	fT	150		MHz

CLASSIFICATION OF h_{FE}

Rank	L	H
Range	120-200	200-350

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S9013

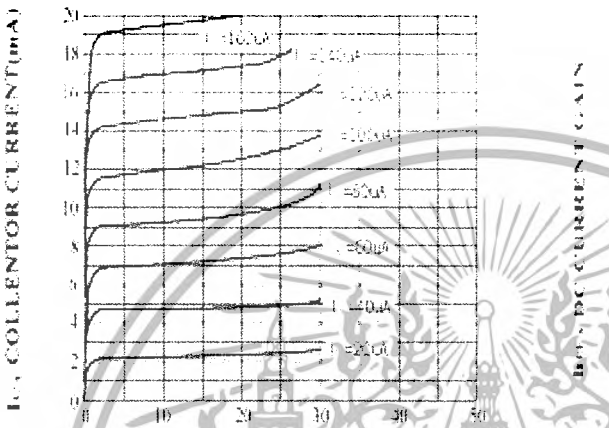


Figure1. Static Characteristic

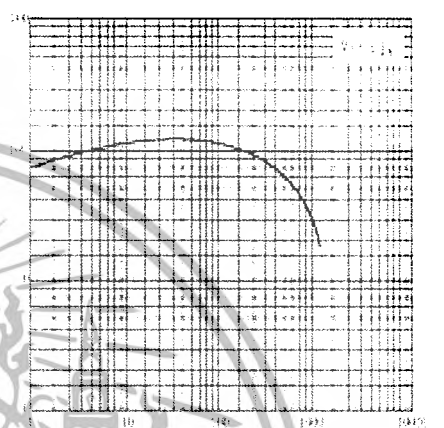


Figure2. DC current Gain

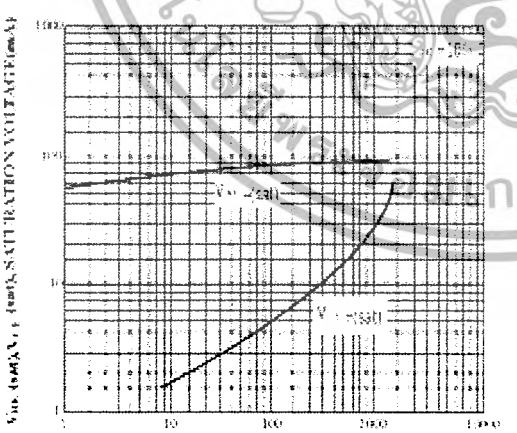


Figure3. Base-Emitter Saturation Voltage

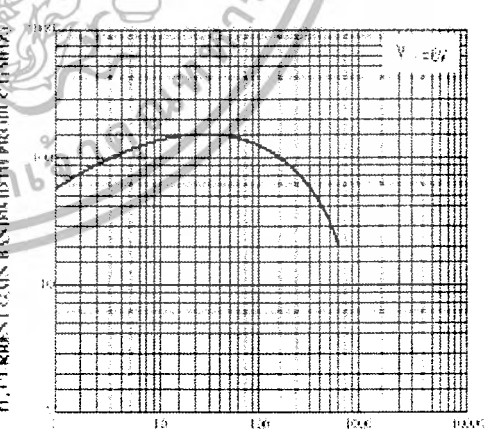


Figure4. Current Gain Bandwidth Product

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UNITED C337

UNITED LABORATORIES

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

320 37th Avenue • St. Charles, Illinois 60174 • To Reorder, Call 800-323-2594

PRODUCT IDENTIFICATION	USE / DESCRIPTION	REVISION DATE	FOR MEDICAL AND TRANSPORTATION EMERGENCIES:
UNITED C337	Algae, Bacteria, And Fungi Control	January 27, 2004	INFOTRAC: 800-535-5053

HEALTH (0 = Maximum Safety) — 1

Always follow Label Directions and Cautions.

4 Extreme 3 High 2 Moderate 1 Slight 0 Minimal

See Health Hazard Data Section of this M.S.D.S. for more detailed information.

FLAMMABILITY (0 = Maximum Safety) — 0

Susceptibility of Material to Burning.

4 Extremely flammable.
3 Ignites at normal temperature.
2 Ignites when moderately heated.
1 Must be preheated to burn.
0 Will not burn.

REACTIVITY (0 = Maximum Safety) — 0

Susceptible to Release of Energy.

4 May detonate-vacate area if Materials are exposed to fire.
3 Strong shock of heat may detonate-use monitors from behind explosion resistant barriers
2 Violent chemical change possible-use hose stream from distance
1 Unstable if heated-use precaution.
0 Normally stable.

PERSONAL PROTECTION

HAZARDOUS COMPONENTS
IDENTITY, EXPOSURE LIMITS AND S.A.R.A. TITLE III INFORMATION

HAZARDOUS COMPONENTS	CAS NUMBER	ACGIH TWA	ACGIH STEL	OSHA PEL	OTHER RECOMMENDED LIMITS	S.A.R.A. TITLE III QUANTITIES
Poly[oxyethylene(dimethylimino)ethylene (dimethylimino)ethylene dichloride]	31075-24-8	Not established	Not established	Not established	None	None

PHYSICAL / CHEMICAL CHARACTERISTICS

BOILING POINT
Approximately 212°F

SPECIFIC GRAVITY (H_2O = 1)
1.025

VAPOR PRESSURE (mm Hg.)
(At 77° F.) Not determined

MELTING POINT
Not determined

VAPOR DENSITY (Air = 1)
Not determined

EVAPORATION RATE
(Water = 1) Approximately 1.0

SOLUBILITY IN WATER
Completely miscible with water

VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (V.O.C.)
(Pounds Per Gallon Of Product) None

APPEARANCE AND ODOR
Pale amber liquid with faint odor.

pH:
6-7

FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA

FLASH POINT (Method Used)	FLAMMABLE LIMITS	LEL	UEL
None (Tag closed cup)	Not applicable	Not applicable	Not applicable

EXTINGUISHING MEDIA
Dry chemical, water foam or carbon dioxide.

SPECIAL FIRE FIGHTING PROCEDURES
Use water, mist or spray to cool and wet packaging material. Firefighters should wear full protective equipment and NIOSH-approved self contained breathing apparatus.

UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARDS
Heating may cause release of hazardous gases.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REACTIVITY DATA

STABILITY: STABLE [X] UNSTABLE [ ]

CONDITIONS TO AVOID
None known

INCOMPATIBILITY (Materials To Avoid)
Anionic polymers, strong oxidizers.

HAZARDOUS DECOMPOSITION OR BYPRODUCTS
Unknown, but carbon monoxide may be released on burning.

HAZARDOUS POLYMERIZATION: WILL NOT OCCUR [X] MAY OCCUR [ ]

CONDITIONS TO AVOID
None known

HEALTH HAZARD DATA

HEALTH HAZARDS
EYES: Mild irritant. Effects may range from none to mild depending on the length of exposure, solution concentration and first aid measures. SKIN: Non-irritating to the skin. INHALATION: May cause irritation or corrosion of mucous membranes and the lungs. Exposed individuals should be monitored for respiratory distress, bronchitis or pneumonia. IF SWALLOWED: May be harmful.

CARCINOGENICITY: NTP? No IARC MONOGRAPHS? No OSHA REGULATED? No
This product contains a chemical known to the state of California to cause cancer or reproductive toxicity? No

SIGNS AND SYMPTOMS OF OVEREXPOSURE
EYES: Irritation. SKIN: Irritation. INHALATION: Respiratory irritation. IF SWALLOWED: Upset stomach, vomiting.

MEDICAL CONDITIONS GENERALLY AGGRAVATED BY OVEREXPOSURE
None known

TARGET ORGANS
Respiratory System

EMERGENCY AND FIRST AID PROCEDURES
EYES: Flush immediately with tap water for at least 15 minutes. If irritation persists, call a physician or poison center. SKIN: Wash with soap and water. If irritation persists call a physician or poison control center. INHALATION: Remove to fresh air. Apply CPR if needed. Call a physician or poison control center. IF SWALLOWED: DO NOT INDUCE VOMITING. If conscious, rinse mouth with copious amounts of water or milk first. Irrigate the esophagus and dilute stomach contents by slowly giving 1-2 glasses of water or milk. Avoid giving alcohol or related products. In cases where the individual is semi-comatose, comatose or convulsing. Never give anything to an unconscious person. Apply CPR if needed. Call a physician or poison control center immediately.

PRECAUTIONS FOR SAFE HANDLING AND USE

STEPS TO BE TAKEN IN CASE MATERIAL IS RELEASED OR SPILLED
Block any potential routes to water systems. Recover as much of the product as possible into appropriate containers. Clay, soil or commercially available absorbents may be used to recover spilled product.

WASTE DISPOSAL METHOD
Consult local, state and federal authorities for proper disposal guidelines.

PRECAUTIONS TO BE TAKEN IN HANDLING AND STORING
Keep containers tightly closed; store in a cool, dry place. Do not let containers freeze, as they may split or rupture.

CONTROL MEASURES
FOR USE WHERE SIGNIFICANT EYE, SKIN OR INHALATION EXPOSURE IS LIKELY

RESPIRATORY PROTECTION (Specify Type)
Normally not required

VENTILATION: MECHANICAL (General): Normally not required. LOCAL EXHAUST: Generally adequate

PROTECTIVE GLOVES
Rubber gloves are recommended.

EYE PROTECTION
Chemical safety goggles are recommended.

OTHER PROTECTIVE CLOTHING OR EQUIPMENT
Long-sleeves are recommended.

WORK HYGENIC PRACTICES
Wash hands and face with soap and water after handling this product.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR TM

Discrete POWER & Signal Technologies

1N746A - 1N759A Series Half Watt Zeners

Absolute Maximum Ratings*

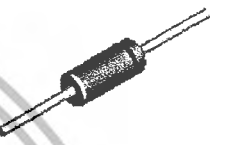
TA = 25°C unless otherwise noted

Parameter	Value	Units
Storage Temperature Range	-65 to +200	°C
Maximum Junction Operating Temperature	+ 175	°C
Lead Temperature (1/16" from case for 10 seconds)	+ 230	°C
Total Device Dissipation Derate above 25° C	500 3.33	mW mW/°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of the diode may be impaired.

NOTES:
1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 200 degrees C.
2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Tolerance: A = 5%



DO-35

Electrical Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Device	V_Z (V)	Z_Z (Ω) @	I_{ZT} (mA)	I_{R1} (μA) @	V_R (V)	I_{R2} (μA) @ T_A=150°C	V_R (V)	T_C (%/°C)	I_{ZM}* (mA)
1N746A	3.3	28	20	10	1.0	30	1.0	- 0.070	110
1N747A	3.6	24	20	10	1.0	30	1.0	- 0.065	100
1N748A	3.9	23	20	10	1.0	30	1.0	- 0.060	95
1N749A	4.3	22	20	2.0	1.0	30	1.0	+/- 0.055	85
1N750A	4.7	19	20	2.0	1.0	30	1.0	+/- 0.030	75
1N751A	5.1	17	20	1.0	1.0	20	1.0	+/- 0.030	70
1N752A	5.6	11	20	1.0	1.0	20	1.0	+ 0.038	65
1N753A	6.2	7.0	20	0.1	1.0	20	1.0	+ 0.045	60
1N754A	6.8	5.0	20	0.1	1.0	20	1.0	+ 0.050	55
1N755A	7.5	6.0	20	0.1	1.0	20	1.0	+ 0.058	50
1N756A	8.2	8.0	20	0.1	1.0	20	1.0	+ 0.062	45
1N757A	9.1	10	20	0.1	1.0	20	1.0	+ 0.068	40
1N758A	10	17	20	0.1	1.0	20	1.0	+ 0.075	35
1N759A	12	30	20	0.1	1.0	20	1.0	+ 0.077	38

*IZM (Maximum Zener Current Rating) Values shown are based on the JEDEC rating of 400 milliwatts. Where the actual zener voltage (VZ) is known at the operating point. the maximum zener current may be increased and is limited by the derating curve.

©1997 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™
CoolFET™
CROSSVOLT™
E²CMOS™
FACT™
FACT Quiet Series™
FAST®
FASTr™
GTO™
HiSeC™
ISOPLANAR™
MICROWIRE™
POP™
PowerTrench™
QS™
Quiet Series™
SuperSOT™-3
SuperSOT™-6
SuperSOT™-8
TinyLogic™

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.
As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายเกียรติกูล เหล่าคอดี
วัน เดือน ปีเกิด	3 มกราคม พ.ศ. 2524
ภูมิลำเนา	926/71 ตำบลมหาชัย อำเภอเมือง
	จังหวัดสมุทรสาคร
	โทรศัพท์ 0-1438-6058
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนเอกชัย
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนศึกษานารีวิทยา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคกรุงเทพ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด
ผลงานและรางวัลที่ได้รับ	รองชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์ ครุศาสตร์วิศวกรรม ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายอัสนัย ธูปเทียน
วัน เดือน ปีเกิด	25 มีนาคม พ.ศ. 2526
ภูมิลำเนา	27 หมู่ 5 ตำบลไกรนอก อำเภอกงไกรลาศ
	จังหวัดสุโขทัย 64170
	โทรศัพท์ 0-9460-7378

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลสุโขทัย
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนกงไกรลาศวิทยา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

คติพจน์ อย่าคิดว่าตัวเองทำไม่ได้ ถ้าไม่ลองทำ

ผลงานและรางวัลที่ได้รับ รองชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์ ครุศาสตร์วิศวกรรม ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายอภิชาติ คุสลคุ้ม
วัน เดือน ปีเกิด	1 มิถุนายน พ.ศ. 2525
ภูมิลำเนา	247/3 หมู่ 3 ตำบลวัดป่า อำเภอหล่มสัก
	จังหวัดเพชรบูรณ์ 67110
	โทรศัพท์ 0-5670-0444-2 ,0-9573-316
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนเทศบาลบ้านศรีเมือง
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเทศบาลบ้านศรีเมือง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีวัดคุมทางอุตสาหกรรม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ลำบากวันนี้ เพื่อวันข้างหน้า
ผลงานและรางวัลที่ได้รับ	รองชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์ ครุศาสตร์วิศวกรรม ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้