ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ แขนกลกึ่งอัตโนมัติ

Semi-Automatic Machine Arm Controlled by Computer

ชื่อนักศึกษา	1. นายชัยภัทร	หมอกอ่อน	รหัสประจำตัว	43035288
	2. นายชาญคฤต	ขวัญนิมิตร	รหัสประจำตัว	43035291
	3. นายเรวัตร	เปรมรื่นรมย์	รหัสประจำตัว	43035306
	4. นางสาววาสนา	บุญส่ง	รหัสประจำตัว	43035307

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์โกศล ตราชู

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	.....
2. อาจารย์สุรพงษ์	สิริพงศ์ดี	.....
3. อาจารย์สุระชัย	พิมพ์สาลี	.....
4. อาจารย์โกศล	ตราชู	.....
5. อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันพุธที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2545 เวลา 13.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.317 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

<BT4401152>
แขนกลกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

แขนกลกึ่งอัตโนมัติ
SEMI AUTOMATIC MACHINE ARM

นายชัยภัทร หมอกอ่อน
นายชาญคฤต ขวัญนิมิตร
นายเรวัตร เปรมรื่นรมย์
นางสาววาสนา บุญส่ง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43200
วัน, เดือน, ปี 26 ก.ค. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง แขนกลกึ่งอัตโนมัติ
Semi Automatic Machine Arm

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของแขนกลควบคุมโดยมนุษย์
2. เพื่อออกแบบโครงสร้างและวงจรการควบคุมการทำงานของแขนกล
3. เพื่อสร้างแขนกลควบคุมการทำงานโดยมนุษย์
4. เพื่อทดลองการทำงานของแขนกลควบคุมการทำงานโดยมนุษย์
5. เพื่อนำไปใช้ในการหยิบจับสิ่งของ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของแขนกลควบคุมการทำงานโดยมนุษย์
2. ได้ต้นแบบวงจรและการทำงานของแขนกล
3. ได้ต้นแบบชุดทดลองแขนกลควบคุมการทำงานโดยมนุษย์
4. ได้ผลการทดลองแขนกลควบคุมโดยมนุษย์
5. ได้แขนกลเพื่อใช้ในการหยิบจับสิ่งของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	แขนกลกึ่งอัตโนมัติ
ชื่อนักศึกษา	นายชัยภัทร หมอกอ่อน
	นายชาญคฤต ขวัญนิมิตร
	นายเรวัตร เปรมรื่นรมย์
	นางสาววาสนา บุญส่ง
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์โกศล ตราชู
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอแขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ สามารถควบคุมแขนกลส่วนฐาน หัวไหล่ ข้อศอก ข้อมือ และนิ้วมือจับได้ โดยแต่ละส่วนสามารถแยกการควบคุมเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic แขนกลส่วนต่างๆ ควบคุมการทำงานด้วยมอเตอร์กระแสตรงและสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จากการทดลองการเคลื่อนที่ของแขนกลส่วนต่างๆ สามารถระบุองศาและด้วยการกดปุ่มคีย์บอร์ดและเมาส์ได้อย่างเที่ยงตรง ซึ่งมีประโยชน์ในการเรียนการสอน และการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพต่อไปยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Semi Automatic Machine Arm
Students	Mr. Chaipat Morkon
	Mr. Chankrit Kwannimit
	Mr. Rawat Pramreunrom
	Miss Wasana Boonsong
Advisor	Mr.Koson Trachu
Co-Advisor	Mr.Surapong Siripongdee
Education Level	Bachelor of Seience Industrial Education
Program in	Telecommunication Engineering
Academic Year	2001

ABSTRACT

This thesis presents a Semi Automatic Machine Arm Controlled by Computer. The Machine Arm controllable consist of base part, shoulder part, elbow part, end effector and finger. It is free control each a part. Using computer controlled by Visual Basic Program. The Machine Arm is each a part, they are controlled by direct current motor and stepping motor. The experimentation of each a part's motion can feed degree value, press keyboard and click mouse. It is useful for educational and efficiency development later.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานแขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ได้สำเร็จขึ้นได้ เนื่องจากสมาชิกในกลุ่มได้เดินทางมาจากแดนไกลได้มีโอกาสมาทำโครงงานร่วมกัน ขอกราบพระคุณพ่อแม่และผู้อุปการะที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ส่งเสริม ทางด้านการเงิน การเรียนโดยเสมอมา ขอขอบพระคุณอาจารย์โกศล ตราชู เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ทุ่มเท ช่วยเหลือ โครงงานในด้านต่างๆ และขอบคุณอาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี ที่สนับสนุนทำให้เกิดโครงงานแขนกลกึ่งอัตโนมัติขึ้นได้ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงาน และอาจารย์ทุกท่านที่ประสาทวิชาในสาขาความรู้ต่างๆ ซึ่งมีประโยชน์ในการนำมาใช้ทำโครงงานเป็นอย่างมาก และสิ่งที่สำคัญที่สุดขอขอบคุณสมาชิกในกลุ่มที่รับผิดชอบหน้าที่ที่ตนได้รับมอบหมายอย่างเต็มความสามารถและสมบูรณ์ที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 หลักการทำงานของแขนกล	3
2.2 คุณลักษณะของแขนมนุษย์	5
2.3 การแบ่งประเภทของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม	5
2.3.1 การแบ่งประเภทของแขนกลโดยการเคลื่อนที่และโครงสร้างภายนอก	5
2.3.2 การแบ่งประเภทของแขนกลโดยอาศัยทางเดินของแขนกล	8
2.4 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	8
2.4.1 การเคลื่อนที่ของตัวและแขน	8
2.4.2 การเคลื่อนที่ของมือ	9
2.5 ข้อมือ (End Effector)	10
2.5.1 นิ้วจับ (Gripper)	10
2.5.2 มือที่เป็นอุปกรณ์ (Tool as End Effector)	11
2.6 การสั่งงาน	11
2.6.1 การสั่งงานแบบ Manual	12
2.6.2 การสั่งงานแบบ Lead Through	12
2.6.3 การสั่งงานด้วยโปรแกรม	12
2.6.4 การประยุกต์ใช้งาน	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.7 ทฤษฎีสเต็ปปิ้งมอเตอร์	13
2.8 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	15
2.8.1 แบบปรับค่าความต้านทานแม่เหล็กไฟฟ้าได้	15
2.8.2 แบบแม่เหล็กถาวร	16
2.8.3 แบบไฮบริด	17
2.9 รูปแบบในการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	17
2.9.1 จ่ายกระแสให้ลวดตัวนำของขั้วสเตเตอร์ครั้งละขด	17
2.9.2 แบบเฟสคู่	18
2.10 การควบคุมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	18
2.10.1 แบบลูปเปิด	18
2.10.2 แบบลูปปิด	21
2.11 การหาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด	21
2.12 ทฤษฎีพอร์ตขนาน	23
2.13 การอินเตอร์เฟสแบบขนาน	25
2.14 วงจรอะแดปเตอร์เครื่องพิมพ์	26
2.15 ลักษณะของคอนเนคเตอร์	26
2.15.1 คอนเนคเตอร์แบบเซ็นโทรนิกส์กับสัญญาณต่างๆ	27
2.15.2 คอนเนคเตอร์แบบ DB-25 กับสัญญาณต่างๆ	27
2.16 โหมดการทำงานของพอร์ตขนาน	29
2.17 รายละเอียดการทำงานในโหมด SPP (Standard & BI-Direction Parallel Port)	30
2.17.1 ขั้นตอนการส่งข้อมูลของ SPP โหมด	30
2.17.2 ขั้นตอนการรับข้อมูลของ SPP โหมด	30
2.17.3 รายละเอียดรีจิสเตอร์ของ SPP	31
2.18 รายละเอียดในการทำงานโหมด EPP (Enhanecd Parallel Port)	32
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้างและการทำงาน	34
3.1 การออกแบบส่วน Hardware	36
3.1.1 การออกแบบโครงสร้างของแขนกล	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.1.2 การออกแบบวงจรในการใช้งาน	45
3.2 การออกแบบหน้าต่างใช้งานโดยโปรแกรม Visual Basic	49
3.3 การออกแบบเครื่องวัดการเคลื่อนที่ของแขนกล	50
3.3.1 การออกแบบเครื่องวัดส่วนฐาน	50
3.3.2 การออกแบบเครื่องวัดส่วนหัวไหล่	51
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	53
4.1 การทดลองการทำงานของวงจร	53
4.1.1 การทดลองวงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณ	53
4.1.2 การทดลองวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์	55
4.1.3 การทดลองวงจรรีเลย์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง	56
4.2 การทดลองแขนกลควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์	57
4.2.1 การทดลองส่วนฐาน	57
4.2.2 การทดลองส่วนหัวไหล่	60
4.2.3 การทดลองส่วนข้อศอก	61
4.2.4 การทดลองส่วนข้อมือ	62
4.2.5 การทดลองส่วนนิ้วมือ	64
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ปัญหา	66
5.1 บทสรุป	70
5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข	66
5.3 แนวทางในการพัฒนา	68
ภาคผนวก ก ส่วนประกอบของแขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์	69
ภาคผนวก ข วงจรและลายวงจรพิมพ์	72
ภาคผนวก ค โปรแกรมการทำงาน	80
ภาคผนวก ง รายการอุปกรณ์	91
ภาคผนวก จ รายละเอียดและคุณสมบัติอุปกรณ์	94
ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งาน	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บรรณานุกรม	106
ประวัติผู้แต่ง	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ลักษณะของขาสัญญาณของพอร์ตขนานในโหมด SSP	30
ตารางที่ 2.2 รายละเอียดรีจิสเตอร์ของ SPP	31
ตารางที่ 2.3 ข้อมูลรีจิสเตอร์ของพอร์ตข้อมูล	31
ตารางที่ 2.4 ข้อมูลรีจิสเตอร์ของพอร์ตสถานะ	31
ตารางที่ 2.4 ข้อมูลรีจิสเตอร์ของพอร์ตสถานะ (ต่อ)	32
ตารางที่ 2.5 ข้อมูลรีจิสเตอร์ของพอร์ตควบคุม	32
ตารางที่ 2.6 การจัดตำแหน่งขาเชื่อมต่อสำหรับพอร์ทขนานในโหมด EPP	32
ตารางงที่ 2.6 การจัดตำแหน่งขาเชื่อมต่อสำหรับพอร์ทขนานในโหมด EPP (ต่อ)	33
ตารางที่ 2.7 รีจิสเตอร์ของโหมด EPP	33
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองสภาวะเอาต์พุตของวงจรรวม 74LS154	54
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองสภาวะเอาต์พุตของวงจรรวม 74LS240 U2	55
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองสภาวะเอาต์พุตใช้งานของวงจรรวม ULN2803LW U1 และ U2	56
ตารางที่ 4.4ผลการทดลองค่าแรงดัน และกระแสเอาต์พุตของวงจรรีเลย์ 1 และรีเลย์ 2	57
ตารางที่ 4.5 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนฐานเริ่มที่มุม 0	58
ตารางที่ 4.6 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนฐานเริ่มที่มุม 30 องศา	59
ตารางที่ 4.7 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนฐานเริ่มที่มุม 45 องศา	59
ตารางที่ 4.8 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนหัวไหล่เริ่มที่มุม 0 องศา	60
ตารางที่ 4.9 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนหัวไหล่เริ่มที่มุม 70 องศา	61
ตารางที่ 4.11 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนข้อศอกเริ่มที่มุม 0 องศา	62
ตารางที่ 4.10 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนข้อศอกเริ่มที่มุม 0 องศา	62
ตารางที่ 4.12 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนข้อศอกเริ่มที่มุม 45 องศา	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะของแขนกลในโรงงานอุตสาหกรรม	4
รูปที่ 2.2 การทำงานของแขนกลในอุตสาหกรรม	4
รูปที่ 2.3 แบบที่มีการเคลื่อนไหวในระบบพิกัดเชิงขั้ว	6
รูปที่ 2.4 แบบที่มีการเคลื่อนไหวในระบบพิกัดทรงกระบอก	6
รูปที่ 2.5 แบบที่มีการเคลื่อนไหวในลักษณะข้อต่อ	7
รูปที่ 2.6 แบบของหุ่นยนต์ในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน	7
รูปที่ 2.7 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนแบบต่างๆ	9
รูปที่ 2.8 การเคลื่อนที่ของมือ	9
รูปที่ 2.9 ลักษณะของนิ้วมือแบบต่างๆ	10
รูปที่ 2.10 ลักษณะของมือที่เป็นอุปกรณ์แบบต่างๆ	11
รูปที่ 2.11 ลักษณะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	13
รูปที่ 2.12 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบปรับค่าความต้านทานแม่เหล็กได้	15
รูปที่ 2.13 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร	16
รูปที่ 2.14 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริด	17
รูปที่ 2.15 การทำงานแบบเฟสเดี่ยว	17
รูปที่ 2.16 การทำงานแบบเฟสคู่	18
รูปที่ 2.17 การควบคุมแบบลูปเปิด	18
รูปที่ 2.18 วงจรขับกระแสแบบขั้วเดี่ยว	19
รูปที่ 2.19 วงจรขับกระแสแบบสองขั้ว	20
รูปที่ 2.20 การควบคุมแบบลูปปิด	21
รูปที่ 2.21 การหาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด	21
รูปที่ 2.22 ตัวอย่างของตัวบอกรหัสแบบสัมบูรณ์	22
รูปที่ 2.23 ตัวอย่างของตัวบอกรหัสแบบเพิ่มค่า	23
รูปที่ 2.24 แผนผังการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ทั่วไป	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.25 ระบบการส่งข้อมูลแบบขนาน	25
รูปที่ 2.26 การอินเตอร์เฟสกับเครื่องพิมพ์	27
รูปที่ 2.27 ลักษณะของคอนเนคเตอร์	28
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของแขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์	35
รูปที่ 3.2 ชุดเฟืองขับทดรอบสเต็ปปิ้งมอเตอร์	36
รูปที่ 3.3 ส่วนฐานของแขนกล	37
รูปที่ 3.4 การออกแบบทางโครงสร้างส่วนหัวไหล่	38
รูปที่ 3.5 สเต็ปปิ้งมอเตอร์และเฟืองขับส่วนหัวไหล่	38
รูปที่ 3.6 การออกแบบทางโครงสร้างส่วนข้อศอก	39
รูปที่ 3.7 ชุดสายพานส่งกำลังขับเคลื่อนข้อศอก	40
รูปที่ 3.8 การออกแบบทางโครงสร้างส่วนข้อมือ	41
รูปที่ 3.9 ชุดเฟืองขับและสายพานส่งกำลังส่วนข้อมือ	42
รูปที่ 3.10 ลักษณะการเคลื่อนที่ของข้อมือ	43
รูปที่ 3.11 การออกแบบทางโครงสร้างส่วนนิ้วมือ	43
รูปที่ 3.12 ลักษณะการหยิบจับของนิ้วมือ	44
รูปที่ 3.13 แขนกลที่สร้างสมบูรณ์จากการออกแบบ	44
รูปที่ 3.14 วงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณ	45
รูปที่ 3.15 วงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์	47
รูปที่ 3.16 วงจรรีเลย์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง	48
รูปที่ 3.17 หน้าต่างใช้งานควบคุมแขนกลโดยโปรแกรม Visual Basic	50
รูปที่ 3.18 การออกแบบเครื่องวัดการเคลื่อนที่ของแขนกล	51
รูปที่ 3.19 เครื่องวัดตำแหน่งองศาการเคลื่อนที่ของแขนกลส่วนหัวไหล่	51
รูปที่ 3.20 การทำงานโดยรวมของแขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์	52
รูปที่ 4.1 การทดลองวงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณ	53
รูปที่ 4.2 การทดลองวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์	55
รูปที่ 4.3 การทดลองวงจรรีเลย์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง	56
รูปที่ 4.4 หน้าต่างใช้งานการควบคุมแขนกลส่วนฐาน	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.5 หน้าต่างใช้งานการควบคุมส่วนแขนกลหัวไหล่	60
รูปที่ 4.6 หน้าต่างใช้งานการควบคุมแขนกลส่วนข้อศอก	62
รูปที่ 4.7 หน้าต่างใช้งานการควบคุมแขนกลส่วนข้อมือ	63
รูปที่ 4.8 หน้าต่างใช้งานการควบคุมการหนีบ-ปล่อย ของนิ้วมือจับ	64
รูปที่ 4.9 ลักษณะการหนีบ-ปล่อยของส่วนนิ้วมือจับ	65
รูปที่ 4.10 การหยิบจับสิ่งของของแขนกล	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านหุ่นยนต์ (Robot) ได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วอันเป็นผลสืบเนื่องมาจากความต้องการความสะดวกสบายของมนุษย์ ทั้งเพื่อความสะดวกรวดเร็ว และแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน อีกทั้งการใช้คนเพื่อผลิตงานในโรงงานอุตสาหกรรมก็มักก่อให้เกิดปัญหามากและประสิทธิภาพการทำงานก็มีอยู่จำกัด จึงเริ่มได้หันมาใช้หุ่นยนต์ทำงานต่างๆ แทนคนมากขึ้น

มนุษย์ได้พยายามที่จะคิดค้นสรรค์สร้างสิ่งต่างๆ ขึ้นมาเพื่อใช้ประโยชน์มากมาย และใช้วิทยาการที่สมัยใหม่เพื่ออำนวยความสะดวก การสร้างหุ่นยนต์ในปัจจุบันนี้ไม่เป็นเรื่องที่ยากอีกต่อไป เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นก็คงจะเพียงพอที่จะมองเห็นได้ว่าในอนาคตอันใกล้นี้หุ่นยนต์จะเข้ามามีบทบาทกับชีวิตมนุษย์อย่างแน่นอน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นไม่น้อยที่จะต้องศึกษาและพัฒนารูปแบบของหุ่นยนต์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1) สามารถใช้งานได้ 2 ลักษณะ คือ ป้อนค่าคำสั่งด้วยคีย์บอร์ดและเมาส์
2) สามารถหยิบจับสิ่งของที่มีน้ำหนักสูงสุดได้ไม่เกิน 200 กรัม
3) ส่วนฐานของแขนกลสามารถหมุนซ้ายและหมุนขวาได้ 90 องศา
4) สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้ 5 จุด คือ ฐาน หัวไหล่ ข้อศอก ข้อมือ และนิ้วมือ
5) ตัวแขนเมื่อเหยียดตรงจะมีความยาวประมาณประมาณ 40 เซนติเมตร
6) สามารถหยิบจับสิ่งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 1-3 เซนติเมตร
7) ส่วนหัวไหล่สามารถปรับแขนตั้งฉากกับพื้นราบแล้วเคลื่อนที่ลงได้ทำมุม 70 องศา
8) ส่วนข้อศอกเมื่อปรับแขนขนานกับพื้นราบแล้วสามารถปรับลงได้ 45 องศา
9) แขนกลสามารถหยิบจับสิ่งของได้ที่ระยะทาง 7 ถึง 30 เซนติเมตร จากฐานของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจในแต่ละบท ประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ คือหลักการทำงานของแขนกล ทฤษฎี สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ทฤษฎีพอร์ตขนาน

บทที่ 3 การออกแบบ และการสร้าง กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับวงจรที่ใช้ในการทำงาน คือ วงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ วงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นวงจรเลขฐานสิบและฐานสิบหก

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง ประกอบด้วย การทดลองการใช้งานวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการเคลื่อนที่และการหยิบจับสิ่งของของแขนกล วงจรแปลงเลขฐานสองเป็นวงจรเลขฐานสิบและฐานสิบหก

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา ขั้นสรุปผลในการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และได้เสนอแนวทางแก้ไขปัญหา รวมทั้งแนวทางการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค โปรแกรมควบคุมการทำงาน

ภาคผนวก ง รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก จ รายละเอียดและคุณสมบัติอุปกรณ์

ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการทำงานของแขนกล

เมื่อกล่าวถึงหุ่นยนต์แล้วคนส่วนใหญ่มักจะนึกถึงโครงเหล็กขนาดใหญ่ลักษณะคล้ายมนุษย์เคลื่อนตัวอย่างช้าๆ ดังที่เห็นในภาพยนต์แนววิทยาศาสตร์ทั่วไป แต่ในปัจจุบันได้ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่มากขึ้น โดยอุตสาหกรรมก็ใช้หุ่นยนต์เข้ามาช่วยในการผลิตแต่หุ่นยนต์อุตสาหกรรมเหล่านี้มีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป จากภาพพจน์เดิมที่นิยายวิทยาศาสตร์ วาดภาพไว้มาก เพราะส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแขนและมือซึ่งใช้ทำงานตามคำสั่งเท่านั้น

สมาคมหุ่นยนต์แห่งประเทศอังกฤษ (British Robot Association : BRA) กำหนดนิยามของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมไว้ว่า

"คืออุปกรณ์ที่มีอย่างน้อย 4 องศาอิสระ (Degree of Freedom) ที่สามารถโปรแกรมใหม่ได้ ซึ่งได้รับการออกแบบมาสำหรับการจับย้ายและขนส่ง ชิ้นส่วนเครื่องมือหรือส่วนประกอบพิเศษ โดยการอาศัยการเคลื่อนที่ที่ได้รับการควบคุมโปรแกรมไว้สำหรับงานเฉพาะอย่าง และโปรแกรมนี้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้"

สิ่งหนึ่งที่สำคัญมากในการกำหนดนิยามของ สมาคมหุ่นยนต์แห่งประเทศอังกฤษ คือสิ่งที่เป็นหุ่นยนต์จะต้องมี 4 องศาอิสระเป็นอย่างน้อย

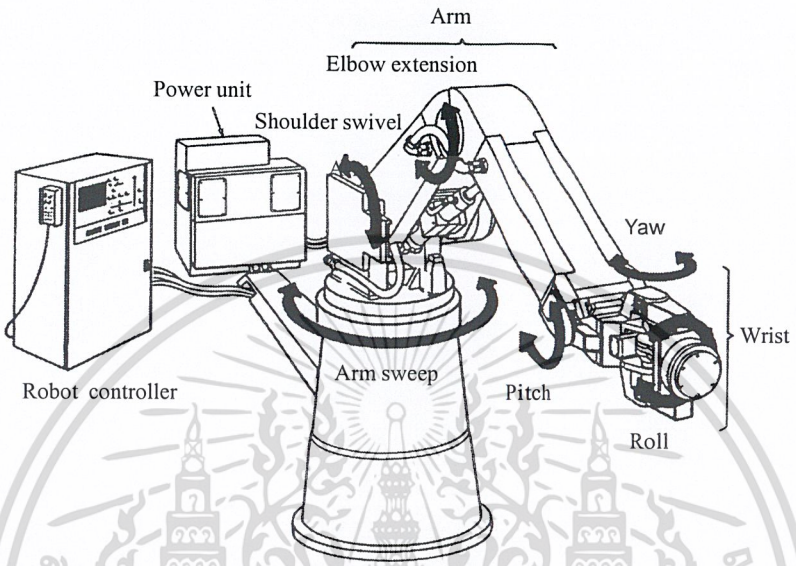
สถาบันทางหุ่นยนต์ของอเมริกา (Robotics Institute of America : RIA) ให้นิยามว่า

"เป็นมือจับ (Maniputator) หลายหน้าที่การทำงานที่สามารถโปรแกรมใหม่ได้ ได้รับการออกแบบเพื่อการเคลื่อนย้ายวัสดุ ชิ้นส่วน เครื่องมือหรืออุปกรณ์พิเศษ โดยอาศัยการเคลื่อนที่ที่ได้รับการโปรแกรมไว้ใช้งานเฉพาะอย่าง"

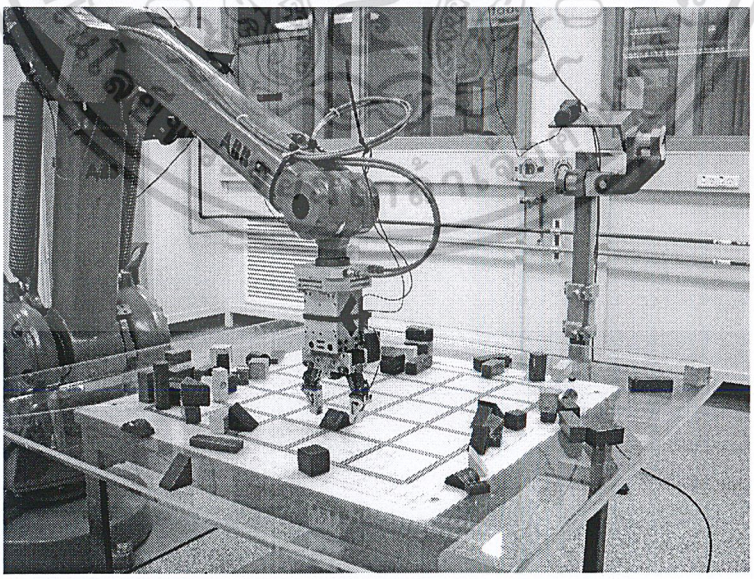
นิยามของสถาบันทางหุ่นยนต์ของอเมริกาได้รับการยอมรับกันอย่างแพร่หลายในฐานะที่เป็นนิยามของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมตัวอย่างของงานที่ใช้หุ่นยนต์ช่วยงานมีมากมาย อาทิเช่น การประกอบชิ้นส่วน การพ่นสี การเชื่อม ฯลฯ โดยตำแหน่งที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปปฏิบัติงานจะยังคงมีตลอดเวลาและสามารถทำงานซ้ำๆ ได้หลายๆ ครั้งโดยไม่มีการผิดพลาด จนกว่าจะมีการควบคุมเปลี่ยนแปลงคำสั่ง หลักการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมนี้ โดยจะคล้ายกับการทำงานของอุปกรณ์ที่มีการควบคุมด้วยคำสั่งเชิงตัวเลข (Numerial Control Machine) ในลักษณะของการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้อนกลับ ฯลฯ โดยมีแนวโน้มว่าจะมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กเพิ่มขึ้นเนื่องจากสามารถควบคุมได้ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ทำให้การเปลี่ยนแปลงแก้ไขคำสั่งทำได้สะดวก



รูปที่ 2.1 ลักษณะของแขนกลในโรงงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.2 การทำงานของแขนกลในอุตสากรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คุณลักษณะของแขนมนุษย์

ในเมื่อเราต้องการที่จะสร้างแขนกลหุ่นยนต์ให้มีคุณลักษณะเหมือนแขนของมนุษย์เราจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาโครงสร้างและลักษณะการเคลื่อนไหวของแขนมนุษย์เสียก่อน

แขนของมนุษย์ ประกอบด้วย 2 ส่วน ที่เห็นแยกกันอย่างชัดเจน คือ ส่วนที่เป็นข้อมือ ซึ่งมีข้อต่อหลักอยู่ 3 ข้อต่อ และอีกส่วนหนึ่งคือแขน ซึ่งมีข้อต่อหลักอยู่ 2 ข้อต่อ (หัวไหล่และข้อศอก) ก่อนอื่นเรามาดูที่ส่วนแรกก่อน ข้อมือของมนุษย์มีลักษณะดังต่อไปนี้

การหมุนข้อมือ (Roll Angle) สามารถหมุนได้ $-180 \leq R \leq +90 = 270$

การพับข้อมือ (Pitch Angle) สามารถพับได้ $-90 \leq P \leq +50 = 140$

การบิดข้อมือ (Yaw Angle) สามารถบิดได้ $-45 \leq Y \leq +15 = 60$

การเคลื่อนที่ของข้อมือทั้ง 3 แบบ มีการเคลื่อนที่ที่เป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นเราจึงให้มีการเคลื่อนที่แต่ละแบบเป็น 1 องศาอิสระ

ส่วนที่สอง คือ แขน ประกอบด้วย ข้อต่อหลัก 2 ข้อต่อ แต่มี 3 องศาอิสระ คือ 2 องศาแห่งอิสระที่หัวไหล่ และอีก 1 องศาแห่งอิสระที่ข้อศอก แต่หัวไหล่ของแขนกลจะมีเพียง 1 องศาแห่งอิสระ ลักษณะหนึ่งที่สำคัญของโครงสร้างของแขน คือ อัตราส่วนระหว่างความยาวของแขนท่อนบนกับแขนท่อนล่าง จะมีค่าประมาณ 1.2 : 1 นั่นคือ แขนท่อนล่างจะต้องสั้นกว่าท่อนบน ถ้าเราออกแบบให้แขนท่อนล่างยาวกว่าแขนท่อนบน จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของแขนกลลดลง

2.3 การแบ่งประเภทของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

เราสามารถแบ่งประเภทของแขนกล โดยพิจารณาจากพื้นฐานใหญ่ๆ ดังนี้

1) การแบ่งประเภทของแขนกลโดยการเคลื่อนที่และโครงสร้างภายนอก

2) การแบ่งประเภทของแขนกลโดยอาศัยทางเดินของแขนกล

2.3.1 การแบ่งประเภทของแขนกลโดยการเคลื่อนที่และโครงสร้างภายนอก

หุ่นยนต์อุตสาหกรรม มีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันออกไปแล้วแต่ลักษณะการใช้งานโดยขีดความสามารถในการเคลื่อนที่ของมือจะแตกต่างกันไปแต่โดยทั่วไปจะจัดแบ่งออกเป็นกลุ่มๆ แล้วสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

1) หุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดขั้ว (Polar Coordinate Configuration)

2) หุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดทรงกระบอก (Cylindrical Coordinate Configuration)

3) หุ่นยนต์ที่มีแขนในลักษณะข้อต่อ (Joint Arm Configuration)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) หุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนไหวได้ในระบบคาร์ทีเซียน

ลักษณะของหุ่นยนต์ทั้ง 4 ชนิด แสดงไว้ในรูปที่ 2.3-2.6 โดยรายละเอียดจะเป็นดังนี้

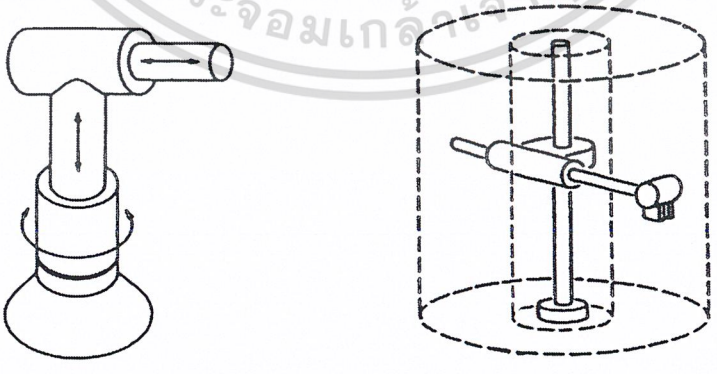
1) หุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดขั้ว

ขอบเขตการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ที่มีลักษณะเช่นนี้ อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าอยู่ในระบบพิกัดทรงกลม (Spherical Coordinate Configuration) ทั้งนี้เพราะลักษณะบริเวณที่แขนหุ่นยนต์จะกวาดไปได้จะมีลักษณะเป็นรูปวงกลม (ดังรูปที่ 2.3)

รูปที่ 2.3 แบบที่มีการเคลื่อนไหวในระบบพิกัดเชิงขั้ว

2) หุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดทรงกระบอก

ขอบเขตของหุ่นยนต์ลักษณะนี้จะมีลักษณะการกวาดแขนเป็นรูปทรงกระบอกดังรูปที่ 2.4

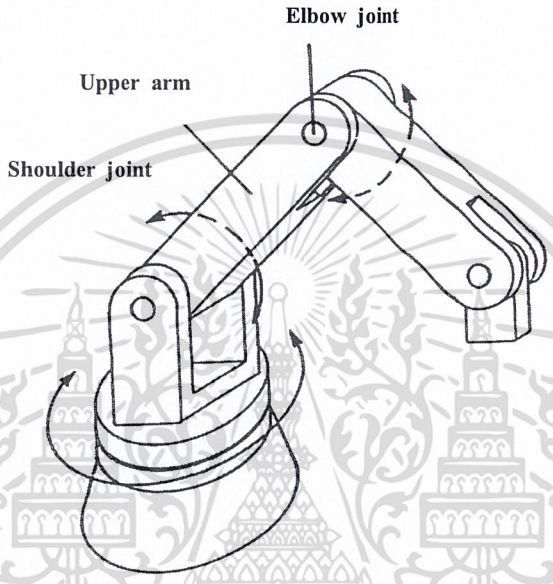


รูปที่ 2.4 แบบที่มีการเคลื่อนไหวในระบบพิกัดทรงกระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) หุ่นยนต์ที่มีลักษณะแขนเป็นข้อต่อ

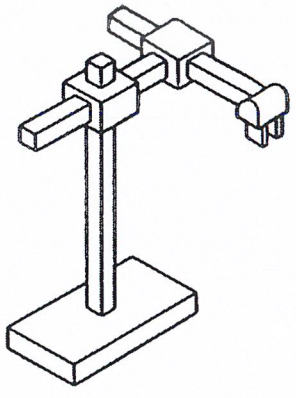
หุ่นยนต์ประเภทนี้ จะเลียนแบบลักษณะแขนของมนุษย์โดยส่วนต่างๆ สามารถยืดหดได้ เช่นเดียวกับส่วนหัวไหล่ ตัวแขน ข้อศอก และข้อมือ ทำให้การเคลื่อนที่คล่องตัว โดยจะมีรัศมีกวาดได้เป็นลักษณะรูปครึ่งทรงกลม (ดังรูปที่ 2.5)



รูปที่ 2.5 แบบการเคลื่อนไหวในลักษณะข้อต่อ

4) หุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน

หุ่นยนต์ประเภทนี้จะเคลื่อนที่ได้ใน 3 แกนหลัก คือ แกน x, แกน y และแกน z ของระบบพิกัดคาร์ทีเซียน ดังนั้นขอบเขตรัศมีการกวาดของมือจะเป็นรูปกรอบสี่เหลี่ยม (ดังรูปที่ 2.6)



รูปที่ 2.6 แบบของหุ่นยนต์ในระบบกพิกัดคาร์ทีเซียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นหุ่นยนต์ในลักษณะใด งานหลักของหุ่นยนต์ก็คือการจัดการกับเป้าหมาย โดยจะใช้ส่วนที่อยู่ปลายสุดของแขนเป็นตัวจัดการ ส่วนนี้จะทำหน้าที่คล้ายมือของมนุษย์มีชื่อเฉพาะว่า "End Effector" ดังนั้นในการนำไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงความสามารถของส่วนนี้เป็นหลัก โดยปกติแล้วหลักการเคลื่อนที่ของส่วนมือหรือ End Effector นี้จะทำได้ใน 6 ระดับขั้นความเสรี (Degree of Freedom) ซึ่งจะทำให้คล้ายกับการทำงานของมือมนุษย์

2.3.2 การแบ่งประเภทของแขนกลโดยอาศัยทางเดินของแขนกล

การควบคุมทางเดินของแขนกลแบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ

1) การควบคุมแบบจุด (Point – To –Point Control)

2) การควบคุมแบบต่อเนื่อง (Continuous Path Control)

การควบคุมแบบจุด แขนกลจะได้รับการตั้งโปรแกรมให้หยุดที่จุดใดจุดหนึ่งและใช้จุดนั้นในการกำหนดจุดที่ต้องการจุดต่อไป แม้ว่าจะไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ระหว่างจุดให้อยู่ในระหว่างเส้นทางที่ต้องการ แต่การเคลื่อนที่ไปยังจุดที่กำหนดก็ยังถูกต้องตามที่กำหนด ในทางตรงข้ามที่ควบคุมแบบต่อเนื่อง จะสามารถเคลื่อนที่ตามเส้นทางต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

การควบคุมแบบจุดจะมีความแม่นยำสูงมาก ทั้งในแง่ความเที่ยงตรง และการทำงานซ้ำๆ แม้ว่าการควบคุมแบบต่อเนื่องจะเคลื่อนไหวได้นุ่มนวลกว่าในเส้นทางที่ได้ระบุไว้ แต่ก็มีข้อเสียในด้านความเร็ว ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของจังหวะการเคลื่อนที่ที่คำนวณโดยคอมพิวเตอร์ในลักษณะเวลาจริง (Real Time) ข้อเสียนี้จะทำให้ความเร็วของการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องลดลงถึง 15-25 % และประสิทธิภาพการทำงานจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแขนกลตัวเดียวกันที่ควบคุมแบบจุด

2.4 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สามารถแบ่งการเคลื่อนที่ออกได้ 2 ส่วน คือ

2.4.1 การเคลื่อนที่ของตัวและแขน (Body and Arm)

การเคลื่อนที่ของตัวและแขนแบ่งตามลักษณะของข้อหมุนได้ดังนี้ คือ

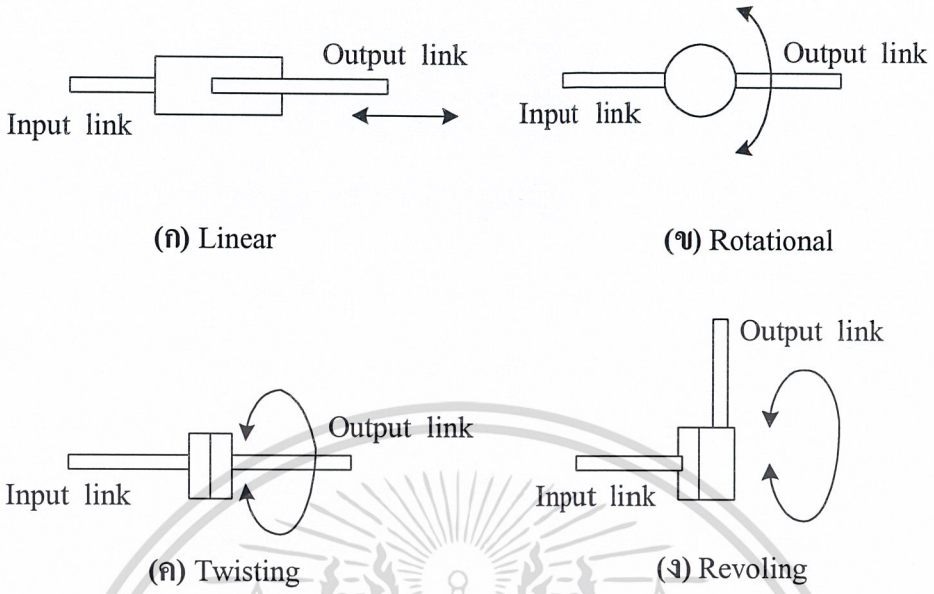
1) การเคลื่อนที่แบบเส้นตรง (Linear)

2) การเคลื่อนที่แบบหมุนรอบจุดหมุน (Rotational)

3) การเคลื่อนที่แบบบิดรอบจุดหมุน (Twisting)

4) การเคลื่อนที่แบบหมุนตั้งฉาก (Revolving)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



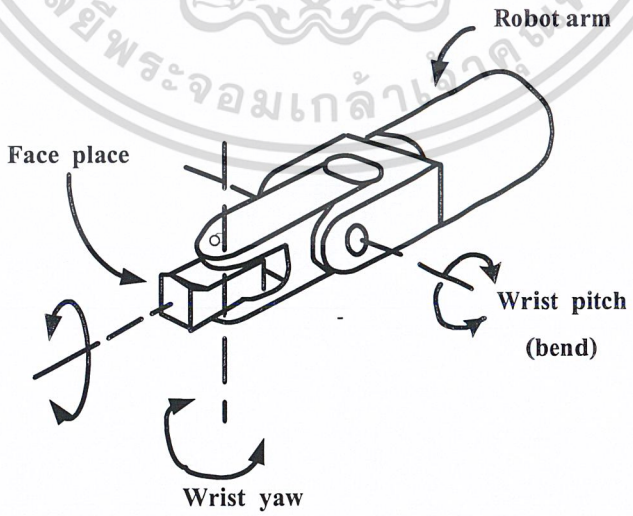
รูปที่ 2.7 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนแบบต่างๆ

2.4.2 การเคลื่อนที่ของมือ

1) หมุน (Roll) บางครั้งเรียกว่า Swival ข้อมือหมุนรอบแกนของแขน

2) บิด (Pitch) บางครั้งเรียกว่า Bend ข้อมือยกขึ้นลงในแนวดิ่ง

3) ส่าย (Yaw) หมายถึง บิดไปมาทางซ้ายและขวาของแกนมือ



รูปที่ 2.8 การเคลื่อนที่ของมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 มือ (End Effector)

End Effector หรือ “มือ” หุ่นยนต์นี้เป็นอุปกรณ์ที่หุ่นยนต์ใช้ทำงานจริง (ส่วนแขนนั้นใช้เพื่อเลื่อนตำแหน่งมือนี้ให้อยู่ในจุดที่ต้องการเท่านั้น) งานส่วนนี้ที่ทำ อาทิเช่น การหยิบจับชิ้นส่วน การบัดกรีตามจุด การพ่นสี ฯลฯ ดังนั้นลักษณะของส่วนนี้จึงต่างกันออกไป สุดแท้แต่จินตนาการของผู้ออกแบบ ซึ่งต้องออกแบบให้เหมาะกับงานแต่ถ้าจะมีการแบ่งกันเป็นชนิดแล้ว“End Effector” นี้จะออกได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ แบบมือจับ (Gripper) แบบมือที่เป็นอุปกรณ์ (Tool as End Effector)

2.5.1 นิ้วมือ (Gripper)

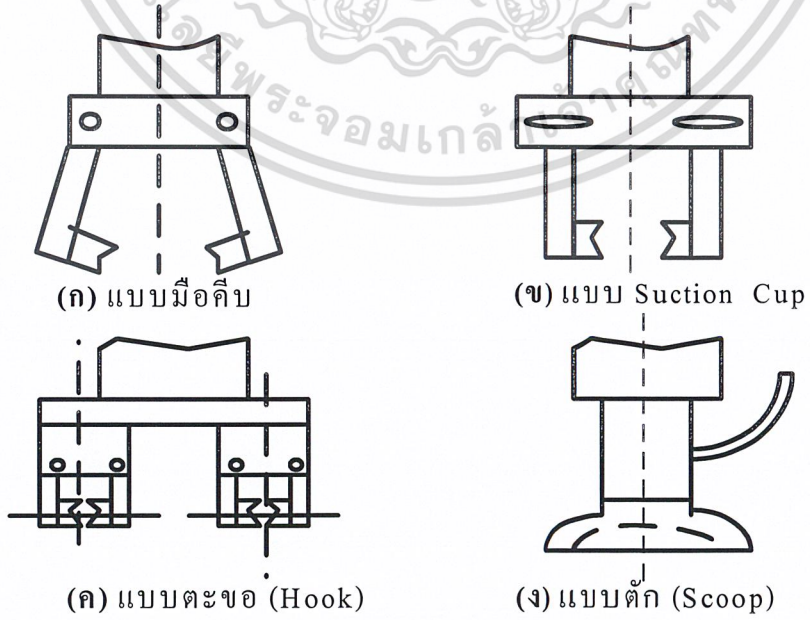
Gripper นี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้จับชิ้นส่วนหรือเครื่องมือ โดยการออกแบบมีได้หลายลักษณะทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น

1) แบบมือคีบ (อาศัยแรงเสียดทานในการจับ) ใช้งานได้กับวัสดุทุกประการ แต่หากเป็นวัสดุบอบบางอาจต้องมีอุปกรณ์อื่นช่วยเสริม

2) แบบ Suction Cup อาศัยคุณสมบัติการทำให้เกิดภาพสุญญากาศ เป็นตัวดึงชิ้นงานใช้ได้กับวัตถุผิวเรียบเท่านั้น

3) แบบตะขอ (Hook) สำหรับเกี่ยวของ เช่น ของที่อยู่บนสายพาน ฯลฯ

4) แบบตัก (Scoop) สำหรับการลำเลียงของที่เป็นของเหลวหรือฝุ่นผงตัวอย่าง Gripper แบบต่างๆ แสดงไว้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ลักษณะของนิ้วมือแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 มือที่เป็นอุปกรณ์ (Tool as End Effector)

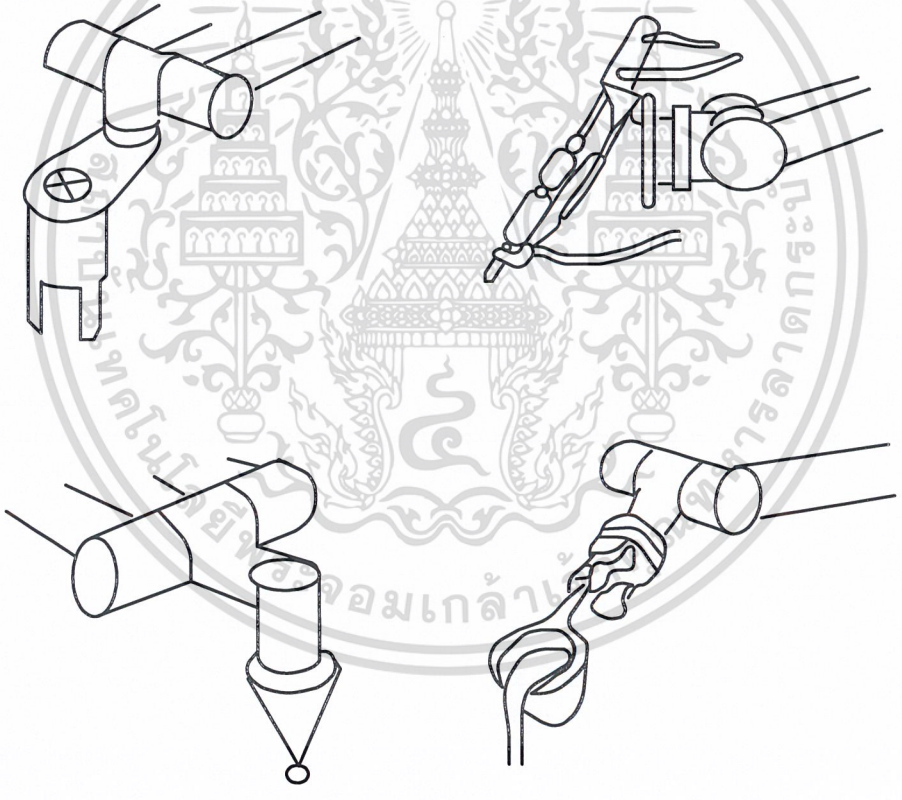
เนื่องจาก Gripper มีข้อจำกัดใช้ได้เฉพาะกับงานหยิบจับวัสดุนั้น แต่การใช้งานของหุ่นยนต์มีขอบเขตกว้างขวาง จึงได้มีการออกแบบอุปกรณ์ใช้งานติดเข้าไปในส่วนปลายหรือส่วนมือนี้เพื่อใช้ในการทำงานโดยอาจจะเป็นอุปกรณ์ที่ยึดติดตายหรืออาจถอดเปลี่ยนได้ ก็แล้วแต่การออกแบบ ตัวอย่างของมือที่เป็นอุปกรณ์นี้มีมากมาย อาทิเช่น

1) ติดอุปกรณ์เชื่อมเฉพาะจุด (Spot Welding Gun)

2) ติดอุปกรณ์พ่นสี (Spray Paint Gun)

3) ติดอุปกรณ์สว่าน (Drilling Spindle)

ตัวอย่างของมือที่เป็นอุปกรณ์นี้แสดงไว้ในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ลักษณะของมือที่เป็นอุปกรณ์แบบต่างๆ

2.6 การสั่งงาน

การสั่งงานให้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมทำงานตามที่กำหนดนี้ อาจทำได้หลายลักษณะ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 การสั่งงานแบบ Manual

การสั่งงานแบบนี้เป็นการสั่งงานที่ง่ายที่สุด และใช้กันมากในการสั่งงานให้หุ่นยนต์ทำงานแบบจากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่ง (Point-to-Point) โดยวิธีการจะเป็นการเคลื่อนแกนต่างๆ ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยการกดปุ่มบังคับ ดังนั้นลักษณะนี้จึงคล้ายกับการ Set Up มากกว่าการโปรแกรม กล่าวคือมีการเคลื่อนที่ไปยังจุดเริ่มต้นแล้วก็กำหนดค่าไว้ จากนั้นก็เคลื่อนไปยังตำแหน่งต่อไปแล้วกำหนดค่าไว้ ฯลฯ โดยค่าที่กำหนดไว้นี้จะเก็บไว้ในหน่วยความจำเรียกออกมาใช้ได้ในภายหลัง

2.6.2 การสั่งงานแบบ Lead Through

การสั่งงานแบบนี้คล้ายๆ กับการจับมือหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปตามแนวที่ต้องการในลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องแล้วจึงจะเก็บค่าตำแหน่งต่างๆ ที่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับความเร็วที่เคลื่อนที่ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้ เนื่องจากข้อจำกัดในแง่เทคนิค (อาทิเช่น ระบบเกียร์ ฯลฯ) ดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นอุปกรณ์ซึ่งเลียบแบบขนหุ่นยนต์โดยสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ได้ (ดังรูปที่ 2.9) อุปกรณ์นี้มีชื่อเรียกว่า Robot Simulator ซึ่งการทำงานก็ใช้หลักการข้างต้นกล่าวคือผู้สั่งงานจะทำการเลื่อนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยมีแนวทางการเคลื่อนที่กำหนดได้โดยตำแหน่งต่างๆ จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ ซึ่งพบว่าวิธีนี้เป็นการโปรแกรมโดยตรงวิธีหนึ่งซึ่งข้อเสียก็มีบ้างอาทิเช่น ความละเอียดไม่ดี ไม่สามารถกำหนดความเร็วได้ ต้องซื้อ Simulator มาเพิ่มเข้ากับระบบซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองและหากการสั่งการเกิดผิดพลาดอาจต้องทำใหม่ทั้งหมด ฯลฯ การ สั่งงานชนิดนี้ใช้มากในงานด้านการพ่นสี ชิ้นส่วนรถยนต์ อุปกรณ์ ฯลฯ

2.6.3 การสั่งงานด้วยโปรแกรม

การสั่งงานให้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมการทำงานโดยการเรียกใช้โปรแกรมสั่งงานนี้ จะเป็นการให้ข้อมูลกับหุ่นยนต์เพื่อให้แขนของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการและทำงานตามที่กำหนด โดยในปัจจุบันได้มีผู้เขียนภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อสั่งให้หุ่นยนต์ทำงานมากมายหลายภาษา โดยโปรแกรมจะถูกเขียนบนเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วส่งไปควบคุมหุ่นยนต์อีกต่อหนึ่ง

2.6.4 การประยุกต์ใช้งาน

ในการใช้หุ่นยนต์ช่วยในงานอุตสาหกรรมนี้เนื่องจากราคาค่อนข้างแพง ดังนั้นการพิจารณาตัดสินใจใช้หุ่นยนต์เหล่านี้จึงต้องพิจารณาเฉพาะงานที่จำเป็น เช่น

1) งานที่อันตราย หรืองานที่มนุษย์ทำไม่สะดวก เช่น บริเวณที่มีรังสี สารพิษ ฯลฯ

2) งานที่ต้องทำซ้ำบ่อย ซึ่งหากมนุษย์ทำอาจผิดพลาดได้ง่าย เพราะเป็นงานที่น่าเบื่อ

3) ใช้ในงานที่ต้องการความสามารถเฉพาะ เช่น งานยกของหนัก งานต้องการความละเอียด

4) ใช้ในงานที่ต้องทำต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยลักษณะของงานที่ใช้มากก็อาทิเช่น

1) งานหยิบจับชิ้นวัสดุ

2) งานเชื่อม ไม่ว่าเป็นแบบเชื่อมจุด (Spot Welding) หรือเชื่อมแบบต่อเนื่อง (Arc Welding)

3) การพ่นสารซึ่งอาจมีกลิ่น มีเสียงรบกวน เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

4) การประกอบชิ้นงาน

5) งานตรวจเช็ค (Inspection)

ข้อดีของการใช้หุ่นยนต์มีมากมาย อาทิเช่น

1) ความปลอดภัย งานที่อันตรายสามารถใช้หุ่นยนต์ทำได้

2) ความสม่ำเสมอของงานดี เมื่อโปรแกรมแล้วก็จะทำตามขั้นตอนด้วยความเร็วที่กำหนด

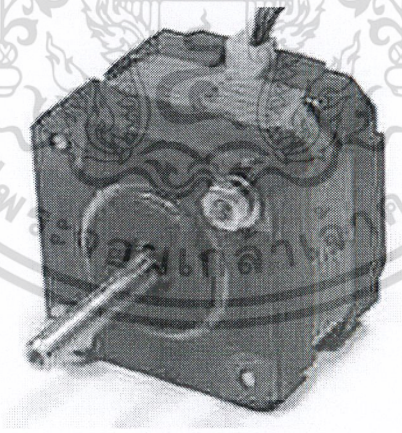
3) ใช้พลังงานน้อยเพราะการใช้หุ่นยนต์อาจไม่ต้องสนใจระบบถ่ายเทอากาศ

4) เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน เช่น งานเสร็จเร็วกว่าใช้แรงงานคน

5) ใช้วัสดุน้อย เช่น งานพ่นสี จะทำอย่างคงเส้นคงวา ทำให้ประหยัดสี

แต่ขอบเขตในการประยุกต์ใช้งานจริงแล้วขึ้นอยู่กับจินตนาการของผู้นำไปใช้งานมากกว่า

2.7 ทฤษฎีของสเต็ปปิ้งมอเตอร์



รูปที่ 2.11 ลักษณะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลในรูปการหมุน โดยมีโครงสร้างทั่วไปประกอบด้วยส่วนที่อยู่กับที่เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) และส่วนที่เคลื่อนที่ได้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ในสเต็ปปิ้งมอเตอร์มุมที่หมุนไปได้นั้นจะมีค่าเท่าๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า สเต็ป โดยจำนวนสเต็ปที่หมุนไปได้นั้นขึ้นอยู่กับจำนวนของสัญญาณเข้าที่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นพัลส์ต่อๆ กัน ส่วนทิศทางในการหมุนของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับทิศทางการกระตุ้นจากพัลส์ว่ามีทิศทางทวนเข็มนาฬิกาหรือตามเข็มนาฬิกา และความเร็วในการหมุนจะขึ้นอยู่กับความถี่ในการกระตุ้นของพัลส์

ข้อดีของสเตปปิ้งมอเตอร์

1) มีการทำงานที่เที่ยงตรง และสามารถต่อเชื่อมเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์ได้ง่าย

2) โรเตอร์มีโมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of inertia)

3) ควบคุมการทำงานได้ง่ายโดยการใช้วงจรเชิงเลข (Digital Electronics), คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC), ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) และระบบควบคุมเชิงเลขที่โปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) เป็นต้น

4) สามารถทำงานได้ทั้งระบบเปิด (Open Loop) และระบบปิด (Close Loop)

5) ไม่สร้างสนามเหล็กที่จะไปรบกวนระบบอื่นๆ รอบข้าง

ข้อเสียของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

1) ประสิทธิภาพในการทำงานค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับมอเตอร์ชนิดอื่นๆ

2) ต้องการตัวควบคุมความถี่ของพัลส์ที่จ่ายกระแสให้กับลวดตัวนำเพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์

3) โมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of Inertia) ของโหลดที่จะขับได้ต้องมีค่าไม่เกิน 4 เท่าของโมเมนต์ความเฉื่อยที่โรเตอร์

4) มีเสียงรบกวนเมื่อใช้งานที่ความถี่สูงๆ

คุณลักษณะบางประการของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

1) แรงบิดคงค่า (Holding Torque) : คือแรงต้านการบิดสูงสุดที่สามารถทำให้มอเตอร์กำลังหมุนหยุดหมุน

2) แรงบิดหน่วง (Detent Torque) : คือแรงบิดสูงสุดที่สามารถทำให้โรเตอร์ของมอเตอร์ที่ยังไม่ทำงานไม่มีการหมุน ค่าแรงบิดหน่วงนี้พบเฉพาะในมอเตอร์ที่มีแกนโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร

3) มุมในการหมุน (Step Angle) : คือมุมที่สเต็ปปิงมอเตอร์หมุนได้ตามปกติเมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับลวดตัวนำในสเตเตอร์ โดยค่าของมุมขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์นั้นๆ

4) ความเที่ยงตรงของมุมในการหมุน (Step Angle Accuracy) : คือค่าเปอร์เซ็นต์ที่เกินหรือขาดของค่ามุมในการหมุนปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ค่าความต้านทานต่อหนึ่งขดลวด (Resistance per Winding) : เป็นตัวกำหนดว่าจะมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำ โดยยิ่งค่าความต้านทานมีค่าน้อยกระแสก็จะไหลได้มาก ทำให้มอเตอร์มีค่าแรงบิดมากเพราะแรงบิดมีค่าแปรตามกระแส

6) ค่าความเหนี่ยวนำต่อหนึ่งขดลวด (Inductance per Winding) : เป็นตัวบอกความเร็วในการเพิ่มขึ้นของปริมาณกระแสให้ถึงค่าที่ระบุไว้ของลวดตัวนำเมื่อมีการจ่ายกระแสให้ ถ้าค่าความเหนี่ยวนำนี้มีค่ามากการเพิ่มของกระแสก็จะใช้เวลามาก ทำให้การทำงานที่มีความเร็วรอบสูงๆ ไม่ดีเท่าที่ควร

7) ความเฉื่อยที่โรเตอร์ (Rotor Inertia) : เป็นตัวที่ใช้ในการคำนวณหาความเร็วของมอเตอร์

8) แรงบิดดึงเข้า (Pull in Torque) : เป็นค่าแรงบิดที่กระทำต่อมอเตอร์ที่ยังสามารถทำให้มอเตอร์เริ่มหมุนและหยุดหมุนได้ด้วยตัวเองตามจังหวะการกระตุ้นของพัลส์โดยไม่มีการข้ามจังหวะ

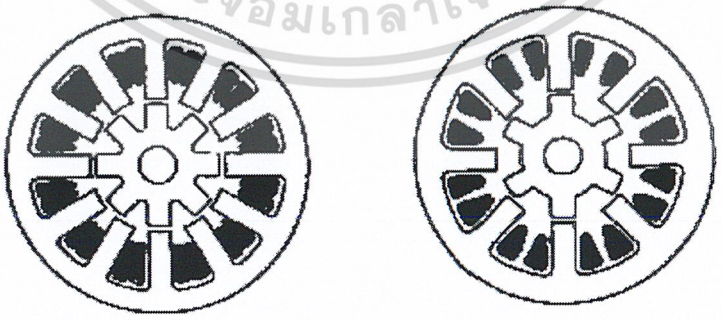
9) แรงบิดดึงออก (Pull in Torque) : เป็นค่าแรงบิดสูงสุดที่กระทำต่อมอเตอร์ขณะที่หมุนโดยไม่ทำให้มอเตอร์หยุดหมุนและไม่มีการหมุนข้ามจังหวะ

10) ค่าความถี่ในการหมุนสูงสุด (Maximum Starting Frequency) : เป็นค่าความถี่สูงสุดของพัลส์ที่ทำให้มอเตอร์หมุนได้โดยไม่ข้ามจังหวะ

2.8 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

สามารถแยกตามลักษณะโครงสร้างได้ดังต่อไปนี้ คือ

2.8.1 แบบปรับค่าความต้านทานแม่เหล็กไฟฟ้าได้ (Variable Reluctance : VR)



รูปที่ 2.12 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบปรับค่าความต้านทานแม่เหล็กได้

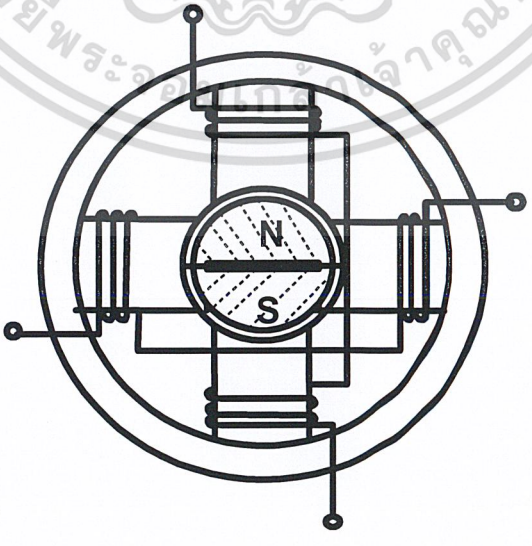
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับขดลวดเหล่านี้จะทำให้กิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นโดยมีฟลักซ์ (Flux) เกี่ยวข้องกันระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์ ฟลักซ์แม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงบิด (Torque) เพื่อทำให้โรเตอร์หมุนไปยังตำแหน่งที่มีค่าความต้านทานแม่เหล็ก (Reluctance) น้อยที่สุด นั่นคือบริเวณที่มีช่องว่างระหว่างสเตเตอร์กับโรเตอร์น้อยที่สุด

จากรูปที่ 2.12 จะเห็นว่าในสภาวะเริ่มต้นซี่ฟันบนโรเตอร์จะทำมุม 15 องศา กับขั้วของสเตเตอร์ดังนั้นเมื่อขดลวดตัวนำมีกระแสไหลก็จะทำให้โรเตอร์หมุนไป 15 องศา คือตำแหน่งที่โรเตอร์อยู่ในแนวเดียวกันกับขั้วของสเตเตอร์ การที่จะทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนอย่างต่อเนื่องก็คือการจ่ายกระแสให้กับลวดตัวนำเรียงลำดับกันไป โดยถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกาก็ต้องจ่ายกระแสให้กับขดลวด A, B, C, D ตามลำดับ และถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาก็ต้องจ่ายกระแสในทิศทางตรงข้าม คือ D, C, B, A เป็นต้น สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีค่าแรงบิดหน่วง (Detain Torque) ต่ำทำให้ไม่เป็นที่นิยมนำมาขับโหลดที่มีค่ามากๆ

2.8.2 แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnetic : PM)

มีโรเตอร์ที่ทำมาจากแม่เหล็กถาวรมีขั้วแม่เหล็กเหนือ-ใต้ ตรงข้ามกันในลักษณะตั้งฉากกับแกนการหมุนของโรเตอร์ ส่วนของสเตเตอร์มีลักษณะคล้ายกับแบบปรับค่าความต้านทานแม่เหล็กได้ (VR) ทำให้มอเตอร์ชนิดนี้มีค่าแรงบิดหน่วงมากพอที่จะรับโหลดไว้ได้โดยไม่มีการหมุนในขณะที่ไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับลวดตัวนำในสเตเตอร์ การทำให้มอเตอร์หมุนใช้หลักการเดียวกันกับมอเตอร์แบบปรับค่าความต้านทานแม่เหล็กได้ (VR) ดังนั้นยิ่งจำนวนขั้วของแม่เหล็กมีค่ามากเท่าใดมุมที่หมุนได้ในแต่ละสเต็ปก็จะมีค่าน้อยเท่านั้น

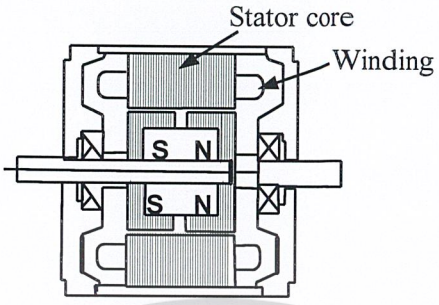


รูปที่ 2.13 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.8.3 แบบไฮบริด (Hybrid Stepping Motor)



รูปที่ 2.14 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริด

เป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะการทำงานผสมระหว่างมอเตอร์แบบปรับค่าความต้านทานแม่เหล็กได้ (VR) กับแบบแม่เหล็กถาวร (PM) โดยโรเตอร์ทำมาจากแม่เหล็กถาวรโดยขั้วแม่เหล็กเหนือ-ใต้ในทิศทางเดียวกันกับแกนหมุนของโรเตอร์ ส่วนที่สเตเตอร์จะมีลักษณะขั้วเหมือนมอเตอร์ชนิด VR และ PM แต่การเชื่อมต่อและการพันลวดตัวนำจะมีความแตกต่างกัน โดยในมอเตอร์แบบไฮบริดจะนำลวดตัวนำที่มีเฟสแตกต่างกันมาพันบนขั้วสเตเตอร์เดียวกันซึ่งเรียกการพันแบบนี้ว่าแบบไบไฟล่าร์ (Bifilar) ดังนั้นในการทำงานของแต่ละขั้วจะเกิดจากการทำงานของลวดตัวนำที่มากกว่าหนึ่งเฟส ลักษณะเช่นนี้ทำให้มอเตอร์แบบไฮบริดมีแรงบิดหน่วงที่มากและมีความละเอียดของมุมในการหมุนมาก

2.9 รูปแบบการในการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

2.9.1 การจ่ายกระแสให้กับขดลวดตัวนำของขั้วสเตเตอร์ครั้งละขด

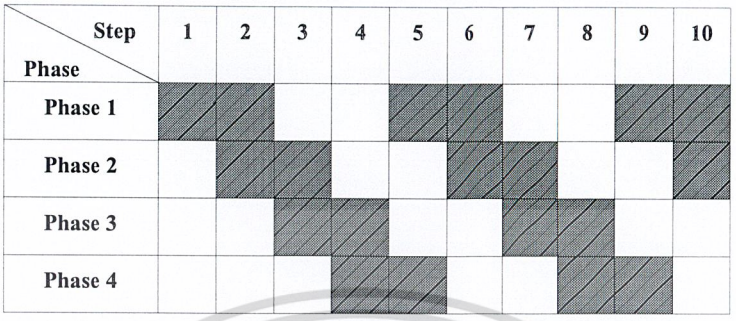
Step / Phase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Phase 1	■				■				■	
Phase 2		■				■				■
Phase 3			■				■			
Phase 4				■				■		

รูปที่ 2.15 การทำงานแบบเฟสเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43200

2.9.2 แบบเฟสคู่ (Two Phase Excitation)



รูปที่ 2.16 การทำงานแบบเฟสคู่

ทำการจ่ายกระแสให้ลวดตัวนำเป็นคู่ๆ เรียงตามลำดับ

2.10 การควบคุมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

2.10.1 แบบลูปเปิด (Open Loop)

รูปที่ 2.17 การควบคุมแบบลูปเปิด

ภาคการทำงานต่างๆ ในการควบคุมมีดังนี้

1) ภาคจัดเรียงลำดับสัญญาณ

จะทำหน้าที่ในการเรียงลำดับสัญญาณพัลส์ที่จะนำไปขับสเต็ปปิงมอเตอร์ให้มีทิศทางตามที่ต้องการ โดยอาจสร้างมาจากวงจรเชิงตรรกะ (Logic Eletronics) ต่างๆ เช่น ฟลิปพลอป (Flip Flop), ลอจิกเกท (Logic Gate) เป็นต้น แต่แบบที่นิยมคือใช้หน่วยประมวลผลประเภทไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor), ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) หรือคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) ให้ทำการสร้างลำดับสัญญาณขึ้นมา ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายและมีความยุ่งยากน้อยกว่าการสร้างจากวงจรเชิงตรรกะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ภาคขยายสัญญาณ

เนื่องจากสัญญาณที่ออกมาจากวงจรเรียงลำดับพัลส์มีค่าต่ำไม่สามารถจะนำไปขับมอเตอร์ที่มีความต้องการกระแสสูงๆ ได้ จึงต้องใช้วงจรในการขยายกระแสให้มีปริมาณที่มากพอที่จะสามารถขับมอเตอร์ได้ วงจรที่นิยมใช้ในการขับมอเตอร์มี 2 ชนิด คือ

2.1) วงจรขับขั้วเดี่ยว (Unipolar Drive Circuit)

วงจรขับขั้วเดี่ยวนิยมใช้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่าความต้านทานแม่เหล็กได้(VR) โดยใช้ทรานซิสเตอร์ (Transistor) เป็นตัวปิดเปิดสัญญาณให้กระแสไหลหรือไม่ไหลไปยังลวดตัวนำ โดยถ้าทำการจ่ายกระแสที่ขาเบส (Base) ให้มีค่าสูงพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์อิ่มตัว (Satuate) จะทำให้มีกระแสไหลผ่านขาคอลเลคเตอร์ (Collector) ไปยังขาอิมิตเตอร์ (Emitter) เพื่อผ่านไปยังลวดตัวนำ ในขณะที่ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะอิ่มตัวนี้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดจะมีค่าประมาณแรงดันไฟเลี้ยง วงจร ดังนั้นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงจะต้องมีค่าไม่มากเกินที่จะทำให้มีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำเกินพิกัดที่ลวดตัวนำทนได้ คือ

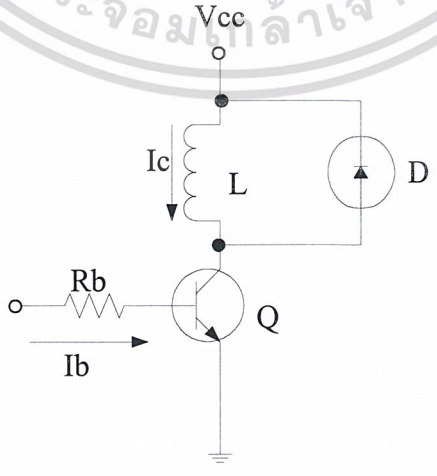
$$Vs = I(r + R) \tag{2.1}$$

เมื่อ Vs = ค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (Volt)

I = ค่ากระแสสูงสุดที่ขดลวดทนได้ (Ampere)

r = ความต้านทานในลวดตัวนำ (Ω)

R = ความต้านทานช่วยจำกัดกระแส (Resistance)



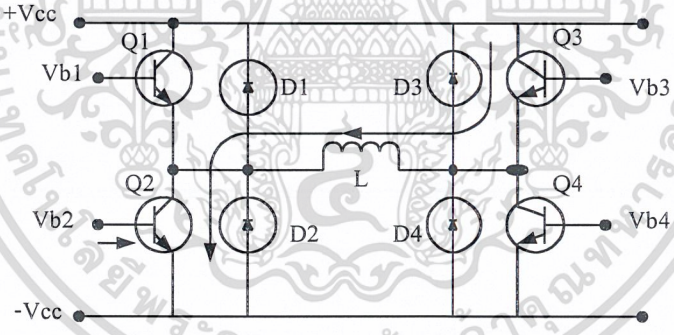
รูปที่ 2.18 วงจรขับกระแสแบบขั้วเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

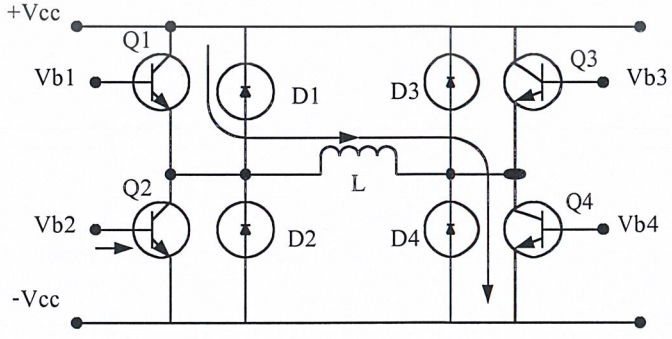
เมื่อหยุดจ่ายกระแสให้กับขาเบสก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแสแต่กระแสที่ยังไหลผ่านขดลวดไม่สามารถหยุดไหลได้ในทันทีทันใด เนื่องจากคุณสมบัติความเหนี่ยวนำ (Inductance) ในขดลวด ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมระหว่างขาคอลเลคเตอร์และขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ เกิดกระแสไหลเป็นจำนวนมากทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้ เราสามารถป้องกันการไหลของกระแสจำนวนนี้ผ่านทรานซิสเตอร์ได้โดยการนำกระแสให้ไหลไปในอีกทิศทางหนึ่ง จากการต่อวงจรที่เรียกว่า Free Wheeling Circuit ซึ่งอาจประกอบด้วยตัวความ ต้านทาน และไดโอด (Diode) เพื่อให้กระแสไหลผ่านได้ทิศทางเดียว

2.2) วงจรขับสองขั้ว (Bipolar Drive Circuit)

วงจรขับสองขั้วนิยมใช้กับมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรและแบบไฮบริดใช้ทรานซิสเตอร์ควบคุม 4 ตัว โดยในขณะทำงานทรานซิสเตอร์จะนำกระแสหนึ่งคู่ ในขณะที่อีกคู่หนึ่งไม่นำกระแส ทำให้ทิศทางของกระแสที่จะไหลผ่านขดลวดมีทิศทางตรงข้ามกัน โดยขณะที่ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 นำกระแสจะทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดในทิศทางจากซ้ายไปขวา ต่อมาเมื่อทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 นำกระแสบ้างกรแสจะไหลจากขวาไปซ้าย แต่ในการขับมอเตอร์แบบนี้จะต้องใช้แหล่งจ่ายไปที่มีขั้วตรงข้ามกัน



(ก) Q2 และ Q3 นำกระแส

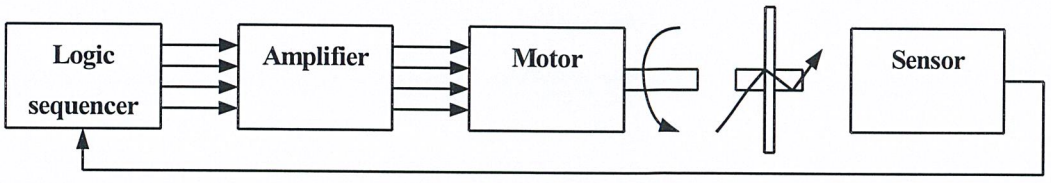


(ข) Q1 และ Q4 นำกระแส

รูปที่ 2.19 วงจรขับกระแสแบบสองขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 แบบลูปปิด (Close Loop)

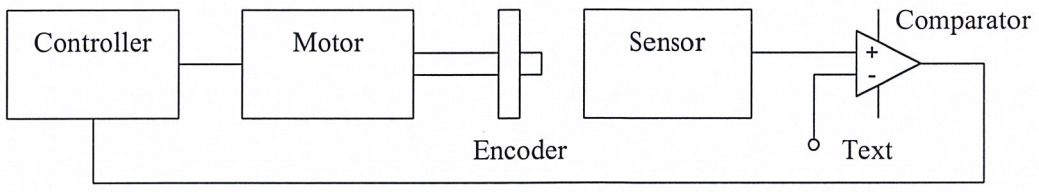


รูปที่ 2.20 การควบคุมแบบลูปปิด

เป็นวิธีการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีการตรวจสอบว่ามอเตอร์ได้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยใช้ตัวตรวจจับ (Sensor) ทำหน้าที่ตรวจจับตำแหน่งของมอเตอร์แล้วส่งผลไปยังวงจรเปรียบเทียบเพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้ ถ้าค่าที่ส่งกลับมามีค่าน้อยกว่าที่กำหนดไว้ วงจรเปรียบเทียบก็จะทำการกระตุ้นให้วงจรเรียงลำดับสัญญาณ (Logic Sequencer) ปล่อยพัลส์ออกมาขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์อีกเพื่อให้มอเตอร์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้ ในการควบคุมมอเตอร์แบบนี้จึงมีความแม่นยำสูงกว่าจะต้องนำไปขับโหลดที่มีค่ามากๆ ก็ตาม สามารถเขียนแผนภาพการควบคุมแบบลูปปิดได้ดังนี้

2.11 การหาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด (Opto-Interrupter)

ประกอบส่วนต่างๆ 3 ส่วน คือ ตัวส่งแสง (Transmitter) เช่น พวกไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวรับแสง (Receiver) เช่น โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor), แผ่นกั้นแสง โดยแผ่นกั้นแสงที่มีส่วนสีดำ 1 ชิ้น จะถูกนำมาวางไว้ระหว่างตัวส่งแสงและตัวรับแสง ดังนั้นแสงจะสามารถผ่านจากตัวส่งแสงไปยังตัวรับแสงได้จนกระทั่งมีแถบสีนำมาบังไว้ สัญญาณที่ตัวรับแสงจะมีลักษณะมีกระแสไหลหรือไม่มีกระแสไหลเหมือนการทำงานเป็นสวิตช์ ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกนำไปควบคุมให้มอเตอร์หมุนหรือหยุดหมุน



รูปที่ 2.21 การหาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบุตำแหน่งของมอเตอร์ จากการใช้ตัวบอกรหัส (Encoder) มี 2 ชนิด คือ

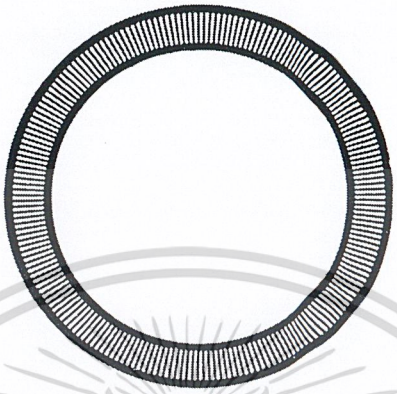
1) แบบสัมบูรณ์ (Absolute Encoder)

เป็นตัวบอกรหัสที่ให้ตำแหน่งที่ถูกต้องของมอเตอร์ทันทีที่มีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับตัวรับส่งแสง ดังนั้นตำแหน่งของมอเตอร์ที่ได้จากตัวบอกรหัสจะมีความถูกต้องอยู่ตลอดเวลา ข้อดีของตัวบอกรหัสแบบสัมบูรณ์ คือ ถึงแม้ว่าพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวส่งและตัวรับแสงจะหายไป แต่ก็ยังสามารถบอกตำแหน่งของมอเตอร์และส่งข้อมูลไปได้ทันทีที่มีพลังงานไฟฟ้าจ่ายให้ นั่นคือมีคุณสมบัติในการจดจำตำแหน่งได้ ลักษณะของจานบอกรหัสแบบสัมบูรณ์คือมีการแบ่งพื้นที่ของจานตามเส้นรอบวงเป็นช่องๆ เรียกว่า แทรค (Tracks) และตามแนวรัศมี เรียกว่า เซคเตอร์ (Sector) โดยค่ารหัสที่อ่านได้จากตัวรับแสงขึ้นอยู่กับการจัดเรียงของแทรคและเซคเตอร์เหล่านี้ ซึ่งมีการจัดเรียงแบบต่างๆ กันเช่น แบบรหัส BCD (Binary Code Decimal), แบบรหัสเกรย์ (Gray Code) เป็นต้น การบอกรหัสแบบสัมบูรณ์นี้จะให้ตัวรับและส่งแสงเป็นจำนวนเท่ากับจำนวนของแทรคที่ได้แบ่งไว้ ดังนั้นหากต้องการความละเอียดในการบอกตำแหน่งมากๆ จะต้องทำการแบ่งแทรคและเซคเตอร์ให้มีจำนวนมากๆ ทำให้ตัวบอกรหัสแบบนี้มีราคาแพงและมีขนาดค่อนข้างใหญ่

รูปที่ 2.22 ตัวอย่างของตัวบอกรหัสแบบสัมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แบบเพิ่มค่า (Incremental Encoder)



รูปที่ 2.23 ตัวอย่างของตัวบอกรหัสแบบเพิ่มค่า

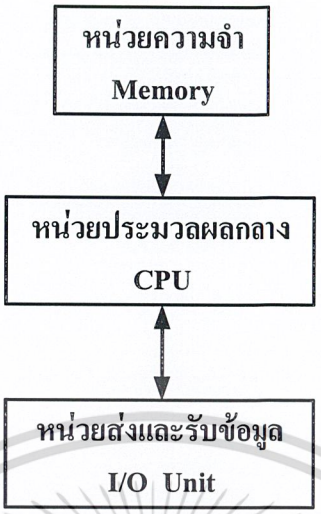
ตัวบอกรหัสแบบเพิ่มค่านิยมใช้มากกว่าแบบสัมบูรณ์เนื่องจากมีขนาดเล็กกว่าและราคาไม่แพงมากส่วนมากใช้ในการควบคุมตำแหน่งข้อต่อต่างๆ ในหุ่นยนต์ ส่วนประกอบของตัวบอกรหัสแบบนี้คล้ายกับแบบสัมบูรณ์จะต่างกันตรงที่มีลักษณะของจาน โดยจะทำเป็นช่องเล็กๆ ตามแนวรัศมีของจานเป็นจำนวนมาก โดยถ้ายิ่งมีจำนวนมากก็จะยิ่งมีความละเอียดมาก ข้อดีของตัวบอกรหัสแบบเพิ่มค่าคือสามารถทำให้มีความละเอียดมากๆ ได้ง่าย แต่มีข้อเสียคือถ้าพลังงานที่จ่ายให้กับตัวรับและตัวส่งแสงหยุดทำงานจะต้องมีการปรับแต่งค่าเริ่มต้นใหม่เนื่องจากไม่สามารถจดจำตำแหน่งได้

2.12 ทฤษฎีของพอร์ตขนาน

2.12.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของระบบคอมพิวเตอร์

โครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยพื้นฐานส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้ หน่วยความจำ (Memory Unit), หน่วยรับและส่งข้อมูล (Input/Output) และหน่วยประมวลผลกลาง (CPU :Central Processing Unit) ซึ่งแสดงได้ตามแผนผังการทำงานดังรูปที่ 2.24 จะเห็นว่าแต่ละส่วนทำงานเกี่ยวโยงสัมพันธ์กันโดยมีการติดต่อเชื่อมโยงจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่ง แสดงให้เห็นว่ามีการเคลื่อนย้ายข้อมูลนั้นบางส่วนจะเป็นแบบทิศทางเดียว บางส่วนจะเป็นแบบสองทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แผนผังการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ทั่วไป

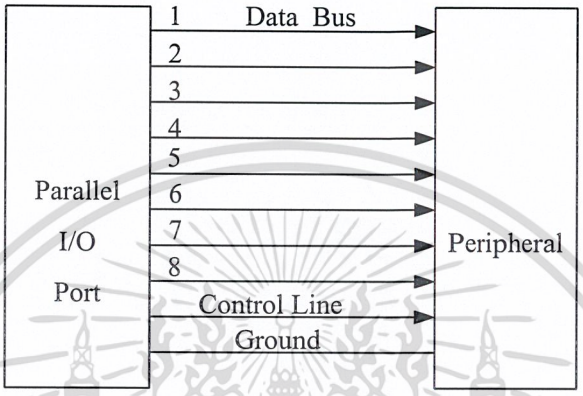
ในการพิจารณาการอินเตอร์เฟสจะพิจารณาถึงการทำงานบางส่วนของส่วนใหญ่ๆ ระบบเครื่องคอมพิวเตอร์ คือการรับและการส่งข้อมูลจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งจะต้องเกี่ยวข้องกับการทำงานด้านอื่นๆ ที่มีกระบวนการทำงานทางคณิตศาสตร์และทางลอจิกเกิดจากการทำงานของหน่วยประมวลผลกลางร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ บนแผ่นวงจรเดียวกันเช่นติดต่อกับหน่วยความจำรอม (ROM : Read Only Memory), แรม (RAM : Ramdom Access Memory) หน่วยแสดงผลจอมอนิเตอร์ (Monitor) หรืออุปกรณ์ภายนอกต่างๆ (Input/Output) ที่มาทำการเชื่อมต่อ

ข้อมูลที่จะโอนย้ายทุกข้อมูลซึ่งจะต้องมีแหล่งส่งข้อมูลและแหล่งรับข้อมูลอยู่เสมอ ซึ่งในขบวนการต่างๆ จะมีหลักสำคัญอยู่ว่าข้อมูลนั้นจะเป็นตำแหน่ง (Address) หรือข้อมูล (Data) จะส่งจากจุดไหนไปยังจุดไหน เช่นส่งจากหน่วยประมวลผลกลางไปยังหน่วยความจำหรืออุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต และจะส่งเมื่อใดขบวนการเหล่านี้ในขบวนการทั่วๆ ไปจะต้องมีสัญญาณในการตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ที่จะส่งหรือรับข้อมูลก่อนเสมอ ซึ่งจุดรับส่งข้อมูลและจุดรับข้อมูลจะต้องมีสัญญาณการตรวจสอบความพร้อมเสมอเพื่อให้ข้อมูลมีการใช้งานอย่างเป็นระเบียบ สำหรับการรับและส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ภายนอกโดยข้อมูลที่โอนย้ายไปมานั้นจะอยู่ในลักษณะของเลข ฐานสอง เช่น 0011010 เลขแต่ละตัวจะแทนด้วย 1 บิต (Bit) อาจจะเป็นขนาด 8 บิต หรือ 16 บิต ก็ขึ้นอยู่กับระบบนั้นๆ วงจรอินเตอร์เฟสนี้โดยปกติจะมีหน้าที่สำคัญอยู่ 4 ประการคือ บัฟเฟอร์ (Buffer) ถอดรหัสแอดเดรส (Address Decoding) ถอดรหัสคำสั่ง (Command Decoding) และทำหน้าที่ควบคุมและกำหนดไทม์มิง (Timing Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 การอินเตอร์เฟสแบบขนาน

การอินเตอร์เฟสแบบขนาน คือ การรับส่งข้อมูลที่ข้อมูลทุกๆ บิตจะถูกส่งออกไปพร้อมๆ กันครั้งเดียวโดยแต่ละบิตจะส่งในสายแต่ละเส้น



รูปที่ 2.25 ระบบการส่งข้อมูลแบบขนาน

ข้อดีของการรับส่งข้อมูลแบบขนานที่เด่นชัดก็คือ ความเร็วในการรับส่งถ่ายข้อมูลจะมีความเร็วสูงกว่าแบบอนุกรมมาก แต่ระยะทางที่ส่งจะสั้นกว่านอกจากสายบัสข้อมูลแล้วจังต้องมีสายส่งข้อมูลอย่างน้อย 2 เส้น ร่วมกันอีกคือ Data Ready และสายกราวด์ (Ground) ดังรูปที่ 2.25

ความจำเป็นของสายกราวด์นั้น มีไว้เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงของแรงดันไฟฟ้า เพื่อแสดงสถานะทางลอจิกของข้อมูล โดยที่ระดับแรงดันไฟฟ้าของข้อมูลจะมีเพียงลอจิก “0” กับ “1” เท่านั้น สำหรับสาย Data Ready นั้นจะเป็นตัวบอกถึงความพร้อมของตัวส่งข้อมูลว่าขณะนี้ข้อมูลพร้อมที่จะส่งแล้ว ข้อสังเกตอีกข้อหนึ่งก็คือ ในการส่งข้อมูลแบบขนานนี้ควรที่จะต้องมีสัญญาณควบคุมเพื่อใช้ควบคุมการปฏิบัติงานให้ถูกต้อง

การอินเตอร์เฟสกับเครื่องพิมพ์ (Printer) จะผ่านทางพอร์ตขนาน 8 บิต ได้ออกแบบให้สามารถที่จะใช้กับมาตรฐานพอร์ตเซนโทรนิกส์ ซึ่งมีขนาด 25 ขา พอร์ตนี้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต โดยมีกำลังขับได้ถึง 12 ทีทีแอลเอาต์พุต โดยทั่วไปปกติพอร์ตนี้จะเป็นเอาต์พุต เพื่อส่งข้อมูลให้กับเครื่องพิมพ์แต่ก็สามารถรับข้อมูลเป็นอินพุตได้เช่นกัน ซึ่งพอร์ตของเครื่องพิมพ์จะมีสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบสัญญาณซึ่งกันและกันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 วงจรอะแดปเตอร์เครื่องพิมพ์

วงจรอะแดปเตอร์เครื่องพิมพ์นี้จะเป็นวงจรพื้นฐานที่เข้าใจได้ง่าย โดยมี U6 คือ 74LS155 เป็นตัวถอดรหัส แอดเดรส เพื่อให้ได้หมายเลขพอร์ตตามต้องการ สังเกตว่า A3, A4, A5, A6, A9 ผ่าน 74LS30 เพื่อกำหนดหมายเลขพอร์ตเป็นหมายเลข 378H โดยมี EX-OR U11 เป็นตัวโปรแกรมด้วย J1 ให้เป็นพอร์ต 278H หรือ 378H เพื่อเลือก LPT2 หรือ LPT1 ซึ่งขา 9 ของ 74LS155 (U6) เป็นพอร์ตหมายเลข 378H (หรือ 278H) เอาต์พุตพอร์ตจะได้รับการแลตซ์โดยการผ่านเข้า U4 (74LS374) เป็นพอร์ตขนานให้กับเครื่องพิมพ์

สำหรับเอาต์พุตพอร์ตอีกพอร์ตหนึ่ง คือพอร์ตสถานะที่ติดต่อกับเครื่องพิมพ์จะได้รับการคงสถานะผ่าน U7 (74LS174) โดยผ่านการถอดรหัสให้เป็นหมายเลข 37AH (27AH กรณี LPT2) โดยผ่านการถอดรหัสบน U6 ออกทางขา 11

วงจรรวม U11 เป็นบัฟเฟอร์ เพื่อจะเชื่อมโยงเข้ากับระบบบัส สล็อตสำหรับอินพุตพอร์ต 3 พอร์ต ได้รับการถอดรหัสออกทางขา 5, 6, 7 หรือ U6 ซึ่งเป็นวงจรรวม 74LS244 (U3) เป็นตัวบัฟเฟอร์แบบลอจิก 3 สถานะ

ดังนั้นการอินพุตผ่านพอร์ต 378H ซึ่งจะอ่านข้อมูลผ่านพอร์ตขนานเข้ามาได้ โดยมีพอร์ต 379H และ 37AH เป็นพอร์ตอินพุตอ่านข้อมูลเข้ามาผ่านทาง 74LS125 (U10)

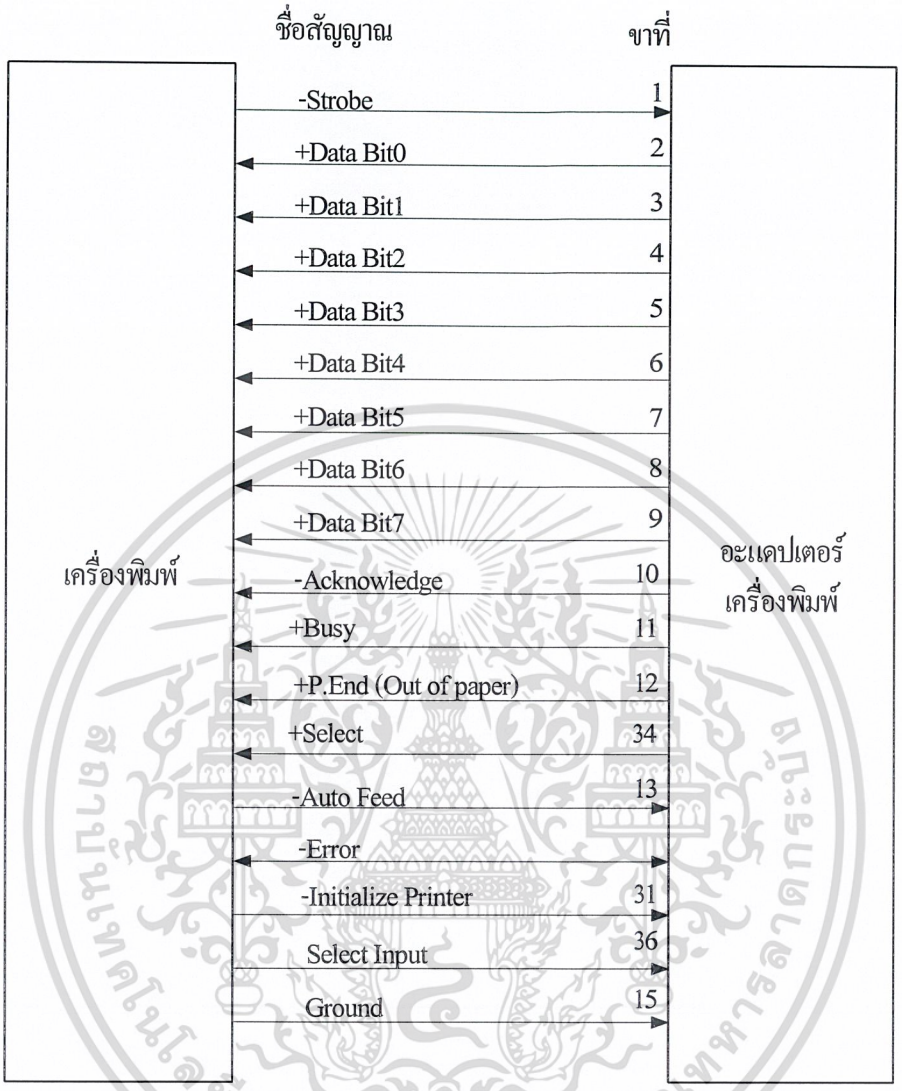
สถานะเหล่านี้จะมีไว้สำหรับการตรวจสอบสัญญาณกับเครื่องพิมพ์ ในกรณีของโมโนโคมบอร์ดจะมีการกำหนดหมายเลขพอร์ตที่แตกต่างกันออกไป แต่จะยังคงใช้วงจรเหมือนกัน

ในการใช้งานพอร์ตเครื่องพิมพ์นี้เราสามารถใช้ระบบอินเตอร์รัพท์โดยผ่านทาง IRQ 7 เพื่อให้มีการรับข้อมูลแบบ INT ผ่านเข้ามายัง 8259 เพื่อจัดการให้ไบออสได้เช่นกัน

2.15 ลักษณะของคอนเนคเตอร์

ลักษณะของคอนเนคเตอร์ที่ใช้ทำการติดต่อระหว่างพอร์ตขนานกับอุปกรณ์ภายนอกซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ แสดงดังรูปที่ 2.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 การเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์

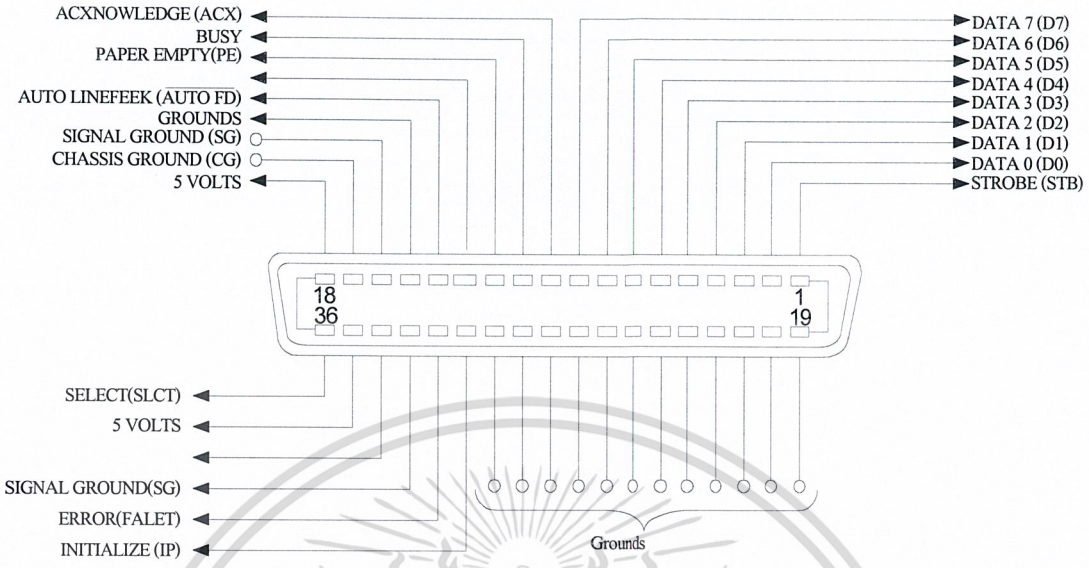
2.15.1 สัญญาณต่างๆ ของหัวต่อแบบเซ็นโทรนิกส์ (Centronics)

คอนเนคเตอร์แบบเซ็นโทรนิกส์กับสัญญาณต่างๆ จากรูปที่ 2.27 (ก) ประกอบด้วยขาทั้งหมด 36 ขาโดย ขาที่ 1 เป็นขา Strobe (STB) ขา 2-8 เป็นขารับส่งข้อมูลตั้งแต่ Data 0- Data7 ตามลำดับ

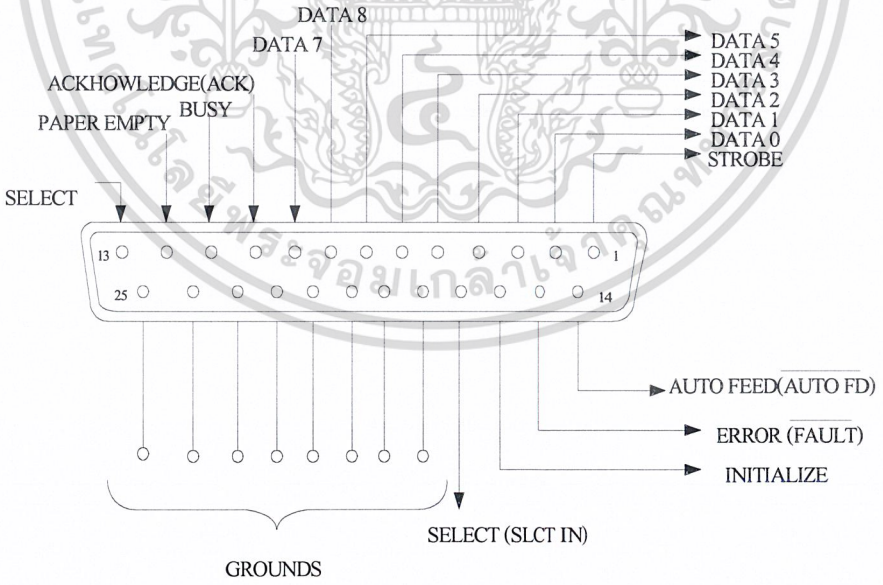
2.15.2 สัญญาณต่างๆ ของหัวต่อแบบ DB-25

คอนเนคเตอร์แบบ DB-25 กับสัญญาณต่างๆ จากรูปที่ 2.27 (ข) ประกอบด้วยขาทั้งหมด 25 ขา โดยขาที่ 1 เป็นขา Strobe ขารับส่งข้อมูลมีทั้งหมด 7 ขา ตั้งแต่ขา 2-8 เหมือนกับคอนเนคเตอร์แบบเซ็นโทรนิกส์ และขากราวด์เป็นขา 18-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) สัญญาณต่างๆ ของหัวต่อแบบเซ็นโทรนิกส์ (Centronics)



(ข) สัญญาณต่างๆ ของหัวต่อแบบ DB-25

รูปที่ 2.27 รูปที่ 2.27 ลักษณะของคอนเนคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 โหมดการทำงานของพอร์ตขนาน

ปัจจุบันพอร์ตขนานอยู่ภายใต้มาตรฐาน IEEE1284 พอร์ตขนานประกอบด้วย สายสัญญาณควบคุม 4 เส้น สายสัญญาณสถานะ 5 เส้น และสายข้อมูล 8 เส้น มีโหมดการทำงานต่างๆ กันดังนี้

1) Print Mode (Centronic Mode)

เป็นโหมดการทำงานของเครื่องพิมพ์รุ่นเก่าที่บัสข้อมูลสามารถส่งข้อมูลออกได้ทางเดียว

2) Standard & BI-direction Parallel Port (SPP)

เป็นโหมดการทำงานมาตรฐานที่บัสข้อมูลสามารถรับและส่งข้อมูลได้คนละช่วงเวลากัน การรับและส่งข้อมูลในโหมดนี้จะใช้ซอร์ฟแวร์ในการตรวจสอบสัญญาณแฮนเช็คกิ้ง (Handshaking) กับอุปกรณ์ภายนอก ทำให้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุดได้แค่เพียง 150 กิโลไบต์ต่อวินาที

3) Enhanecd Parallel Port (EPP)

เป็นโหมดการทำงานที่ออกแบบโดยบริษัท Intel, Xircom & Zenith Data Systems EPP มี 2 มาตรฐาน คือ EPP 1.7 และ EPP 1.9 โดยที่บัสข้อมูลเป็นแบบสองทิศทางเหมือน SPP โหมด

ที่ตัวควบคุมของพอร์ตแบบนี้จะมีฮาร์ดแวร์เพิ่มเข้ามาใช้ในการส่งและตรวจสอบสัญญาณแฮนเช็คกิ้งกับอุปกรณ์ภายนอกทำให้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้สูงถึง 2 เมกะไบต์ต่อวินาที

4) Extended Capabilities Parallel Port (ECP)

เป็นโหมดการทำงานที่ออกแบบโดยบริษัท Hewlett Packard และ Microsoft โหมดนี้มีฮาร์ดแวร์เพิ่มเข้ามาใช้ในการส่งและตรวจสอบสัญญาณแฮนเช็คกิ้งกับอุปกรณ์ภายนอกเหมือนกับโหมด EPP แต่จะสามารถใช้ DMA Channels ซึ่งเป็นวิธีการที่อุปกรณ์ภายนอกสามารถจะเคลื่อนย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำได้โดยตรงไม่ต้องผ่านหน่วยประมวลผลกลางก่อน

โหมดนี้สามารถใช้ FIFO Buffer ในการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกได้ และยังสามารถทำการบีบอัดข้อมูลแบบเวลาจริง (Real Time Data Compression) ได้ ซึ่งสามารถบีบอัดข้อมูลได้สูงถึง 64:1 โหมด ECP นี้เหมาะกับอุปกรณ์ภายนอกที่ต้องการรับส่งข้อมูลในปริมาณมากและความเร็วสูง

สำหรับในโครงงานนี้ได้ออกแบบบอร์ดให้ทำงานได้ในโหมด SPP และ EPP เท่านั้น ดังนั้นจึงขออธิบายรายละเอียดเฉพาะ 2 โหมดนี้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.17 รายละเอียดการทำงานในโหมด SPP

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของขาสัญญาณของพอร์ตขนานในโหมด SPP

Pin NO.(D-Type25)	SPP Signal	Direction	Register	Hardware Inverted
1	NStrobe	Out	Control.0	Yes
2-9	Data 0-7	In-Out	Data	No
10	NAck	In	Status.6	No
11	Busy	In	Status.7	Yes
12	Paper-Out	In	Status.5	No
13	Select	In	Status.4	No
14	NAuto-Linefeed	In-Out	Control.1	Yes
15	NError	In	Status.3	No
16	NInitialize	In-Out	Control.2	No
17	NSelect-Printer	In-Out	Control.3	Yes
18-25	Ground	Gnd		No

2.17.1 ขั้นตอนการส่งข้อมูลของ SPP โหมด

1) ตั้งค่ารีจิสเตอร์ควบคุม (Set Control Register) ให้อยู่ในโหมดส่งข้อมูล

2) ส่งข้อมูลไปที่พอร์ตข้อมูล

3) ตรวจว่าอุปกรณ์ภายนอกว่างอยู่หรือไม่ รอจนอุปกรณ์ภายนอกว่าง

4) ส่งสัญญาณสโตรปเป็น 0 เพื่อเป็นการบอกให้อุปกรณ์ภายนอกรับข้อมูลไป

5) รอประมาณ 5 วินาที จากนั้นส่งสัญญาณสโตรปกลับเป็น 1

2.17.2 ขั้นตอนการรับข้อมูลของ SPP โหมด

1) ตั้งค่ารีจิสเตอร์ควบคุมให้อยู่ในโหมดรับข้อมูล

2) ตรวจว่าอุปกรณ์ภายนอกว่างอยู่หรือไม่รอจนอุปกรณ์ภายนอกว่าง

3) ส่งสัญญาณสโตรปเป็น 0 เพื่อเป็นการบอกให้อุปกรณ์ภายนอกส่งข้อมูลเข้ามา

4) รอประมาณ 5 วินาที จากนั้นส่งสัญญาณสโตรปกลับเป็น 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.17.3 รายละเอียดรีจิสเตอร์ของ SPP

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดรีจิสเตอร์ของ SPP

LTP 1 :	Base Address	378H
	Status Address	379H
	Control Address	37AH
LTP 2 :	Base Address	278H
	Status Address	279H
	Control Address	27AH

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลรีจิสเตอร์ของพอร์ตข้อมูล

Address	Name	Read/Write	Bit No.	Properties	Pin
Base + 0	Data Port	Read/Write	Bit 7	Data 7	9
			Bit 6	Data 6	8
			Bit 5	Data 5	7
			Bit 4	Data 4	6
			Bit 3	Data 3	5
			Bit 2	Data 2	4
			Bit 1	Data 1	3
			Bit 0	Data 0	2

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลรีจิสเตอร์ของพอร์ตสถานะ

Address	Name	Read/Write	Bit No.	Properties	Pin
Base + 1	Status Port	Read Only	Bit 7	Busy	11
			Bit 6	Ack	10
			Bit 5	Paper Out	12
			Bit 4	Select In	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

Address	Name	Read/Write	Bit No.	Properties	Pin
Base + 1	Status Port	Read Only	Bit 3	Error	15
			Bit 2	IRQ	-
			Bit 1	Reserved	-
			Bit 0	Reserved	-

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลรีจิสเตอร์ของพอร์ตควบคุม

Address	Name	Read/Write	Bit No.	Properties	Pin
Base + 2	Control Port	Read/Write	Bit 7	Unused	-
			Bit 6	Unused	-
			Bit 5	Enable bi-directional port	-
			Bit 4	Enable IRQ Via Ack Link	-
			Bit 3	Select Printer	17
			Bit 2	Initialize Printer (reset)	16
			Bit 1	Auto Linefeed	14
			Bit 0	Strobe	1

2.18 รายละเอียดในการทำงานโหมด EPP

ตารางที่ 2.6 การจัดตำแหน่งขาของโหมด EPP

Pin	EPP Signal	Direction	Register	Function	Hardware Inverted
1	NWrite	Out	Control	สัญญาณบอกสถานะว่า Port จะรับหรือส่งข้อมูล	Yes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

Pin	EPP Signal	Direction	Register	Function	Hardware Inverted
2-9	Data 0-7	In-Out	Data	Data bus Bi-direction	No
10	Int	In	Status.6	Interrupe Line (ขอบขาขึ้น)	No
11	Wait	In	Status.7	สัญญาณบอกความพร้อมของอุปกรณ์ภายนอก	Yes
12	Spare	In	Status.5	Not used	No
13	Spare	In	Status.4	Not used	No
14	Ndata Strobe	In-Out	Control. 1	Data Transfer when low	Yes
15	Spare	In	Status.3	Not used	No
16	NReset	In-Out	Control. 2	Address Transfer when low	Yes
18-25	Ground	Gnd		Ground	No

2.18.1 รายละเอียดรีจิสเตอร์ของ EPP

ตารางที่ 2.7 รีจิสเตอร์ของโหมด EPP

Address	Port Name	Read/Write
Base+0	Data Port (SPP)	Write
Base+1	Status Port (SPP)	Read
Base+2	Control Port (SPP)	Write
Base+3	Address Port (EPP)	Read/Write
Base+4	Data Port (EPP)	Read/Write
Base+5	Undefined (16/32 bit Trandfer)	-
Base+6	Undefined (32 bit Transfer)	-
Base+7	Undefined (32 bit Transfer)	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.7 จะเห็นว่า Address 3 ตำแหน่งแรกอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกับ SPP โหมดและสามารถทำงานได้เหมือนกันทุกประการ นั่นคือ พอร์ตขนานที่สามารถทำงานได้ในโหมด EPP จะสามารถทำงานในโหมด SPP ได้ในเวลาเดียวกัน

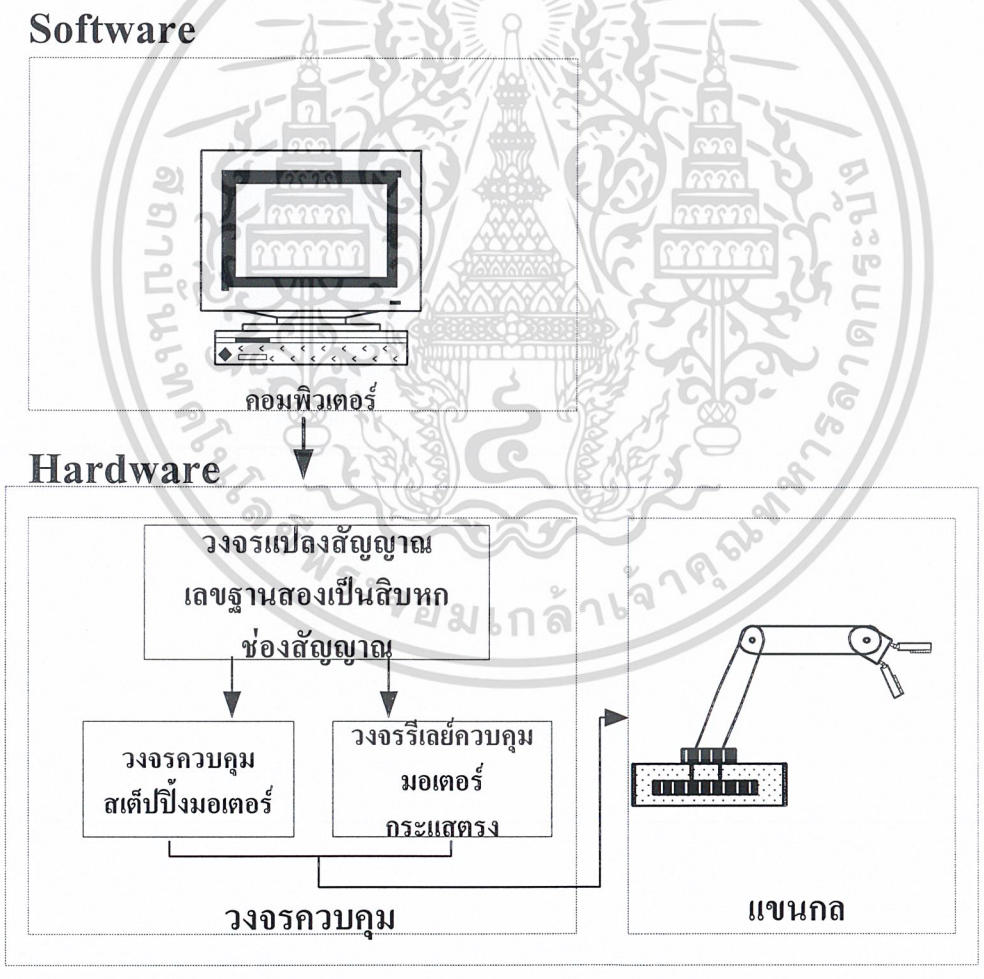
พอร์ตแบบ EPP โหมดนี้จะมี Time-Out Bit เพิ่มเข้าไปใน Status Port (Address Base+1) bit 0 ซึ่งแต่เดิมใน SPP โหมดเป็นบิตที่สำรองไว้ไม่มีการใช้งานบิตนี้จะถูกกำหนดค่า ถ้าอุปกรณ์ภายนอก ไม่ตอบสนองต่อสัญญาณแฮนเช็คกิ้งนานเกิน 10 ไมโครวินาที

สำหรับ Address Base+5, Base6 และ Base+7 เป็นส่วนที่เพิ่มเติมสำหรับการ์ดของพอร์ตขนานบางแบบเท่านั้น ช่วยให้พอร์ตสามารถส่งข้อมูล 16 และ 32 บิตได้ ซึ่งพอร์ตชนิดนี้จะทำการแยกข้อมูลทีละ 8 บิต และทำการส่งให้อัตโนมัติจนครบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้างและการทำงาน

การออกแบบ และการสร้างแขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์นั้นสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ดังนี้คือ การออกแบบส่วน Hardware และ Software ซึ่งในส่วนของ Software ได้แสดงอยู่ในส่วนของภาคผนวก ค ดังรูปที่ 3.1 แสดงผังการเชื่อมต่อทั้งหมดของแขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของแขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การออกแบบส่วน Hardware

3.1.1 การออกแบบโครงสร้างของแขนกล

การออกแบบแขนกล (Machine Arm) ซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วนด้วยกันดังนี้

1) ส่วนฐาน (Base Part)

2) ส่วนชุดเฟืองที่หัวไหล่ (Shoulder Part)

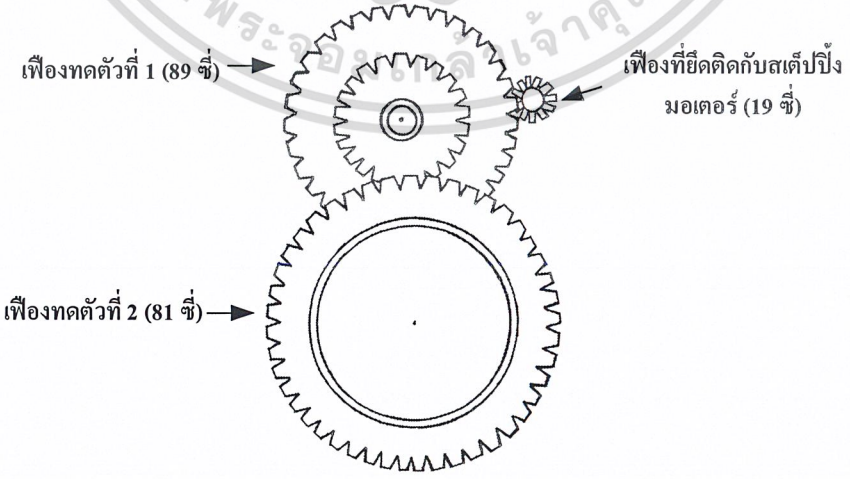
3) ส่วนข้อศอก (Elbow Part)

4) ส่วนข้อมือ (Hand Connector Part)

5) ส่วนนิ้วมือ (Finger Part)

ในการออกแบบแขนกลจะต้องออกแบบให้สามารถทำงานได้มีความสัมพันธ์กันตลอดทุกส่วนประกอบซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปตามการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติประกอบด้วย ส่วนฐาน หัวไหล่ ข้อศอก ข้อมือ และนิ้วมือจับ ด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ซึ่งมีการทดรอบเฟืองจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์ดังรูปที่ 3.1 การใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์นั้นจะสามารถควบคุมค่ามุมและตำแหน่งในการเคลื่อนที่ได้อย่างมี ประสิทธิภาพ

การออกแบบสเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการควบคุมแขนกลได้ออกแบบให้มีสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 4 ตัว สเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวแรกใช้ควบคุมการทำงานของส่วนฐาน สเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวที่สองใช้ควบคุมการหมุนขึ้นลงของส่วนหัวไหล่ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวที่สามใช้ควบคุมการหมุนขึ้นลงของส่วนข้อศอก สเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวที่สี่ควบคุมการขึ้นลงในส่วนข้อมือในการหยิบจับ และมอเตอร์กระแสตรงใช้ ควบคุมนิ้วมือในการหนีบหยิบจับและปล่อยสิ่งของ

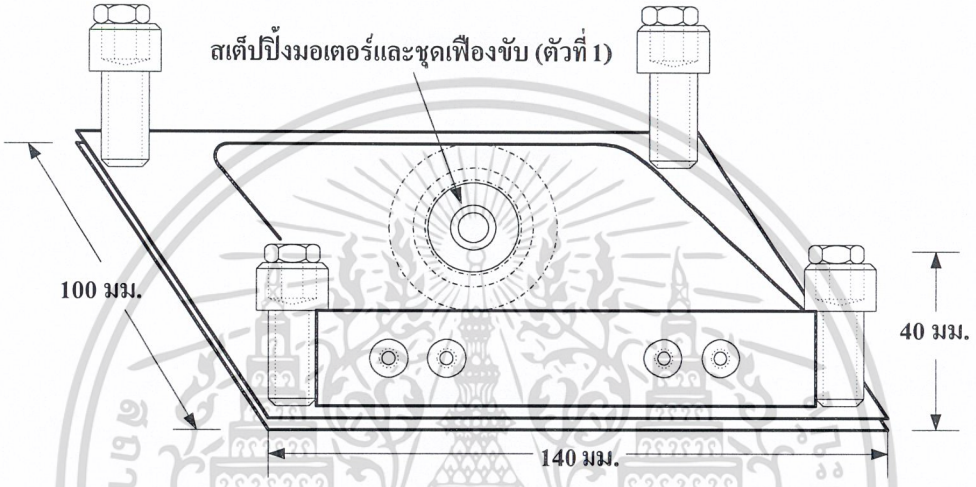


รูปที่ 3.2 ชุดเฟืองขับทดรอบสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การออกแบบและการทำงานแขนกลส่วนฐาน

การออกแบบแขนกลส่วนฐานจะต้องออกแบบให้มีความแข็งแรง และสามารถรับน้ำหนักตัวแขนส่วนของหัวไหล่ ข้อศอก ข้อมือ และนิ้วมือจับได้ทั้งหมด รวมถึงน้ำหนักของวัตถุที่แขนกลหยิบจับ ในส่วนฐานนั้นควบคุมด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 1 ตัว สามารถขับเคลื่อนแขนกลให้สามารถหมุนซ้ายได้ 90 องศา และหมุนขวาได้ 90 องศา



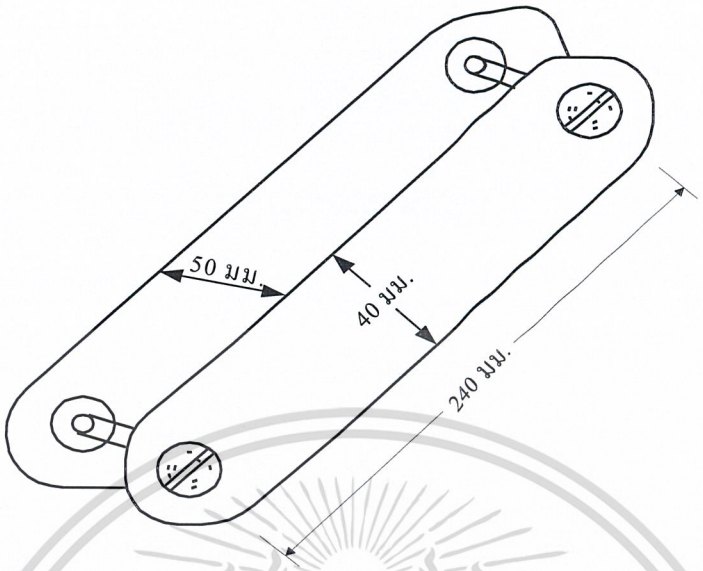
รูปที่ 3.3 ส่วนฐานของแขนกล

ส่วนฐานประกอบด้วยพลาสติกสังเคราะห์ซึ่งมีความแข็งแรง โครงสร้างส่วนฐานดังแสดงในรูปที่ 3.3 และการใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ควบคุมส่วนฐานนั้นจะใช้ชุดเฟืองขับทดรอบดังรูปที่ 3.2 โดยสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะมีจำนวน 24 สเต็ปต่อรอบ

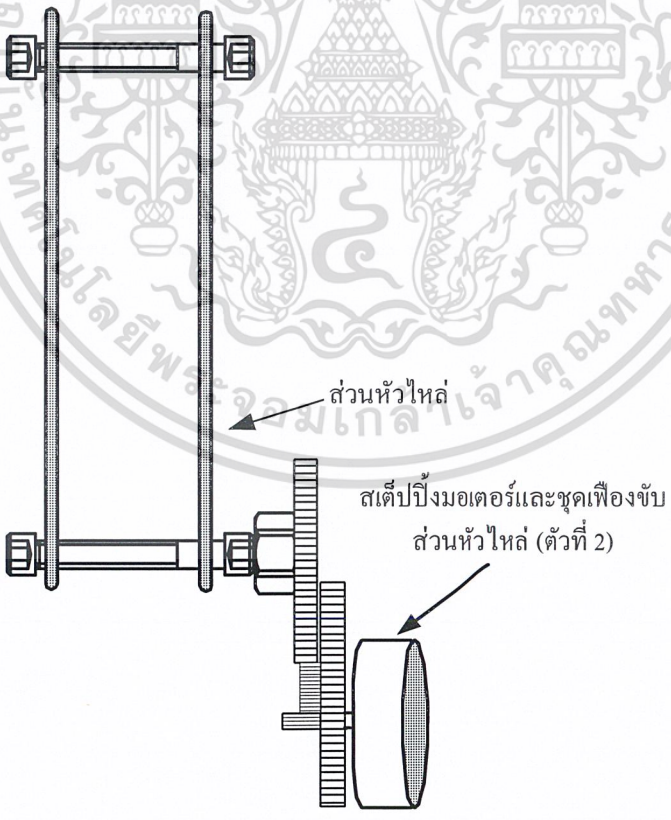
2) การออกแบบและการทำงานส่วนหัวไหล่

การออกแบบและการสร้างส่วนหัวไหล่ ได้ประดิษฐ์ขึ้นจากพลาสติกสังเคราะห์ซึ่งมีน้ำหนัก เบา ทำให้ชุดเฟืองสามารถรับน้ำหนักโครงสร้างของตัวแขนได้ ในการออกแบบโครงสร้างส่วนหัวไหล่แสดงดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 การออกแบบทางโครงสร้างส่วนหัวไหล่



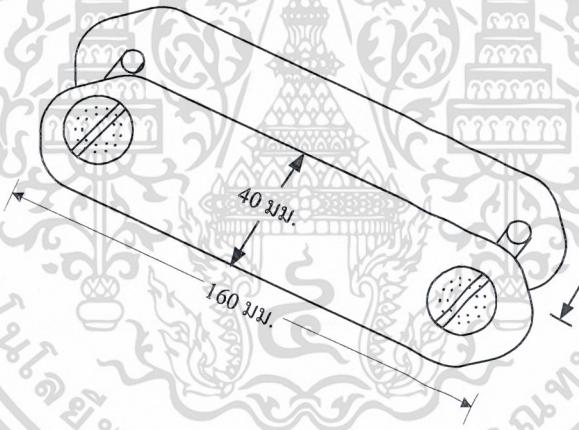
รูปที่ 3.5 สเต็ปปิ้งมอเตอร์และเฟืองขับเคลื่อนส่วนหัวไหล่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวที่สองที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ส่วนหัวไหล่ของแขนกลจะส่งกำลังจากชุดเฟือง ทดรอบเหมือนกับส่วนฐานดังแสดงในรูปที่ 3.2 โดยมีความสัมพันธ์กันกับรูปที่ 3.5 ซึ่งแสดงลักษณะการควบคุมแขนกลส่วนหัวไหล่โดยสเต็ปปิ้งมอเตอร์และชุดเฟืองส่งกำลัง การเคลื่อนที่ของแขนกลส่วนหัวไหล่สามารถควบคุมให้มีการเคลื่อนที่ได้สูงสุดไม่เกิน 70 องศา การใช้งานค่ามุมที่เหมาะสมอยู่ที่ระหว่าง 45 ถึง 70 องศา ซึ่งในการขับเคลื่อนของแขนกลส่วนหัวไหล่จะใช้เฟืองขับโดยตรงเพราะเป็นส่วนที่ยึดติดอยู่กับฐาน

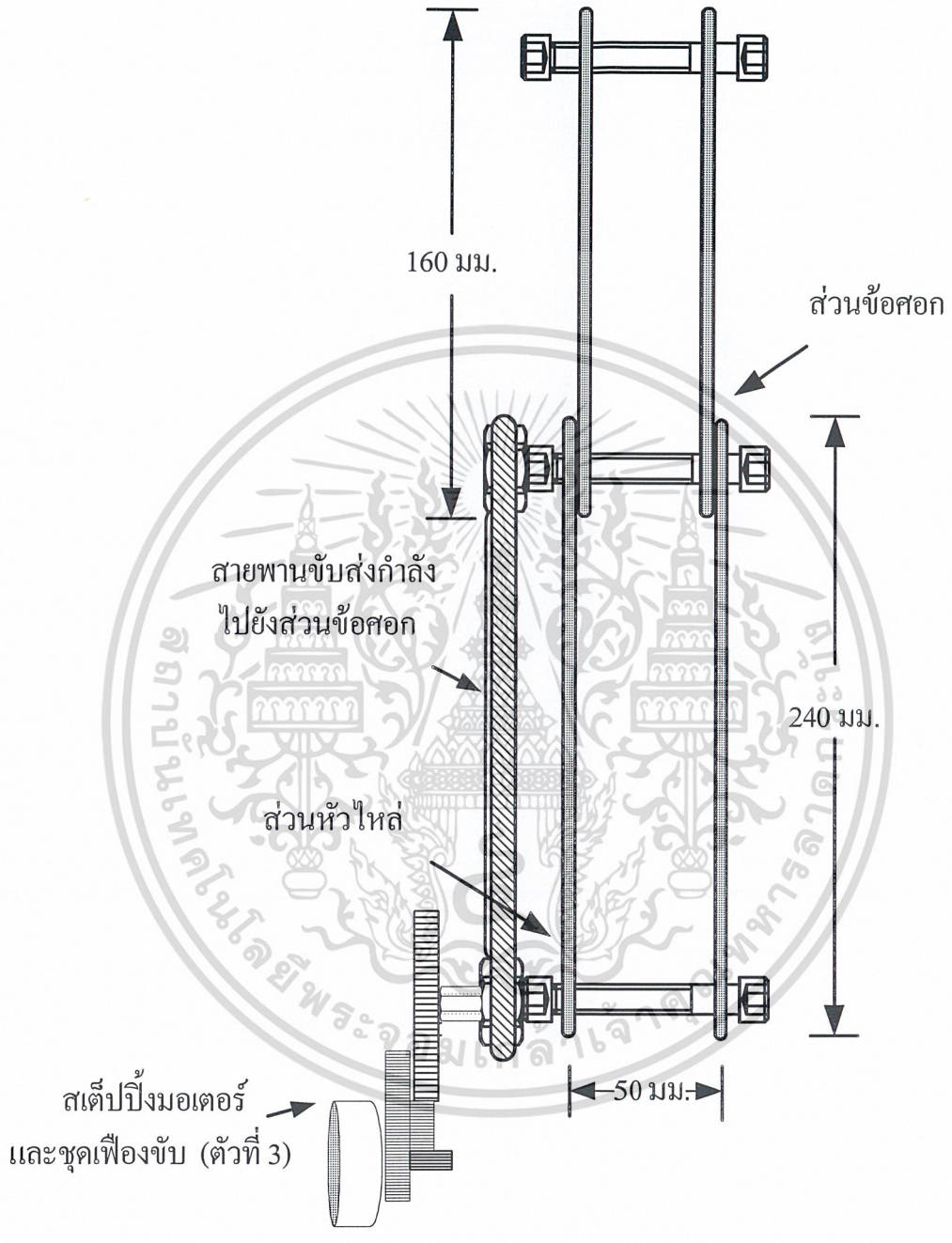
3) การออกแบบและการทำงานส่วนข้อศอก (Elbow Part)

ในการออกแบบโครงสร้างของแขนกลส่วนข้อศอกดังแสดงในรูปที่ 3.6 ในการออกแบบส่วนข้อศอกจะออกแบบให้มีความยาวน้อยกว่าส่วนหัวไหล่เนื่องจากต้องการให้ตัวแขนมีความสมดุลขณะใช้งาน ไม่เกิดการถ่วงของน้ำหนักส่วนปลายแขนมากเกินไปจนไม่สามารถควบคุมการใช้งานได้



รูปที่ 3.6 การออกแบบทางโครงสร้างส่วนข้อศอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ชุดสายพานส่งกำลังขับเคลื่อนข้อศอก

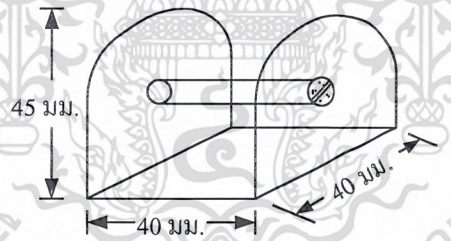
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนข้อศอกมีหลักการทำงานคือขับเคลื่อนด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวที่ 3 ที่ยึดติดอยู่กับส่วนหัวไหล่ขับเคลื่อนโดยสายพานส่งกำลังจากชุดเฟืองส่งกำลังที่ยึดติดกับส่วนฐาน ชุดเฟืองขับส่วนข้อศอกจะมีลักษณะที่เหมือนกับส่วนฐานและส่วนหัวไหล่ การใช้ชุดเฟืองทดรอบดังแสดงในรูปที่ 3.2 การเคลื่อนที่ส่วนข้อศอกสามารถควบคุมให้สามารถยกขึ้นลงได้ที่มุมระหว่าง 0 ถึง 70 องศา

การวางสเต็ปปิ้งมอเตอร์และชุดเฟืองจะยึดติดกับส่วนฐาน เนื่องจากต้องการให้น้ำหนักทั้งหมดของแขนกลอยู่ที่ส่วนฐานเพื่อให้สามารถรับน้ำหนักของตัวแขนและวัตถุที่จะหยิบจับได้ และต้องการให้ส่วนข้อศอกจนถึงปลายนิ้วมีน้ำหนักเบาที่สุด ดังนั้นการใช้สายพานส่งกำลังจึงเป็นเรื่อง จำเป็นในการสร้างและออกแบบจากรูปที่ 3.7 จะแสดงถึงชุดส่งกำลังสายพานจากส่วนหัวไหล่ไปยังส่วนข้อศอก

4) การออกแบบและการทำงานส่วนข้อมือ (Hand Connector Part)

ข้อมือเป็นส่วนที่อยู่ด้านปลายสุดของส่วนข้อศอก ในการออกแบบจะออกแบบให้ส่วนข้อมือสามารถขยับขึ้นลงได้จากชุดส่งกำลังที่มาจากสายพานส่งกำลังจากช่วงความยาวส่วนหัวไหล่และข้อศอกโดยมีแกนร่วมกัน การใช้งานในส่วนของข้อมือจะทำหน้าที่ในการปรับตำแหน่งในส่วนข้อมือเพื่อให้นิ้วมือหยิบจับสิ่งได้ตามตำแหน่งของวัสดุสิ่งของที่ต้องการหยิบจับ



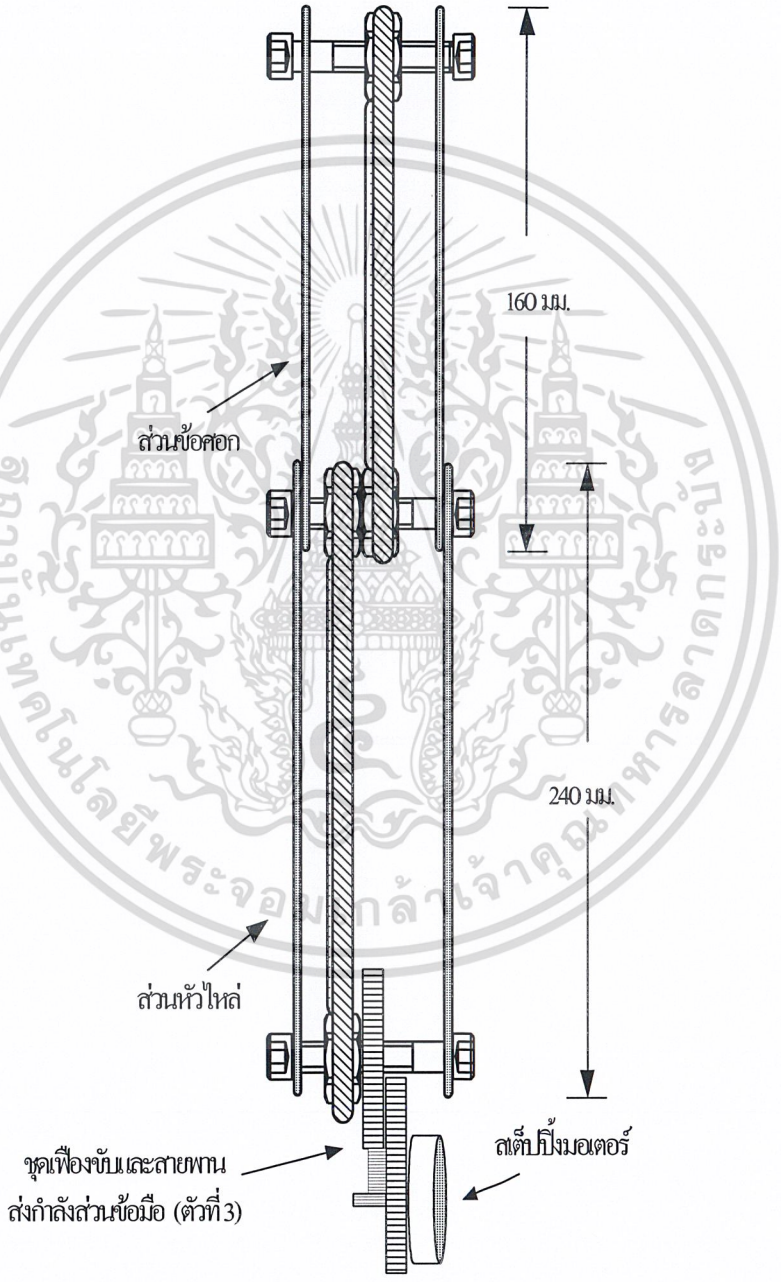
รูปที่ 3.8 การออกแบบทางโครงสร้างส่วนข้อมือ

ในการออกแบบทางโครงสร้างส่วนข้อมือของแขนกล จะออกแบบให้มีขนาดที่เหมาะสมและสัมพันธ์กับส่วนข้อศอก โดยมีลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 3.8

ในการควบคุมการเคลื่อนที่ส่วนข้อมือขึ้นลงในการหยิบจับสิ่งของให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการ ในการควบคุมการเคลื่อนที่ส่วนข้อมือของแขนกลจะใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวที่ 4 ซึ่งยึดติดกับส่วนฐานของแขนกลระหว่างหัวไหล่ จะมีชุดเฟือง 2 ตัวและสายพานส่งกำลังโดยเริ่มจากส่วนหัวไหล่ไปยังปลายสุดถึงข้อศอกยังข้อมือ โดยแกนของสายพานส่งกำลังตรงปลายหัวไหล่จะยึดติดกับแกนสายพานส่งกำลังส่วนข้อศอก และส่วนปลายข้อศอกมีแกนยึดติดกับข้อมือ

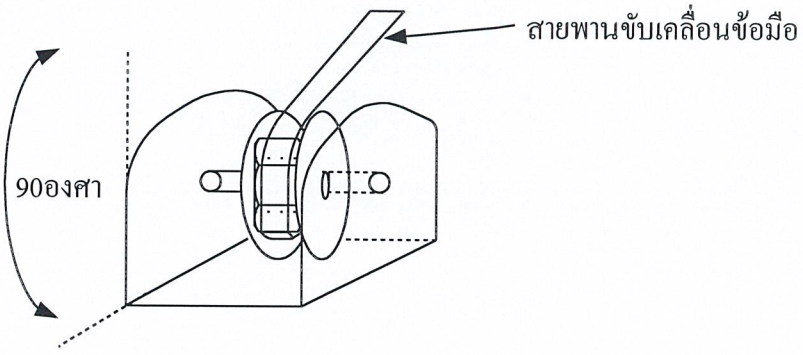
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนข้อมือจะสามารถเคลื่อนที่ทำมุมได้กว้างประมาณ 90 องศา กรณีที่สิ่งของที่แขนกลต้องการจะหยิบจับวางอยู่บนพื้นราบ มุมในการหยิบจับทำมุมสูงสุดระหว่าง 0 ถึง 90 องศา ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.9 ชุดเฟืองขับและสายพานส่งกำลังส่วนข้อมือ

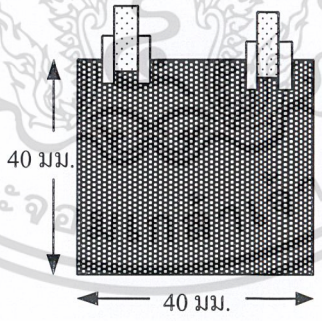
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ลักษณะการเคลื่อนที่ของข้อมือ

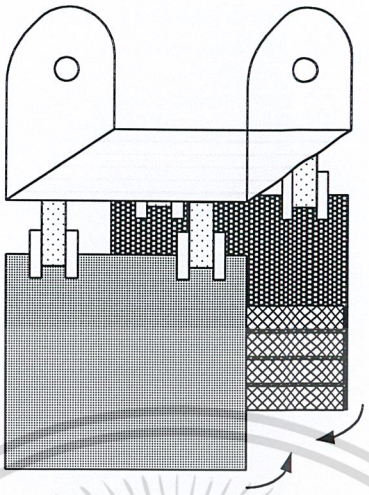
5) การออกแบบและการทำงานส่วนนิ้วมือ (Finger Part)

ในส่วนของนิ้วมือ จะออกแบบและสร้างในลักษณะปากคีบในการหยิบจับสิ่งของ ดังรูปที่ 3.10 เนื่องจากส่วนนิ้วของแขนกลจะเป็นพลาสติกสังเคราะห์ จึงมีหน้าผิวสัมผัสลื่น ขณะที่หยิบจับสิ่งของจะทำให้วัสดุไม่ยึดติดกับแขนกลที่ใช้หยิบจึงมีการออกแบบโดยการติดแผ่นยางที่ผนังด้านในของนิ้วทั้งสอง เพื่อให้เกิดความหนืดของนิ้วมือในการหยิบจับสิ่งของ สิ่งของที่ใช้ในการหยิบจับ เช่น พวงกุญแจ ยางลบ ปากกา เป็นต้น



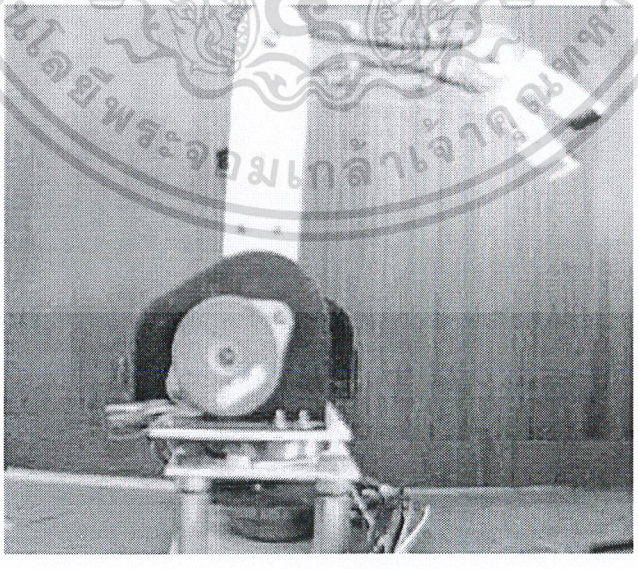
รูปที่ 3.11 การออกแบบทางโครงสร้างส่วนนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ลักษณะการหยิบจับของนิ้วมือ

หลักการทำงานส่วนนิ้วมือ นิ้วมือจะควบคุมการหยิบ-ปล่อย โดยสายลวดสลิงผูกติดกับนิ้วมือยึดติดไปยังมอเตอร์กระแสตรง มอเตอร์กระแสตรงจะทำหน้าที่ในการหมุนตามเข็มนาฬิกาเพื่อให้นิ้วมือบีบตัวเข้าหากัน และหมุนทวนเข็มนาฬิกาเมื่อถูกป้อนไฟกลับขั้วจึงทำให้ส่วนนิ้วมือปล่อยออก



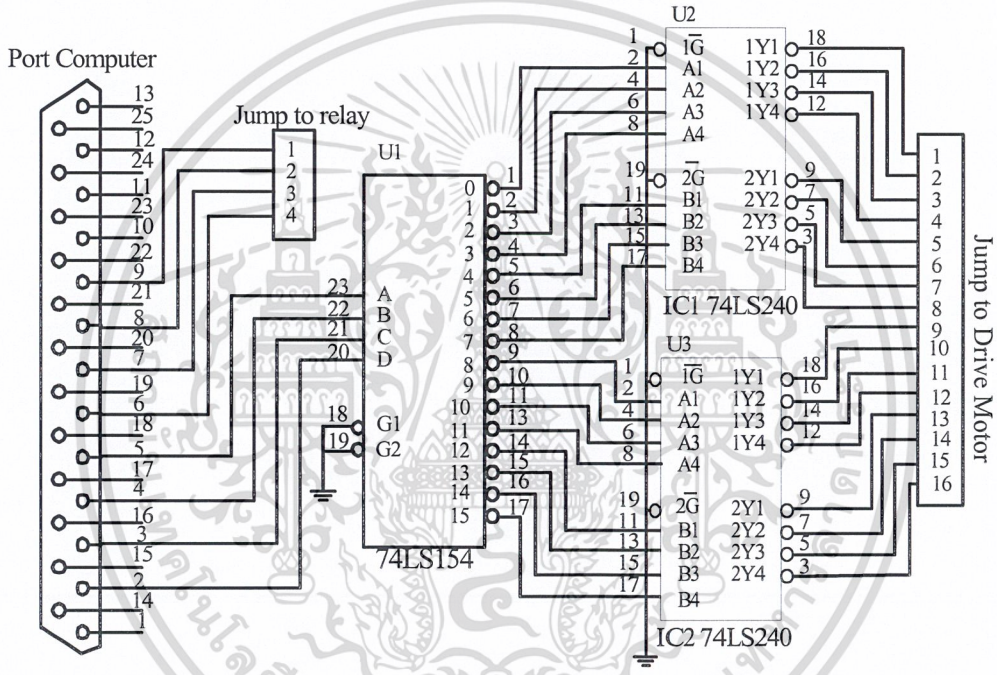
รูปที่ 3.13 แขนกลที่สร้างสมบูรณ์จากการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน

1) การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณ

วงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นเลขฐานสิบหก เป็นการออกแบบการเพื่อให้สามารถเชื่อมต่อการควบคุมใช้งานผ่านคอมพิวเตอร์ไปยังวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ และวงจรรีเลย์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรงได้ โดยการควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์สัญญาณข้อมูลออกทางพอร์ตขนาน ซึ่งการออกแบบวงจรแสดงดังในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 วงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณ

1.1) หลักการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณ

จากวงจรดังรูปที่ 3.14 เป็นวงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณเป็นวงจรที่ออกแบบเพื่อให้สามารถติดต่อควบคุมใช้งานวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ และวงจรรีเลย์ควบคุมต่อการทำงานมอเตอร์กระแสตรงโดยผ่านคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 3.14 โดยเริ่มต้นจากพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้ขา 21, 8, 7, 6, 5, 4, 3 และขา 2 สภาวะเอาท์พุตที่ออกจากพอร์ตคอมพิวเตอร์จะเป็นสภาวะ High มีแรงดัน +5 โวลท์ ผ่านไดโอด 1N4001 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งาน เนื่องจากไดโอดทำหน้าที่ในการป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสย้อนกลับเข้าสู่พอร์ตคอมพิวเตอร์เนื่องจากคุณสมบัติของไดโอดจะมีการไหลของกระแสได้ในทิศทางเดียวคือด้านไบอัสตรง กระแสไม่สามารถไหลย้อนกลับได้

สัญญาณที่ผ่านไดโอด 1N4001 ก็ยังคงสภาวะ High ขา 9, 8, 7 และขา 6 ที่ออกจากพอร์ตคอมพิวเตอร์จะนำไปใช้งานในการควบคุมวงจรรีเลย์ตัดต่อการหยิบจับของนิ้วมือ ส่วนขา 2, 3, 4 และขา 5 ต่อเข้าสู่ ขา 13, 12, 11 และขา 10 ของวงจรรวมหมายเลข 74LS154 ตามลำดับ คุณสมบัติของวงจรรวมหมายเลข 74LS154 คือช่องสัญญาณเข้า 4 ช่องสัญญาณแปลงเป็นสิบหกช่องสัญญาณจะสามารถใช้ประโยชน์ของช่องสัญญาณได้มากขึ้น ขา 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และขา 8 จะนำไปต่อกับขา 1, 2, 4, 6, 8, 11, 13, 15 และ ขา 17 ของวงจรรวมหมายเลข 74LS240 (U2) ตามลำดับ และขา 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 และขา 17 ของวงจรรวมหมายเลข 74LS154 ซึ่งจะต่อเข้ากับขา 2, 4, 6, 8, 11, 13, 15 และขา 17 ของวงจรรวมหมายเลข 74LS240 (U3) ตามลำดับซึ่งวงจรรวมหมายเลข 74LS240 มีคุณสมบัติเป็นตัว Inverting ทำหน้าที่ในการแปลง ลอจิก Low จากสัญญาณด้านอินพุตเป็นลอจิก High การนำสัญญาณเอาท์พุตจากวงจรรวมหมายเลข 74LS240 จะนำไปใช้ในการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 4 ตัว ซึ่งสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 1 ตัว ใช้ 4 ช่องสัญญาณในการควบคุมดังรูปที่ 3.13

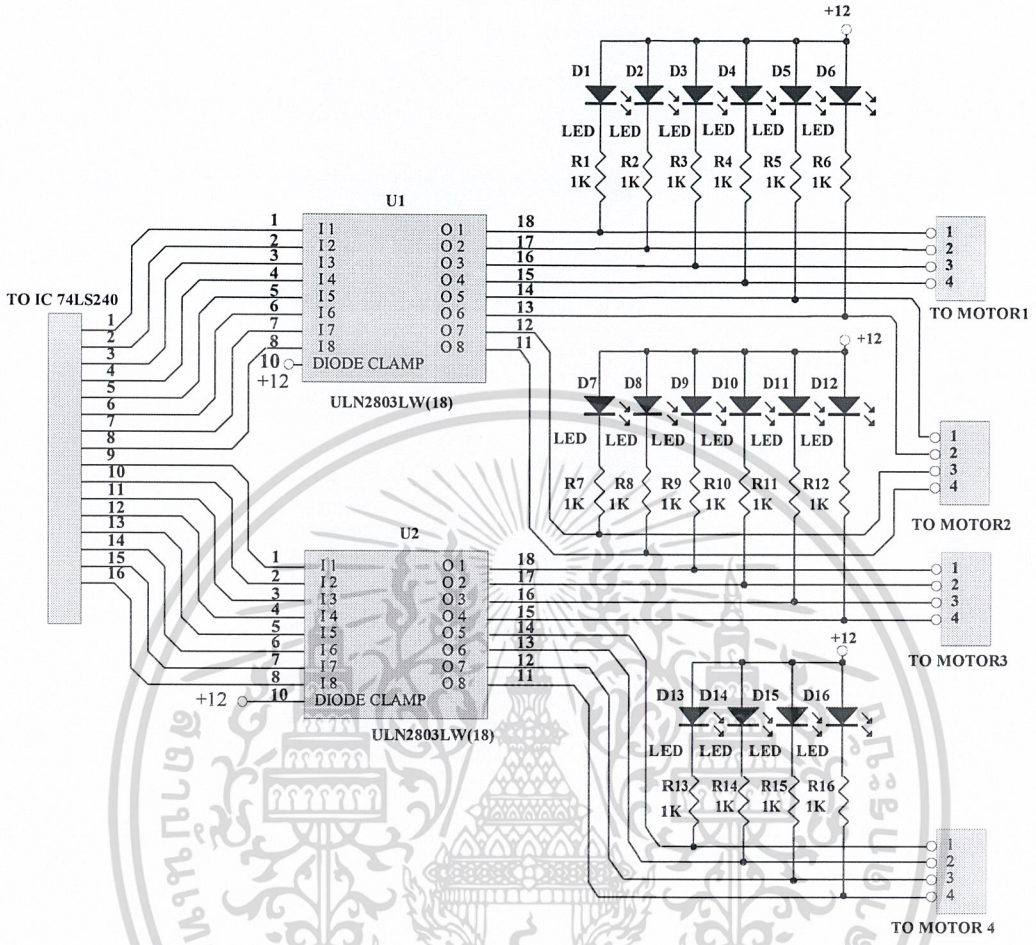
2) การออกแบบวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ในการออกแบบวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้ออกแบบให้สามารถใช้งานร่วมกับวงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณ เนื่องจากมีสัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากวงจรรวมหมายเลข 74LS154 จำนวน 16 ช่องสัญญาณ ควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 4 ตัว ซึ่งเป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ ควบคุมการเคลื่อนที่ของส่วนฐาน หัวไหล่ ข้อศอก ข้อมือ โดยการสั่งงานการเคลื่อนที่ของส่วนต่างๆ ดังกล่าวได้ควบคุมการทำงานของแขนกลมาจากคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในวงจรรูปที่ 3.15

2.1) หลักการทำงานของวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

วงจรสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้รับสภาวะ High จากวงจรรวมหมายเลข 74LS240 U2 และ U3 จำนวน 16 ช่องสัญญาณ ซึ่งมีสภาวะเป็นลอจิก High เข้าสู่ วงจรรวมหมายเลข U1 ULN2803LW 8 ช่องสัญญาณ และอีก 8 ช่องสัญญาณเข้าสู่ U2 ULN2803LW เนื่องจากวงจรรวมหมายเลข ULN2803LW รับสัญญาณอินพุต 8 ช่องสัญญาณ เข้าทางขา IN 1, IN 2, IN 3, IN 4, IN 5, IN 6, IN 7 และขา IN8 สัญญาณออกที่เอาท์พุต ขา OUT 1, OUT 2, OUT 3, OUT 4, OUT 5, OUT 6, OUT 7 และขา OUT8 โดยเปลี่ยนสภาวะจาก ลอจิก High เป็นลอจิก Low ในการทริกเต็ปปิ้งมอเตอร์ 4 ตัว ซึ่งสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 1 ตัว จะใช้สาย เอาท์พุต 4 ช่องสัญญาณ โดยมี LED (Light Emitting Diode) เป็นตัวแสดงสภาวะการทำงานของ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งมีตัวต้านทานทำหน้าที่จำกัดกระแสป้องกันหลอด LED เสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

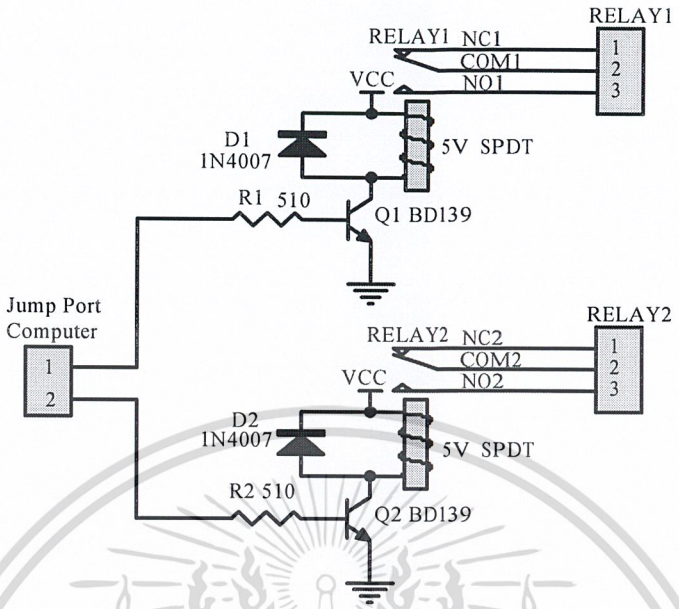


รูปที่ 3.15 วงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

3) การออกแบบวงจรรีเลย์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

การออกแบบวงจรรีเลย์เพื่อใช้ในการควบคุมส่วนนิ้วมือของแขนกล ซึ่งจะใช้วงจรรีเลย์ในการตัด-ต่อควบคุมมอเตอร์กระแสตรงในการหมุนไป และหมุนกลับ ซึ่งใช้หลักการนี้ของมอเตอร์กระแสตรงในการออกแบบการปล่อย-หนีบในส่วนของนิ้วมือ ซึ่งมีลักษณะ 2 นิ้ว การออกแบบวงจรดังในรูปที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 วงจรรีเลย์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

การใช้งานจริงนั้นใช้วงจรรีเลย์เพียงชุดเดียวในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงส่วนนิ้วมือ เนื่องจากในการออกแบบแขนกลได้ออกแบบให้มีการใช้มอเตอร์กระแสตรงตัวเดียวเพื่อควบคุมการทำงานของนิ้วมือ ในส่วนอื่นๆ ของแขนกลจะใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของแขนกลในส่วนอื่นๆ หากใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะมีความเที่ยงตรง แต่ในการออกแบบวงจรรีเลย์ให้มี 2 ชุด เนื่องจากต้องการสำรองการใช้งานและต้องการใช้ช่องสัญญาณให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

3.1) หลักการทำงานของวงจรควบคุมตัดต่อมอเตอร์กระแสตรง

จากรูปวงจรที่ 3.16 จำนวนช่องสัญญาณจากพอร์ตคอมพิวเตอร์ทั้ง 4 ช่องสัญญาณมีแรงดันประมาณ 5 โวลท์ เข้าสู่ R1 ซึ่งต่อป้องกันกระแสที่ขา B ก่อนเข้าสู่ทรานซิสเตอร์ Q1 ดังนั้นสามารถหากระแสเบส (IB) ได้จากสมการที่ 3.1

$$I_B = \frac{V_B}{R_B} \tag{3.1}$$

ดังนั้น $$I_B = \frac{5v}{510\Omega} = 9.8\ mA$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์ Q_1 มีค่า $\beta = 100$ ดังนั้นกระแสคอลเลคเตอร์ (I_C) หาได้จากสมการที่ (3.2)

$$I_C = \beta \cdot I_B \qquad (3.2)$$
$$= 100 \times 9.8 \quad \text{มิลลิแอมป์}$$
$$= 0.98 \quad \text{แอมป์}$$

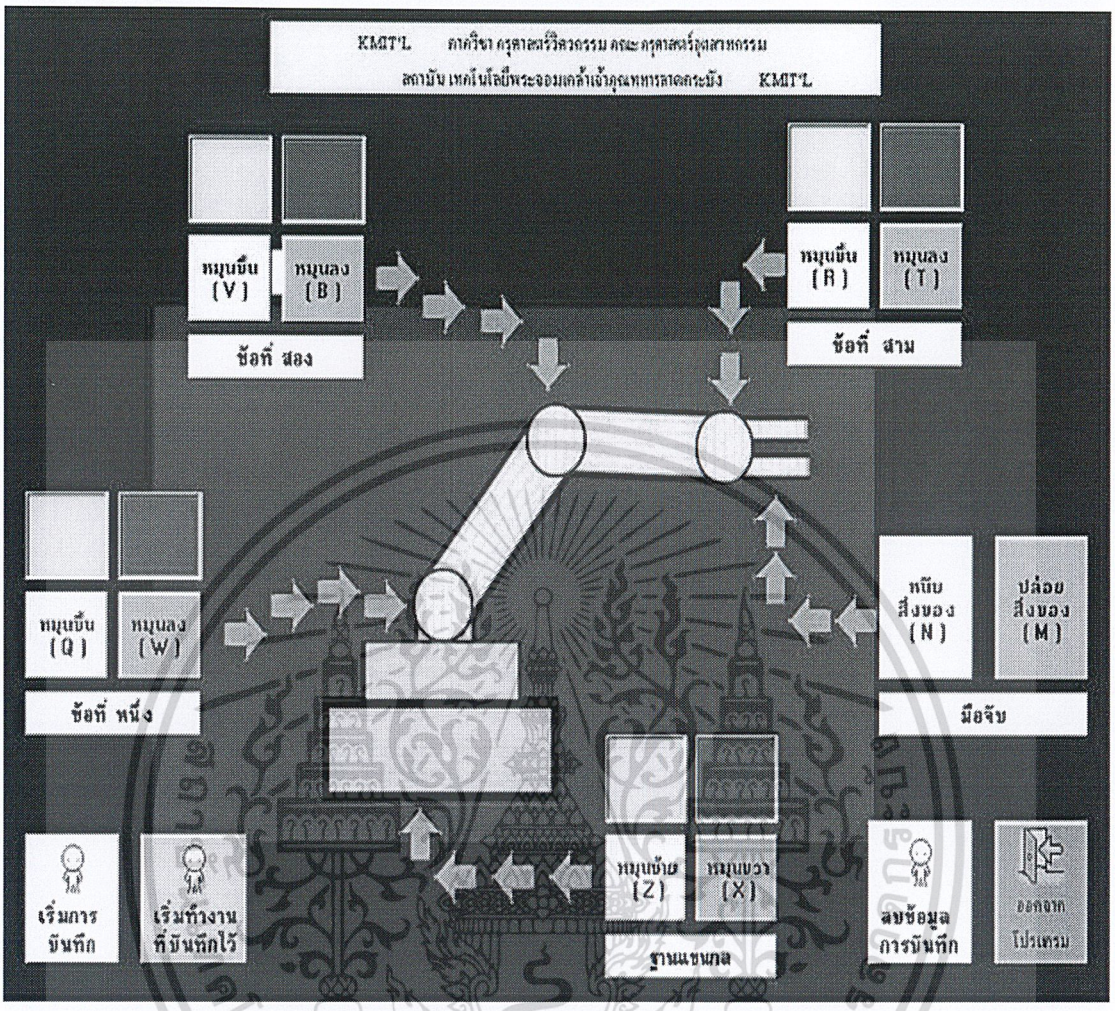
ดังนั้นจะได้กระแสคอลเลคเตอร์ $I_C = 0.98$ แอมป์ไหลเข้าสู่รีเลย์ และไดโอด D1 มีไว้เพื่อป้องกันกระแสย้อนกลับสู่พอร์ตคอมพิวเตอร์โดยรีเลย์มีหลักการทำงานเป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงานกลหรือการเคลื่อนที่ เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดที่พันรอบแท่งแม่เหล็ก จะเกิดสนามแม่เหล็กและดึงอาร์เมเจอร์จาก COM 1 มาที่ NO1 ทำให้หน้าสัมผัสที่ขดลวดทำให้เกิดการไหลของกระแสเข้าสู่มอเตอร์กระแสตรง มอเตอร์กระแสตรงจะหมุนสายสลิงส่วนนิ้วมือทำให้นิ้วมือหนีบเข้า และเมื่อหยุดป้อนกระแสเข้าสู่รีเลย์ อาร์เมเจอร์ก็จะดีดกลับ

ส่วน RELAY2 มีหลักการทำงานเหมือนกับ RALAY1 แต่ RALAY2 จะมีหน้าที่ในการหมุนสายสลิงที่ควบคุมส่วนของนิ้วมือกลับ นิ้วมือก็จะปล่อยสิ่งของที่หยิบจับอยู่ ซึ่งโดยหลักการป้อนไฟกลับขั้วให้กับมอเตอร์กระแสตรง

3.2 การออกแบบหน้าต่างการใช้งานโดยโปรแกรม Visual Basic

การออกแบบหน้าต่างใช้งาน ได้ออกแบบให้สามารถควบคุมแขนกลส่วนฐาน หัวไหล่ (ข้อที่หนึ่ง) ข้อศอก (ข้อที่สอง) ข้อมือ (ข้อที่สาม) และมือจับ ดังแสดงในรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



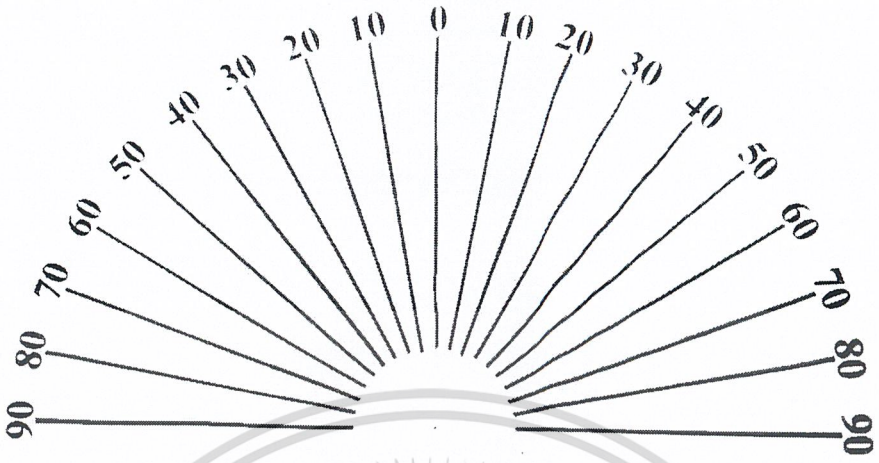
รูปที่ 3.17 หน้าต่างใช้งานควบคุมแขนกลโดยโปรแกรม Visual Basic

3.3 การออกแบบเครื่องวัดการเคลื่อนที่ของแขนกล

3.3.1 การออกแบบเครื่องวัดส่วนฐาน

ในการออกแบบเครื่องวัดองศาการเคลื่อนที่ของแขนกล ประดิษฐ์ขึ้นจากแผ่นพลาสติกขาว จากการออกแบบเครื่องวัดได้ทำการเปรียบเทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน สามารถวัดตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแขนกลส่วนฐานเป็นค่าองศาได้อย่างเที่ยงตรง ดังในรูปที่ 3.18

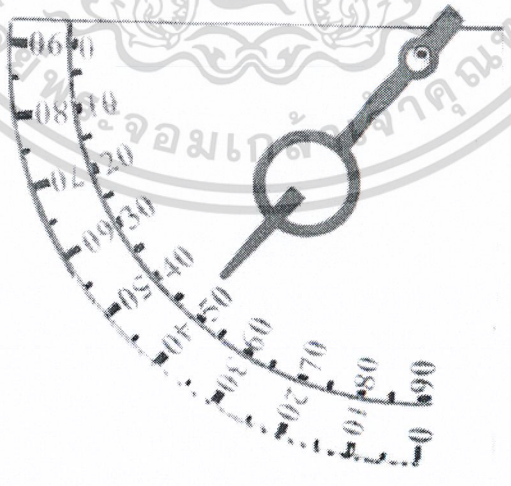
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 เครื่องวัดตำแหน่งองศาการเคลื่อนที่ของแขนกลส่วนฐาน

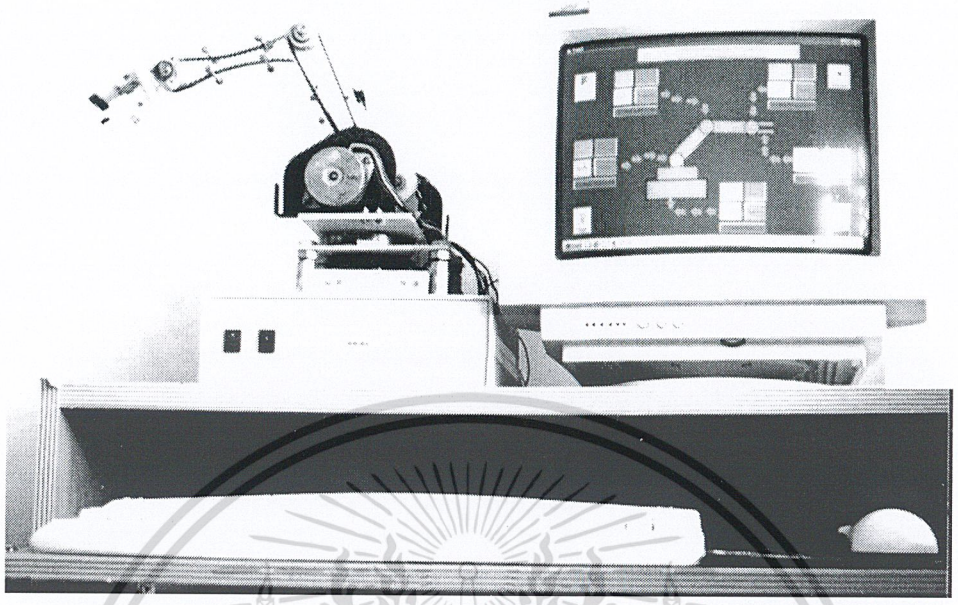
3.3.2 การออกแบบเครื่องวัดส่วนไหล่

ในการออกแบบเครื่องวัดส่วนหัวไหล่ ได้นำแผ่นเครื่องวัดติดเข็มชี้บอกองศาดังรูปที่ 3.19 ยึดติดกับส่วนหัวไหล่ และใช้หลักการแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อแขนส่วนหัวไหล่เคลื่อนที่หมุนลง ตำแหน่งเข็มชี้องศาจะเลื่อนบอกตำแหน่งเป็นองศา จากหลักการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการวัดส่วนข้อศอก ข้อมือ ได้



รูปที่ 3.19 เครื่องวัดตำแหน่งองศาการเคลื่อนที่ของแขนกลส่วนหัวไหล่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 การทำงานโดยรวมของแขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

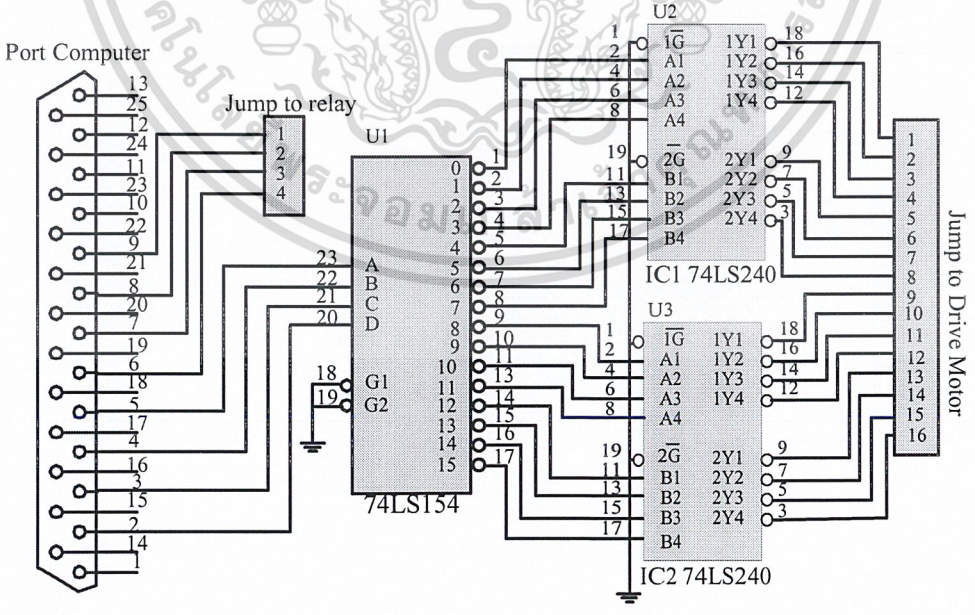
การทดลอง และผลการทดลอง

สำหรับการทดลองการทำงานของแขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมโดยคอมพิวเตอร์นั้น สามารถแบ่งการทดลองได้ออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ดังนี้คือ ส่วนแรกเป็นการทดลองการทำงานของวงจร และส่วนที่สองเป็นการทดลองการทำงานของแขนกล

4.1 การทดลองการทำงานของวงจร

4.1.1 การทดลองวงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณ

การทดลองวงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณ ในวงจรนี้จะใช้วงจรรวมหมายเลข 74LS154 เป็นวงจรรวมแปลงจากสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณโดยเอาต์พุตมีสภาวะเป็น ลอจิก Low และผ่านวงจรรวมหมายเลข 74LS240 ทำหน้าที่เปลี่ยนสภาวะจากลอจิก High เป็นลอจิก Low ซึ่งนำไปใช้ในวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ เนื่องจากวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ต้องใช้ลอจิก Low กระตุ้นจึงจะสามารถทำงานได้



รูปที่ 4.1 การทดลองวงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองสภาวะเอาต์พุตของวงจรรวมหมายเลข 74LS154 ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองสภาวะเอาต์พุตของวงจรรวมหมายเลข 74LS154

อินพุต						เอาต์พุต														
G1	G2	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	11	12	13	14	15
L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

การทดลองสภาวะเอาต์พุตของวงจรรวมหมายเลข 74LS240 เพื่อเตรียมสภาวะ High เข้าสู่วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ผ่านวงจรรวมหมายเลข ULN2803LW เป็นลอจิก Low อีกครั้งหนึ่งเพื่อกระตุ้นใช้งานสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ดัง ตารางที่ 4.2

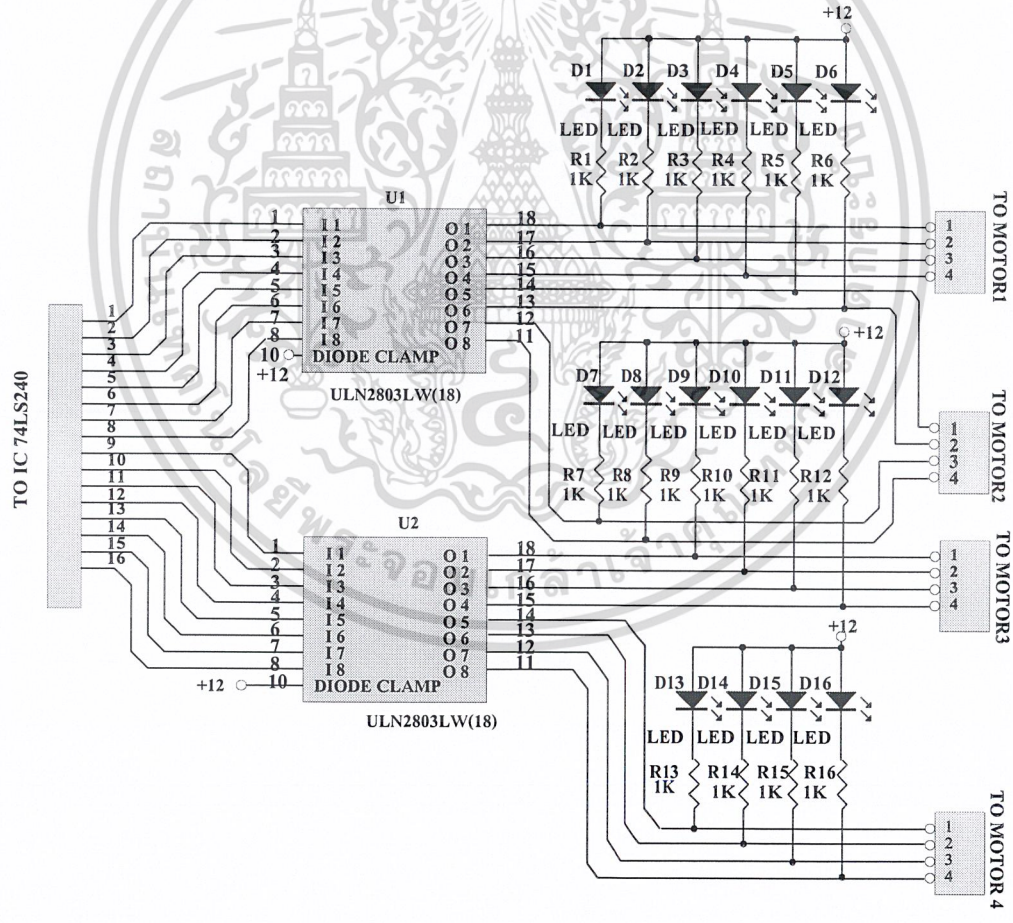
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองวงจรรวม 74LS240 U2 และ U3 ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองสภาวะเอาต์พุตของวงจรรวม 74LS240 U2 และ U3

อินพุต										เอาต์พุต							
$1\overline{G}$	A1	A2	A3	A4	$2\overline{G}$	B1	B2	B3	B4	1Y1	1Y2	1Y3	1Y4	2Y1	2Y2	2Y3	2Y4
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H

4.1.2 การทดลองวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์



รูปที่ 4.2 การทดลองวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

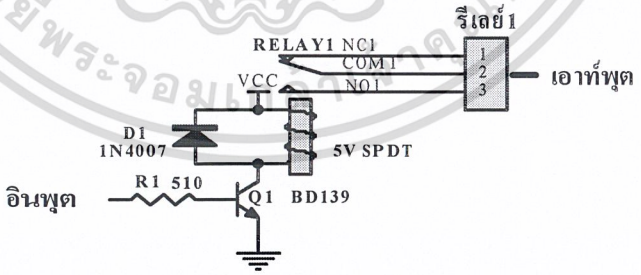
การทดลองสภาวะของวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ต้องทำการทดสอบสภาวะเอาต์พุตของวงจรรวม ULN2803LW ก่อนที่จะเข้าสู่สเต็ปปิ้งมอเตอร์ทั้ง 4 ตัว เนื่องจากสภาวะที่สเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถใช้งานได้นั้นต้องเป็นสภาวะ Low หรือ 0 โวลต์ ดังนั้นผลการทดลองที่ได้จากการวัดสภาวะเอาต์พุต ของวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองสภาวะเอาต์พุตใช้งานของวงจรรวม ULN2803LW (U1) และ (U2)

อินพุต								เอาต์พุต							
I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8
H	H	H	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L

4.1.3 การทดลองวงจรรีเลย์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

การทดลองวงจรรีเลย์ที่ใช้งานสำหรับควบคุมมอเตอร์กระแสตรง เป็นการทดสอบสภาวะการใช้งานของเอาต์พุตของรีเลย์ว่าเมื่อต่อใช้งานกับมอเตอร์กระแสตรงแล้ว มอเตอร์กระแสตรงจะทำงานหรือไม่ โดยการวัดแรงดันและกระแสเอาต์พุตของรีเลย์ 1 ซึ่งรีเลย์ 1 ออกแบบสำหรับป้อนไฟบวกทำให้มอเตอร์กระแสตรงหมุนตามเข็มนาฬิกา และรีเลย์ 2 สำหรับป้อนไฟกลับขั้วเพื่อให้มอเตอร์กระแสตรงหมุนกลับทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 4.3 การทดลองวงจรรีเลย์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองค่าแรงดัน และกระแสเอาต์พุตของวงจรรีเลย์ 1 และรีเลย์ 2

จุดเอาต์พุตใช้งาน	แรงดัน (V)	กระแส (A)
รีเลย์ 1	12.01	1.01
รีเลย์ 2	12.01	1.01

4.2 การทดลองแขนกลควบคุมโดยคอมพิวเตอร์

การทดลองแขนกลควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ เป็นการทดลองโดยใช้โปรแกรม Visual Basic สั่งงานในการควบคุมแขนกล ซึ่งการทดลองแขนกลนี้สามารถแบ่งแขนกลเป็นส่วนต่างๆ ได้แก่ ส่วนฐาน หัวไหล่ ข้อศอก ข้อมือ และนิ้วมือจับ ให้สามารถหยิบจับสิ่งของได้

4.2.1 การทดลองส่วนฐาน

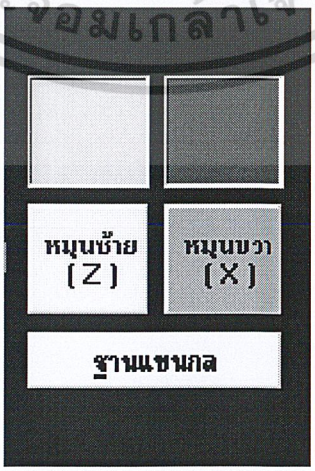
การทดลองแขนกลส่วนฐาน เป็นการทดลองที่ควบคุมสั่งงานโดยโปรแกรม Visual Basic ผ่านคอมพิวเตอร์ ในการทดลองส่วนฐานจะทดลองวัดองศาในการเคลื่อนที่ของแขนกลที่สั่งงานจากคอมพิวเตอร์แล้ววัดผลการทดลองจากการเคลื่อนที่ส่วนฐานของแขนกล

1) วิธีการทดลอง

1.1) การทดลองวัดตำแหน่งองศาจากการเคลื่อนที่ของแขนกลส่วนฐาน โดยจะแบ่งค่ามุมเริ่มต้นต่างๆ ที่ป้อนให้กับหน้าต่างใช้งานควบคุมส่วนฐานในช่องหมุนซ้าย และช่องหมุนขวา

1.2) ป้อนค่าดังตารางที่ 4.5, 4.6 และตารางที่ 4.7 แล้วคลิกปุ่มฐานแขนกล ดังรูปที่ 4.4

1.3) บันทึกค่าที่วัดได้ในตาราง



รูปที่ 4.4 หน้าต่างใช้งานการควบคุมแขนกลส่วนฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.5 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนฐานเริ่มที่มุม 0 องศา

เงื่อนไขในการวัด	ค่าที่วัดได้ (องศา)	ค่าความผิดพลาด (องศา)
เริ่มจาก 0 หมุนขวา 10°	10	0
เริ่มจาก 0 หมุนขวา 20°	20	0
เริ่มจาก 0 หมุนขวา 30°	30	0
เริ่มจาก 0 หมุนขวา 40°	40	0
เริ่มจาก 0 หมุนขวา 50°	50	0
เริ่มจาก 0 หมุนขวา 60°	60	0
เริ่มจาก 0 หมุนขวา 70°	70	0
เริ่มจาก 0 หมุนขวา 80°	80	0
เริ่มจาก 0 หมุนขวา 90°	90	0
เริ่มจาก 0 หมุนซ้าย 10°	10	0
เริ่มจาก 0 หมุนซ้าย 20°	20	0
เริ่มจาก 0 หมุนซ้าย 30°	30	0
เริ่มจาก 0 หมุนซ้าย 40°	40	0
เริ่มจาก 0 หมุนซ้าย 50°	50	0
เริ่มจาก 0 หมุนซ้าย 60°	60	0
เริ่มจาก 0 หมุนซ้าย 70°	70	0
เริ่มจาก 0 หมุนซ้าย 80°	80	0
เริ่มจาก 0 หมุนซ้าย 90°	90	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนฐานเริ่มที่มุม 30 องศา

เงื่อนไขในการวัด	ค่าที่วัดได้ (องศา)	ค่าความผิดพลาด (องศา)
เริ่มจาก 30 R หมุนขวา 10°	40	0
เริ่มจาก 30 R หมุนขวา 20°	50	0
เริ่มจาก 30 R หมุนขวา 30°	60	0
เริ่มจาก 30 R หมุนขวา 40°	70	0
เริ่มจาก 30 R หมุนขวา 50°	80	0
เริ่มจาก 30 R หมุนขวา 60°	90	0
เริ่มจาก 30 L หมุนซ้าย 10°	40	0
เริ่มจาก 30 L หมุนซ้าย 20°	50	0
เริ่มจาก 30 L หมุนซ้าย 30°	60	0
เริ่มจาก 30 L หมุนซ้าย 40°	70	0
เริ่มจาก 30 L หมุนซ้าย 50°	80	0
เริ่มจาก 30 L หมุนซ้าย 60°	90	0

ตารางที่ 4.7 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนฐานเริ่มที่มุม 45 องศา

เงื่อนไขในการวัด	ค่าที่วัดได้ (องศา)	ค่าความผิดพลาด (องศา)
เริ่มจาก 45 R หมุนขวา 10°	55	0
เริ่มจาก 45 R หมุนขวา 20°	65	0
เริ่มจาก 45 R หมุนขวา 30°	75	0
เริ่มจาก 45 R หมุนขวา 40°	85	0
เริ่มจาก 45 R หมุนขวา 45°	90	0
เริ่มจาก 45 L หมุนซ้าย 10°	55	0
เริ่มจาก 45 L หมุนซ้าย 20°	65	0
เริ่มจาก 45 L หมุนซ้าย 30°	75	0
เริ่มจาก 45 L หมุนซ้าย 40°	85	0
เริ่มจาก 45 L หมุนซ้าย 45°	95	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดลองส่วนหัวไหล่

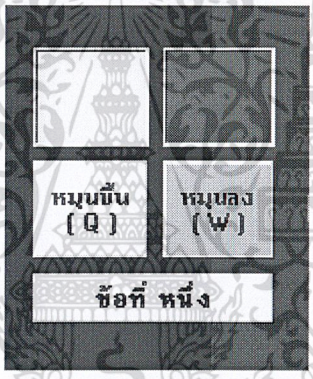
การทดลองส่วนหัวไหล่เป็นการทดลองวัดตำแหน่งองศาการเคลื่อนที่จากการสั่งควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ โดยมีหลักการทดลองเหมือนกับการวัดตำแหน่งองศาการเคลื่อนที่ส่วนฐาน สามารถหมุนลงได้ 70 องศา และหมุนขึ้นได้ 70 องศา

1) วิธีการทดลอง

1.1) การทดลองวัดตำแหน่งองศาจากการเคลื่อนที่ของส่วนหัวไหล่โดยจะแบ่งค่ามุมเริ่มต้นต่างๆ ที่ป้อนให้กับหน้าต่างใช้งานควบคุมส่วนหัวไหล่ในช่องหมุนลง และช่องหมุนขึ้น

1.2) ป้อนค่าดังตารางที่ 4.8 และ 4.9 แล้วคลิกปุ่มข้อที่หนึ่งดังรูปที่ 4.5

1.3) บันทึกค่าที่วัดได้ในตาราง



รูปที่ 4.5 หน้าต่างใช้งานการควบคุมแขนกลส่วนหัวไหล่

ตารางที่ 4.8 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนหัวไหล่เริ่มที่มุม 0 องศา

เงื่อนไขในการวัด	ค่าที่วัดได้ (องศา)	ค่าความผิดพลาด (องศา)
เริ่มจาก 0 หมุนลง 10°	10	0
เริ่มจาก 0 หมุนลง 20°	19	1
เริ่มจาก 0 หมุนลง 30°	30	0
เริ่มจาก 0 หมุนลง 40°	40	0
เริ่มจาก 0 หมุนลง 50°	50	0
เริ่มจาก 0 หมุนลง 60°	60	0
เริ่มจาก 0 หมุนลง 70°	69	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนหัวไหล่เริ่มที่มุม 70 องศา

เงื่อนไขในการวัด	ค่าที่วัดได้ (องศา)	ค่าความผิดพลาด (องศา)
เริ่มจาก 70 หมุนขึ้น 10°	60	0
เริ่มจาก 70 หมุนขึ้น 20°	50	1
เริ่มจาก 70 หมุนขึ้น 30°	41	1
เริ่มจาก 70 หมุนขึ้น 40°	30	0
เริ่มจาก 70 หมุนขึ้น 50°	19	1
เริ่มจาก 70 หมุนขึ้น 60°	10	0
เริ่มจาก 70 หมุนขึ้น 70°	0	0

4.2.3 การทดลองส่วนข้อศอก

การทดลองส่วนข้อศอก เป็นการทดลองวัดตำแหน่งองศาการเคลื่อนที่ของส่วนข้อศอกจากการสั่งควบคุมโดยคอมพิวเตอร์โดยการป้อนค่าให้กับหน้าต่างใช้งานควบคุมส่วนข้อศอก ทำการวัดจากเครื่องวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น

1) วิธีการทดลอง

1.1) การทดลองวัดตำแหน่งองศาจากการเคลื่อนที่ของแขนกลส่วนข้อศอกโดยจะแบ่งค่ามุมเริ่มต้นต่างๆ ที่ป้อนให้กับหน้าต่างใช้งานควบคุมส่วนข้อศอกในช่องหมุนลง และช่องหมุนขึ้น

1.2) ป้อนค่าดังตารางที่ 4.10 และ 4.11 แล้วคลิกปุ่มข้อที่สอง ดังรูปที่ 4.6

1.3) บันทึกค่าที่วัดได้ในตาราง

รูปที่ 4.6 หน้าต่างใช้งานการควบคุมแขนกลส่วนข้อศอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนข้อศอกเริ่มที่มุม 0 องศา

เงื่อนไขในการวัด	ค่าที่วัดได้ (องศา)	ค่าความผิดพลาด (องศา)
เริ่มจาก 0 หมุนลง 10°	10	0
เริ่มจาก 0 หมุนลง 20°	19	1
เริ่มจาก 0 หมุนลง 30°	29	1
เริ่มจาก 0 หมุนลง 40°	38	2
เริ่มจาก 0 หมุนลง 45°	43	2

ตารางที่ 4.11 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนข้อศอกเริ่มที่มุม 45 องศา

เงื่อนไขในการวัด	ค่าที่วัดได้ (องศา)	ค่าความผิดพลาด (องศา)
เริ่มจาก 45 หมุนขึ้น 10°	34	1
เริ่มจาก 45 หมุนขึ้น 20°	24	1
เริ่มจาก 45 หมุนขึ้น 30°	14	1
เริ่มจาก 45 หมุนขึ้น 40°	6	1
เริ่มจาก 45 หมุนขึ้น 45°	0	0

4.2.4 การทดลองส่วนข้อมือ

การทดลองส่วนข้อมือ เป็นการทดลองเพื่อวัดตำแหน่งองศาการเคลื่อนที่ของข้อมือที่สั่งการควบคุมมาจากคอมพิวเตอร์ เนื่องจากส่วนข้อมือเป็นส่วนที่สำคัญในการหยิบจับสิ่งของ ข้อมือเป็นส่วนที่ปรับตำแหน่งเพื่อให้ส่วนของนิ้วมือสามารถหยิบจับสิ่งของได้ถูกต้องตามตำแหน่งที่ต้องการ โดยมีวิธีการทดลองในส่วนของข้อมือ ดังนี้

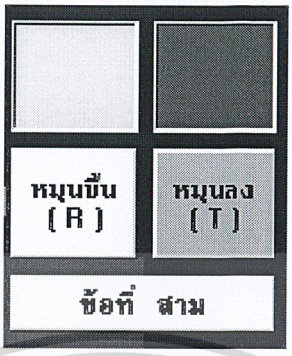
1) วิธีการทดลอง

1.1) การทดลองวัดตำแหน่งองศาจากการเคลื่อนที่ของแขนกลส่วนข้อมือโดยจะแบ่งค่ามุมเริ่มต้นต่างๆ ที่ป้อนให้กับหน้าต่างใช้งานควบคุมส่วนข้อมือในช่องหมุนลง และช่องหมุนขึ้น

1.2) ป้อนค่าดังตารางที่ 4.12 และ 4.13 แล้วคลิกปุ่มข้อที่สาม ดังรูปที่ 4.7

1.3) บันทึกค่าที่วัดได้ในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 หน้าต่างใช้งานการควบคุมแขนกลส่วนข้อมือ

ตารางที่ 4.12 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนข้อมือเริ่มที่มุม 0 องศา

เงื่อนไขในการวัด	ค่าที่วัดได้ (องศา)	ค่าความผิดพลาด (องศา)
เริ่มจาก 0 หมุนลง 10°	12	2
เริ่มจาก 0 หมุนลง 20°	23	3
เริ่มจาก 0 หมุนลง 30°	35	5
เริ่มจาก 0 หมุนลง 40°	44	4
เริ่มจาก 0 หมุนลง 50°	54	4
เริ่มจาก 0 หมุนลง 60°	62	2
เริ่มจาก 0 หมุนลง 70°	75	5
เริ่มจาก 0 หมุนลง 80°	83	3
เริ่มจาก 0 หมุนลง 90°	92	2

ตารางที่ 4.13 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนข้อมือเริ่มที่มุม 90 องศา

เงื่อนไขในการวัด	ค่าที่วัดได้ (องศา)	ค่าความผิดพลาด (องศา)
เริ่มจาก 90 หมุนขึ้น 10°	82	2
เริ่มจาก 90 หมุนขึ้น 20°	68	2
เริ่มจาก 90 หมุนขึ้น 30°	58	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 การทดสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่ส่วนข้อมือเริ่มที่มุม 0 องศา (ต่อ)

เริ่มจาก 90 หมุนขึ้น 40°	47	3
เริ่มจาก 90 หมุนขึ้น 50°	38	2
เริ่มจาก 90 หมุนขึ้น 60°	25	5
เริ่มจาก 90 หมุนขึ้น 70°	18	2
เริ่มจาก 90 หมุนขึ้น 80°	6	4
เริ่มจาก 90 หมุนขึ้น 90°	1	1

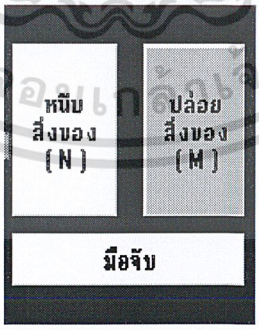
4.2.5 การทดลองส่วนนิ้วมือ

การทดลองการใช้งานส่วนนิ้วมือซึ่งเป็นลักษณะของการหยิบจับสิ่งของ โดยหลักการทำงานของส่วนนิ้วมือจะเป็นลักษณะการหนีบ และปล่อย โดยป้อนไฟบวกจะทำให้มอเตอร์กระแสตรงหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา โดยมีสายสลิงดึงทำให้ส่วนนิ้วมือหนีบเข้าหากัน และเมื่อป้อนไฟกลับขั้วให้กับมอเตอร์กระแสตรงทำให้เกิดการหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาของมอเตอร์ โดยสายสลิงจะดึงกลับทำให้นิ้วมือมีลักษณะห่างออกจากกัน

1) วิธีการทดลอง

1.1) คลิกปุ่มควบคุมสั่งงานให้ส่วนนิ้วมือหนีบจับสิ่งของ ดังหน้าต่างใช้งานรูปที่ 4.8

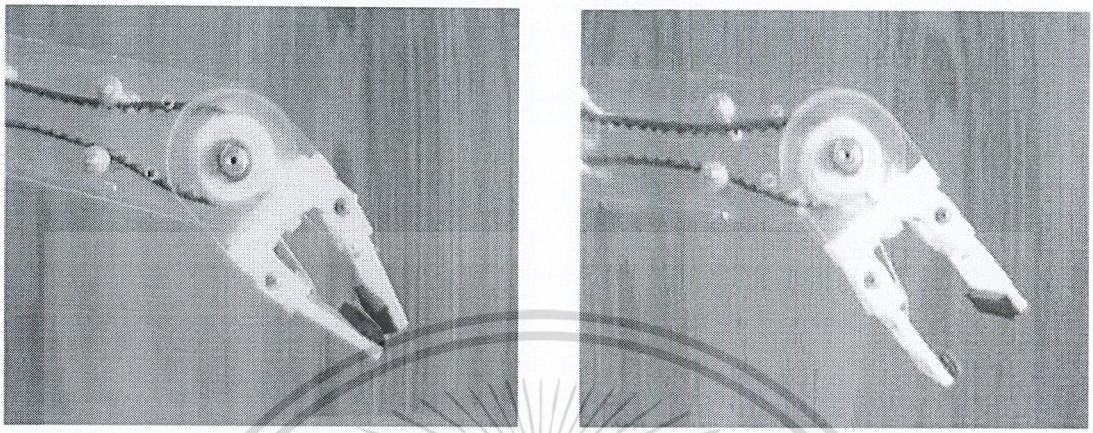
1.2) คลิกปุ่มควบคุมสั่งงานให้ส่วนนิ้วมือปล่อยสิ่งของ ดังหน้าต่างใช้งานรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 หน้าต่างใช้งานควบคุมการหนีบ – ปล่อย ของนิ้วมือจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผลการทดลอง



(ก) ขณะหนีบนิ้วมือ (ข) ขณะปล่อยนิ้วมือ

รูปที่ 4.9 ลักษณะการหนีบของส่วนนิ้วมือ

รูปที่ 4.10 การหยิบจับสิ่งของของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

แขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย ส่วนฐาน หัวไหล่ ข้อศอก ข้อมือ และนิ้วมือ ส่วนฐานมีความสูง 4 เซนติเมตร หัวไหล่มีความยาว 24 เซนติเมตร ข้อศอกมีความยาว 16 เซนติเมตร ข้อมือเป็นส่วนที่ยึดติดอยู่กับส่วนปลายข้อศอก และนิ้วมือมีด้วยกัน 2 นิ้ว

แขนกลมีขีดความสามารถแบ่งออกได้เป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

1) ส่วนฐานสามารถหมุนซ้ายได้ 90 องศา และหมุนขวาได้ 90 องศา

2) ส่วนหัวไหล่สามารถหมุนขึ้นได้ 90 องศา และหมุนลงได้ 90 องศา จากแนวตั้งฉากกับพื้นราบจนถึงแนวขนานกับพื้นราบ

3) ส่วนข้อศอกสามารถหมุนขึ้นได้ 70 องศา และหมุนลงได้ 70 องศา

4) ข้อมือสามารถปรับหาตำแหน่งของวัสดุ สิ่งของ ที่ต้องการจะหยิบจับได้ตั้งแต่มุม 0 องศา ถึง 90 องศา

5) นิ้วมือจับมี 2 นิ้ว เป็นส่วนที่ใช้สำหรับหยิบจับสิ่งของ จะหยิบจับสิ่งของในลักษณะการหนีบและการปล่อยวาง

การควบคุมการทำงานของแขนกลจะควบคุมการทำงานส่วนต่างๆ โดยหน้าต่างควบคุมการใช้งานโดยโปรแกรม Visual Basic ผ่านคอมพิวเตอร์ การป้อนคำสั่งการทำงานจะป้อนผ่านทางคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำแขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ สามารถแยกออกได้ทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนของโปรแกรมการควบคุม ข้อบกพร่องต่างๆ จากการสร้างแขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์มีดังต่อไปนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1 ปัญหาส่วนฮาร์ดแวร์

1) ปัญหาจากการไหลของชุดเฟืองส่วนหัวไหล่

ปัญหาจากการไหลของชุดเฟืองส่วนหัวไหล่ จะเกิดขึ้นเมื่อมีการควบคุมแขนกลส่วนหัวไหล่ต่ำกว่าแนวขนานกับพื้นราบหรือทำมุมเกิน 180 องศา เนื่องจากแขนกลรับน้ำหนักส่วนบนมากเกินไปทำให้เฟืองส่วนหัวไหล่ไหลลงมาด้านหน้า ทำให้ไม่สามารถควบคุมการทำงานของแขนกลให้ทำงานอย่างต่อเนื่องได้ ต้องยกตัวแขนส่วนหัวไหล่ขึ้นมาให้ได้ระดับที่น้อยกว่า 180 องศา จึงจะสามารถควบคุมการทำงานของแขนกลให้ทำงานต่อไปโดยคอมพิวเตอร์ได้

แนวทางการแก้ไขการไหลของชุดเฟืองส่วนหัวไหล่ สามารถทำได้ 2 วิธี ดังนี้คือ วิธีแรกแก้ไขโดยการใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีค่าทอร์คมากๆ จะทำให้สามารถแก้ไขปัญหาการไหลของเฟืองได้ วิธีที่สองสามารถแก้ไขได้จากการควบคุมการใช้งาน เนื่องจากในการใช้งานจริงไม่จำเป็นต้องควบคุมส่วนหัวไหล่ให้มีระดับที่มากกว่า 180 องศา ควรจะควบคุมให้แขนกลส่วนหัวไหล่อยู่ในระดับ 45 องศา จากนั้นจะใช้แขนกลส่วน ข้อศอกช่วยในการทำให้ส่วนของปลายมือเข้าใกล้สิ่งของที่ต้องการจะหยิบจับมากที่สุด เนื่องจากแขนกลส่วนข้อศอกมีน้ำหนักเบาทำให้ควบคุมได้ง่ายกว่าส่วนหัวไหล่

2) ปัญหาการหยิบจับสิ่งของได้เพียงวัสดุที่มีน้ำหนักน้อย

ปัญหาการหยิบจับสิ่งของได้เพียงวัสดุที่มีน้ำหนักน้อย มีสาเหตุหลักอยู่ 2 ประการดังนี้ อันดับแรกเนื่องจากวัสดุที่นำมาประดิษฐ์แขนกลนั้นทำจากพลาสติกแข็งธรรมดายังไม่มีความแข็งแรงคงทนมากเพียงพอสำหรับการใช้หยิบจับวัสดุสิ่งของที่มีน้ำหนักมากๆ อันดับสองเนื่องจากระบบรับน้ำหนักของแขนกลที่ในการทำงานนั้นใช้เพียงทอร์คของสเต็ปปิ้งมอเตอร์และความหนืดของชุดเฟืองเท่านั้น หากน้ำหนักมากเกินไปจะทำให้เฟืองไม่สามารถรับน้ำหนักได้

แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการหยิบจับวัสดุที่มีน้ำหนักน้อยคือ การใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงทนทานมากยิ่งขึ้น เช่น การใช้อลูมิเนียม และปรับปรุงระบบการทำงานของแขนกลในการหยิบจับสิ่งของด้วยระบบไฮโดรลิกจะทำให้สามารถรับน้ำหนักได้ดียิ่งขึ้น

3) ปัญหาขนาดของตัวแขนกล

แขนกลที่สร้างขึ้นมีขนาดเล็ก เนื่องจากเป็นเครื่องต้นแบบในการพัฒนาต่อไปให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ในการหยิบจับสิ่งของที่มีขนาดใหญ่ได้

แนวทางการแก้ไขเพื่อให้สามารถหยิบจับสิ่งของที่มีขนาดใหญ่ได้ ต้องสร้างแขนกลที่มีขนาดใหญ่ขึ้นให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ปัญหาการสึกหรอของเฟือง

ปัญหาการสึกหรอของเฟืองมีสาเหตุ 2 ประการ ดังนี้คือ อันดับแรกเนื่องจากชุดเฟืองในการประกอบแขนกลเข้าด้วยกันในการควบคุมส่วนต่างๆ นั้นเป็นชุดเฟืองที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว และได้นำมาประกอบเข้าด้วยกันให้เกิดความเหมาะสม อันดับที่สองเนื่องจากชุดเฟืองที่ใช้เป็นพลาสติกทำให้เกิดการสึกหรอของเฟืองง่าย

แนวทางการแก้ไขจากปัญหาทั้งสองสาเหตุ สามารถทำได้โดยออกแบบและกลึงชุดเฟืองที่ทำด้วยเหล็ก จะทำให้มีความแข็งแรงและทนต่อการสึกหรอเนื่องจากการเสียดสีได้ดี

5.3 แนวทางในการพัฒนา

แนวทางในการพัฒนาโครงงานแขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์สามารถพัฒนาต่อไปให้มีประสิทธิภาพยิ่งได้ดังแนวทางต่อไปนี้

1) การพัฒนาด้านวัสดุในการประดิษฐ์แขนกล

จากเดิมที่ใช้พลาสติกสังเคราะห์ในการประกอบตัวแขน สามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพขึ้นได้โดยการใช้อลูมิเนียมชนิดแข็ง หรือเหล็ก ทำให้มีความแข็ง คงทน ซึ่งสามารถพัฒนาให้สามารถใช้งานได้กับโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ได้

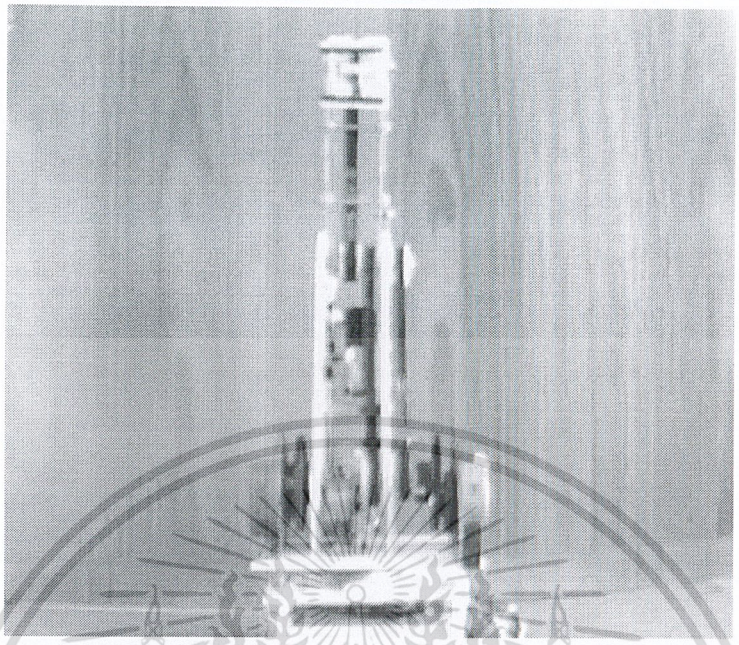
2) การพัฒนาด้านชิ้นส่วนเชิงกล

การพัฒนาด้านเครื่องกล สามารถพัฒนาให้มีการทำงานที่มีประสิทธิภาพขึ้นได้โดยการพัฒนาจากระบบมอเตอร์ให้เป็นระบบไอดรอลิก ซึ่งมีความสมบูรณ์ในการขับเคลื่อนดีกว่าและสามารถหยิบจับสิ่งของที่มีน้ำหนักมากๆ เนื่องจากระบบไฮดรอลิกเป็นระบบที่มีกำลังในการทำงานมากกว่ามอเตอร์

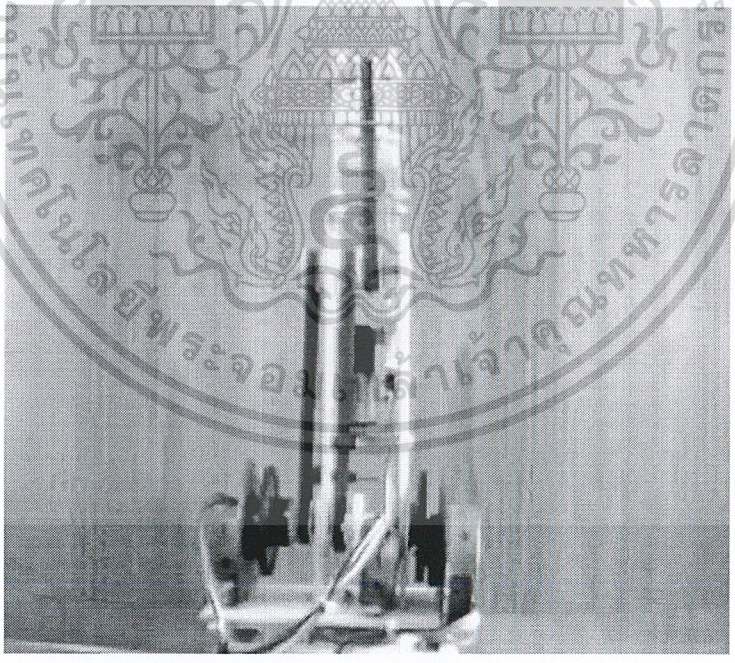
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ส่วนประกอบของแขนกลกึ่งอัตโนมัติควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

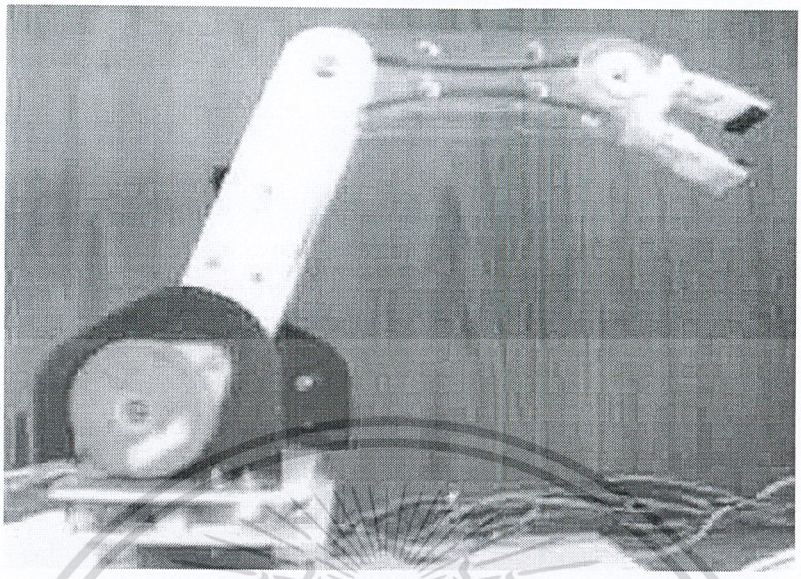


รูปที่ ก.1 ลักษณะแขนกลด้านหน้า

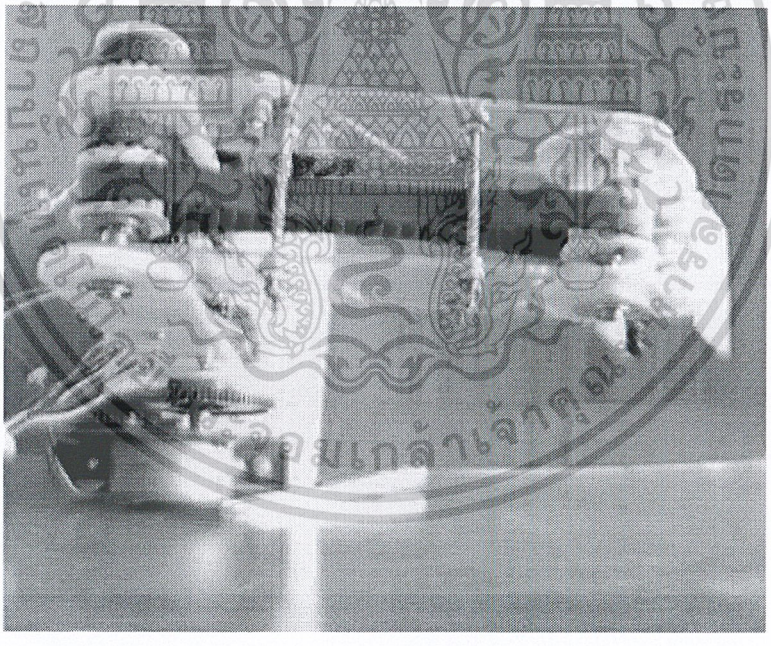


รูปที่ ก.2 ลักษณะแขนกลด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ลักษณะแขนกลด้านข้าง



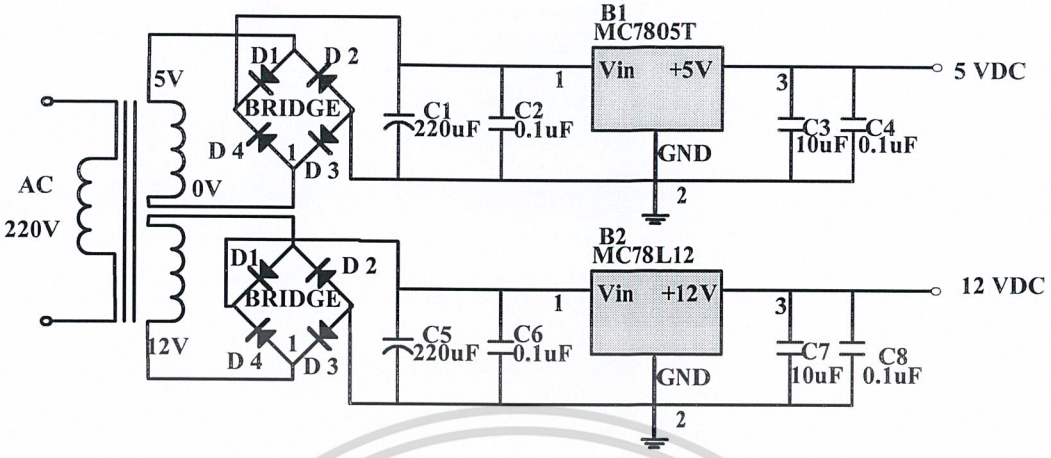
รูปที่ ก.4 ลักษณะแขนกลด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

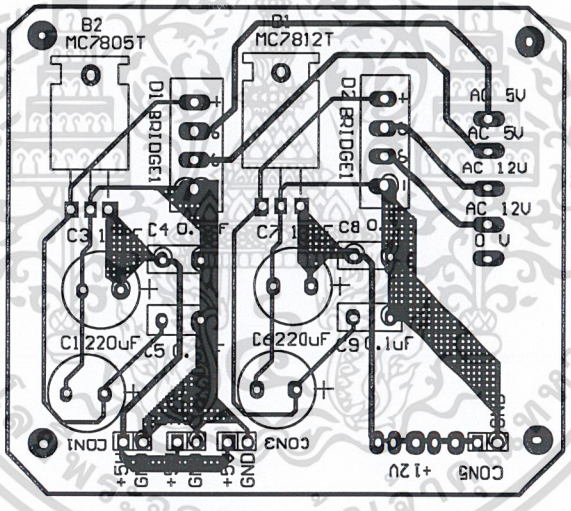
ภาคผนวก ข

วงจรและลายวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

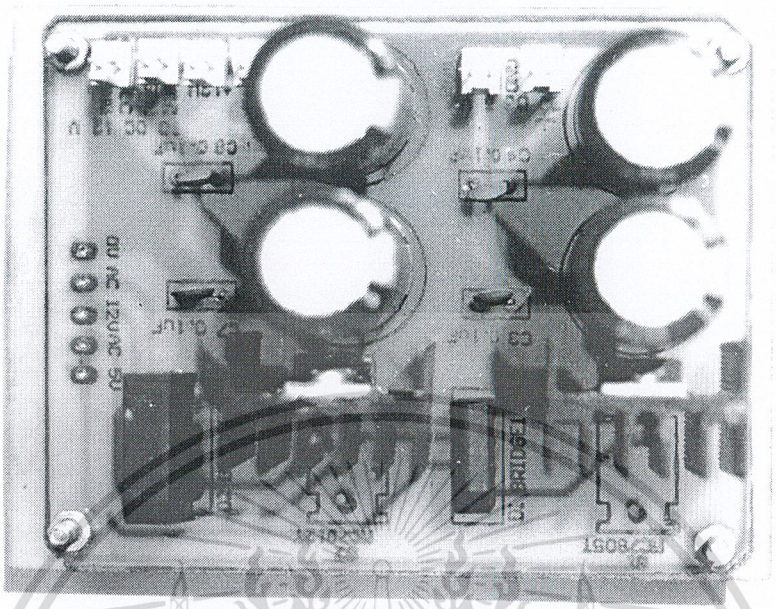


รูปที่ ข.1 วงจรภาคจ่ายไฟ

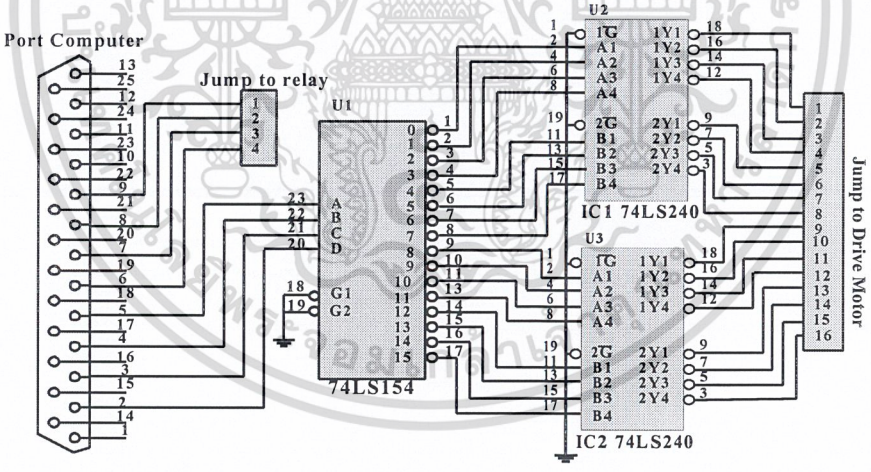


รูปที่ ข.2 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

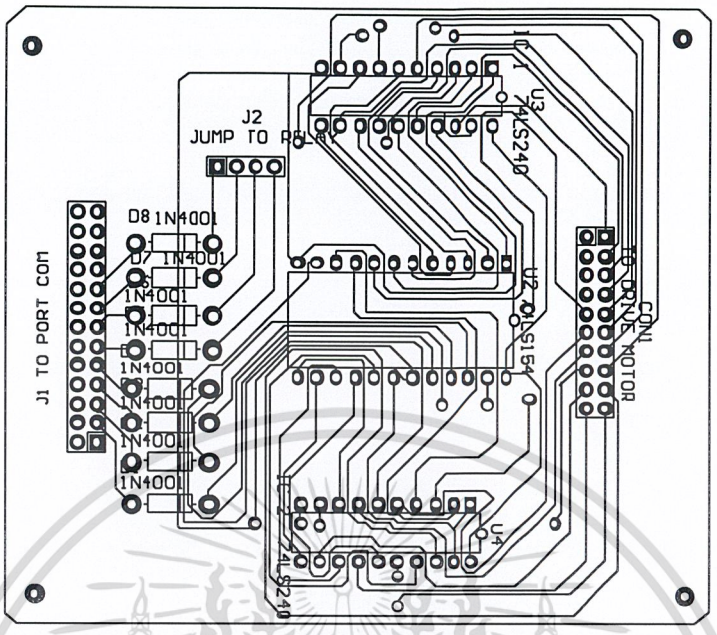


รูปที่ ข.3 แผ่นวงจรภาคจ่ายไฟ

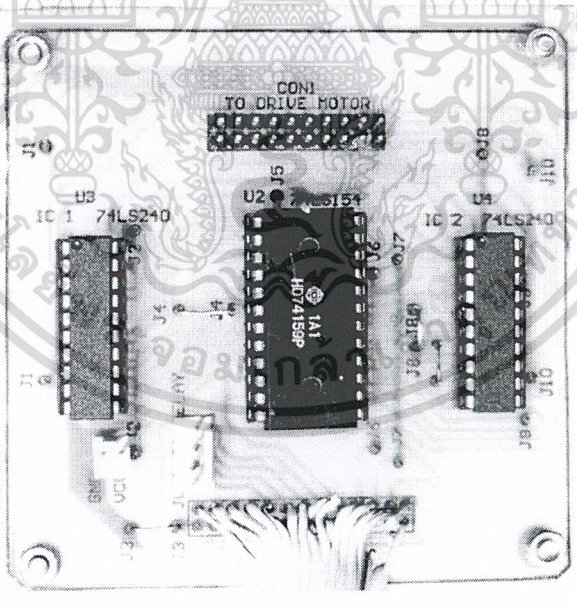


รูปที่ ข.4 วงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

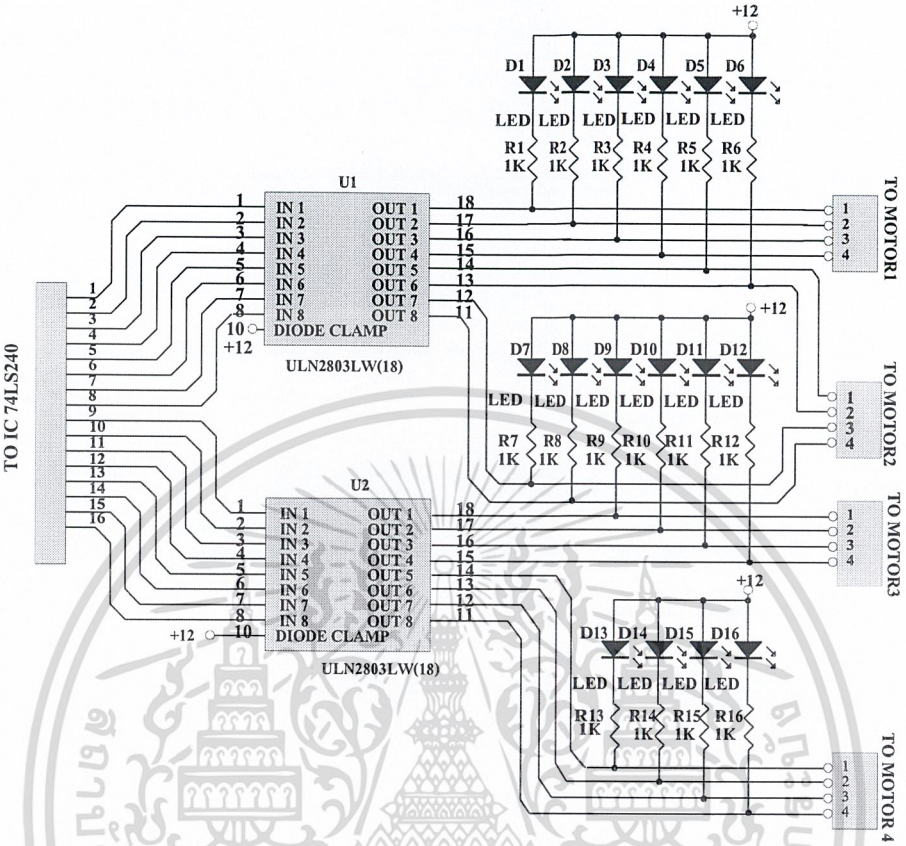


รูปที่ ข.5 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณ

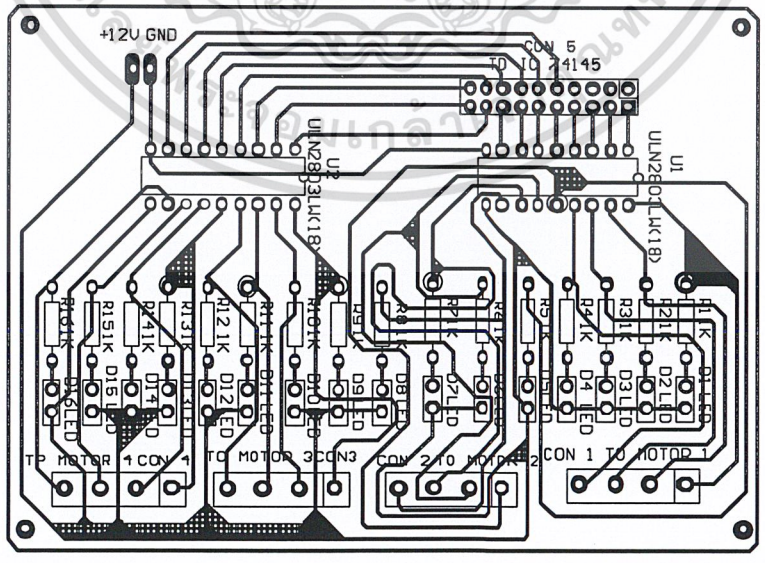


รูปที่ ข.6 แผ่นวงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

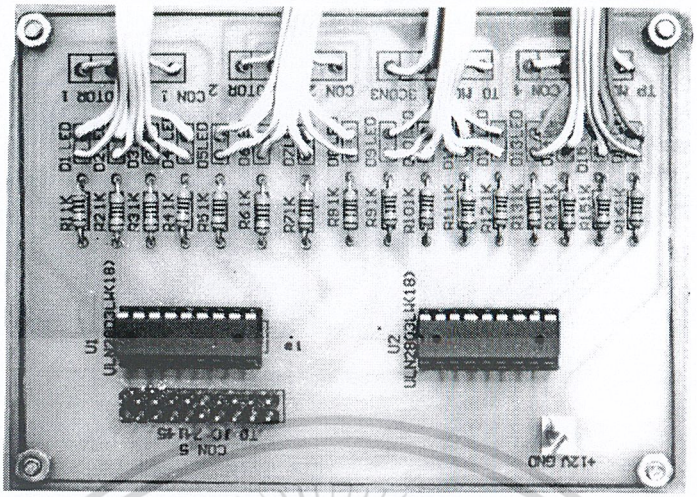


รูปที่ ข.7 วงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

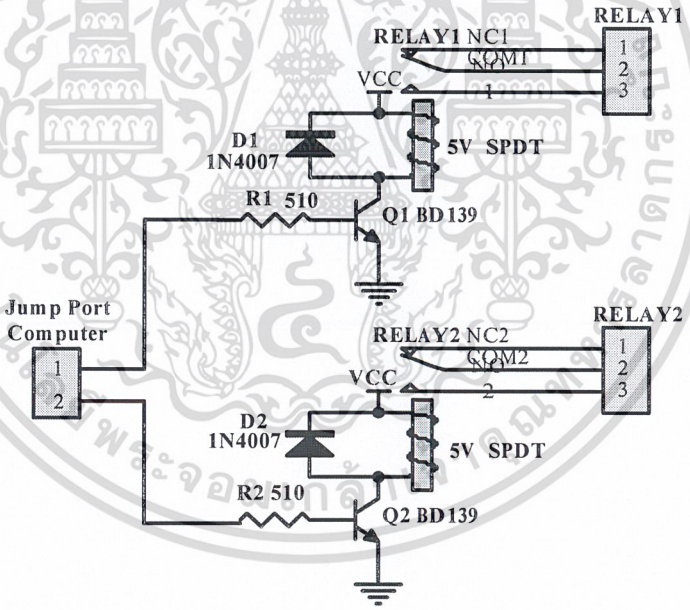


รูปที่ ข.8 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

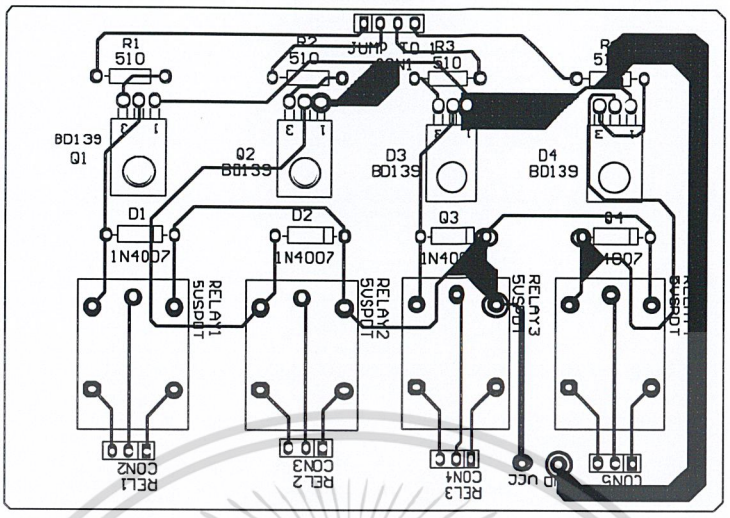


รูปที่ ข.9 แผ่นวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

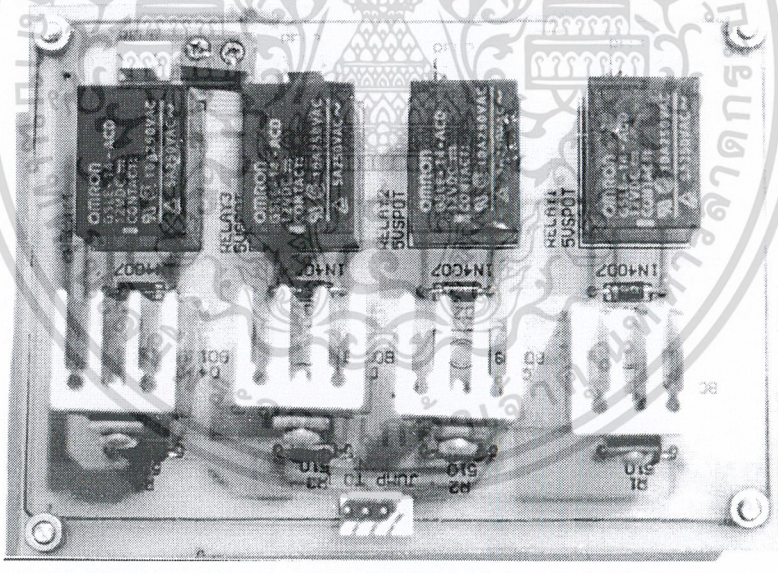


รูปที่ ข.10 วงจรรีเลย์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

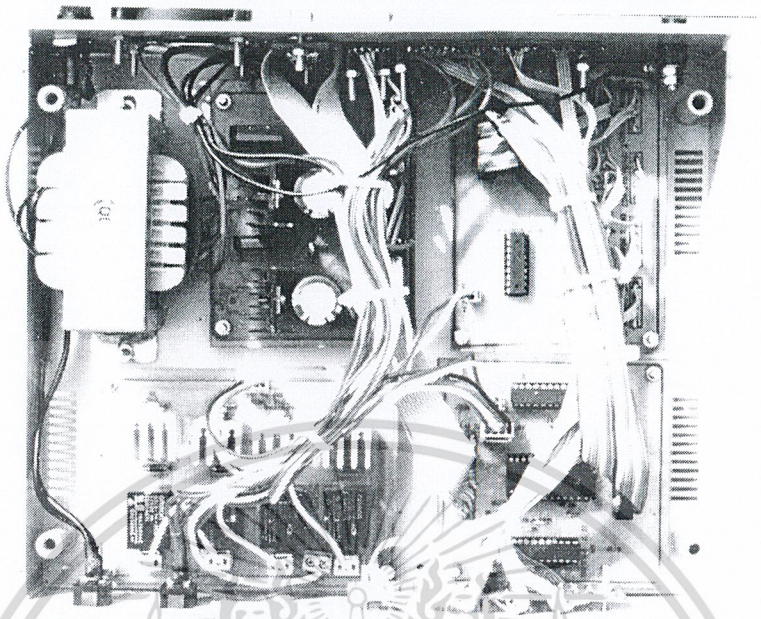


รูปที่ ข.11 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรรีเลย์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง



รูปที่ ข.12 แผ่นวงจรรีเลย์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.13 วงจรรวมที่ใช้งานสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

โปรแกรมควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim chka As Integer
Dim NumBot As Integer
Dim bup As Integer
Dim bdw As Integer
Dim armUp As Integer
Dim armDw As Integer
Dim lekUp As Integer
Dim lekDw As Integer
Private Sub Command10_Click()
    Out &H378, 32 '
End Sub

Private Sub Command11_Click()
Out &H378, 16
End Sub

Private Sub Command12_Click()
    AutoStartA1 False
    AutoStartA21 False
    AutoStartA11 False
    AutoStartA2 False
    AutoStartA3 False
    AutoStartFloor False
    AutoStartKeep False
End Sub

Private Sub Command13_Click()

'start
    AutoStartFloor True
    AutoStartA1 True
    AutoStartA2 True
AutoStartA21 True
    AutoStartA11 True
    AutoStartA3 True
    AutoStartKeep True
    'end

    AutoStartA1 False
    AutoStartA2 False
    AutoStartA21 False
    AutoStartA11 False
    AutoStartA3 False
    AutoStartFloor False
    AutoStartKeep False
End Sub

Private Sub Command15_Click()
Dim c
Dim ChkLoopUp, ChkLoopDown As Long
Dim MoveTo As Integer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    c = 0.5
    If Trim(Text4.Text) = "" Then
        MoveTo = 0
    Else
        MoveTo = Val(Text4.Text)
End If
    ChkLoop = MoveTo / c
    If ChkLoop > 140 Then
        ChkLoop = 140
    End If
    If MoveTo > 70 Then
        MsgBox "You not input over value 70 ", 16
        Exit Sub
    End If

    CurA1 = CurA1 + ChkLoop
    'loop down
    If ChkLoop <> 0 Then
        For i = 0 To ChkLoop
            If bdw < 4 Then
                bdw = 7
            ElseIf bdw > 7 Then
                bdw = 4
            End If

            Out &H378, bdw
            bdw = bdw +
            For j = 0 To 700000
            Next j
        Next i
    End If

    'loop Up
    If Trim(Text3.Text) = "" Then
        MoveTo = 0
Else
        MoveTo = Val(Text3.Text)
    End If

    ChkLoop = MoveTo / c
    If ChkLoop > 140 Then
        ChkLoop = 140
    End If


If MoveTo > 70 Then
        MsgBox "You not input over value 70 ", 16
        Exit Sub
    End If

    CurA1 = CurA1 - ChkLoop
    If ChkLoop <> 0 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        For i = 0 To ChkLoop
            If bup < 4 Then
                bup = 7
            ElseIf bup > 7 Then
                bup = 4
            End If

            Out &H378, bup
            bup = bup - 1
            For j = 0 To 1300000
            Next j
        Next i
    End If
End Sub
Private Sub Command16_Click()
Dim c
Dim ChkLoopUp, ChkLoopDown As Long
Dim MoveTo As Integer
    c = 0.391304
    If Trim(Text2.Text) = "" Then
        MoveTo = 0
    Else
        MoveTo = Val(Text2.Text)
    End If

    ChkLoop = MoveTo / c
    If ChkLoop > 230 Then
        ChkLoop = 230
    End If

    If MoveTo > 90 Then
        MsgBox "You not input over value 90 ", 16
        Exit Sub
    End If

    CurFloor = CurFloor + ChkLoop
    'loop right
    If ChkLoop <> 0 Then
        For i = 0 To ChkLoop
            If chka < 0 Then
                chka = 3
            ElseIf chka > 3 Then
                chka = 0
            End If

            Out &H378, chka
            chka = chka - 1
            For j = 0 To 700000
            Next j
        Next i
    End If
    'loop Left
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    If Trim(Text1.Text) = "" Then
        MoveTo = 0
    Else
        MoveTo = Val(Text1.Text)
    End If

    ChkLoop = MoveTo / c
    If ChkLoop > 230 Then
        ChkLoop = 230
    End If

    If MoveTo > 90 Then
        MsgBox "You not input over value 90 ", 16
        Exit Sub
    End If

    CurFloor = CurFloor + ChkLoop
    If ChkLoop <> 0 Then
        For i = 0 To ChkLoop
            If chka < 0 Then
                chka = 3
            ElseIf chka > 3 End If
            Out &H378, chka
            chka = chka + 1
            For j = 0 To 700000
            Next j
        Next i
    End If
End Sub

Private Sub Command17_Click()
Dim c As Long
Dim ChkLoopUp, ChkLoopDown As Long
Dim MoveTo As Integer
    c = 0.2541
    If Trim(Text8.Text) = "" Then
        MoveTo = 0hen
                chka = 0
Else
        MoveTo = Val(Text8.Text)
    End If




ChkLoop = MoveTo / 0.2541
    If ChkLoop > 117 Then
        ChkLoop = 117
    End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If MoveTo > 30 Then
        MsgBox "You not input over value 30 ", 16
        Exit Sub
    End If
CurA3 = CurA3 + ChkLoop
    'loop down
    If ChkLoop <> 0 Then
        For i = 0 To ChkLoop
            If lekDw < 12 Then
                lekDw = 15
            ElseIf lekDw > 15 Then
                lekDw = 12
            End If

            Out &H378, lekDw
            lekDw = lekDw + 1
            For j = 0 To 700000
            Next j
        Next i
    End If
    'loop Up
    If Trim(Text7.Text) = "" Then
        MoveTo = 0
    Else
        MoveTo = Val(Text7.Text)
    End If
ChkLoop = MoveTo / 0.2541
    If ChkLoop > 117 Then
        ChkLoop = 117
    End If

    If MoveTo > 30 Then
        MsgBox "You not input over value 30 ", 16
Exit Sub
    End If

    CurA3 = CurA3 - ChkLoop
    If ChkLoop <> 0 Then
        For i = 0 To ChkLoop
If lekUp < 12 Then
                lekUp = 15
            ElseIf lekUp > 15 Then
                lekUp = 12
            End If


            Out &H378, lekUp
            lekUp = lekUp - 1
            For j = 0 To 700000
            Next j
        Next i
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    End If
End Sub

Private Sub Command18_Click()
Dim ChkLoop As Integer
'    For i = 0 To 10
        Out &H378, 16
 '   Next i
End Sub

Private Sub Command19_Click()
Dim c
Dim ChkLoopUp, ChkLoopDown As Long
Dim MoveTo As Integer
    c = 0.461538
    If Trim(Text6.Text) = "" Then
        MoveTo = 0
    Else
        MoveTo = Val(Text6.Text)
    End If

    ChkLoop = MoveTo / c
    If ChkLoop > 65 Then
        ChkLoop = 65
    End If

    If MoveTo > 30 Then
        MsgBox "You not input over value 30 ", 16
        Exit Sub
    End If
    CurA2 = CurA2 + ChkLoop
    'loop down
    If ChkLoop <> 0 Then
        For i = 0 To ChkLoop
            If armDw < 8 Then
                armDw = 11
            ElseIf armDw > 11 Then
                armDw = 8
            End If
            Out &H378, armDw
            armDw = armDw - 1

For j = 0 To 700000
            Next j
        Next i
    End If

    'loop Up
    If Trim(Text5.Text) = "" Then
        MoveTo = 0
    Else
        MoveTo = Val(Text5.Text)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    End If

    ChkLoop = MoveTo / c
    If ChkLoop > 65 Then
        ChkLoop = 65
    End If

    If MoveTo > 30 Then
        MsgBox "You not input over value 30 ", 16
        Exit Sub
    End If

    CurA2 = CurA2 - ChkLoop
    If ChkLoop <> 0 Then
        For i = 0 To ChkLoop
            If armUp < 8 Then
                armUp = 11
            ElseIf armUp > 11 Then
                armUp = 8
            End If
Out &H378, armUp
            armUp = armUp + 1
            For j = 0 To 900000
            Next j
        Next i
    End If
End Sub

Private Sub Command2_Click()
 '   NumBot = 0
   NumBot = NumBot + 1
'For i = 1 To Val(Text1.Text) / 19
 '   chka = 0
        If bup < 4 Then
            bup = 7
        ElseIf bup > 7 Then
            bup = 4
        End If


Out &H378, bup
        bup = bup - 1

        CurA11 = CurA11 - 1
        PointStop = bup
End Sub
Private Sub Command20_Click()
End
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    NumBot = NumBot + 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        If bdw < 4 Then
            bdw = 7
        ElseIf bdw > 7 Then
            bdw = 4
        End If
        Out &H378, bdw
        bdw = bdw + 1
   i
        CurA11 = CurA11 + 1
        PointStop = bup
End Sub
Private Sub Command4_Click()
 '   NumBot = 0
   NumBot = NumBot + 1
        If chka < 0 Then
            chka = 3
        ElseIf chka > 3 Then
            chka = 0
End If
        Out &H378, chka
        chka = chka + 1

        CurFloor = CurFloor - 1
        PointStop = chka
End Sub
Private Sub Command5_Click()
 '   NumBot = 0
   NumBot = NumBot + 1

        If chka < 0 Then
            chka = 3
        ElseIf chka > 3 Then
            chka = 0
        End If
        Out &H378, chka
        chka = chka - 1
        CurFloor = CurFloor + 1
        PointStop = chka
End Sub

Private Sub Command6_Click()
   NumBot = NumBot + 1

        If lekUp < 12 Then
            lekUp = 15
        ElseIf lekUp > 15 Then
            lekUp = 12
        End If
        Out &H378, lekUp
        lekUp = lekUp - 1

        CurA31 = CurA31 - 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        PointStop = lekUp
End Sub
Private Sub Command7_Click()
   NumBot = NumBot + 1

        If lekDw < 12 Then
            lekDw = 15
        ElseIf lekDw > 15 Then
            lekDw = 12
        End If
Out &H378, lekDw
lekDw = lekDw + 1
CurA31 = CurA31 + 1
        'PointStop = lekDw
End Sub

Private Sub Command8_Click()
 '    NumBot = 0
   NumBot = NumBot + 1

        If armUp < 8 Then
            armUp = 11
        ElseIf armUp > 11 Then
            armUp = 8
        End If

        Out &H378, armUp
        armUp = armUp + 1

        CurA21 = CurA21 - 1
        PointStop = armUp
End Sub
Private Sub Command9_Click()
'    NumBot = 0
   NumBot = NumBot + 1



If armDw < 8 Then
            armDw = 11
        ElseIf armDw > 11 Then
            armDw = 8
        End If

        Out &H378, armDw
        armDw = armDw - 1
        CurA21 = CurA21 + 1
        PointStop = armDw
End Sub
Private Sub Form_Load()
  NumBot = -1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    bup = 3
    bdw = 3
End Sub
```

\\

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วงจรภาคจ่ายไฟ

ตัวเก็บประจุ

คาปาซิเตอร์ 0.1 uF	4 ตัว
คาปาซิเตอร์ 220 uF	2 ตัว
คาปาซิเตอร์ 10 uF	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไดโอด บริดจ์	2 ตัว
MC7805RT	1 ตัว

2. วงจรแปลงสัญญาณเลขฐานสองเป็นสิบหกช่องสัญญาณ

ตัวความต้านทาน

ตัวความต้านทาน 1 kΩ	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไดโอด	16 ตัว
ULN 2803 LW (18)	2 ตัว

3. วงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

74LS154	1 ตัว
74LS240	2 ตัว

4. วงจรรีเลย์ควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

ตัวความต้านทาน

ตัวความต้านทาน 510 Ω	4 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

1N4001	4 ตัว
ทรานซิสเตอร์ BD139	4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์อื่นๆ

รีเลย์ 12 V	4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

รายละเอียดและคุณสมบัติอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Order this document by ULN2803/D

MOTOROLA

Octal High Voltage, High Current Darlington Transistor Arrays

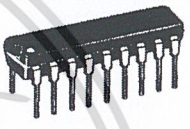
ULN2803
ULN2804

OCTAL PERIPHERAL DRIVER ARRAYS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

The eight NPN Darlington connected transistors in this family of arrays are ideally suited for interfacing between low logic level digital circuitry (such as TTL, CMOS or PMOS/NMOS) and the higher current/voltage requirements of lamps, relays, printer hammers or other similar loads for a broad range of computer, industrial, and consumer applications. All devices feature open–collector outputs and free wheeling clamp diodes for transient suppression.

The ULN2803 is designed to be compatible with standard TTL families while the ULN2804 is optimized for 6 to 15 volt high level CMOS or PMOS.



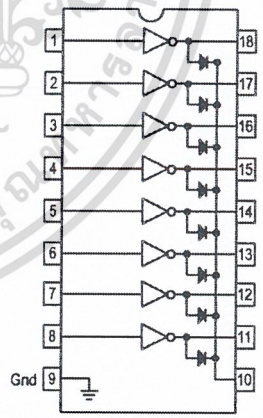
A SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C and rating apply to any one device in the package, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Output Voltage	V_O	50	V
Input Voltage (Except ULN2801)	V_I	30	V
Collector Current – Continuous	I_C	500	mA
Base Current – Continuous	I_B	25	mA
Operating Ambient Temperature Range	T_A	0 to +70	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	−55 to +150	°C
Junction Temperature	T_J	125	°C

$R_{\theta JA}$ = 55°C/W
Do not exceed maximum current limit per driver.

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Characteristics		
	Input Compatibility	V_{CE}(Max)/I_C(Max)	Operating Temperature Range
ULN2803A ULN2804A	TTL, 5.0 V CMOS 6 to 15 V CMOS, PMOS	50 V/500 mA	T_A = 0 to + 70°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2803 ULN2804

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

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Output Leakage Current (Figure 1)		I_{CEX}				µA
(V_O = 50 V, T_A = +70°C)	All Types		–	–	100	
(V_O = 50 V, T_A = +25°C)	All Types		–	–	50	
(V_O = 50 V, T_A = +70°C, V_I = 6.0 V)	ULN2802		–	–	500	
(V_O = 50 V, T_A = +70°C, V_I = 1.0 V)	ULN2804		–	–	500	
Collector–Emitter Saturation Voltage (Figure 2)		$V_{CE(sat)}$				V
(I_C = 350 mA, I_B = 500 µA)	All Types		–	1.1	1.6	
(I_C = 200 mA, I_B = 350 µA)	All Types		–	0.95	1.3	
(I_C = 100 mA, I_B = 250 µA)	All Types		–	0.85	1.1	
Input Current – On Condition (Figure 4)		$I_{I(on)}$				mA
(V_I = 17 V)	ULN2802		–	0.82	1.25	
(V_I = 3.85 V)	ULN2803		–	0.93	1.35	
(V_I = 5.0 V)	ULN2804		–	0.35	0.5	
(V_I = 12 V)	ULN2804		–	1.0	1.45	
Input Voltage – On Condition (Figure 5)		$V_{I(on)}$				V
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 300 mA)	ULN2802		–	–	13	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA)	ULN2803		–	–	2.4	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 250 mA)	ULN2803		–	–	2.7	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 300 mA)	ULN2803		–	–	3.0	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 125 mA)	ULN2804		–	–	5.0	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA)	ULN2804		–	–	6.0	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 275 mA)	ULN2804		–	–	7.0	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 350 mA)	ULN2804		–	–	8.0	
Input Current – Off Condition (Figure 3) (I_C = 500 µA, T_A = +70°C)	All Types	$I_{I(off)}$	50	100	–	µA
DC Current Gain (Figure 2) (V_{CE} = 2.0 V, I_C = 350 mA)	ULN2801	h_{FE}	1000	–	–	–
Input Capacitance		C_I	–	15	25	pF
Turn–On Delay Time (50% E_I to 50% E_O)		t_{on}	–	0.25	1.0	µs
Turn–Off Delay Time (50% E_I to 50% E_O)		t_{off}	–	0.25	1.0	µs
Clamp Diode Leakage Current (Figure 6) (V_R = 50 V)	T_A = +25°C T_A = +70°C	I_R	–	–	50 100	µA
Clamp Diode Forward Voltage (Figure 7) (I_F = 350 mA)		V_F	–	1.5	2.0	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2803 ULN2804

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

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Output Leakage Current (Figure 1)		I_{CEX}				µA
(V_O = 50 V, T_A = +70°C)	All Types		–	–	100	
(V_O = 50 V, T_A = +25°C)	All Types		–	–	50	
(V_O = 50 V, T_A = +70°C, V_I = 6.0 V)	ULN2802		–	–	500	
(V_O = 50 V, T_A = +70°C, V_I = 1.0 V)	ULN2804		–	–	500	
Collector–Emitter Saturation Voltage (Figure 2)		$V_{CE(sat)}$				V
(I_C = 350 mA, I_B = 500 µA)	All Types		–	1.1	1.6	
(I_C = 200 mA, I_B = 350 µA)	All Types		–	0.95	1.3	
(I_C = 100 mA, I_B = 250 µA)	All Types		–	0.85	1.1	
Input Current – On Condition (Figure 4)		$I_{I(on)}$				mA
(V_I = 17 V)	ULN2802		–	0.82	1.25	
(V_I = 3.85 V)	ULN2803		–	0.93	1.35	
(V_I = 5.0 V)	ULN2804		–	0.35	0.5	
(V_I = 12 V)	ULN2804		–	1.0	1.45	
Input Voltage – On Condition (Figure 5)		$V_{I(on)}$				V
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 300 mA)	ULN2802		–	–	13	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA)	ULN2803		–	–	2.4	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 250 mA)	ULN2803		–	–	2.7	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 300 mA)	ULN2803		–	–	3.0	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 125 mA)	ULN2804		–	–	5.0	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 200 mA)	ULN2804		–	–	6.0	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 275 mA)	ULN2804		–	–	7.0	
(V_{CE} = 2.0 V, I_C = 350 mA)	ULN2804		–	–	8.0	
Input Current – Off Condition (Figure 3) (I_C = 500 µA, T_A = +70°C)	All Types	$I_{I(off)}$	50	100	–	µA
DC Current Gain (Figure 2) (V_{CE} = 2.0 V, I_C = 350 mA)	ULN2801	h_{FE}	1000	–	–	–
Input Capacitance		C_I	–	15	25	pF
Turn–On Delay Time (50% E_I to 50% E_O)		t_{on}	–	0.25	1.0	µs
Turn–Off Delay Time (50% E_I to 50% E_O)		t_{off}	–	0.25	1.0	µs
Clamp Diode Leakage Current (Figure 6) (V_R = 50 V)	T_A = +25°C T_A = +70°C	I_R	–	–	50 100	µA
Clamp Diode Forward Voltage (Figure 7) (I_F = 350 mA)		V_F	–	1.5	2.0	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2803 ULN2804

TYPICAL CHARACTERISTIC CURVES – T_A = 25°C, unless otherwise noted

Output Characteristics

Figure 8. Output Current versus Saturation Voltage

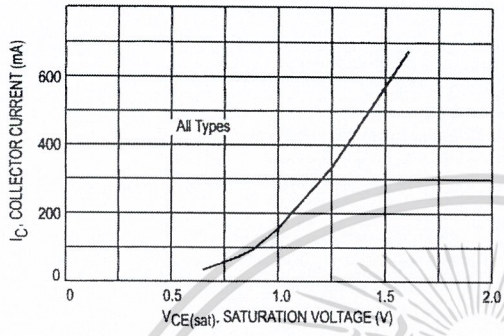
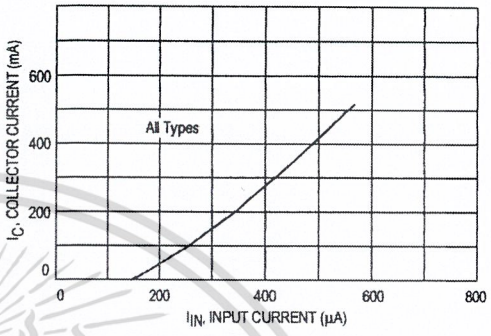


Figure 9. Output Current versus Input Current



Input Characteristics

Figure 10. ULN2803 Input Current versus Input Voltage

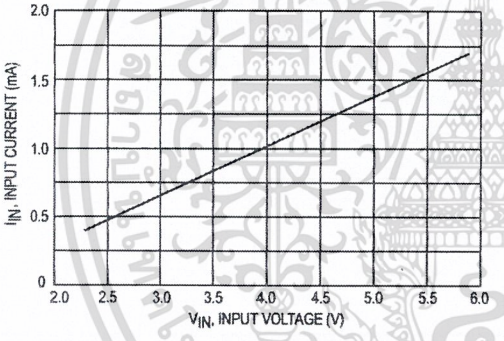


Figure 11. ULN2804 Input Current versus Input Voltage

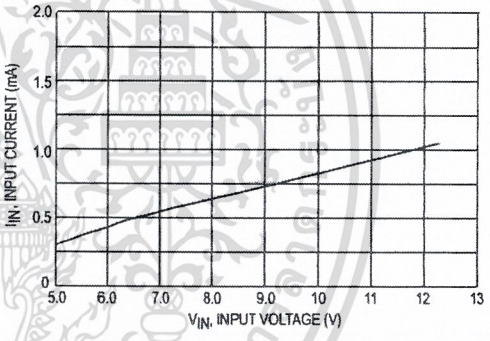
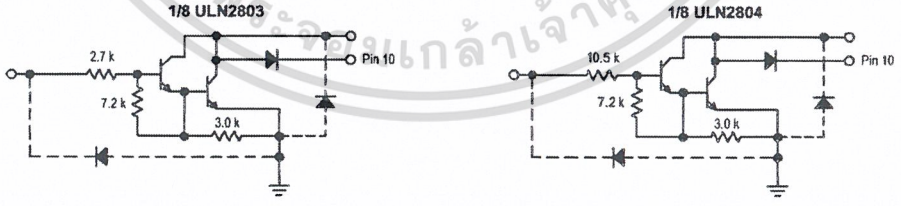


Figure 12. Representative Schematic Diagrams

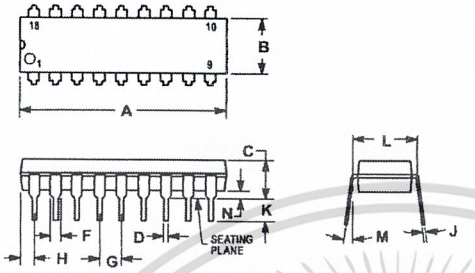


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2803 ULN2804

OUTLINE DIMENSIONS

A SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707–02
ISSUE C



NOTES:
1. POSITIONAL TOLERANCE OF LEADS (D), SHALL BE WITHIN 0.25 (0.010) AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION, IN RELATION TO SEATING PLANE AND EACH OTHER.
2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.

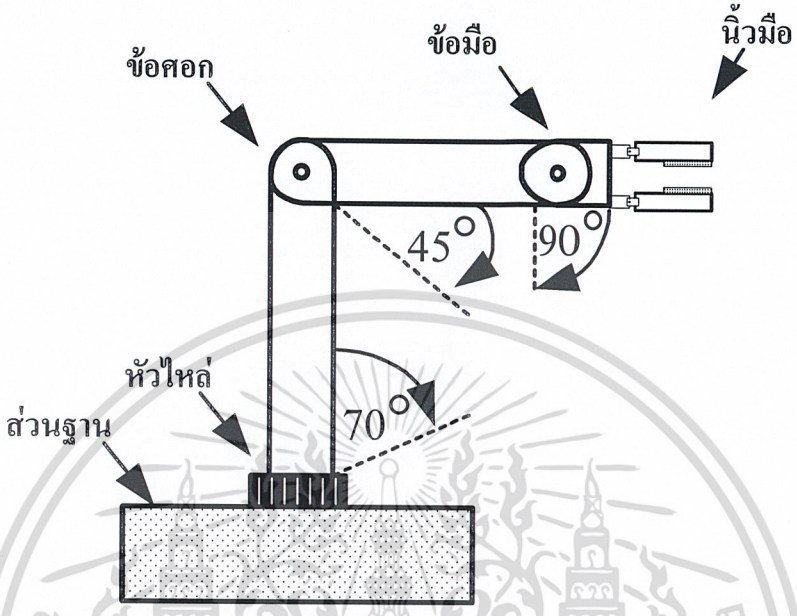
	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	22.22	23.24	0.875	0.915
B	6.10	6.60	0.240	0.260
C	3.56	4.57	0.140	0.180
D	0.36	0.56	0.014	0.022
F	1.27	1.78	0.050	0.070
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	1.02	1.52	0.040	0.060
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	2.92	3.43	0.115	0.135
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.51	1.02	0.020	0.040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานแขนกล



รูปที่ ฉ.1 ส่วนประกอบของแขนกลส่วนต่างๆ

ส่วนฐาน : สามารถหมุนซ้ายและหมุนขวาได้ 90 องศา

ส่วนหัวไหล่ : เมื่ออยู่ที่ตำแหน่งตั้งฉากกับพื้นราบ สามารถหมุนลงได้ 70 องศา และหมุนขึ้นกลับสู่ตำแหน่งเดิม

ส่วนข้อศอก : เมื่ออยู่ที่ตำแหน่งขนานกับพื้นราบ สามารถหมุนลงได้ 45 องศา และหมุนขึ้นกลับสู่ตำแหน่งเดิม

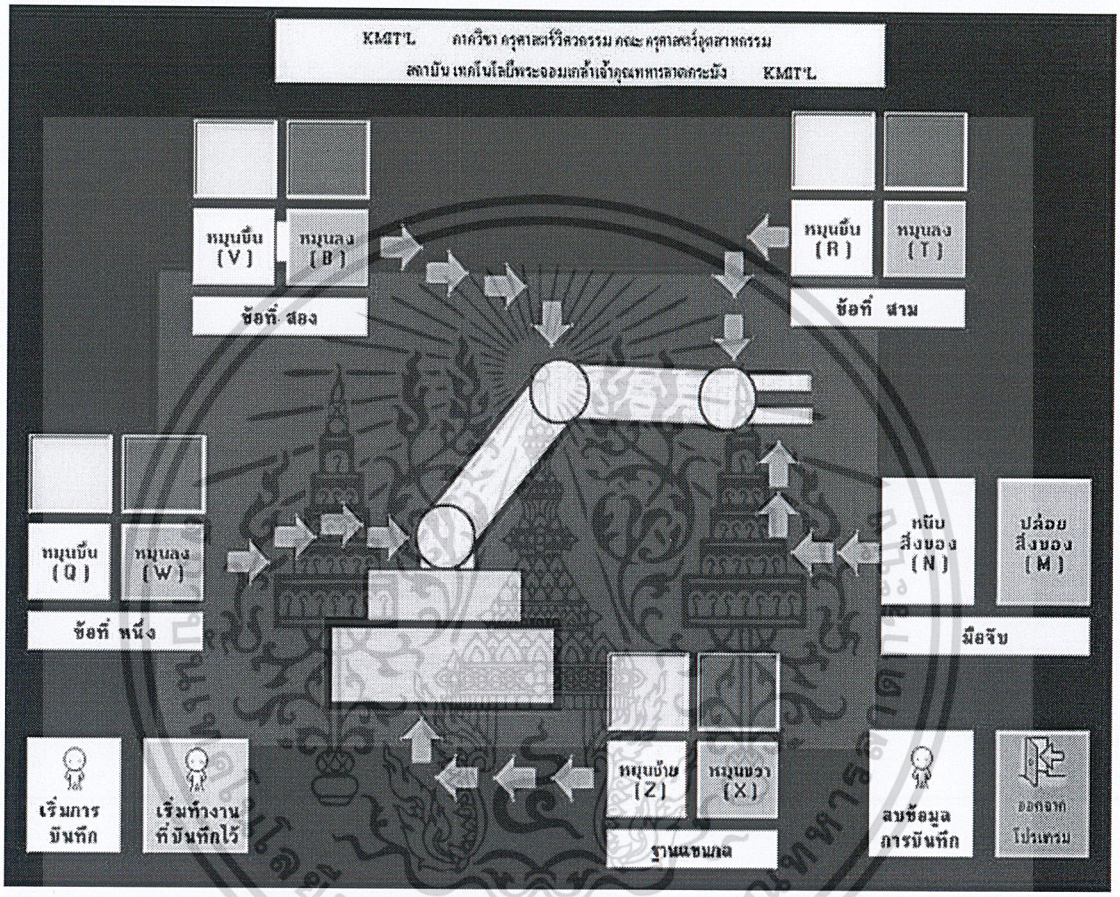
ข้อมือ : เมื่ออยู่ที่ตำแหน่งขนานกับพื้นราบ สามารถหมุนลงได้ 90 องศา และหมุนขึ้นกลับสู่ตำแหน่งเดิม

นิ้วมือจับ : สามารถหนีบ-ปล่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือหน้าต่างใช้งาน

หน้าต่างใช้งานโปรแกรม Visual Basic ในการควบคุมส่วนต่างๆ ของแขนกล ดังรูปที่ จ.1

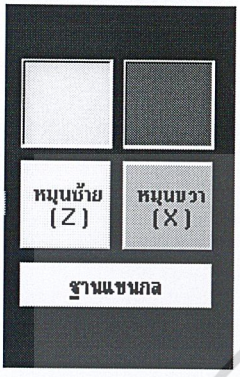


รูปที่ ฉ.2 หน้าต่างใช้งานควบคุมส่วนต่างๆ ของแขนกล

การออกแบบหน้าต่างใช้งานควบคุมแขนกลส่วนต่างๆ ได้แก่ ส่วนฐาน หัวไหล่ ข้อศอก ข้อมือ และนิ้วมือ ได้ออกแบบให้อยู่ในหน้าต่างใช้งานเดียวกันเพื่อความสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน โดยมีรายละเอียดปุ่มการใช้งานดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ่มควบคุมส่วนฐาน



วิธีใช้งาน :

1. เมื่อต้องการควบคุมให้แขนกลหมุนซ้าย ป้อนค่ามุมตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศา ในช่องว่างบนปุ่มหมุนซ้าย แล้วคลิกปุ่มฐานแขนกลด้านล่าง
2. เมื่อต้องการควบคุมให้แขนกลหมุนขวา ป้อนค่ามุมตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศา ในช่องว่างบนปุ่มหมุนขวา แล้วคลิกปุ่มฐานแขนกลด้านล่าง
3. เมื่อต้องการควบคุมแขนกลแบบ Manual ให้แขนกลหมุนซ้ายหรือหมุนขวานั้น คลิกปุ่มหมุนซ้ายหรือหมุนขวาอย่างต่อเนื่อง จะได้มุม 1 องศา/คลิก
4. กดปุ่ม Z ที่คีย์บอร์ดอย่างต่อเนื่อง เมื่อต้องการควบคุมให้ส่วนฐานหมุนซ้าย หรือปุ่ม X เมื่อต้องการควบคุมให้ส่วนฐานหมุนขวา เมื่อต้องการหยุดการสั่งงานให้ปล่อยการกดปุ่มควบคุม

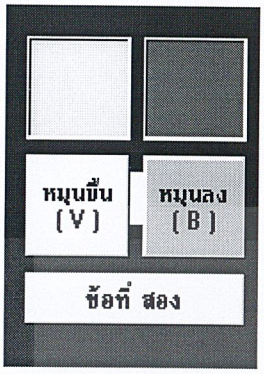
ปุ่มควบคุมข้อที่หนึ่ง (หัวไหล่)

วิธีใช้งาน :

1. เมื่อต้องการควบคุมให้แขนกลข้อที่หนึ่งหมุนลง ป้อนค่ามุมตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศา ในช่องว่างบนปุ่มหมุนลง แล้วคลิกปุ่มข้อที่หนึ่งด้านล่าง
2. เมื่อต้องการควบคุมให้แขนกลข้อที่หนึ่งหมุนขึ้น ป้อนค่ามุมตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศา ในช่องว่างบนปุ่มหมุนลง แล้วคลิกปุ่มข้อที่หนึ่งด้านล่าง
3. เมื่อต้องการควบคุมแขนกลแบบ Manual ให้แขนกลหมุนลงหรือหมุนขึ้น คลิกปุ่มหมุนขึ้นหรือหมุนลง จะได้มุม 1 องศา/คลิก
4. กดปุ่ม W ที่คีย์บอร์ดอย่างต่อเนื่อง เมื่อต้องการควบคุมให้ข้อที่หนึ่งหมุนลง หรือปุ่ม Q เมื่อต้องการควบคุมให้ข้อที่หนึ่งหมุนขึ้น เมื่อต้องการหยุดการสั่งงานให้ปล่อยการกดปุ่มควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ่มควบคุมข้อที่สอง (ข้อศอก)



วิธีใช้งาน :

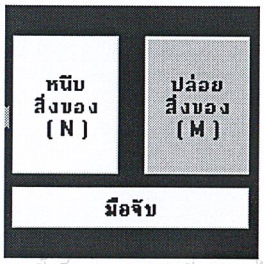
1. เมื่อต้องการควบคุมให้แขนกลข้อที่สองหมุนลง ป้อนค่ามุมตั้งแต่ 0 ถึง 70 องศา ในช่องว่างบนปุ่มหมุนลง แล้วคลิกปุ่มข้อที่สองด้านล่าง
2. เมื่อต้องการควบคุมให้แขนกลข้อที่สองหมุนขึ้น ป้อนค่ามุมตั้งแต่ 0 ถึง 70 องศา ในช่องว่างบนปุ่มหมุนลง แล้วคลิกปุ่มข้อที่สองด้านล่าง
3. เมื่อต้องการควบคุมแขนกลแบบ Manual ให้แขนกลหมุนลงหรือหมุนขึ้น คลิกปุ่มหมุนขึ้นหรือหมุนลง จะได้มุม 1 องศา/คลิก
4. กดปุ่ม B ที่คีย์บอร์ดอย่างต่อเนื่อง เมื่อต้องการควบคุมให้ข้อที่สองหมุนลง หรือปุ่ม V เมื่อต้องการควบคุมให้ข้อที่หนึ่งหมุนขึ้น เมื่อต้องการหยุดการสั่งงานให้ปล่อยการกดปุ่มควบคุม

ปุ่มควบคุมข้อที่สาม (ข้อมือ)

วิธีใช้งาน :

1. เมื่อต้องการควบคุมให้แขนกลข้อที่สามหมุนลง ป้อนค่ามุมตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศา ในช่อ งว่างบนปุ่มหมุนลง แล้วคลิกปุ่มข้อที่สามด้านล่าง
2. เมื่อต้องการควบคุมให้แขนกลข้อที่สามหมุนขึ้น ป้อนค่ามุมตั้งแต่ 0 ถึง 90 องศา ในช่องว่างบนปุ่มหมุนขึ้น แล้วคลิกปุ่มข้อที่สามด้านล่าง
3. เมื่อต้องการควบคุมแขนกลแบบ Manual ให้แขนกลหรือหมุนลงหรือหมุนขึ้น คลิกปุ่มหมุนขึ้นหรือหมุนลง จะได้มุม 1 องศา/คลิก
4. กดปุ่ม T ที่คีย์บอร์ดอย่างต่อเนื่อง เมื่อต้องการควบคุมให้ข้อที่สามหมุนลง หรือปุ่ม R เมื่อต้องการควบคุมให้ข้อที่หนึ่งหมุนขึ้น เมื่อต้องการหยุดการสั่งงานให้ปล่อยการกดปุ่มควบคุม

ปุ่มควบคุมมือจับ



วิธีใช้งาน :

1. เมื่อต้องการควบคุมให้แขนกลส่วนมือจับหนีบสิ่งของ คลิกปุ่มหนีบสิ่งของ หรือกดปุ่ม N ที่คีย์บอร์ด
2. เมื่อต้องการควบคุมให้แขนกลส่วนมือจับปล่อยสิ่งของ คลิกปุ่มปล่อยสิ่งของ หรือกดปุ่ม M ที่คีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ่มเริ่มการบันทึก

วิธีใช้งาน :

คลิกปุ่มเริ่มการบันทึกเมื่อต้องการบันทึกคำสั่งใดคำสั่งหนึ่ง หรือคำสั่งทั้งหมด และแขนกลจะกลับมาเริ่มต้น ณ จุดเดิมที่ตั้งค่าไว้

ปุ่มเริ่มทำงานที่บันทึกไว้

วิธีใช้งาน :

เมื่อคลิกปุ่มเริ่มทำงานที่บันทึกไว้ โปรแกรมจะสั่งงานแสดงผลการบันทึกทุกขั้นตอน โดยเริ่ม ณ จุดที่ตั้งค่าไว้จนเสร็จสิ้นกระบวนการแล้วจะกลับมาอยู่ ณ จุดเริ่มต้นที่เดิม เมื่อคลิกซ้ำก็จะทำงานซ้ำอีกครั้ง

ปุ่มลบข้อมูลการบันทึก

วิธีใช้งาน :

ปุ่มลบข้อมูลการบันทึกทำหน้าที่ล้างข้อมูลทั้งหมดที่บันทึกไว้ เพื่อเริ่มการป้อนข้อมูลใหม่เพื่อทำการบันทึก

ปุ่มออกจากโปรแกรม

วิธีใช้งาน :

คลิกปุ่ม ออกจากโปรแกรม เมื่อจบการทำงานและต้องการออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษดา ใจเย็น. **เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตขนาน**. กรุงเทพฯ : บริษัทอินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเม้นท์ จำกัด.

ดร.วริทธ์ อึ้งภากรณ์. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1-2**. กรุงเทพฯ : บริษัทซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด.

ไชยันต์ สุวรรณชีวะศิริ. **สเต็ปปิ้งมอเตอร์และการควบคุม**. กรุงเทพฯ : ด่านสุทธาการพิมพ์วารสารเซมิคอนดักเตอร์ ฉบับที่ 116 หน้า 102-110, 2532.

Tokashi Kenjo. **Stepping Motor and Their Microprocessor Controls**. กรุงเทพฯ : ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้จัดทำปริญญานิพนธ์	นายชัยภัทร หมอกอ่อน
วันเดือนปีเกิด	8 ตุลาคม พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	จ. กรุงเทพมหานคร
ภูมิลำเนาเดิม	3/22 หมู่ 1 ซ.ศักดิ์อรุณ ถ.อ่อนนุช แขวงประเวศ เขตประเวศ กรุงเทพฯ 10250
ที่อยู่ปัจจุบัน	3/22 หมู่ 1 ซ.ศักดิ์อรุณ ถ.อ่อนนุช แขวงประเวศ เขตประเวศ กรุงเทพฯ 10250
โทรศัพท์	0-2726-0330

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดมกุฏกษัตริย์ตริยาราม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเทพศิรินทร์ร่มเกล้า
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	Don’t believe in your eyes, Believe in your self.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้จัดทำปริญญานิพนธ์	นายชาญคฤต ขวัญนิมิตร
วันเดือนปีเกิด	28 สิงหาคม พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	จ. สงขลา
ภูมิลำเนาเดิม	48 หมู่ 7 ถ.โคกหล่อ ต.โคกหล่อ อ.เมือง จ.ตรัง 92000
ที่อยู่ปัจจุบัน	ซิตี้วิลล่า ตึก E2 ห้อง 306 ถ.ลาดพร้าว 130 เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
โทรศัพท์	0-2736-6798

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนพรศิริกุล
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบูรณะรำลึก
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคตรัง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคตรัง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	บางครั้งความพยายามอาจจะไม่ได้มาซึ่งสิ่งที่คุณหวัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้จัดทำปริญญานิพนธ์	นายเรวัตร เปรมรื่นรมย์
วันเดือนปีเกิด	6 สิงหาคม พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	จ. กรุงเทพมหานคร
ภูมิลำเนาเดิม	13 ซ.เจริญรัถ 16 ถ.เจริญรัถ แขวงคลองต้น
ไทร	
	เขตคลองสาน กรุงเทพฯ 10600
ที่อยู่ปัจจุบัน	13 ซ.เจริญรัถ 16 ถ.เจริญรัถ แขวงคลองต้น
	ไทร เขตคลองสาน กรุงเทพฯ 10600
โทรศัพท์	0-2862-0067

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนรัตนพลศึกษา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนมัธยมวัดดาวคนอง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคราชสิทธาราม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคราชสิทธาราม
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
	เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	สิ่งประดิษฐ์คนรุ่นใหม่ รองอันดับ 2
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	หมากรุกยังต้องคิด หมากชีวิตไม่คิดได้อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้จัดทำปริญญานิพนธ์	นางสาววาสนา บุญส่ง
วันเดือนปีเกิด	28 มิถุนายน พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	จ. นครศรีธรรมราช
ภูมิลำเนาเดิม	28 ถ.นิพัทธ์ภักดี ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110
ที่อยู่ปัจจุบัน	28 ถ.นิพัทธ์ภักดี ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110
โทรศัพท์	0-2540-6612

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนเทศบาล 4 (วัดคลองเรียน)
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	กู้ทุนรัฐบาล
คติพจน์	เก็บวันวานเป็นบทเรียน พากเพียรเพื่อหวัง.... วันที่เป็นของเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้