สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แขนกลควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

MICROCOMPUTER CONTROLABLE ROBOT ARM

โดย

นายนิรุติ บุญส่ง

นายศักรินทร์ สดใส

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 61907

วัน,เดือน,ปี 24 ก.ค. 2549

b.....

i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง แขนกลควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

ผู้จัดทำ

นายนิรุติ บุญส่ง

นายศักรินทร์ สดใส

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. วสุ อุดมเพทายกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แขนกลควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

นิรุติ บุญส่ง
ศักรินทร์ สดใส
อ. วสุ อุดมเพทายกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการออกแบบสร้างแขนกลและระบบควบคุมแขนกลขึ้น แขนกลที่สร้างขึ้นเป็นแขนกลแบบข้อต่อจำนวน 2 ข้อต่อ มีลักษณะการเคลื่อนที่คล้ายแขนมนุษย์ ในที่นี้ได้ใช้ Servo motor เป็นต้นกำลังในการขับแขนให้เคลื่อนที่ ส่วนกริปเปอร์ใช้หยิบจับวัสดุโดยใช้สายเบรคเป็นตัวกลางในการเปลี่ยนการเคลื่อนที่เชิงมุมของ Servo motor ให้เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงเพื่อมาควบคุมระยะห่างของกริปเปอร์ สำหรับการควบคุมแขนกลนั้นเขียนโปรแกรมโดยใช้ Visual Basic 6.0 โดยส่งสัญญาณออกทางพอร์ตขนาน

ฐานของแขนกลสามารถหมุนได้ 0-180 องศา แขนล่างสามารถหมุนได้ 30-90 องศา เทียบกับแนวระนาบ แขนบนสามารถหมุนได้ 90-180 องศาเทียบกับแขนล่าง และกริปเปอร์สามารถควบคุมระยะห่างในการบีบจับได้ 0-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCOMPUTER CONTROLABLE ROBOT ARM

Niroot Boonsong

Sakrin Sodsai

Vasu Udompetaikul Advisor

Weerachai Limpomchaijareorn Advisor

Abstract

The aim of this thesis is to create Robot-Arm and its control system. Robot-Arm was designed to imitate human arm with two rotating joint and moving by servo motor. Robot-Arm's gripper can capture object and moving by transformation angular motion of servo motor to linear motion of gripper arm

Robot-Arm's base can rotate with angle 0-180° and lower-arm can rotate with angle 30-90° base on horizontal line while higher-arm can rotate with angle 90-180° compared with lower-arm and the control system of Robot-Arm was programming by visual basic language

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(ก-ข)
สารบัญตาราง	(ค)
สารบัญภาพ	(ง-ฉ)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 แขนกล	2
2.2 การสั่งงานแขนกล	8
2.3 ลักษณะเฉพาะของหุ่นยนต์	9
2.4 Servo motor	11
2.5 ความรู้เบื้องต้นของพอร์ตขนาน	19
2.6 การแปลงกำลังไฟ	27
บทที่ 3 การออกแบบสร้างส่วนโครงสร้างแขนกล	
3.1 โครงสร้างและการออกแบบแขนกล	33
3.2 ส่วนฐาน	33
3.3 ส่วนแขน	36
3.4 ส่วนกริปเปอร์	39
บทที่ 4 การออกแบบสร้างและทดลองโปรแกรมควบคุมแขนกล	
4.1 การเขียนโปรแกรมควบคุมแขนกล	41
4.2 การทดลองโปรแกรมควบคุมแขนกล	49
4.3 ตารางผลการทดลองโปรแกรมควบคุมแขนกล	50
4.4 ผลการทดลอง	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	54
5.2 ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. โปรแกรมควบคุมการทำงานแขนกล	57
ภาคผนวก ข. ส่วนประกอบของแขนกล	71
กิตติกรรมประกาศ	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 หลักเกณฑ์ที่ใช้แบ่งประเภทของหุ่นยนต์	9
ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดของ Data Port	21
ตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดของ Status Port	22
ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดของ Control Port	22
ตารางที่ 2.5 ลักษณะของสัญญาณของพอร์ตขนาน	23
ตารางที่ 2.6 รายละเอียดเกี่ยวกับสัญญาณที่ใช้ในพอร์ตขนาน	25
ตารางที่ 4.1 ข้อกำหนดเบื้องต้นในการออกแบบ	41
ตารางที่ 4.2 ข้อกำหนดที่ใช้ควบคุมมอเตอร์	46
ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการหมุนของฐานหมุนที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ต้องการ	50
ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการหมุนของแขน1 ที่ตำแหน่งต่างๆที่ต้องการ	50
ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการหมุนของแขน2 ที่ตำแหน่งต่างๆที่ต้องการ	51
ตารางที่ 4.6 ความสามารถในการหมุนของแขน2 ที่ตำแหน่งต่างๆที่ต้องการ	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แขนกลที่เคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดขั้ว	3
รูปที่ 2.2 แขนกลที่มีการเคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดเชิงขั้ว	4
รูปที่ 2.3 แขนกลที่มีลักษณะแขนเป็นข้อต่อ	4
รูปที่ 2.4 แขนกลที่มีการเคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดคาร์ทิเชียน	5
รูปที่ 2.5 แสดงการเคลื่อนที่ของมือ	6
รูปที่ 2.6 ลักษณะการสั่งงานแบบ Lead Through	8
รูปที่ 2.7 ระยะที่เอื้อมถึงและสโตรคของหุ่นยนต์ทรงกระบอก	10
รูปที่ 2.8 Servo Motor	11
รูปที่ 2.9 แสดงชิ้นส่วนต่างๆของ Servo motor	12
รูปที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบต่างๆของ Servo motor	13
รูปที่ 2.11 Servomotor ที่ถอดชิ้นส่วนแล้ว	16
รูปที่ 2.12 การปรับแต่งเฟืองภายใน Servo motor	16
รูปที่ 2.13 การเปลี่ยนตัวต้านทาน	17
รูปที่ 2.14 ชิ้นส่วนของตัวต้านทานปรับค่า	17
รูปที่ 2.15 พอร์ตขนาน	19
รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะหัวต่อของพอร์ตขนาน	20
รูปที่ 2.17 แสดง Pin Outs ของพอร์ตขนาน	24
รูปที่ 2.18 แสดงแผนผังของสายสัญญาณในพอร์ตขนาน	24
รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะสัญญาณ	25
รูปที่ 2.20 แสดงขั้นตอนของภาคจ่ายไฟ	28
รูปที่ 2.21 แสดงสัญลักษณ์ของหม้อแปลงชนิดต่างๆ	29
รูปที่ 2.22 แสดงรูปร่างร่างของแรงดันอินพุทและเอาท์พุท	30
รูปที่ 2.23 แสดงการใช้คาปาซิเตอร์กับอินดัคเตอร์ช่วยกรองไฟ	30
รูปที่ 2.24 แสดงการเรกกูเลทโดยใช้หลอดเรกกูเลเตอร์	31
รูปที่ 2.25 แสดงการใช้บรีดเดอร์ซิสเตอร์แบ่งแรงดัน	32
รูปที่ 3.1 หม้อแปลง	33
รูปที่ 3.2 ETT-POWER 5	34
รูปที่ 3.3 พัดลมระบายอากาศ	34
รูปที่ 3.4 การติดตั้งมอเตอร์ 1และมอเตอร์4 กับฐานเครื่อง	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.5 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆไว้ที่ฐานเครื่อง 35
รูปที่ 3.6 ฐานเครื่องที่ประกอบเสร็จแล้ว 35
รูปที่ 3.7 ลักษณะโครงสร้างของฐานหมุน 36
รูปที่ 3.8 การติดตั้งฐานหมุนไว้บนมอเตอร์1 36
รูปที่ 3.9 โครงสร้างส่วนแขนท่อนล่าง 37
รูปที่ 3.10 แบริ่ง 37
รูปที่ 3.11 การติดตั้งแบริ่งและชิ้นส่วนที่ต่อกับมอเตอร์ 37
รูปที่ 3.12 การติดตั้งมอเตอร์2 กับฐานล่างและแขนท่อนล่าง 38
รูปที่ 3.13 โครงสร้างของแขนท่อนบน 38
รูปที่ 3.14 การติดตั้งมอเตอร์3 และแขนท่อนล่างกับแขนท่อนบน 39
รูปที่ 3.15 ลักษณะโครงสร้างของกริปเปอร์ 39
รูปที่ 3.16 แสดงกลไกการดึงกริปเปอร์ 40
รูปที่ 3.17 แขนกล 40
รูปที่ 4.1 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมควบคุมการทำงานของแขนกล 42
รูปที่ 4.2 เป็นภาพที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งานทั้งการรับคำสั่งและแสดงภาพการทำงานของแขนกล 43
รูปที่ 4.3 โฟลว์ชาร์ตส่วนแสดงภาพบนหน้าจอ 44
รูปที่ 4.4 แสดงภาพจำลองการทำงานของแขนกล 45
รูปที่ 4.5 โฟลว์ชาร์ตส่วนการคำนวณขนาดของสัญญาณพัลส์ที่ต้องจ่ายให้ Servo Motor แต่ละตัว 47
รูปที่ 4.6 โฟลว์ชาร์ตส่วนส่งสัญญาณไปยัง Servo Motor (ในเวลา 20 ms) 48
รูปที่ 4.7 แขนกลอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น 52
รูปที่ 4.8 ตัวอย่างการวัดค่ามุมของ ฐาน ,แขนล่าง ,แขนบนและระยะห่างของกริปเปอร์ 52
รูปที่ 4.9 แขนกลอยู่ในตำแหน่งจบการทำงาน 53
รูปที่ ก1 ฐานเครื่องด้านล่าง 58
รูปที่ ก2 ฐานเครื่องด้านบน 59
รูปที่ ก3 ฐานเครื่อง 60
รูปที่ ก4 ฐานหมุน 61
รูปที่ ก5 ฐานหมุน 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ก6 แขนล่าง	63
รูปที่ ก7 แขนล่าง	64
รูปที่ ก8 แขนบน	65
รูปที่ ก9 แขนบน	66
รูปที่ ก10 กริปเปอร์	67
รูปที่ ก11 กริปเปอร์	68
รูปที่ ก12 แขนกล	69
รูปที่ ก13 แขนกล	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของโครงงาน

ปัจจุบันนี้เครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้กันอยู่ในประเทศส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องจักรกลเกษตรที่มีกลไกพื้นฐาน มีกลไกในการทำงานอย่างง่ายๆ ตั้งแต่เครื่องปลูก เครื่องเก็บเกี่ยวไปจนถึงเครื่องจักรที่ใช้ในการขนถ่าย เครื่องจักรกลที่มีกลไกพื้นฐานเหล่านี้มีข้อดีคือ มีราคาถูก ใช้งานได้ง่าย ค่าบำรุงรักษาถูก แต่ก็ยังมีข้อเสียคือ ขาดความยืดหยุ่นในการทำงาน ต้องอาศัยเกษตรกรที่มีความสามารถ มีทักษะในทางปฏิบัติสูงซึ่งแรงงานที่มีทักษะในปัจจุบันก็มีจำนวนลดลง จึงทำให้คุณภาพในการผลิตลดน้อยลง ด้วยถ้าจะใช้เครื่องจักรกลเกษตรที่มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพงการบำรุงรักษาทำได้ยาก เนื่องจากอุปกรณ์ในการซ่อมแซมมีราคาสูง บางอย่างต้องนำเข้าจากต่างประเทศและเนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นในต่างประเทศ เครื่องจักรบางอย่างอาจไม่เหมาะกับสภาพภูมิประเทศของประเทศไทย ด้วยเหตุนี้ควรจะมีการศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่องจักรกลในทางเกษตรให้มีการใช้ระบบอัตโนมัติมากขึ้น

คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการออกแบบและสร้าง Robot Arm ซึ่งเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่สามารถใช้ศึกษาเกี่ยวกับระบบควบคุมอัตโนมัติได้เหมาะที่จะนำไปพื้นฐานในการพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรให้มีการทำงานที่ซับซ้อนและมีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

(1) เพื่อศึกษาและออกแบบสร้าง Robot Arm ต้นแบบ

(2) เพื่อศึกษาและออกแบบระบบการควบคุม Robot Arm

1.3 ขอบเขตการศึกษา

(1) Robot Arm ที่ออกแบบสร้างสามารถเคลื่อนที่ไปในตำแหน่งที่ต้องการได้

(2) ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุม Robot Arm ที่สร้างขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) เป็นพื้นฐานเพื่อนำไปพัฒนาระบบอัตโนมัติในทางเกษตรได้

(2) ใช้เป็นอุปกรณ์ในการศึกษาทดลองในการเขียนโปรแกรมในงานควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 แขนกล

เมื่อกล่าวถึงหุ่นยนต์คนส่วนใหญ่มักจะนึกถึงโครงเหล็กขนาดใหญ่ลักษณะคล้ายมนุษย์เคลื่อนตัวอย่างช้าๆ ดังที่เห็นในภาพยนตร์แนววิทยาศาสตร์ทั่วไป แต่ในปัจจุบันได้ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่มากขึ้น หุ่นยนต์ที่เข้ามาช่วยในงานผลิตอุตสาหกรรมเหล่านี้มีลักษณะที่แตกต่างออกไปจากภาพพจน์เดิมที่นิยายวิทยาศาสตร์วาดภาพไว้มาก เพราะส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแขนและมือ ซึ่งใช้ทำงานตามคำสั่งเท่านั้น

สมาคมหุ่นยนต์แห่งประเทศอังกฤษ (BRITISH ROBOT ASSOCIATION: BRA) กำหนดนิยามของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมไว้ว่า

"คือ อุปกรณ์ที่มีอย่างน้อย 4 องศาอิสระ (Degree of freedom) ที่สามารถโปรแกรมใหม่ได้ ซึ่งได้รับการออกแบบมาสำหรับการจับย้ายและขนส่ง ชิ้นส่วนเครื่องมือหรือส่วนประกอบพิเศษ โดยอาศัยการเคลื่อนที่ที่ได้รับการโปรแกรมไว้สำหรับงานเฉพาะอย่าง และโปรแกรมนี้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้"

สิ่งหนึ่งที่สำคัญมากในการกำหนดนิยามของสมาคมหุ่นยนต์แห่งประเทศอังกฤษคือ สิ่งที่เป็นหุ่นยนต์จะต้องมี 4 องศาอิสระเป็นอย่างน้อย

สถาบันหุ่นยนต์ของอเมริกา (ROBOTICS INSTITUTE OF AMERICA: RIA) ให้นิยามว่า

"เป็นมือจับ (maniputator) หลายหน้าที่การทำงาน ที่สามารถโปรแกรมใหม่ได้ ได้รับการออกแบบเพื่อการเคลื่อนย้ายวัสดุ ชิ้นส่วน เครื่องมือหรืออุปกรณ์พิเศษ โดยอาศัยการเคลื่อนที่ที่ได้รับการโปรแกรมไว้ใช้งานเฉพาะอย่าง"

นิยามของสถาบันทางหุ่นยนต์ของอเมริกานี้ได้รับการยอมรับกันอย่างแพร่หลายในฐานะที่เป็นนิยามของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

คุณลักษณะของแขนมนุษย์

ในเมื่อเราต้องการที่จะสร้างแขนกลที่มีลักษณะเหมือนแขนของมนุษย์ เราจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาโครงสร้างและลักษณะการเคลื่อนไหวของแขนมนุษย์ก่อน

แขนของมนุษย์ประกอบด้วยส่วนสองส่วนที่เห็นแยกกันอย่างชัดเจนคือ ส่วนที่เป็นข้อมือซึ่งมีข้อต่อหลักอยู่ 3 ข้อต่อ และอีกส่วนคือแขน ซึ่งมีข้อต่อหลักอยู่ 2 ข้อต่อ (หัวไหล่และข้อศอก) ก่อนอื่นเรามาดูที่ส่วนแรกก่อน ข้อมือของมนุษย์มีลักษณะดังต่อไปนี้

การหมุนข้อมือ(Roll angle) สามารถหมุนได้ -180< 0< +90=270

การพับข้อมือ(Pitch angle) สามารถพับได้ -90< 0< +50=140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบิดข้อมือ(Yaw angle) สามารถบิดได้-45< 0 <+15=60

การเคลื่อนที่ของข้อมือทั้ง 3 แบบนี้ มีการเคลื่อนที่ที่เป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นเราจึงให้การเคลื่อนที่แต่ละแบบเป็น 1 องศาแห่งอิสระ

ส่วนที่ 2 คือ แขน ประกอบด้วยข้อต่อหลัก 2 ข้อต่อแต่มี 3 องศาแห่งอิสระคือ 2 องศาแห่งอิสระที่หัวไล่ และ อีก 1 องศาแห่งอิสระที่ข้อศอก ลักษณะหนึ่งที่สำคัญของโครงสร้างของแขนคืออัตราส่วนระหว่างความยาวของแขนท่อนบนกับแขนท่อนล่าง จะมีค่าประมาณ 1.2 : 1 นั่น คือล่างจะต้องสั้นกว่าแขนท่อนบน ถ้าเราออกแบบให้แขนท่อนล่างยาวกว่าแขนท่อนบน จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของแขนลดลง

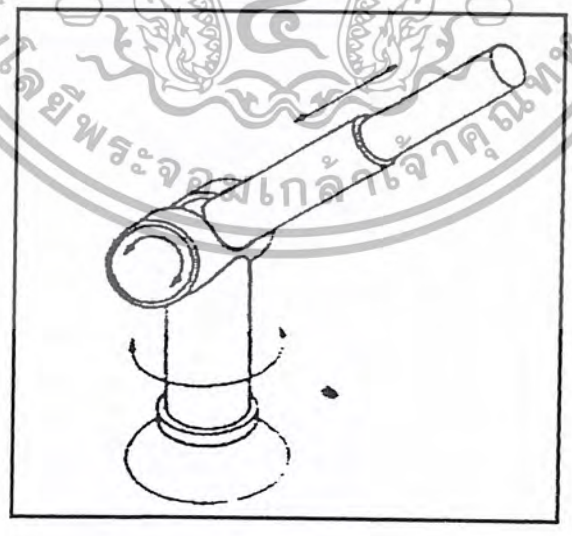
ประเภทของแขนกล

สามารถแบ่งประเภทของแขนกลโดยพิจารณาจากพื้นฐานใหญ่ๆ ดังนี้

1. โครงสร้างภายนอกและการเคลื่อนที่ของแขนกล
2. ทางเดินของแขนกลซึ่งขึ้นอยู่กับการควบคุมการเคลื่อนที่

2.1.1 การแบ่งประเภทของแขนกลโดยอาศัยการเคลื่อนที่และโครงสร้างภายนอก โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ

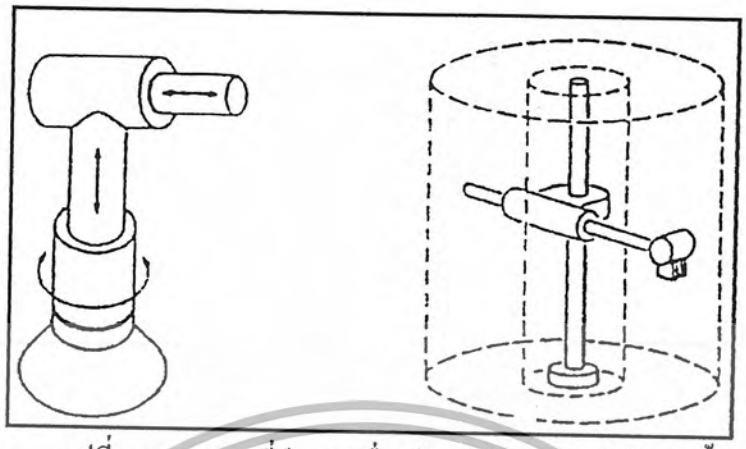
1. แขนกลที่เคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดขั้ว (Polar coordinate configuration) การเคลื่อนไหวของแขนกลที่มีลักษณะเช่นนี้ อาจจะเรียกอีกอย่างว่า ระบบพิกัด เชิงกลม (Spherical coordinate configuration) ทั้งนี้เพราะลักษณะบริเวณที่กวาดไปได้จะมีลักษณะเป็นรูปวงกลมดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แขนกลที่เคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดขั้ว

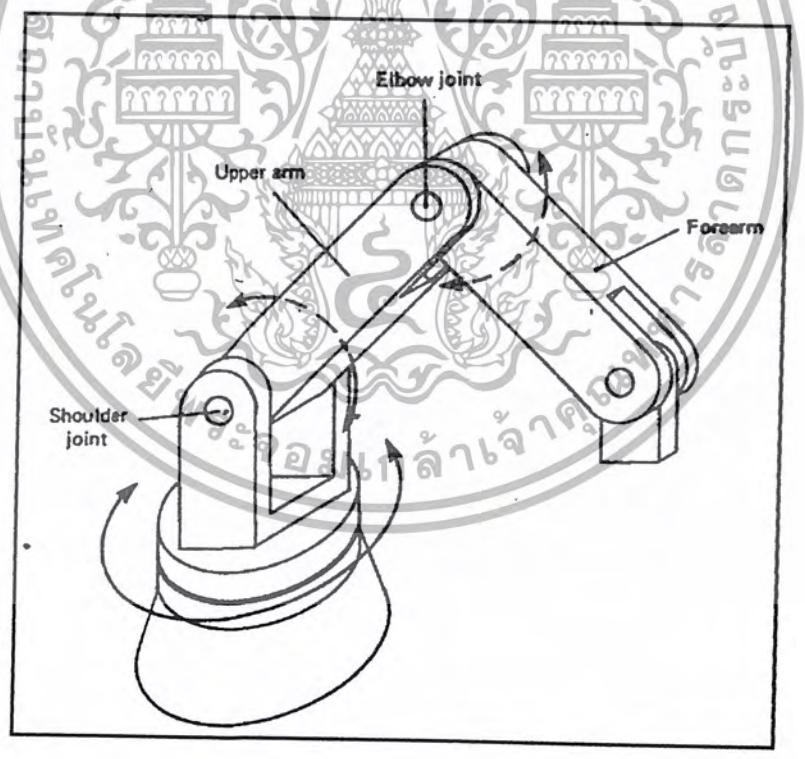
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แขนกลที่มีการเคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดเชิงขั้ว(Cylindrical coordinate configuration) มีลักษณะการกวาดแขนเป็นรูปทรงกระบอกดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แขนกลที่มีการเคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดเชิงขั้ว

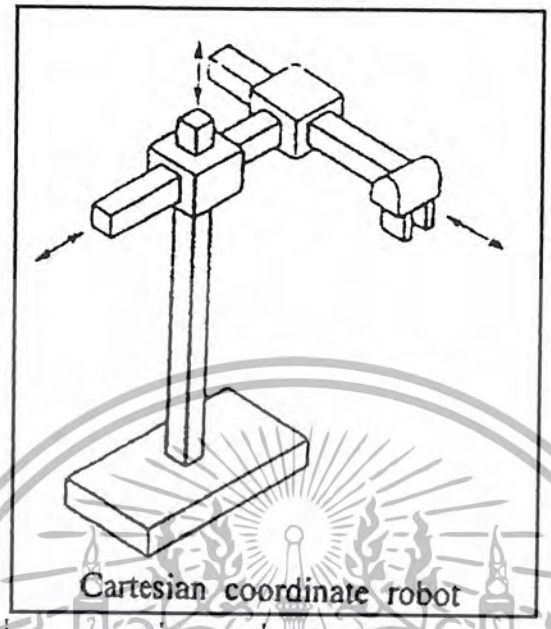
3. แขนกลที่มีลักษณะแขนเป็นข้อต่อ(Joint arm configuration) แขนกลประเภทนี้จะเลียนแบบลักษณะแขนของมนุษย์โดยส่วนต่างๆ สามารถยืดหดได้ เช่นเดียวกับไหล่ ตัวแขน ข้อศอก และข้อมือ ทำให้การเคลื่อนที่คล่องตัวโดยจะมีรัศมีที่กวาดได้เป็นลักษณะรูปครึ่งวงกลมดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แขนกลที่มีลักษณะแขนเป็นข้อต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แขนกลที่มีการเคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดคาร์ทิเชียน (Cartesian coordinate robot) แขนกลประเภทนี้จะเคลื่อนที่ใน 3 แกนหลัก คือ แกนX แกนY และแกนZ ของพิกัดคาร์ทิเชียน ดังนั้นขอบเขตการการกวาดของมือจะเป็นกรอบสี่เหลี่ยมดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แขนกลที่มีการเคลื่อนไหวได้ในระบบพิกัดคาร์ทิเชียน

2.1.2 การแบ่งแขนกลประเภทแขนกลโดยอาศัยทางเดินแขนกล การควบคุมทางเดินแขนกลแบ่งเป็น 2แบบใหญ่ๆ คือ

1. การควบคุมแบบจุด แขนกลได้รับการตั้งโปรแกรมให้หยุดที่จุดใดจุดหนึ่งและใช้จุดนั้นในการกำหนดจุดที่ต้องการให้หยุดจุดต่อไป แม้ว่าไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ระหว่างจุดให้อยู่ในเส้นทางที่ต้องการได้ แต่การเคลื่อนที่ไปยังจุดที่กำหนดก็ยังถูกต้องตามที่กำหนด ในทางตรงข้ามการควบคุมแบบต่อเนื่อง จะสามารถเคลื่อนที่ตามเส้นทางต่างๆได้อย่างถูกต้อง

2. การควบคุมแบบต่อเนื่อง การควบคุมแบบจุดจะมีความแม่นยำสูงทั้งในแง่ความเที่ยงตรงและการทำงานซ้ำๆ แม้ว่าการควบคุมแบบต่อเนื่องจะเคลื่อนไหวได้นุ่มนวลกว่าในเส้นทางที่ได้ระบุไว้ แต่ก็มีข้อเสียในด้านความเร็ว ซึ่งเป็นฟังก์ชันของจังหวะการเคลื่อนที่ที่คำนวณโดยคอมพิวเตอร์ในลักษณะเวลาจริง ข้อเสียนี้จะทำให้ความเร็วการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องลดลงถึง 15-25 % และประสิทธิภาพการทำงานจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแขนกลตัวเดียวกันที่ควบคุมแบบจุด

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

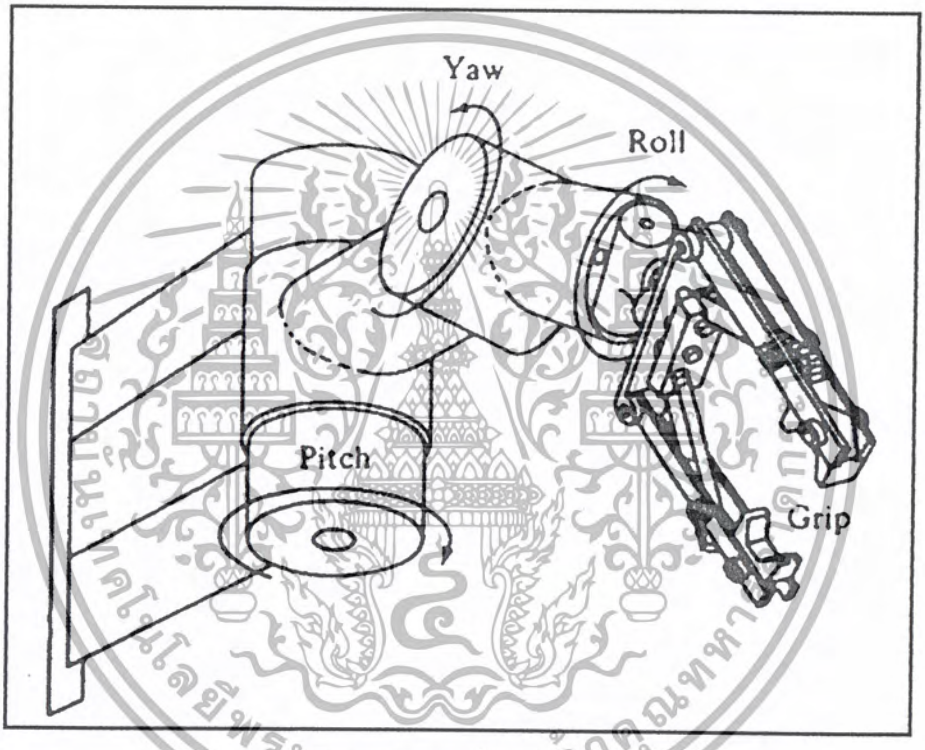
การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สามารถแบ่งการเคลื่อนที่ออกได้ 2 ส่วนคือ

1. การเคลื่อนที่ของตัวและแขน แบ่งตามลักษณะของข้อหมุนได้ดังนี้คือ
   - การเคลื่อนที่แบบเส้นตรง (Liner)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเคลื่อนที่แบบหมุนรอบจุดหมุน (Rotational)
- การเคลื่อนที่แบบบิดรอบจุดหมุน (Twisting)
- การเคลื่อนที่แบบมุมตั้งฉาก (Revolving

2. การเคลื่อนที่ของมือ
   - หมุน (Roll) บางครั้งเรียกว่า Swival ข้อมือหมุนรอบแขนของแกน
   - บิด (Pitch) บางครั้งเรียกว่า Bend ข้อมือยกขึ้นลงในแนวดิ่ง
   - ส่าย (Yaw) หมายถึง บิดไปมาทางซ้ายและขวาของแกนมือ



รูปที่ 2.5 แสดงการเคลื่อนที่ของมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มือ (End Effector)

มือ ของหุ่นยนต์นี้เป็นอุปกรณ์ที่หุ่นยนต์ใช้ทำงานจริง (ส่วนแขนนั้นใช้เพื่อเลื่อนตำแหน่ง "มือ" ให้ไปอยู่ในจุดที่ต้องการเท่านั้น) งานที่ส่วนนี้ทำก็มีอาทิเช่น การจับชิ้นส่วน การบัดกรีตามจุด การพ่นสี ฯลฯ ดังนั้นลักษณะของส่วนนี้จึงแตกต่างกันออกไป สุดแท้แต่จินตนาการของผู้ออกแบบ ซึ่งต้องการออกแบบให้เหมาะกับงาน แต่ถ้าจะมีการแบ่งกันเป็นชนิดแล้ว สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ แบบมือจับ (Gripper) และ แบบมือที่เป็นอุปกรณ์ (Tool as End Effector)

1. มือจับ (Gripper)

Gripper นี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้จับชิ้นส่วนหรือเครื่องมือ โดยการออกแบบมีได้หลายลักษณะทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น

- แบบมือคีบ (อาศัยแรงเสียดทานในการจับ) ใช้งานได้กับวัสดุทุกประเภท แต่หากเป็นวัสดุบอบบางอาจต้องมีอุปกรณ์อื่นช่วยเสริม
- แบบ Suction Cup อาศัยคุณสมบัติการทำให้เกิดสภาพสูญญากาศเป็นตัวดึงชิ้นงาน ใช้ได้กับวัสดุผิวเรียบเท่านั้น
- แบบตะขอ (Hook) สำหรับเกี่ยวยกของ เช่น ของที่อยู่บนสายพาน ฯลฯ
- แบบตัก (Scoop) สำหรับการลำเรียงของที่เป็นของเหลวหรือฝุ่นผง

2. มือที่เป็นอุปกรณ์(Tool as End Effector)

เนื่องจาก Gripper มีข้อจำกัดใช้ได้เฉพาะกับงานหยิบจับวัสดุเท่านั้น แต่การใช้งานของหุ่นยนต์มีขอบเขตกว้างขวาง จึงได้มีการออกแบบอุปกรณ์ใช้งานติดเข้าไปกับส่วนปลายหรือส่วนมือนี้ เพื่อใช้ในการทำงานโดยอาจจะเป็นอุปกรณ์ที่ติดตายตัวหรืออาจถอดเปลี่ยนได้ ก็แล้วแต่การออกแบบ

ตัวอย่างของมือที่เป็นอุปกรณ์มีมากมายอาทิเช่น

- ติดอุปกรณ์เชื่อมเฉพาะจุด (Spot Welding Gun)
- ติดอุปกรณ์พ่นสี (Spray Paint Gun)
- ติดอุปกรณ์สว่าน (Drilling Spindle)

ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การสั่งงานแขนกล

การสั่งงานให้แขนกลทำงานตามที่กำหนดนี้ อาจทำได้หลายลักษณะคือ

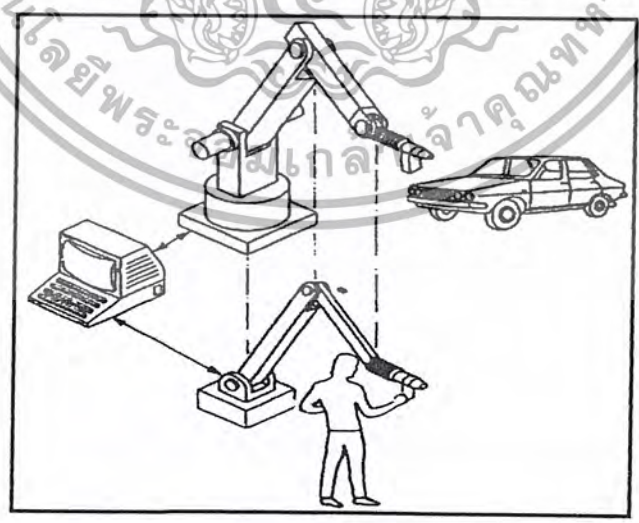
1. แบบ Manual
2. แบบ Lead Through
3. การสั่งงานด้วยโปรแกรม

2.2.1 การสั่งงานแบบ Manual

การสั่งงานแบบนี้เป็นการสั่งงานที่ง่ายที่สุด และใช้กันมากในการสั่งงานให้แขนกลทำงานแบบจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง โดยวิธีการนี้จะเป็นการเคลื่อนแกนต่างๆ ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยการกดปุ่มบังคับ ดังนั้นลักษณะนี้จึงคล้ายกับการ Set up มากกว่าการโปรแกรม กล่าวคือมีการเคลื่อนจากจุดเริ่มต้นแล้วกำหนดค่าไว้ จากนั้นก็เคลื่อนไปยังตำแหน่งต่อไปแล้วกำหนดค่าไว้ เป็นต้น โดยค่าที่กำหนดไว้นี้จะเก็บไว้ในหน่วยความจำสามารถเรียกออกมาใช้ได้ในภายหลัง

2.2.1 การสั่งงานแบบ Lead Through

การสั่งงานแบบนี้คล้ายกับการจับมือแขนกลให้เคลื่อนที่ไปตามแนวที่ต้องการ ในลักษณะที่เป็นการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง แล้วจึงนำค่าต่างๆที่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับความเร็วที่เคลื่อนที่ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้เนื่องจากข้อจำกัดในแง่ของเทคนิค ดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นอุปกรณ์ซึ่งเลียนแบบแขนกลโดยสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆที่ต้องการได้ด้วยผู้สั่งงานแล้วนำค่าไปเก็บไว้ ซึ่งวิธีนี้ถือเป็นวิธีโปรแกรมโดยตรงอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งมีข้อเสียบางอย่างเช่น ความละเอียดไม่ดี ไม่สามารถกำหนดความเร็วได้ และหากการทำงานเกิดผิดพลาดอาจต้องทำใหม่หมด เป็นต้น



รูปที่ 2.6 ลักษณะการสั่งงานแบบ Lead Through

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การสั่งงานด้วยโปรแกรม

การสั่งงานให้แขนกลทำงานโดยการเรียกใช้โปรแกรมสั่งงานนี้ จะเป็นการให้ข้อมูลกับแขนกลเพื่อให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการและทำงานตามที่กำหนด โดยในปัจจุบันได้มีการเขียนภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อสั่งงานให้แขนกลทำงานมากมายหลายภาษา โดยโปรแกรมจะถูกเขียนขึ้นบนเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วส่งไปควบคุมแขนกลอีกต่อหนึ่ง

2.3 ลักษณะเฉพาะของหุ่นยนต์ (Robot Specification)

นอกจากหลักเกณฑ์ต่างๆที่ใช้แบ่งประเภทของหุ่นยนต์ดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีลักษณะบางอย่างที่ช่วยผู้ใช้ในการเลือกหุ่นยนต์ที่ต้องการ ลักษณะต่างๆเหล่านี้แสดงดังตารางที่ 2.1

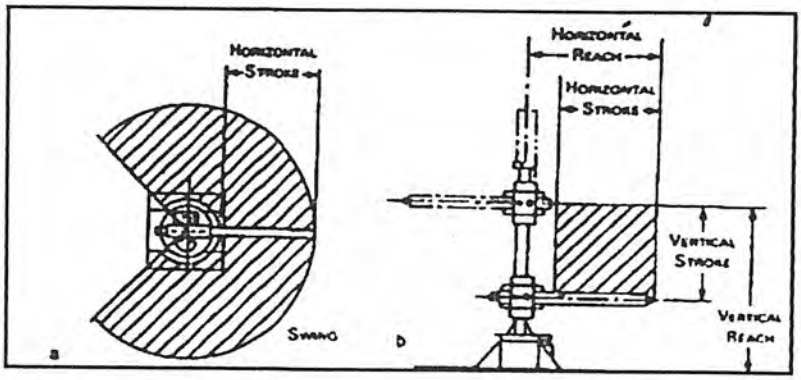
ตารางที่ 2.1 หลักเกณฑ์ที่ใช้แบ่งประเภทของหุ่นยนต์

คุณลักษณะ (Charecteristics)	หน่วย (Unit)
จำนวนแกน	-
ความสามารถในการยกน้ำหนัก	kg
ความเร็วสูงสุด/เวลาครบรอบ	mm/sec
ระยะเอื้อมถึงและสโตรค	mm
การหมุนของเครื่องมือ	Deg
การซ้ำตำแหน่งเดิม	Mm
ความระเอียดและความแม่นยำ	Mm
สภาพแวดล้อมการทำงาน	-

2.3.1ระยะเอื้อมถึงและสโตรค (Reach and Stroke) เป็นการวัดขนาดของพื้นที่การทำงานอย่างคร่าวๆ ระยะที่เอื้อมถึงในแนวนอน (Horizental Reach) คือระยะทางตามแนวรัศมีที่มากที่สุดที่ข้อมือสามารถไปถึงโดยวัดจากแกนแนวตั้งที่ทำให้หุ่นยนต์หมุน สโตรคแนวนอน (Horizental Stroke) คือระยะตามแนวรัศมีทั้งหมดที่ข้อมือสามารถไปได้ ดังนั้นระยะที่เอื้อมถึงในแนวนอน ลบด้วยระยะสโตรคแนวนอน คือระยะทางตามแนวรัศมีที่น้อยที่สุดที่ข้อมือสามารถไปถึงได้โดยวัดจากแกนซึ่งมีค่าเป็นบวกเสมอ จึงได้ว่า Stroke $\leq$Reach

ตัวอย่างเช่น ระยะเอื้อมถึงในแนวนอน (Horizental Reach) ของหุ่นยนต์พิกัดทรงกระบอกก็คือรัศมีของทรงกระบอกอันนอกของพื้นที่การทำงาน ในขณะที่ระยะสโตรคแนวนอน (Horizental Stroke) คือผลต่างระหว่างรัศมีทรงกระบอกอันในและอันนอกดังแสดงในรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ระยะที่เอื้อมถึงและสโตรคของหุ่นยนต์ทรงกระบอก

2.3.2 ความแม่นยำของการเคลื่อนที่ ความสำคัญอีกประการหนึ่งในการสร้างหุ่นยนต์คือความแม่นยำในการทำงาน ซึ่งความแม่นยำนี้ขึ้นอยู่กับตัวแปร 3 อย่าง คือ

1. Spatial Resolution คือช่วงการเคลื่อนที่ที่มีระยะทางสั้นที่สุดที่หุ่นยนต์แต่ละตัวสามารถที่จะทำได้ ซึ่ง Spatial Resolution นี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการคือ
   - ระบบการควบคุม (Control System) ระบบการควบคุมนี้จะรวมถึงการวัดสัญญาณป้อนกลับของหุ่นยนต์ด้วย
   - ความคลาดเคลื่อนเชิงกล (Mechenical inaccuracy) ของหุ่นยนต์แต่ระตัวขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อหมุน (joint) และข้อต่อ (link) และระบบต้นกำลังของหุ่นยนต์ตัวนั้นด้วย
2. Accuracy คือตัวที่แสดงถึงความสามารถของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่เข้าใกล้จุดหมายตามที่เราสั่ง Accuracy สามารถที่จะกำหนดให้อยู่ในเทอมของ Spatial Resolution ได้ ทั้งนี้เพราะว่าการเคลื่อนที่ให้เข้าใกล้จุดเป้าหมายนั้นก็ต้องขึ้นอยู่กับช่วงของการเคลื่อนที่ว่ามีความละเอียดมากน้อยเพียงใด ในการทำงานเราต้องวางจุดที่เราต้องการให้หุ่นยนต์ทำงานอยู่ระหว่างกลางของตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ทั้งนี้เพราะว่าความคลาดเคลื่อนเชิงกลมีผลต่อความแม่นยำของหุ่นยนต์ ความแม่นยำของหุ่นยนต์กำหนดให้เท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะทางการเคลื่อนที่ที่สั้นที่สุดของหุ่นยนต์ที่สามารถทำได้ โดยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังต่อไปนี้
   - พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์ ถ้าทำงานในพื้นที่การทำงานจะมีความแม่นยำมากกว่าเมื่อแขนออกนอกพื้นที่การทำงาน
   - วงรอบการทำงาน ถ้าวงรอบการทำงานเป็นวงรอบที่แน่นอนความแม่นยำจะมีมากขึ้น
   - น้ำหนักที่ได้รับ ถ้าหุ่นยนต์ทำงานโดยการรับน้ำหนักมากๆ ความแม่นยำจะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Repeatability คือความสามารถของหุ่นยนต์ในการกลับมาทำงานซ้ำที่เดิมหลายๆครั้งได้ เนื่องจากสาเหตุต่างๆเช่น Backlash ในเฟืองและความยืดหยุ่น (Flexibility) ของส่วนต่างๆซึ่งมักทำให้เกิดความผิดพลาดใน Repeatability

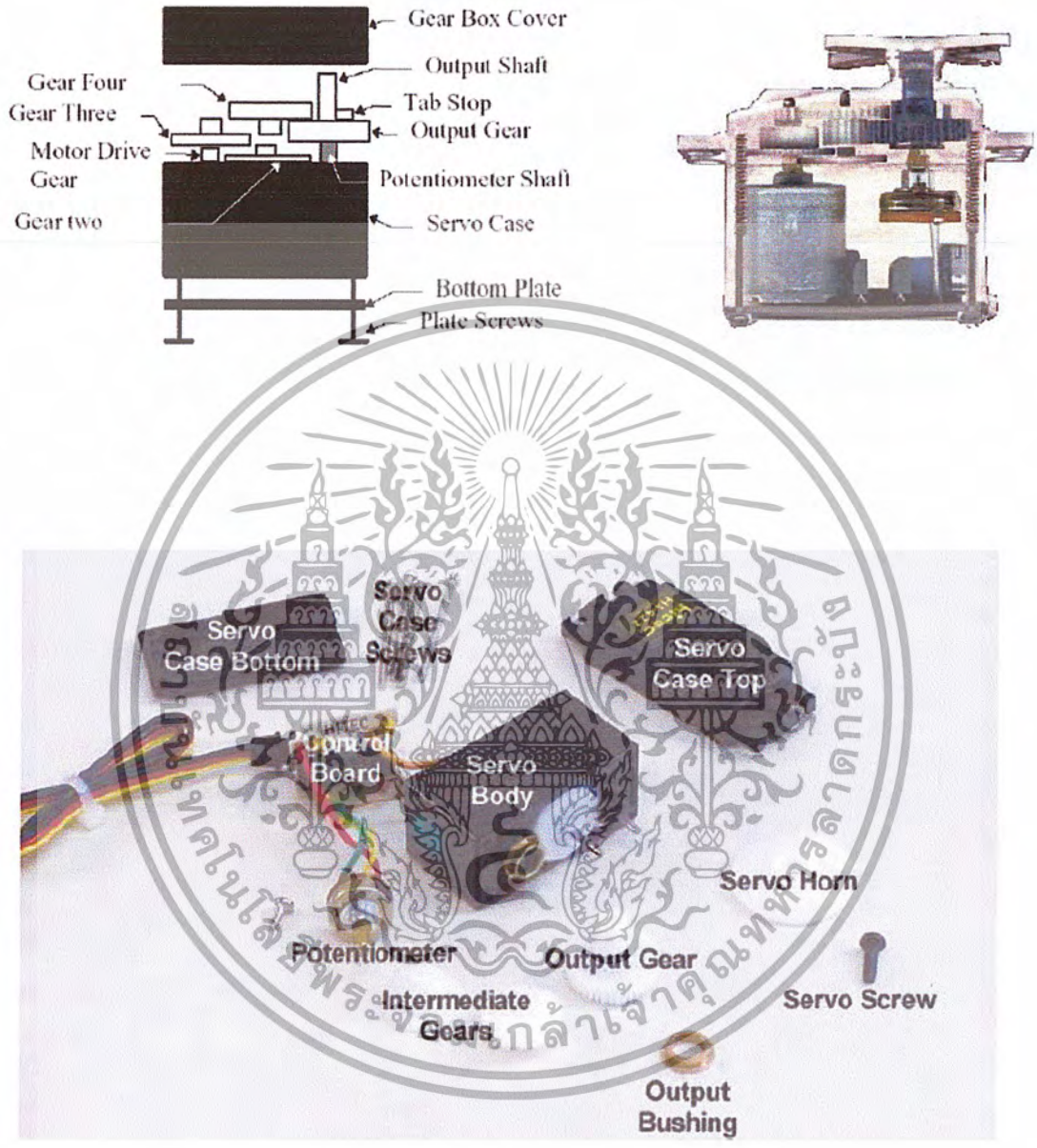
2.4 Servo motor

Servo motor คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) ที่ถูกประกอบรวมกับชุดเกียร์ และส่วนควบคุมต่างๆ ไว้ในโมดูลเดียวกัน หรือภายในกล่องพลาสติกเดียวกัน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อใช้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ VCC, GND และสายสัญญาณควบคุม (Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้ายหรือขวาได้จากสัญญาณเพียงเส้นเดียว โดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณ พัลส์วิดมอด (PWM) แบบ TTL Level โดยระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4 ถึง 6 โวลต์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือ จะมีขนาดเล็กน้ำหนักเบาให้แรงบิดสูง กินพลังงานน้อย และสามารถควบคุมด้วยแรงดันลอจิกที่เป็น TTL ได้โดยตรง ไม่จำเป็นต้องต่อวงจรขับ (Driver) อื่นๆ เพราะมอเตอร์ชนิดนี้จะมีวงจรควบคุมไว้ภายในอยู่แล้ว ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถควบคุมให้หมุนไปในตำแหน่งหรือทิศทางองศาที่ต้องการได้ โดยอาศัยสัญญาณความกว้างพัลส์ ที่ป้อนให้มอเตอร์ แต่ Servo motor นี้จะจะหมุนได้แค่เพียงในช่วงประมาณ 180 องศาหรือ ครึ่งรอบเท่านั้น หรือบางรุ่นอาจหมุนได้ถึง 210 องศา แต่ไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ เนื่องจากโครงสร้างภายในจะประกอบด้วย ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (VR) ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ และตัวต้านทานนี้จะถูกยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจากการที่ตัวต้านทานปรับค่านี้ไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ ดังนั้น Servo motor จึงถูกออกแบบให้หมุนได้เพียงแค่ประมาณ 180 องศา หรือครึ่งรอบเท่านั้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับตัวต้านทานปรับค่าได้ แต่ถ้าหากเราต้องการให้มอเตอร์หมุนเป็นวงรอบ (360 องศา) ก็สามารถทำได้ โดยการปรับแต่ง ดัดแปลงชิ้นส่วนบางอย่าง

รูปที่ 2.8 Servo Motor

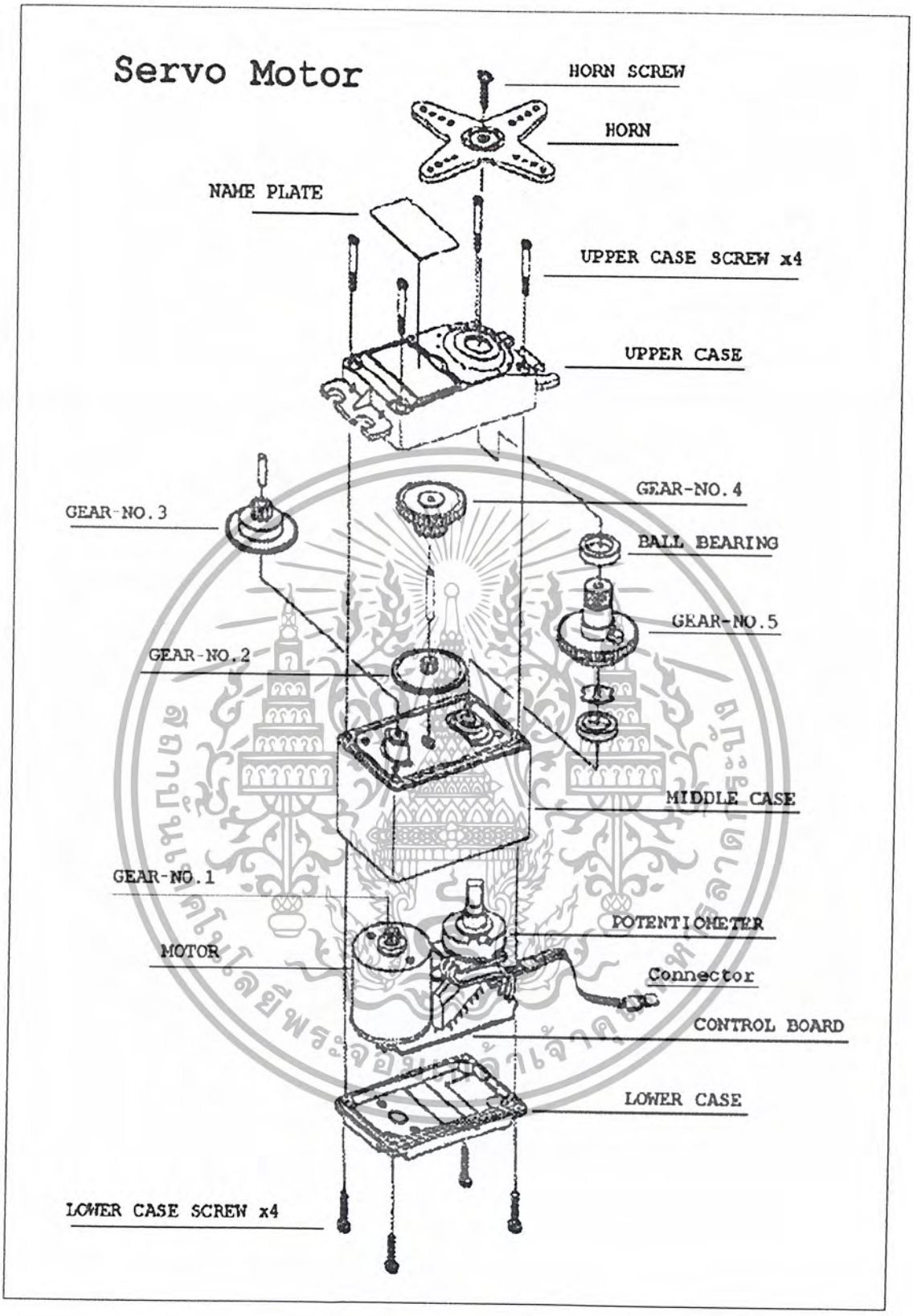
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ส่วนประกอบต่างๆของ Servo Motor



รูปที่ 2.9 แสดงชิ้นส่วนต่างๆของ servo motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

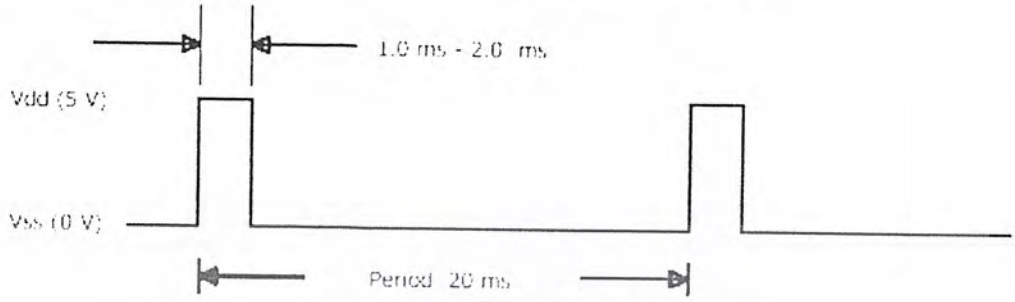


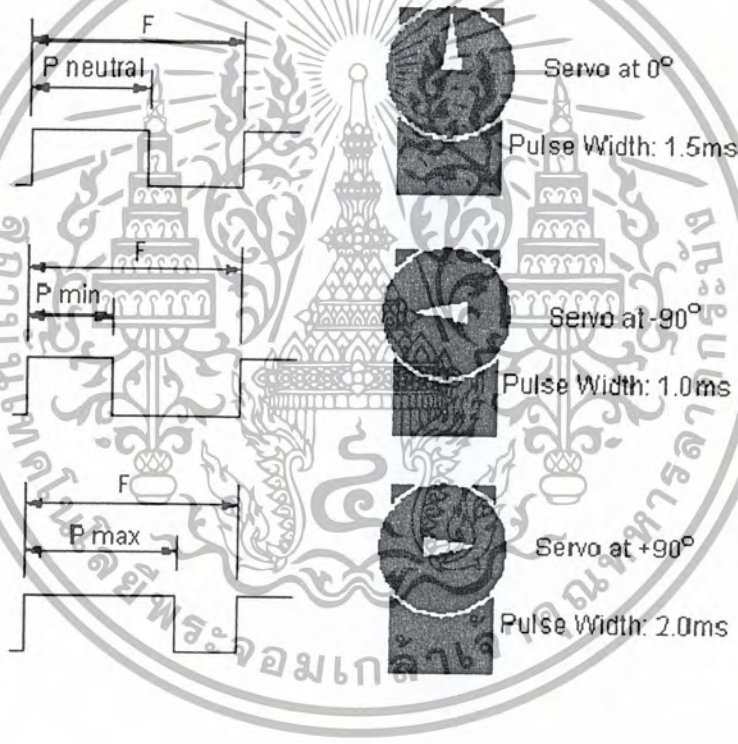
รูปที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบต่างๆของ Servo motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 หลักการทำงานของ Servo motor

การควบคุมการทำงานของ Servo motor ทำได้โดยการป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ ให้กับมอเตอร์ ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้ จะขึ้นอยู่กับขนาดและความกว้างของพัลส์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของพัลส์นั้นจะมีจุดให้อ้างอิง 3 จุดดังนี้ คือ





- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้ Servo motor ไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศา หรือ จุดกึ่งกลางของมอเตอร์
- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้ Servo motor ไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม -90 องศา หรือ ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้ Servo motor ไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 90 องศา หรือ ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการที่จะควบคุมมอเตอร์ให้หมุนเป็นมุมอื่นๆ นั้นก็สามารถทำได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เป็นระดับความกว้างต่างๆ โดยอ้างอิงจากจุดทั้ง3 จุดที่กล่าวมานั้น เช่น ถ้าต้องการให้หมุนไปที่มุม –45 องศา เราก็จะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้าง 1.25 ms เป็นต้น และสัญญาณพัลส์นี้จะต้องจ่ายให้มอเตอร์ทุกๆ 20 ms เพื่อรักษาสภาพตำแหน่งของมอเตอร์ไว้

โดยหลักการก็คือ จะอาศัยการเปรียบเทียบช่วงเวลาของความกว้างพัลส์ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุม กับค่าเวลาของวงจร RC ภายในบอร์ดควบคุมในตัวของมอเตอร์ ซึ่งค่าเวลาของวงจร RC นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการหมุน ของมอเตอร์ เนื่องจากตัวต้านทานปรับค่าจะถูกยึดติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งการหมุนของมอเตอร์จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าเปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยในขณะที่เราป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุม สัญญาณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเวลาของวงจร RC หากค่าทั้งสองไม่เท่ากันมอเตอร์ก็จะหมุนทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งค่าความกว้างของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนเท่ากับค่าสัญญาณพัลส์ของขาควบคุมมอเตอร์จึงจะหยุดหมุน

2.3.4 การปรับแต่ง Servo motor

จากคุณสมบัติของ Servo motor ที่ผลิตออกมาจากโรงงานจะสามารถหมุนได้แค่เพียงประมาณ 180 องศา หรือประมาณครึ่งรอบเท่านั้น หากเราต้องการนำเอาServo motorไปใช้งานในลักษณะที่หมุนเป็นวงรอบนั้นก็สามารถทำได้ แต่ก็จะสูญเสียการควบคุมในเรื่องการสั่งให้มอเตอร์หมุนไปในตำแหน่ง หรือ มุมที่ต้องการไปด้วย จะทำได้ก็เพียงในเรื่องของการสั่งให้หมุนซ้าย , ขวา และหยุด เท่านั้น โดยการทำให้มอเตอร์สามารถหมุนเป็นวงรอบได้นั้นจะต้องทำการปรับแต่ง หรือแก้ไขโครงสร้างภายในบางส่วนของมอเตอร์ ซึ่งได้แก่

- การต่อตัวต้านทานคงที่ 2 ตัวอนุกรม แทนตัวต้านทานปรับค่าได้
- ตัดชิ้นส่วนของแกนเฟืองที่ทำหน้าที่หยุดมอเตอร์ (TAB STOP)
- การดัดแปลงตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR) ให้สามารถหมุนได้รอบทิศทาง (360 องศา)

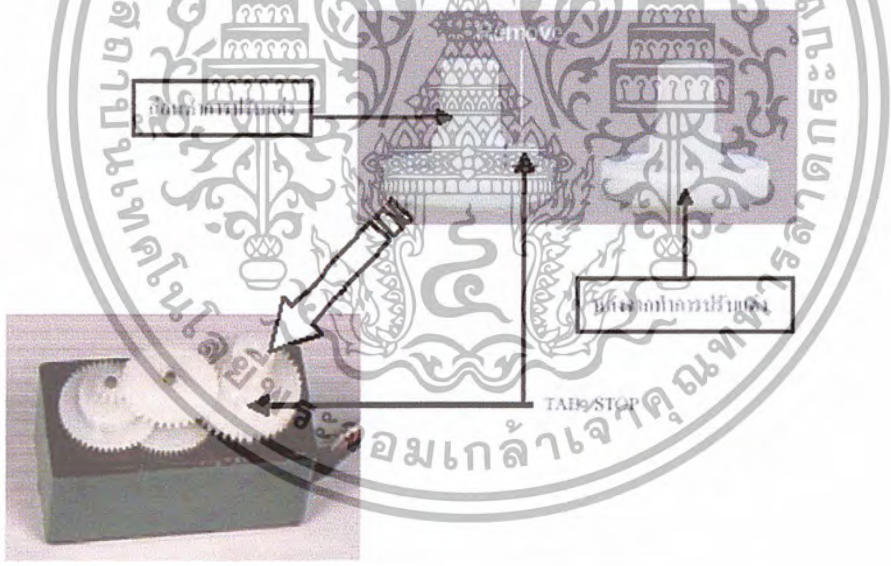
มีขั้นตอนต่อไปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ถอดชิ้นส่วนของ Servo motor ออกเป็นส่วนๆ

รูปที่ 2.11 Servo motor ที่ถอดชิ้นส่วนแล้ว

2. ตัดแกนที่ติดกับเฟือง (TAB STOP) ออกโดยแกนนี้มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้มอเตอร์หมุนเกินมุม 180 องศา ทั้งนี้เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับตัวต้านทานปรับค่าได้ แต่เนื่องจากตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ ดังนั้นเพื่อให้มอเตอร์หมุนเป็นวงรอบได้จึงต้องตัด TAB STOPในส่วนนี้ออกดังรูปที่ 2.12

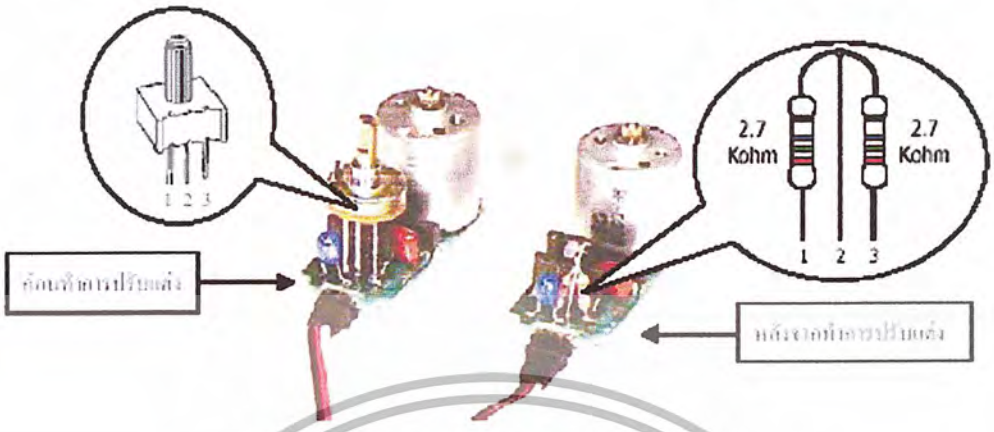


รูปที่ 2.12 การปรับแต่งเฟืองภายใน servo motor

3. ถอดตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR) ออก แล้วใส่ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ 2 ตัวที่ต่ออนุกรมกันเข้าไปแทนในตำแหน่งของตัวต้านทานปรับค่าได้ โดยตัวต้านทานชนิดค่าคงที่นำมาต่อนี้จะต้องมีค่าอยู่ในช่วง 2.2k ถึง 3.3k ทั้งนี้เนื่องจากตัวต้านทานชนิดปรับค่าที่อยู่ในบอร์ดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

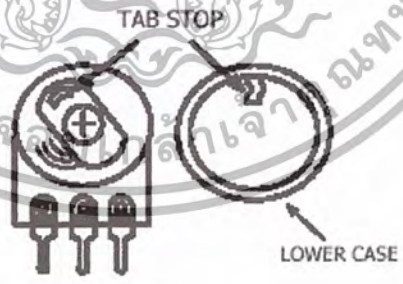
ของ Servo motorนั้นจะมีค่าความต้านทาน 5k ดังนั้น จึงต้องนำตัวต้านทานค่าคงที่มาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้ค่าความต้านทานใกล้เคียงกับของเดิม ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การเปลี่ยนตัวต้านทาน

4. ถึงแม้ว่าเราจะถอดตัวต้านทานปรับค่า (VR) ออกจากวงจรแล้วก็ตาม แต่เนื่องจากเรายังคงต้องใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้นี้ไปเป็นแกนหมุนของมอเตอร์อยู่ ซึ่งตัวต้านทานปรับค่านี้ จะไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบ ทำให้เราต้องแก้ไขเปลี่ยนแปลงบางส่วนของตัวต้านทานเพื่อให้ตัวต้านทานสามารถหมุนรอบตัวเองได้ เพื่อที่จะได้ไม่ไปขัดขวางการหมุนของมอเตอร์ซึ่งทำได้โดย

   ○ ถอดชิ้นส่วนของตัวต้านทานปรับค่าออก



รูปที่ 2.14 ชิ้นส่วนของตัวต้านทานปรับค่า

   ○ ตัวต้านทานปรับค่าในมอเตอร์แต่ละรุ่นนั้น อาจจะใช้ไม่เหมือนกัน แต่จะมีหลักการเดียวกันโดยจะมี แท็ป ที่ทำหน้าที่หยุดการหมุนการหมุนของตัวต้านทานอยู่ ให้เราทำการตัดส่วนนี้ออกแล้วทดลองหมุนแกนของตัวต้านทานปรับค่า ถ้าสามารถหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61907

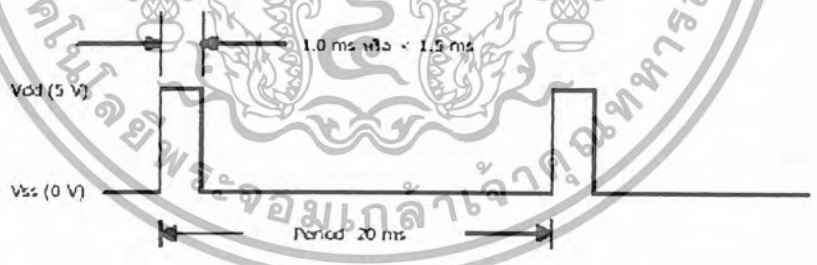
รอบตัวเองได้ ก็ทำการประกอบตัวต้านทานเข้าไว้เหมือนเดิม แต่ถ้ายังหมุนเป็นวงรอบไม่ได้ก็ให้พิจารณาดูว่ามีชิ้นส่วนใด ที่ยังขัดขวางการหมุนของตัวต้านทานอยู่ เมื่อพบก็ให้เอาออก หรือ ทำลายได้เลยโดยไม่ต้องสนใจว่าจะทำให้ตัวต้านทานนี้พัง เพราะเราไม่ได้ใช้ประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานนี้อีกแล้ว นอกจากใช้เป็นแกนหมุนของเฟืองเท่านั้น

- จากนั้นตัดหรือพับขาของตัวต้านทานปรับค่า (VR) เพื่อป้องกันไม่ให้ขาของตัวต้านทานดังกล่าวไปช็อตกับแผงวงจรควบคุม

5. ประกอบชิ้นส่วนต่างๆเข้าที่เดิม และ เพื่อความปลอดภัยในการประกอบตัวต้านทานปรับค่า (VR) ลงในกล่องของ Servo motor ควรหาฉนวนรองตรงส่วนของขาที่เป็นโลหะของตัวต้านทานด้วยเพื่อไม่ให้ไปช็อตกับส่วนอื่น ในแผงวงจรควบคุม เพียงเท่านี้มอเตอร์ของเราก็สามารถหมุนเป็นวงรอบ 360 องศาได้แล้ว และ ในการนำไปใช้งานจะต้องระวังเรื่องของโหลดที่นำมาต่อกับมอเตอร์ เพราะหากนำมอเตอร์ไปขับ หรือ ยกโหลดที่มีน้ำหนักมากเกินไป อาจทำให้เกิดความเสียหายกับ เฟือง เกียร์ต่างๆ ของมอเตอร์

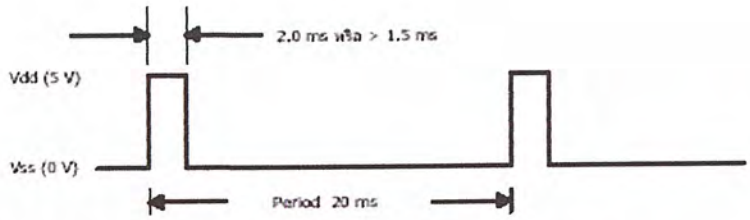
หลังจากที่เราได้ทำการปรับแต่งการทำงานของ Servo Motorให้สามารถหมุนเป็นวงรอบได้แล้ว วิธีในการควบคุมให้มอเตอร์หมุน จะมีลักษณะดังนี้

- การควบคุมให้มอเตอร์หมุนทางด้านซ้ายจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีขนาดความกว้างพัลส์ 1 ms หรือ ไม่น้อยกว่า 1.5 ms โดยจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์นี้ทุกๆ 20 ms (หรือในช่วงประมาณ 20 ms – 30 ms)

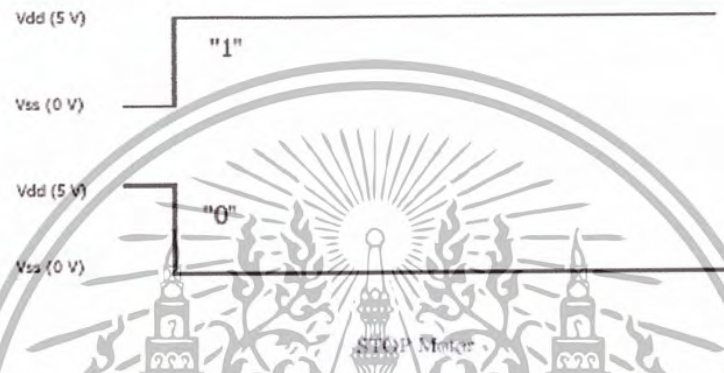


- การควบคุมให้มอเตอร์หมุนทางด้านขวาจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีขนาดความกว้างพัลส์ 2 ms หรือ ไม่ต่ำกว่า 1.5 ms โดยจะต้องป้อนสัญญาณพัลส์นี้ทุกๆ 20 ms (หรือในช่วงประมาณ 20 ms – 30 ms)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- การควบคุมให้มอเตอร์หยุดหมุน ทำได้โดยการส่งลอจิก “0” หรือ “1” ให้กับมอเตอร์ หรือก็คือการไม่จ่ายสัญญาณพัลส์ให้กับมอเตอร์นั้นเอง

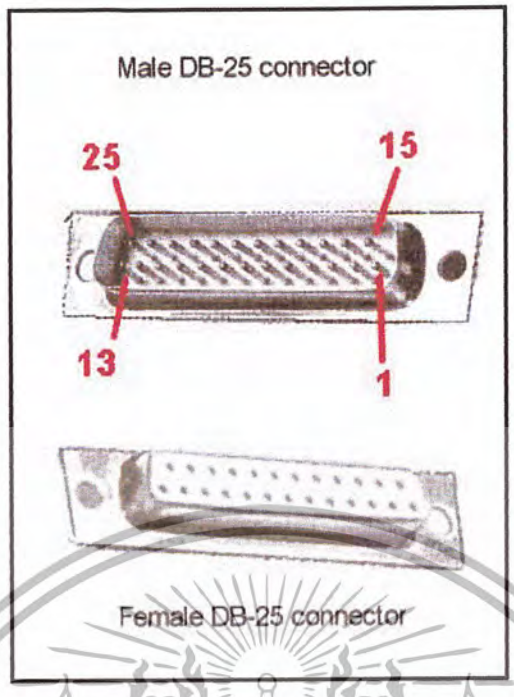


2.5 ความรู้เบื้องต้นของพอร์ตขนาน

ในการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Interface) นั้นเรามีการใช้งานพอร์ตขนาน หรือ Parallel Port อย่างแพร่หลาย โดยจุดเริ่มต้นคือการนำมาใช้งานกับพรินเตอร์จนทำให้บางคนเรียกว่า Printer Port ก็มี ซึ่งพอร์ตขนานนั้นมีความสามารถ และความน่าสนใจอยู่หลายอย่างจึงน่าจะเข้าใจพื้นฐานกันก่อนเพื่อให้การสร้างแอพพลิเคชันในภายหลังทำได้อย่างเข้าใจ และรวดเร็ว

รูปที่ 2.15 พอร์ตขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะหัวต่อของพอร์ตขนาน

2.5.1 พอร์ตขนาน

พอร์ตขนานหรือ Parallel Port นั้นเดิมเรียกว่า Printer Port เพราะการใช้งานส่วนใหญ่กับพอร์ตขนานเป็นการใช้งานโดยต่อกับพรินเตอร์เป็นหลัก โดยที่พอร์ตขนานนั้นสามารถให้ความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลได้รวดเร็วกว่าพอร์ตอนุกรมราว 8 – 10 เท่า ซึ่งสามารถส่งข้อมูลขนาน 8 บิตได้เลย

ลักษณะหัวต่อของพอร์ตขนานจะเป็นแบบ D-type 25 pin ตัวเมียอยู่หลังเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปปกติแล้วจะใช้การติดต่อกับเครื่องพรินเตอร์

อย่างไรก็ตามพอร์ตขนานจะใช้ติดต่อกับเครื่องพรินเตอร์แล้ว ยังสามารถใช้ในงานเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ชนิดอื่นๆได้อีก ซึ่งการใช้พอร์ตขนานในงานการเชื่อมต่อนั้นถูกใช้งานกันอย่างแพร่หลายมาก ทั้งนี้เพราะสามารถรับและส่งข้อมูลในลักษณะขนานได้ ทำให้นำไปใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้เป็นอย่างดี อีกทั้งลักษณะแรงดันที่จ่ายออกมาเป็น TTL โดยสัญญาณลอจิก “1” จะเท่ากับ 5 โวลต์และลอจิก ”0” จะเท่ากับศูนย์โวลต์ทำให้ง่ายในการออกแบบวงจรและการประยุกต์ใช้งาน

ข้อเสียก็คือไม่สามารถทำงานในระยะทางไกลๆได้เพราะจะเกิดความผิดพลาดของข้อมูลได้ง่ายเนื่องจากแรงดันไม่สม่ำเสมอ และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในเรื่องของสายเพราะต้องใช้สัญญาณหลายเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ตขนานของเครื่องคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยสัญญาณทั้งหมด 25 เส้นสัญญาณ แต่ใช้งานกันจริงๆ 17 เส้นสัญญาณ โดยสัญญาณจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆตามลักษณะหน้าที่ของสัญญาณ ประกอบด้วย

- Data Port จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- Status Port จำนวน 5 เส้นสัญญาณ
- Control Port จำนวน 4 เส้นสัญญาณ

2.5.2 ลักษณะของสัญญาณ

ขาสัญญาณของพอร์ตขนานแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

1. DATA PORT

Data Port จะมีอยู่ 8 ขา หรือ 8 pin (ตั้งแต่ขาที่ 2 ถึงขาที่ 9 บางทีมักถูกเรียกว่า DATA REGISTER ซึ่ง Register ตัวนี้จะส่งค่าได้อย่างเดียวไม่สามารถรับค่าได้

ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดของ Data Port

Name	Read / Write	Bit No.	Signal Name
Data Port	Write	Bit 7	Date 7 (pin 9)
		Bit 6	Date 6 (pin 8)
		Bit 5	Date 5 (pin 7)
		Bit 4	Date 4 (pin 6)
		Bit 3	Date 3 (pin 5)
		Bit 2	Date 2 (pin 4)
		Bit 1	Date 1 (pin 3)
		Bit 0	Date 0 (pin 2)

2. STATUS PORT

Status Port เป็นพอร์ตที่อ่านได้อย่างเดียวไม่สามารถเขียนข้อมูลได้ พอร์ตจะมีสัญญาณเข้าอยู่ 5 สัญญาณ และสัญญาณ IRQ กับสัญญาณสงวนไว้อีกสองบิต โดยสัญญาณ Busy จะActive Low

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดของ Status Port

Name	Read / Write	Bit No	Signal Name
Status Port	Read	Bit 7	Busy
		Bit 6	nAck
		Bit 5	PaperEnd
		Bit 4	Select
		Bit 3	nError
		Bit 2	IRQ (Not)
		Bit 1	Reserved
		Bit 0	Reserved

สำหรับลักษณะการทำงานของแต่ละบิตใน Status Port

- Bit 7 Busy เมื่อ Active หมายถึงพริ้นเตอร์จะไม่รับข้อมูล
- Bit 6 nAck เมื่อ Active หมายถึงพริ้นเตอร์พร้อมที่จะทำงาน (Active Low)
- Bit 5 Paper End เมื่อ Active หมายถึงพริ้นเตอร์ไม่มีกระดาษ
- Bit 4 Select เมื่อ Active หมายถึงเลือกพริ้นเตอร์
- Bit 3 nError เมื่อ Active หมายถึงพริ้นเตอร์เกิดข้อผิดพลาด(Active Low)
- Bit 2, Bit 1,Bit 0 ไม่ใช้

3. CONTPOL PORT

Control Port เป็นพอร์ตที่ใช้ในการควบคุมพริ้นเตอร์ สัญญาณในกลุ่มนี้จะ Active Low ยกเว้น สัญญาณ Intialize เท่านั้นที่ไม่ถูก Invert

ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดของ Control Port

Name	Read / Write	Bit No	Signal Name
Control Port	Read / Write	Bit 3	nESelect(pin 17)
		Bit 2	nInitialize (pin 16)
		Bit 1	nAutoFeed (pin 14)
		Bit 0	nStrobe (pin 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการทำงานของแต่ละบิตใน Control Port

Bit 3	nESelect	เมื่อ Active หมายถึงเลือกพรินเตอร์
Bit 2	nInitialize	เมื่อ Active หมายถึงรีเซตพรินเตอร์
Bit 1	nAutoFeed	เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์กระทำ Line Feed
Bit 0	nStrobe	เมื่อ Active หมายถึงบอกให้พรินเตอร์ทราบว่ามีข้อมูลเข้ามาแล้ว

2.5.3 สรุปลักษณะสัญญาณของพอร์ตขนานทั้งหมด

สำหรับลักษณะของสัญญาณของพอร์ตขนานทั้งหมดมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.5

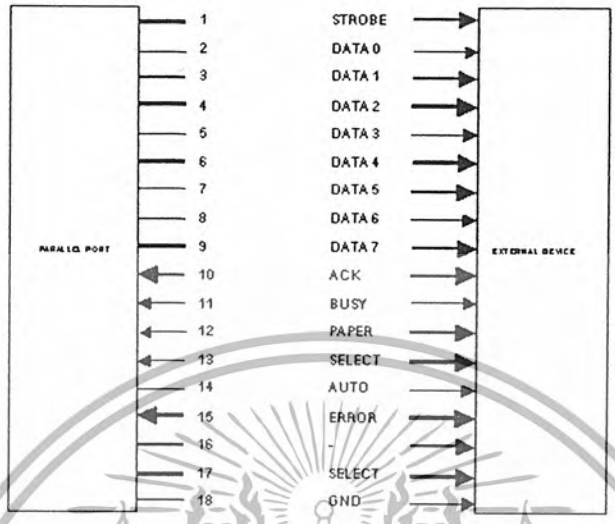
ตารางที่ 2.5 ลักษณะของสัญญาณของพอร์ตขนาน

Pin No. (D-Type)	Signal Name	Bit	Direction (In / Out)
1	nStrobe	-Co	Output
2	Data 0 (Bit 0)	Do	Output
3	Data 1 (Bit 1)	D1	Output
4	Data 2 (Bit 2)	D2	Output
Pin No. (D-Type)	Signal Name	Bit	Direction (In / Out)
5	Data 3 (Bit 3)	D3	Output
6	Data 4 (Bit 4)	D4	Output
7	Data 5 (Bit 5)	D5	Output
8	Data 6 (Bit 6)	D6	Output
9	Data 7 (Bit 7)	D7	Output
10	nAck	S6	Input
11	Busy	-S7	Input
12	PaperEnd	S5	Input
13	Select	S4	Input
14	nAutoFeed	-C1	Output
15	nError	S3	Input
16	nInitialize	C2	Output
17	nSelectPrinter	-C3	Output
18-25	Ground		-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

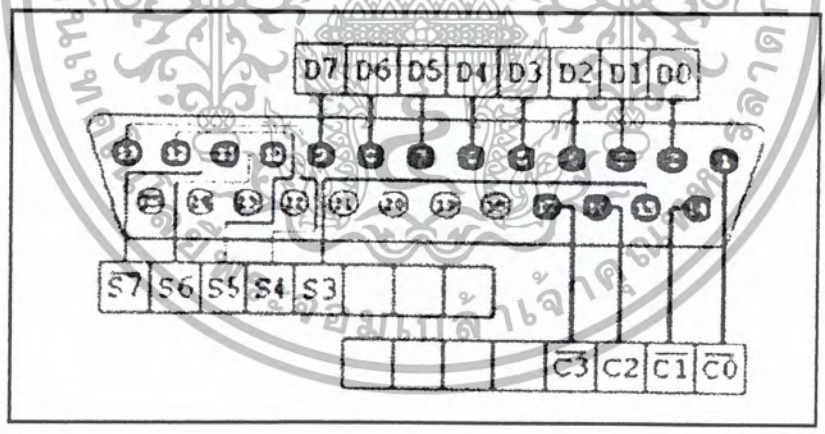
2.5.4 Pin Outs

สำหรับการต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับพอร์ตขนานที่ขาต่างๆจะมีทิศทางของการรับส่งข้อมูล หรือ Pin Out ของพอร์ตขนานดังนี้



รูปที่ 2.17 แสดง Pin Outs ของพอร์ตขนาน

ส่วนหน้าตาของพอร์ตจริงๆมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.18 แสดงแผนผังของสายสัญญาณในพอร์ตขนาน

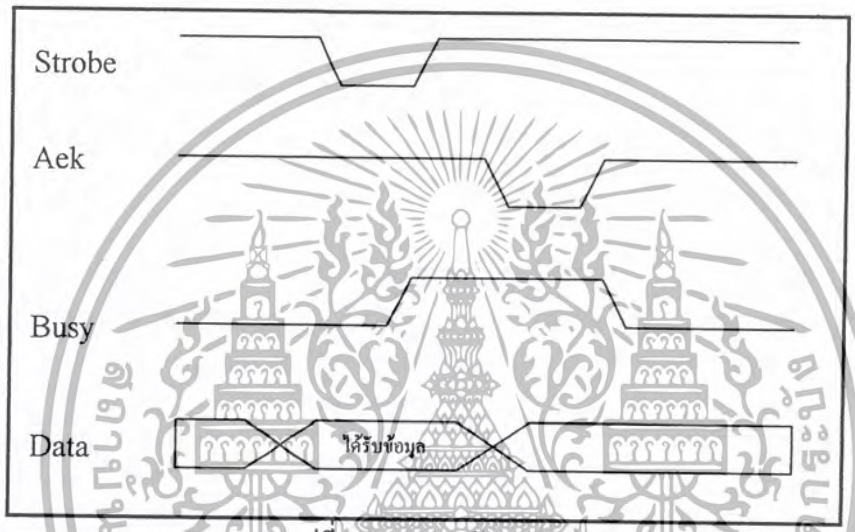
- 8 Output pins DATA PORT
- 5 Input pins (1 invert) STATUS PORT
- 4 Output pins (3 invert) CONTROL PORT
- 8 pins Ground

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการติดต่อกับอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์ใดๆ ผ่านทางพอร์ตขนานนั้นการทำงานจะเริ่มจากคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณข้อมูลขนาด 8 บิต ออกทาง Data port แล้วสร้างสัญญาณ Strobe ให้เป็น Low ส่งไปยังอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์เพื่อบอกให้ทราบว่ามีข้อมูลพร้อมเตรียมจะส่งให้แล้ว

จากนั้นคอมพิวเตอร์จะรอรับการตอบกลับจากอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์ที่ต่อกับพอร์ตขนานนั้น โดยสิ่งที่ตอบกลับมาจะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ

- สัญญาณ nAck เพื่อเป็นการแสดงว่าอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์พร้อมที่จะรับสัญญาณข้อมูล โดยจะสร้างสัญญาณ Acknowledge เป็น Low ตอบกลับไป
- สัญญาณ Busy เพื่อเป็นการแสดงว่าอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์ไม่ว่าง ไม่พร้อมรับข้อมูล



รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะสัญญาณ

จากรูปข้างต้นเราสามารถสรุปรายละเอียดเกี่ยวกับสัญญาณที่ใช้ในพอร์ตขนานได้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 รายละเอียดเกี่ยวกับสัญญาณที่ใช้ในพอร์ตขนาน

สัญญาณ	ผู้ส่ง	สิ่งที่ส่ง	ผู้รับ
ข้อมูล 8 บิต	คอมพิวเตอร์	ข้อมูลที่คอมพิวเตอร์ส่งไปให้ที่พอร์ต	พอร์ตขนาน
Strobe	คอมพิวเตอร์	แจ้งให้พอร์ตทราบว่ามีข้อมูลชุดใหม่ส่งมา	พอร์ตขนาน
Acknowlege	พอร์ตขนาน	ตอบกลับมาว่าพร้อมรับข้อมูลแล้ว	คอมพิวเตอร์
Busy	พอร์ตขนาน	ตอบกลับมาว่าไม่พร้อม	คอมพิวเตอร์
Error	พอร์ตขนาน	แจ้งข้อมูลผิดพลาดกลับมาให้คอมพิวเตอร์	คอมพิวเตอร์
Reset	คอมพิวเตอร์	ให้รีเซตข้อมูล หรือรีเซตพรินเตอร์	พอร์ตขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 Port Address

แอดเดรสของพอร์ตขนานนั้นมักจะอยู่ที่ตำแหน่ง 378H สำหรับ LPT และ 278 H สำหรับ LPT 2 ซึ่งการหาหมายเลขพอร์ตของพรินเตอร์นั้นเราสามารถกระทำได้ง่ายๆ โดยการคลิกที่ Start >Settings >Control Panel

จากนั้นให้เลือกที่ System>Device Manager>Ports (COM&LPT) จากนั้นให้เลือก Printer Port แล้วคลิกที่ Properties เลือก Resources เราก็จะทราบ Address ของหมายเลขพอร์ตตามที่เราต้องการ

2.5.6 Inpout32.dll ไลบรารีพิเศษที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมติดต่อพอร์ตขนาน

สำหรับการโปรแกรมเพื่อควบคุมอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอร์ตขนาน (Parallel Port) หรือพอร์ตเครื่องพิมพ์ เรียกอีกอย่างเป็นภาษาช่างว่า การ Interfaceกับฮาร์ดแวร์ ซึ่งการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ภายนอกนั้น Visual Basic ไม่มีฟังก์ชันติดต่อได้กับพอร์ตขนานโดยตรงที่เตรียมมาในรูปของ API (Application Programming Interface) โดยเราสามารถติดต่อ อ่านข้อมูล และส่งข้อมูลไปยังพอร์ตที่ต้องการได้

สำหรับไฟล์ DLL ที่จะเก็บฟังก์ชันที่เราต้องการนั้น ในที่นี้ได้ใช้ไฟล์ที่ชื่อว่า Inpout32.dll ซึ่งดาวน์โหลดได้จากอินเตอร์เน็ต ซึ่งรายละเอียดที่เกี่ยวกับไฟล์ Inpout32.dll สามารถเข้าไปดูรายละเอียดต่างๆรวมถึงการดาวน์โหลดไฟล์ข้อมูลนี้ได้จาก http://www.freewebs.com/logix4u

การติดตั้ง Inpout32.dll

สำหรับการติดตั้งไฟล์ Inpout32.dll ให้ นำไฟล์ทั้งหมดก็อปปี้ลงในโฟลเดอร์ System ของระบบ Windows

- ถ้าเป็น Windows 95,98 ให้ก็อปปี้ไฟล์ไว้ที่โฟลเดอร์ C:\ Windows\ System
- ถ้าเป็น Windows Me, 2000, XP ให้ก็อปปี้ไฟล์ไว้ที่โฟลเดอร์ C:\ Windows\ System32หรือ C:\ Win\ System32

Inpout32.dll สามารถใช้ได้กับระบบปฏิบัติการ Windows 9X ,NT, 2000, XP ซึ่งไฟล์ตัวนี้มีประโยชน์มากสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมที่ต้องการเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.7 ฟังก์ชันที่ใช้ติดต่อกับพอร์ตขนาน

ในไฟล์ Inpout32.dll จะมีฟังก์ชันที่เราสั่งงานพอร์ตขนานได้ โดยมีฟังก์ชันที่เราจะใช้งานดังนี้

INP (n)

ย่อมาจาก Input from a Port เป็นคำสั่งที่ใช้รับข้อมูลทีละ 1 ไบต์จากพอร์ตที่กำหนด ปกติจะใช้คู่กับ OUT เลขหมายของ Port คือค่าของ n

OUT portnumber, data

เป็นคำสั่งที่ใช้ส่งข้อมูลออกทาง Output Port ค่าของ portnumber จะเป็นเลขจำนวนเต็ม และ data จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-255

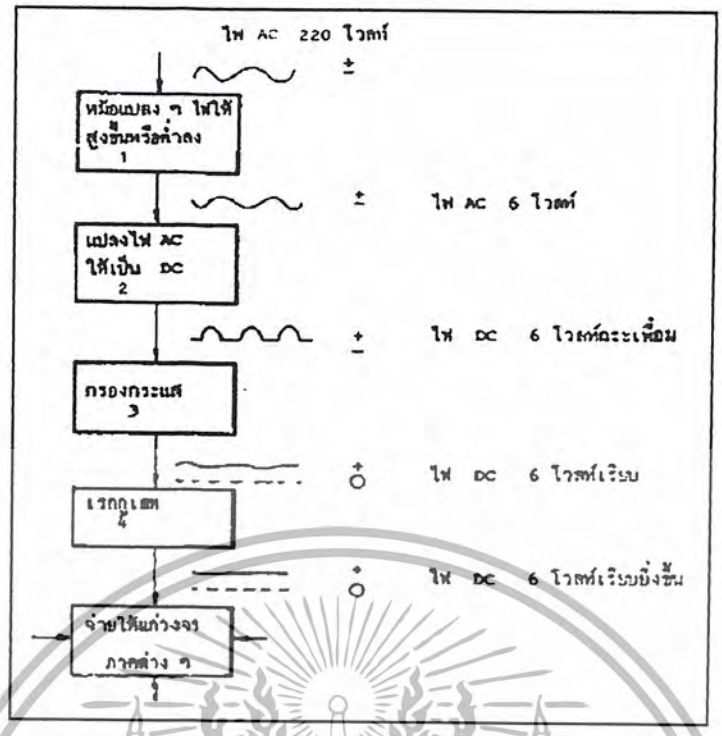
2.6 การแปลงกำลังไฟ

ในการสร้างแขนกลนี้เราได้เลือกใช้ Servo motor ซึ่ง Servo motor ต้องมีไฟเลี้ยง 4.5-6 โวลต์ แต่เนื่องจากไฟฟ้าที่จ่ายมาตามอาคารบ้านเรือนมีแรงดัน 220 โวลต์ ดังนั้นเราจึงต้องศึกษาวิธีการแปลงไฟก่อน

วิธีหรือขั้นตอนการแปลงไฟที่สมบูรณ์จริงๆแบ่งขบวนการได้ 5 ขั้นตอนคือ การใช้หม้อแปลงๆไฟให้สูงขึ้นหรือต่ำลง การแปลงกระแสสลับให้เป็นกระแสตรง การกรองไฟกระเพื่อมเป็นไฟเรียบ การเรกกูเลท และการจ่ายไฟไปยังภาควงจรต่างๆ

ปกติแรงดันไฟฟ้าตามอาคารบ้านเรือนสูงถึง 220 โวลท์แต่ในวงจรอิเล็กทรอนิคส์บางวงจรอาจต้องการไฟฟ้าสูงกว่าหรือต่ำกว่า ดังนั้นขั้นตอนแรกจึงหาวิธีลดหรือเพิ่มไฟให้มีแรงดันพอเหมาะพอดีกับความต้องการของวงจรเสียก่อน ไดอะแกรมในรูปที่ 2.20 จะแสดงให้เห็นถึงกระบวนการตั้งแต่การแปลงไฟกระแสสลับให้เป็นไฟตรงจนถึงการจ่ายไฟให้แก่วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



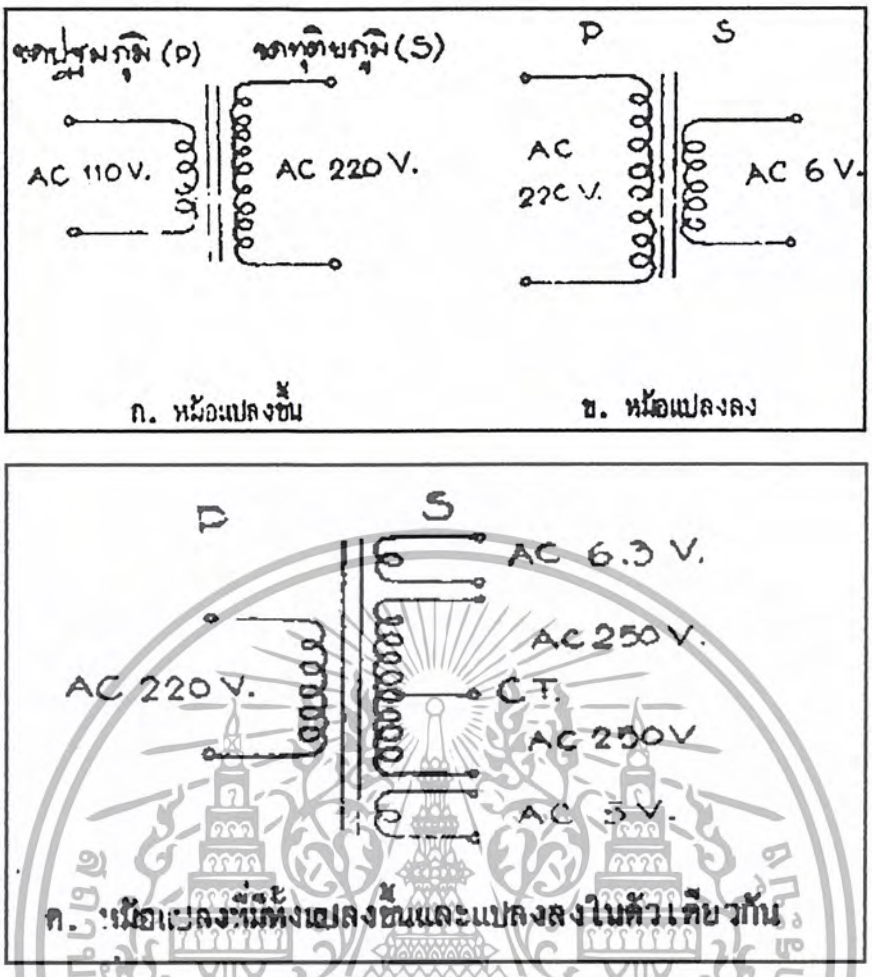
รูปที่2.20 แสดงขั้นตอนของภาคจ่ายไฟ

2.6.1 ขั้นตอนที่ 1

หม้อแปลงจะถ่ายทอดกำลังหรือแปลงไฟให้สูงขึ้นหรือต่ำลงขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดที่ใช้พัน ถ้าต้องการแปลงไฟให้สูงขึ้นขดทุติยภูมิจะต้องมีจำนวนรอบมากกว่าขดปฐมภูมิดังรูป 2.21 ก ในทางกลับกันถ้าต้องการแปลงไฟให้ต่ำลงขดทุติยภูมิจะต้องมีจำนวนรอบน้อยกว่าขดปฐมภูมิดังรูป 2.21 ข แต่ในวงจรอิเล็คทรอนิคส์บางวงจรจำเป็นต้องใช้แรงดันไฟที่ทั้งสูงและต่ำกว่าแรงดันที่ใช้ในอาคารบ้านเรือน จึงต้องใช้หม้อแปลงที่มีทั้งขึ้นและลงในตัวเดียวกัน นั่นคือ

ทางขดลวดทุติยภูมิจะมีขดลวดอยู่หลายชุดแต่ละชุดจำนวนรอบของขดลวดอาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าขดทางปฐมภูมิ เพื่อให้ได้แรงดันตามที่ต้องการ ดังรูป 2.21 ค ซึ่งขดลวดแต่ละขดแยกเป็นอิสระออกจากกัน และยังมีหม้อแปลงอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า ออโต้ทรานสฟอร์เมอร์ ซึ่งใช้แปลงไฟให้สูงขึ้นหรือต่ำลงได้ด้วยการแทปขดลวดไปใช้งานแต่จะมีขดลวดเพียงชุดเดียว ในทางปฏิบัติไม่ค่อยนิยมใช้ในวงจรอิเล็คทรอนิคส์มากนัก ทั้งนี้เพราะการที่ขดลวดเพียงชุดเดียวจึงแปลงได้เฉพาะแรงดันเท่านั้น ไม่สามารถแปลงกระแสได้ แต่ยังมีหม้อแปลงที่แปลงได้ทั้งกระแสและแรงดันที่เรียกว่า เพาเวอร์ทรานสฟอร์เมอร์ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานในแต่ละวงจรที่ต้องการกระแสและแรงดันไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

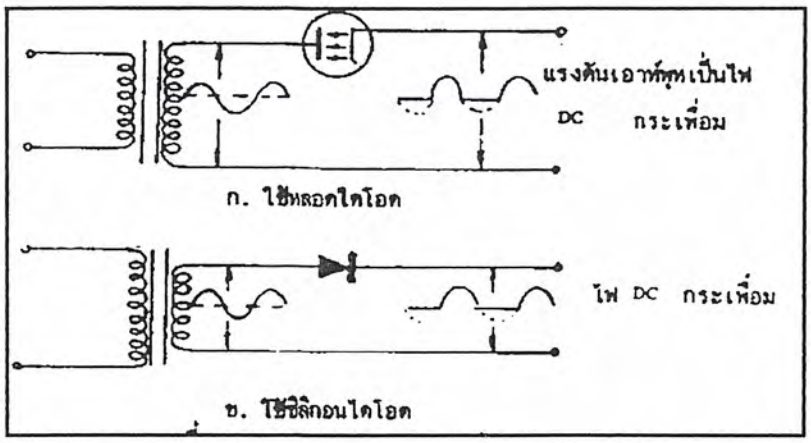


รูปที่ 2.21 แสดงสัญลักษณ์ของหม้อแปลงชนิดต่างๆ

2.6.2 ขั้นตอนที่ 2

เป็นการแปลงไฟกระแสสลับที่มีทิศทางของกระแสไหลกลับไปกลับมา ให้เป็นไฟกระแสตรงไหลเพียงทิศทางเดียว โดยการใช้หลอดไดโอดที่อยู่ในภาคแปลงไฟของเพาเวอร์ซัพพลาย การที่ไดโอดสารถแปลงไฟได้ก็เพราะว่ามันสามารถเหนี่ยวนำกระแสให้ไหลในช่วงที่เป็นบวกหรือลบเพียงช่วงเดียวของไฟกระแสสลับ ไฟกระแสตรงที่ได้จากการแปลงไฟนี้จะเป็นไฟชนิดกระเพื่อม ดังแสดงในรูปที่ 2.22 ข้อสังเกตก็คือครึ่งสัญญาณของไฟ AC ช่วงที่เป็นบวกมาปรากฏที่หลอดหรือตัวไดโอดเท่านั้น จึงทำให้ได้ไฟกระแสตรงชนิดกระเพื่อมออกมา ในวงจรอิเล็คทรอนิคส์ต้องการไฟกระแสตรงชนิดเรียบที่ถูกกรองมาอย่างดีแล้ว ลักษณะของไฟ DC ที่ได้นี้จึงยังนำไปใช้งานไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

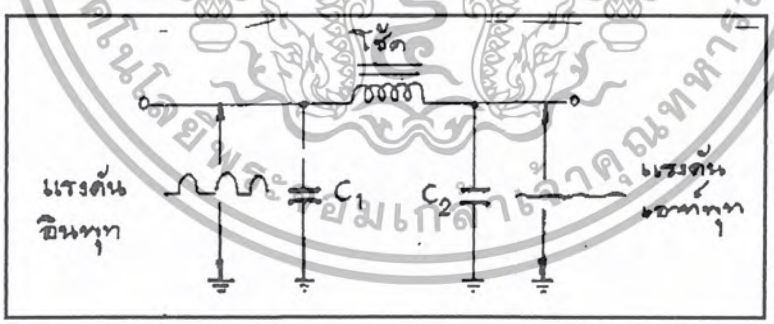


รูปที่ 2.22 แสดงรูปร่างร่างของแรงดันอินพุทและเอาท์พุท

2.6.3 ขั้นตอนที่ 3

คือการทำให้ไฟตรงชนิดกระเพื่อมให้เป็นไฟตรงชนิดเรียบคงที่สม่ำเสมอ อันเป็นสิ่งที่ต้องการเป็นอย่างยิ่งสำหรับการกรองไฟในภาคจ่ายกำลัง วิธีการกรองคือการใช้การเก็บประจุและคายประจุของคาปาซิเตอร์ร่วมกับตัวต้านทาน หรือตัวเหนี่ยวนำ เพื่อทำหน้าที่หน่วงการกระเพื่อมของแรงดัน ให้ได้ไฟกระแสตรงเรียบและทำให้แรงดันไฟคงที่ รูปที่ 2.23 เป็นวงจรกรองไฟแบบหนึ่งที่ให้ประสิทธิภาพค่อนข้างสูง โดยใช้คาปาซิเตอร์ต่อปลายทั้งสองข้างของโช้คข้างละหนึ่งตัว

วงจรกรองกระแสหรือกรองไฟส่วนมากทำได้ไม่เรียบนักกล่าวคือยังมียอดคลื่นกระเพื่อมอีกเล็กน้อยแต่ก็พอนำไปใช้ในวงจรต่างๆได้



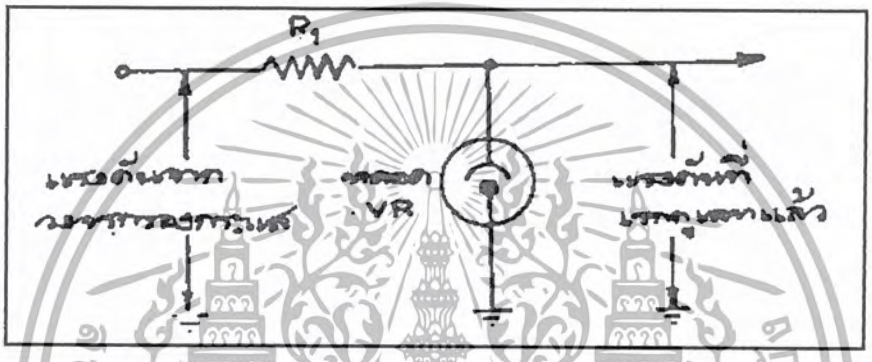
รูปที่ 2.23 แสดงการใช้คาปาซิเตอร์กับอินดัคเตอร์ช่วยกรองไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 ขั้นตอนที่ 4

การที่มีส่วนนี้ขึ้นมาก็เพื่อขจัดปัญหาการกระเพื่อมให้หมดไปโดยการเพิ่มหลอดชนิดหนึ่งเรียกว่าหลอดเรกกูเลเตอร์ เข้าไปในวงจรกรองไฟจะทำให้ได้ไฟ DC คงที่และเรียบยิ่งขึ้น

วงจรเรกกูเลเตอร์ ที่แสดงในรูป 2.24 เราป้อนไฟกระแสตรงที่มีการกระเพื่อมจากวงจรกรองแรงดันในขั้นตอนที่ 3 เข้าหลอด VR จะมีแรงดันตกคร่อมที่ R1 จำนวนหนึ่งซึ่งมีการกระเพื่อมของยอดคลื่น แต่เมื่อผ่านหลอด VR ไปแล้วจะได้ไฟตรงที่มีแรงดันคงที่ หลอดเรกกูเลเตอร์เป็นหลอดสูญญากาศที่มี 2 ขั้วภายในประจุแก๊ส ถ้ามีแรงดันไฟฟ้ามาตกคร่อมที่ขั้วทั้งสองนี้แล้วแรงดันนั้นจะคงที่

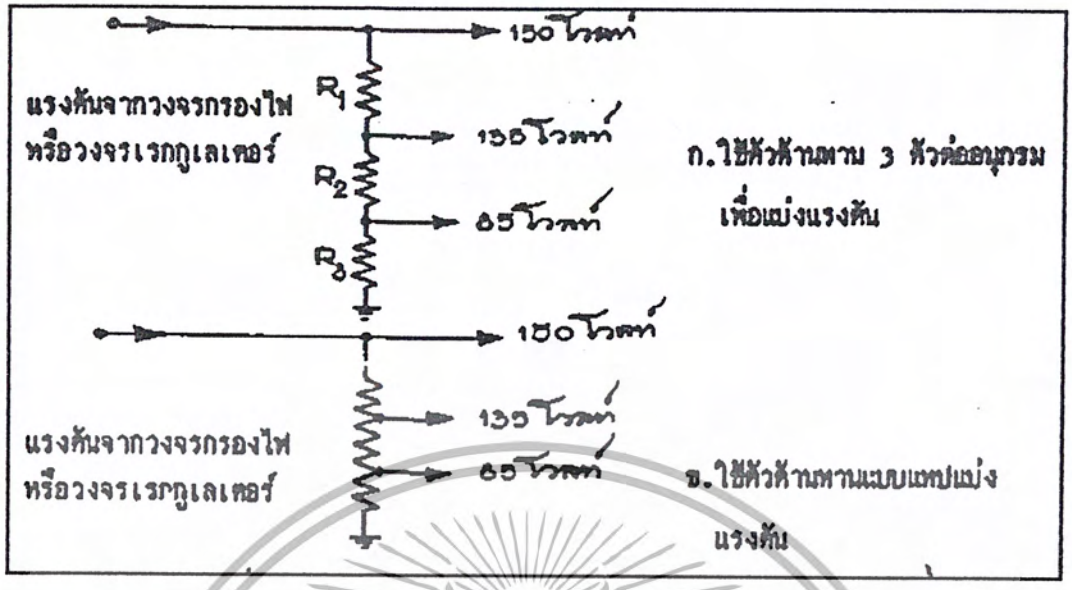


รูปที่ 2.24 แสดงการเรกกูเลทโดยใช้หลอดเรกกูเลเตอร์

2.6.5 ขั้นตอนที่ 5

เป็นขั้นตอนสุดท้ายคือการจ่ายไฟที่เรียบสม่ำเสมอดีแล้วให้แก่วงจรต่างๆ เนื่องจากวงจรอิเลคทรอนิคส์แต่ละวงจรต้องการแรงดันไฟไม่เท่ากัน จึงจำเป็นต้องแบ่งแรงดันออกเป็นหลายๆขนาดตามที่แต่ละวงจรต้องการ วิธีการอันหนึ่งที่สามารถทำให้เกิดแรงดันขนาดต่างกันก็คือ ใช้ตัวต้านทานต่ออนุกรมกันหรือใช้ตัวต้านทานชนิดแทป ต่อคร่อมกับวงจรกรองไฟดังแสดงในรูปที่ 2.25 ตัวต้านทานที่ต่อคร่อมเข้ากับภาคจ่ายไฟเรียกว่า บรีดเดอร์รีซิสเตอร์ ความต้านทานจะแบ่งแรงไฟตรงจุดต่อให้ต่ำกว่าแรงดันที่ออกมาจากวงจรกรองไฟหรือวงจรเรกกูเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 แสดงการใช้บรีดเดอร์ซิสเตอร์แบ่งแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบสร้างส่วนโครงสร้างแขนกล

3.1 โครงสร้างและการออกแบบแขนกล

แขนกลที่ประกอบขึ้นในการทดลองนี้เป็นแขนกลที่มีลักษณะแขนเป็นข้อต่อหรือแบบอาร์ติคูเลต ซึ่งฐานของแขนกลสามารถเคลื่อนที่ในลักษณะหมุนและส่วนมือเป็นแบบกริปเปอร์ใช้หยิบจับชิ้นงานได้ การทำงานของแขนกลนี้ใช้ต้นกำลังจาก servo motor ในส่วนของจุดหมุนใช้ servo motor ขับโดยตรง ส่วนกริปเปอร์ใช้สายเบรคเป็นตัวถ่ายทอดการเคลื่อนที่เชิงมุมของ servo motor เพื่อมาดึงกลไกให้ทำงาน

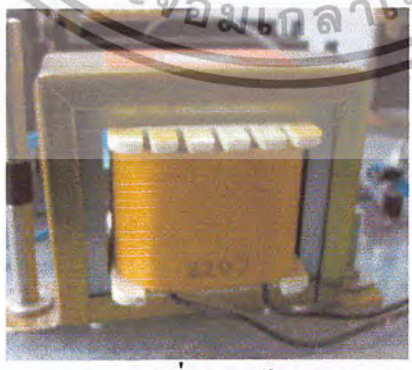
สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบแขนกลนี้ได้ใช้พลาสติกอะคริลิกและอุปกรณ์ต่างๆในแต่ละตำแหน่งตามความเหมาะสมและวัสดุที่หาได้ ในการออกแบบสร้างในส่วนของโครงสร้างนั้นแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. ส่วนฐาน
2. ส่วนแขน
3. ส่วนกริปเปอร์

3.2 ส่วนฐาน แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ฐานเครื่องและฐานหมุน

3.2.1 ฐานเครื่อง เป็นส่วนที่ติดตั้ง ชุด Power supply, พัดลมระบายอากาศและมอเตอร์ 1 โดยฐานเครื่องทำมาจากอะคริลิกหนา 3 มิลลิเมตร

ชุด Power supply เป็น Power supply ของบริษัท ETT รุ่นETT-POWER5 เพื่อแปลงไฟฟ้าจาก 220 VAC ให้เป็น 5 VDC



รูปที่ 3.1 หม้อแปลง

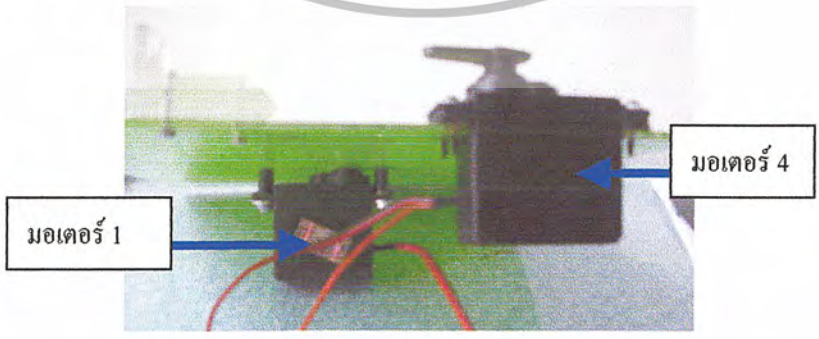
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 ETT-POWER 5

พัดลมระบายอากาศ ใช้พัดลมตัวเล็กขนาด 5V ได้ทำการติดตั้งที่ด้านข้างของฐาน

รูปที่ 3.3 พัดลมระบายอากาศ

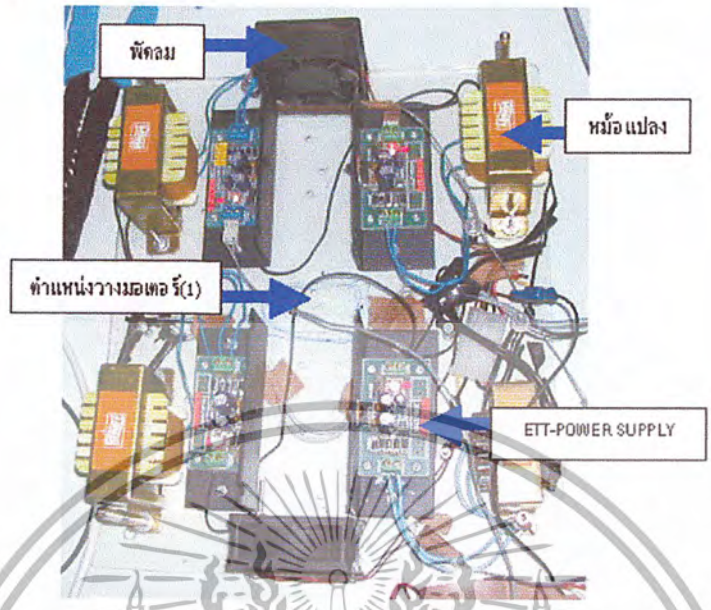
นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งมอเตอร์1 (ใช้หมุนฐานหมุน) และมอเตอร์4 (ใช้ดึงกริปเปอร์) ไว้ที่ฐานเครื่องดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การติดตั้งมอเตอร์ 1และมอเตอร์4 กับฐานเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ต่างๆที่กล่าวมาแล้วได้ทำการติดตั้งไว้ที่ฐานเพื่อให้มีน้ำหนักถ่วงเวลาแขนยื่นออกไปหยิบจับวัสดุจะไม่ทำให้แขนล้มได้ดังรูปที่ 3.5



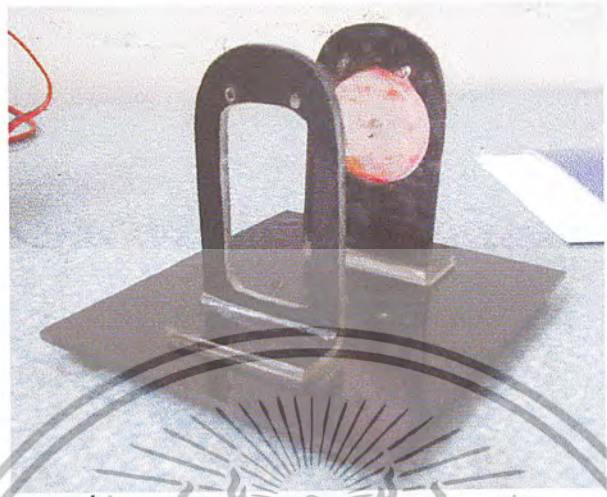
รูปที่ 3.5 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ไว้ที่ฐานเครื่อง

รูปที่ 3.6 ฐานเครื่องที่ประกอบเสร็จแล้ว

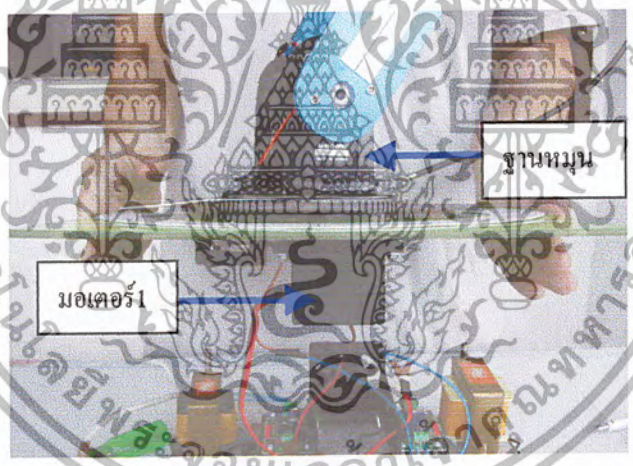
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ฐานหมุน

ฐานหมุนเป็นส่วนติดตั้งชุดแขนทั้งหมด เมื่อฐานส่วนนี้หมุนจะเป็นการหมุนชุดแขนทั้งชุด โดยฐานหมุนติดตั้งอยู่บนมอเตอร์1 และใช้เป็นที่ติดตั้งของมอเตอร์2 และแขนท่อนล่าง



รูปที่ 3.7 ลักษณะโครงสร้างของฐานหมุน



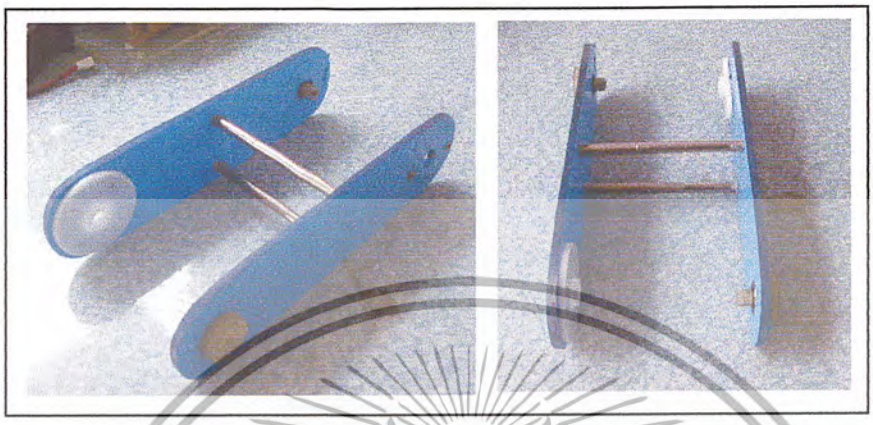
รูปที่ 3.8 การติดตั้งฐานหมุนไว้บนมอเตอร์1

3.3 ส่วนแขน

โครงสร้างของส่วนแขนจะทำมาจากอะคริลิกหนาขนาด 3 มิลลิเมตร โดยโครงสร้างของแขนจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ แขนท่อนล่าง (ARM 1) และแขนท่อนบน (ARM 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

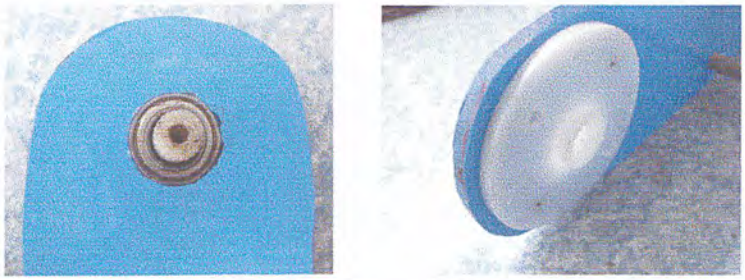
3.3.1 แขนท่อนล่าง (ARM 1) รับกำลังจากมอเตอร์2 เพื่อหมุนไปตามตำแหน่งที่ต้องการ โดยปลายอีกด้านจะเป็นจุดเชื่อมโยงกับแขนท่อนบน แขนท่อนล่างนี้จะใช้อะคริลิกประกอบเป็นโครงสร้างดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 โครงสร้างส่วนแขนท่อนล่าง

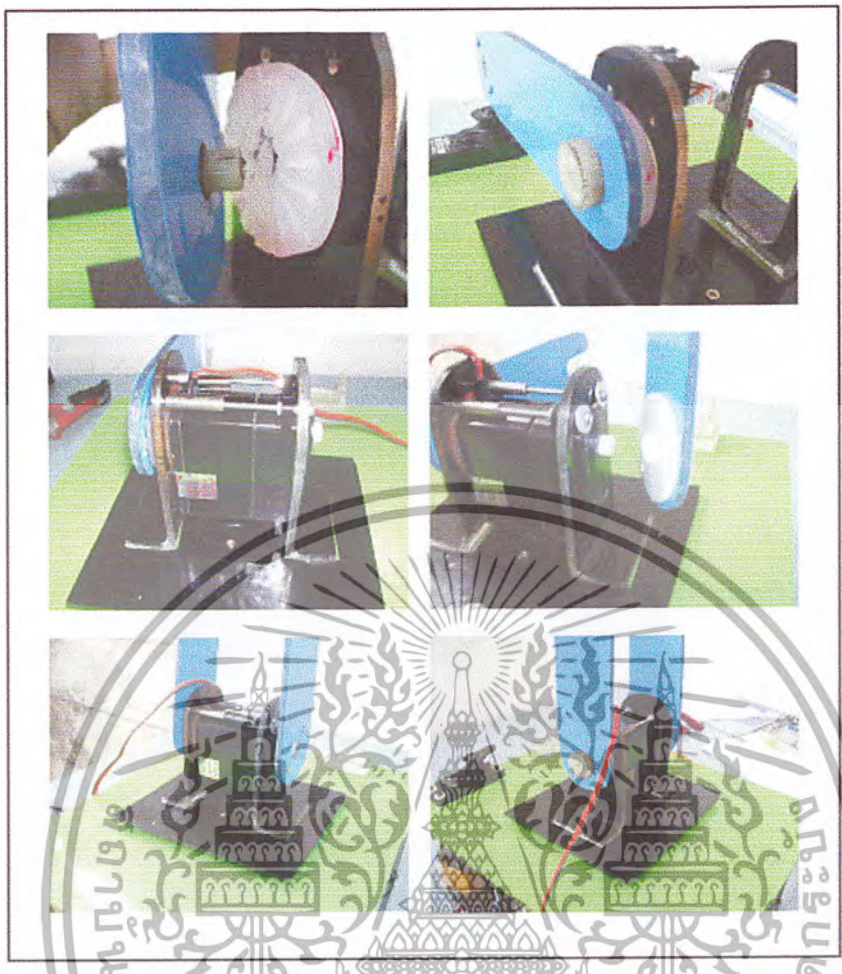
ในการติดตั้งแขนท่อนล่างซึ่งมี 2 ด้าน ด้านหนึ่งจะติดกับมอเตอร์2 โดยตรงและอีกด้านใช้แบริ่งเป็นจุดหมุน

รูปที่ 3.10 แบริ่ง



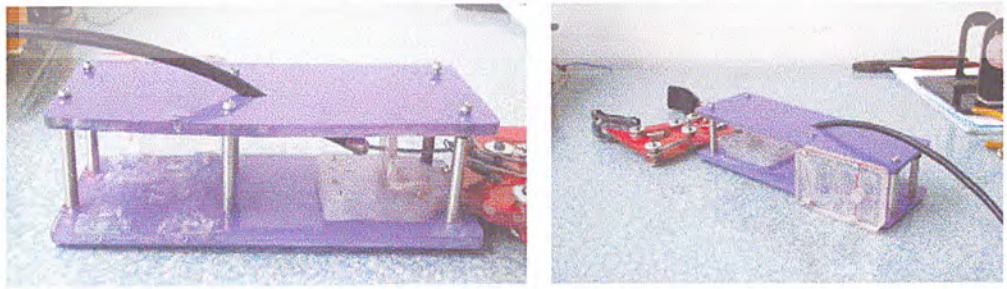
รูปที่ 3.11 การติดตั้งแบริ่งและชิ้นส่วนที่ต่อกับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



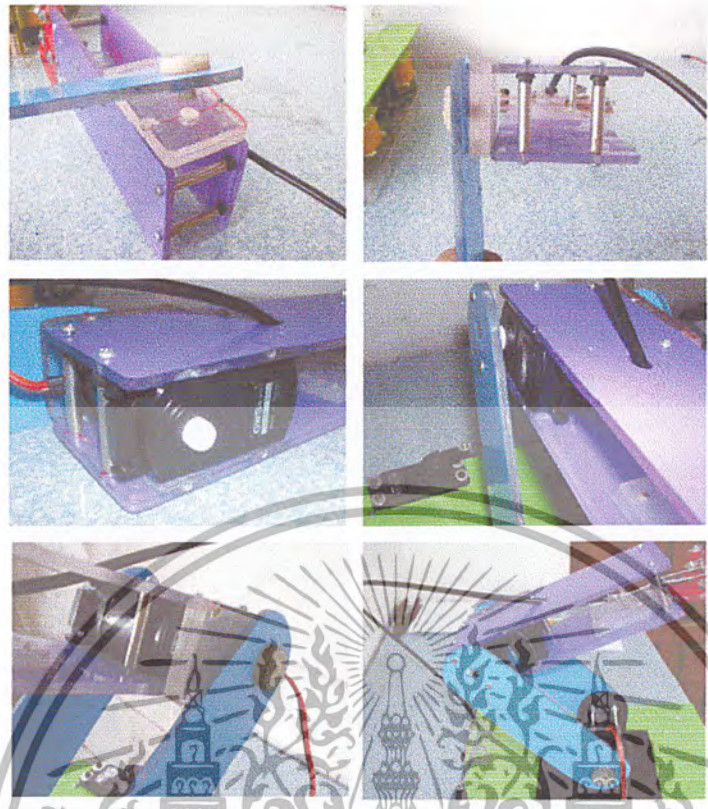
รูปที่ 3.12 การติดตั้งมอเตอร์2 กับฐานล่างและแขนท่อนล่าง

3.3.2 แขนท่อนบน(ARM 2) จะรับกำลังจากมอเตอร์3 เพื่อหมุนแขนไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ ติดมอเตอร์3 (ใช้หมุนแขนท่อนบน) ไว้ตรงบริเวณข้อต่อตรงจุดหมุนเพื่อให้มอเตอร์ขับแขนให้หมุนได้โดยตรง และที่ปลายของแขนนี้จะต่อติดกับกริปเปอร์ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 โครงสร้างของแขนท่อนบน

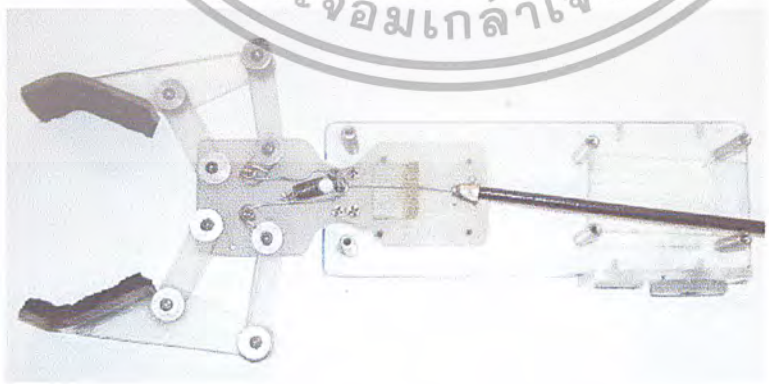
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 การติดตั้งมอเตอร์3 และแขนท่อนล่างกับแขนท่อนบน

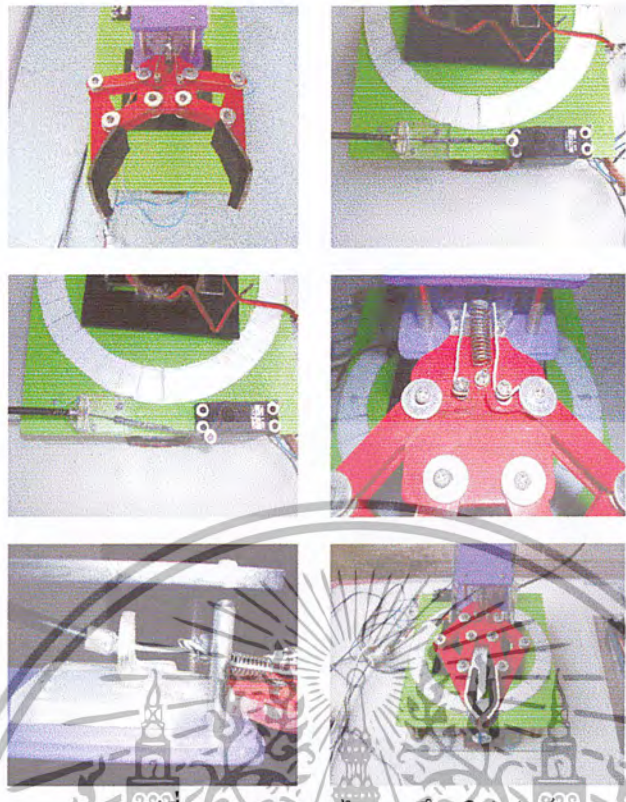
3.4 ส่วนกริปเปอร์

ส่วนกริปเปอร์ ใช้หยิบจับชิ้นงาน ทำมาจากอะคริลิกโดยมีลักษณะดังรูปที่ 3.15 ซึ่งกริปเปอร์จะทำงานในลักษณะบีบจับชิ้นงาน การบีบตัวของกริปเปอร์จะใช้สายเบรคเป็นตัวกลางในการเปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบหมุนให้เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง เพื่อที่จะมาดึงกลไกกำหนดระยะห่างของกริบเปอร์

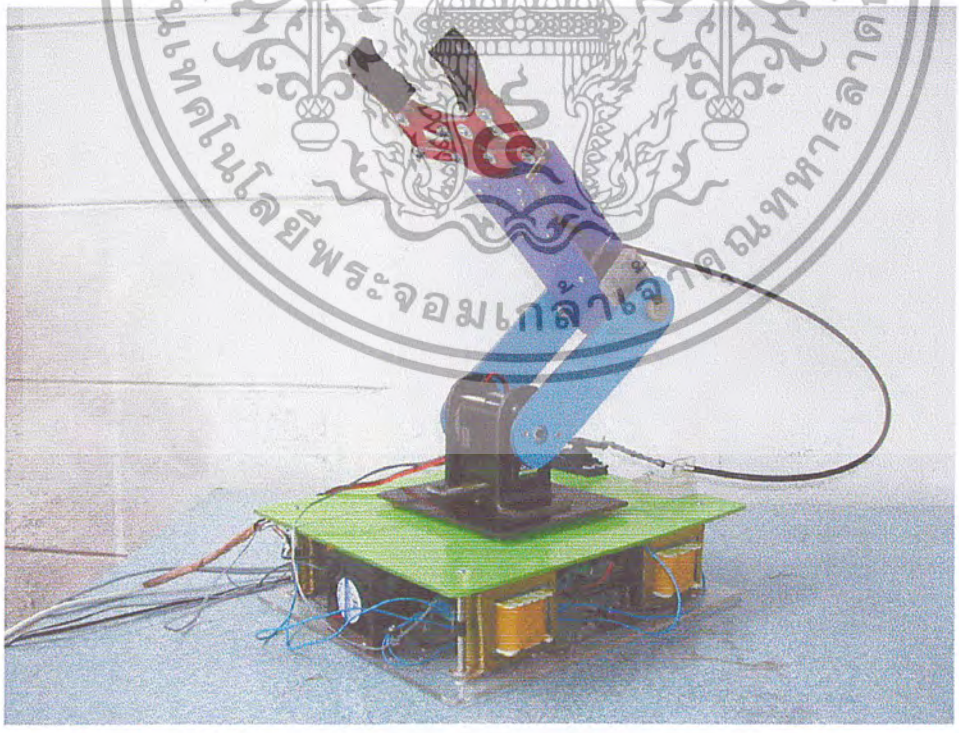


รูปที่ 3.15 ลักษณะ โครงสร้างของกริปเปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงกลไกการดึงกริปเปอร์



รูปที่ 3.17 แขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบสร้างและทดลองโปรแกรมควบคุมแขนกล

การออกแบบสร้างโปรแกรมควบคุมแขนกลจะใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมภาษาที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows เป็นโปรแกรมภาษาที่ใช้งานง่าย ทั้งในการเขียนโปรแกรมและผลงานออกมารวดเร็วสวยงามน่าใช้งานกว่าภาษาอื่น และยังมีฟังก์ชันการทำงานครอบคลุมหลายด้านเช่นด้านการจัดการ Database, Networking, Multimedia และมีขีดความสามารถสูงพอที่จะพัฒนาโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับโปรแกรมภาษาอื่นๆ

ตารางที่ 4.1 ข้อกำหนดเบื้องต้นในการออกแบบ

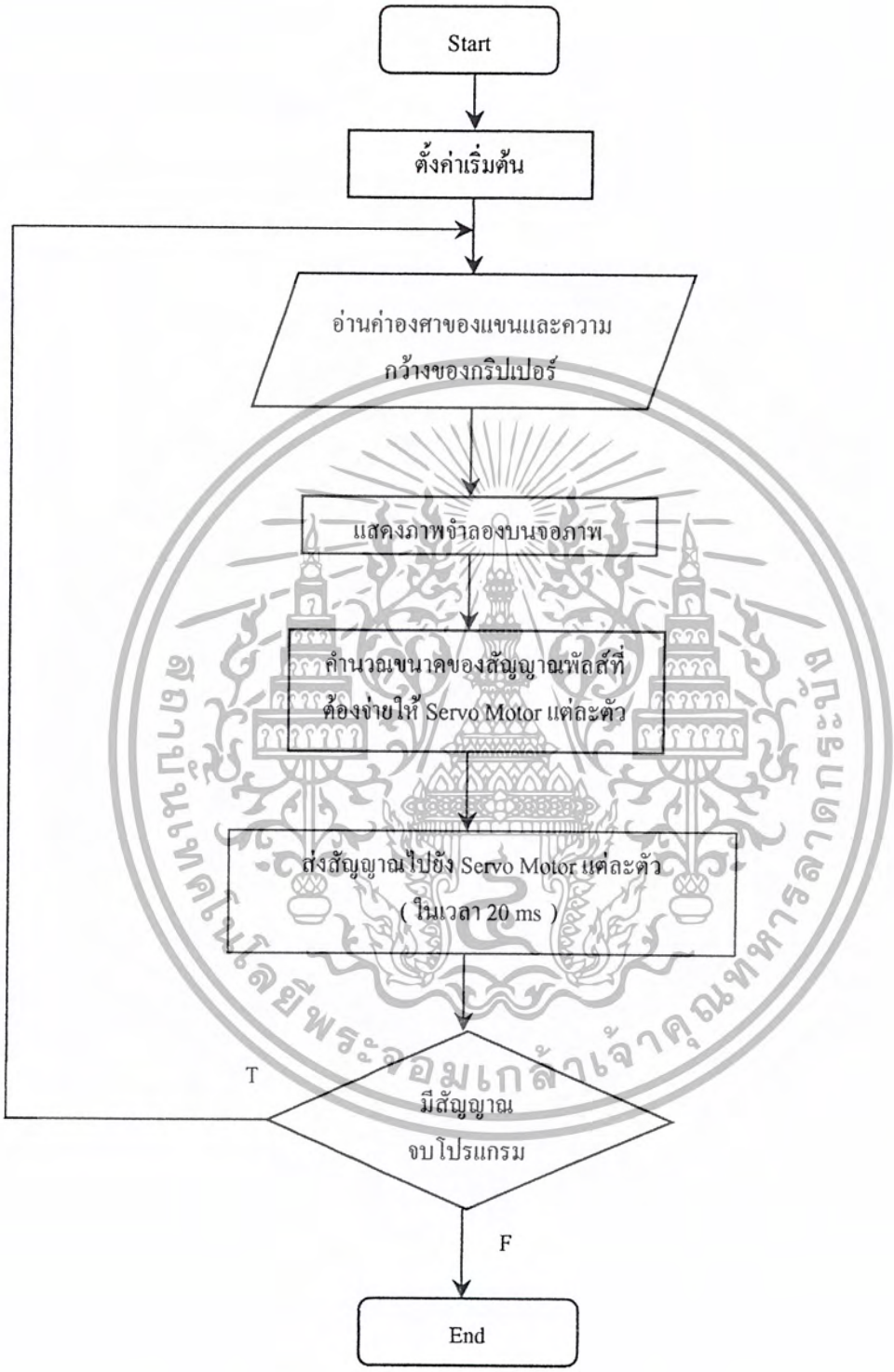
ข้อกำหนดเบื้องต้น	ขนาดของแขน	ตำแหน่ง	
		MIN	MAX
ฐานหมุน	รัศมี 150 mm	0°	180°
แขน 1	ยาว 200 mm	30°	90°
แขน 2	ยาว 200 mm	90°	180°
กริปเปอร์	ระยะห่าง 100 mm	0 cm	10 cm

4.1 การเขียนโปรแกรมควบคุมแขนกล

โปรแกรมสำหรับการควบคุมการทำงานของแขนกลนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้งานเพื่อรับค่าการทำงานของแขนกลที่ต้องการผ่านทางคอมพิวเตอร์ และส่วนควบคุมสั่งงานการเคลื่อนที่ของแขนกล โดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 ในการเขียนโปรแกรมของทั้ง 2 ส่วน

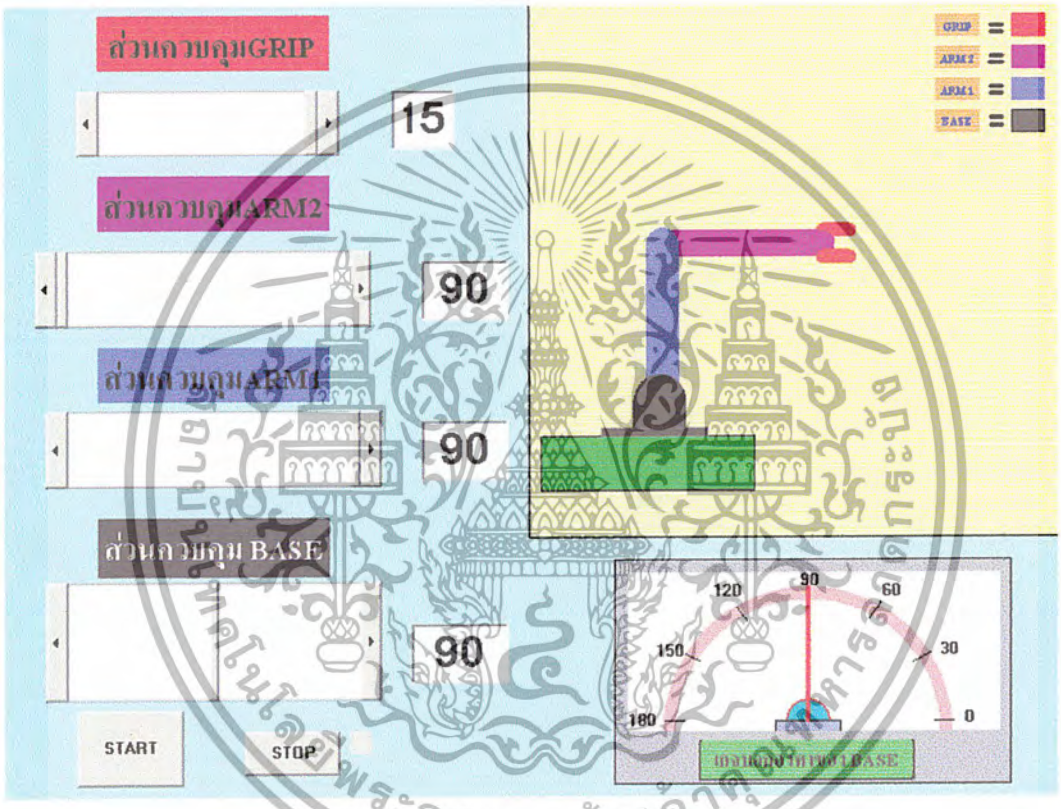
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมควบคุมการทำงานของแขนกล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

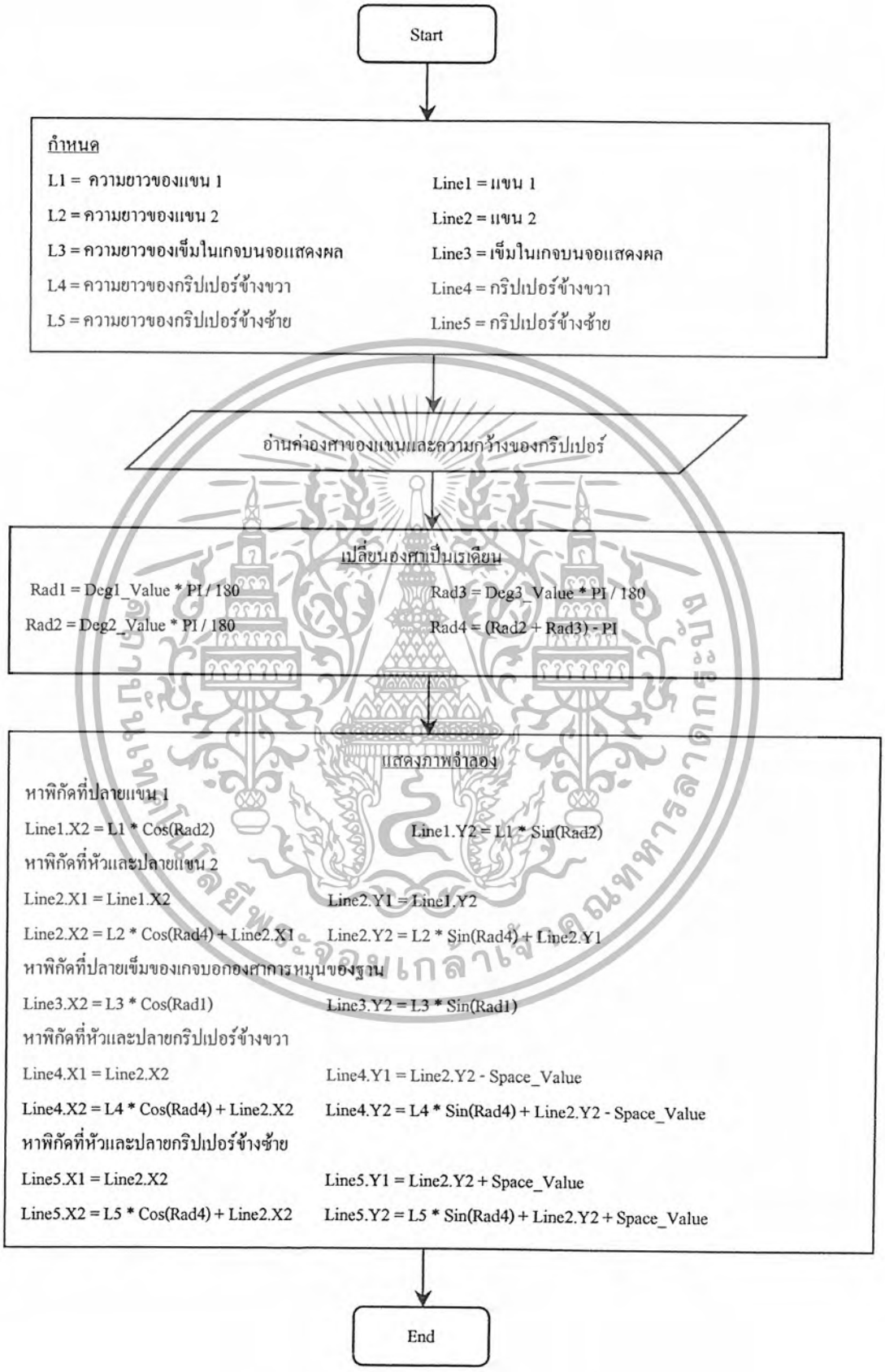
- **ส่วนที่ 1** รูปที่ออกแบบสำหรับติดต่อกับผู้ใช้งานจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.2 ในส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งานในการหมุนของฐานจะใช้HscrollBar1 ในการป้อนค่า 1 ถึง 180 ซึ่ง จะมีค่าเป็นมุมองศาของตัวแขนที่หมุนไปได้จากทางซ้ายมือของแขนไปยังทางขวามือของแขน ส่วนแขน1 จะใช้ HscrollBar2 ในการป้อนค่า 30 ถึง 90 จะมีค่าเป็นมุมองศาของแขน1 ทำกับจุดยึดของฐาน ส่วนแขน2 จะใช้ HscrollBar3 ในการป้อนค่า 90 ถึง 180 จะมีค่าเป็นมุมองศาของแขน2 ทำกับแขน1 ส่วนมือจับ จะใช้ HscrollBar4 ในการป้อนค่า 1 ถึง10 จะมีค่าเป็นระดับของการหยิบจับวัตถุ



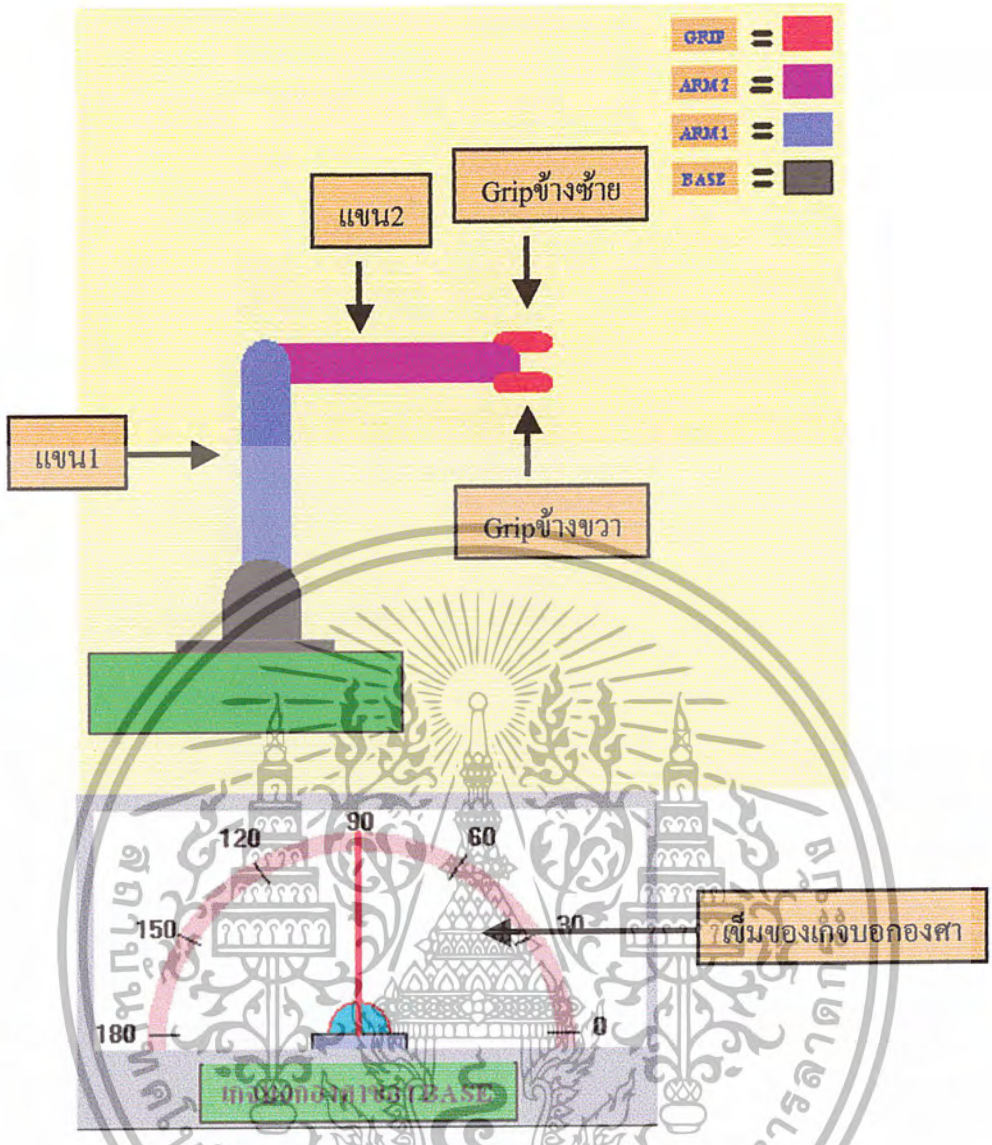
รูปที่ 4.2 เป็นภาพที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งานทั้งการรับคำสั่งและแสดงภาพการทำงานของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 โฟลว์ชาร์ตส่วนแสดงภาพบนหน้าจอ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงภาพจำลองการทำงานของแขนกล

- ส่วนที่ 2 ส่วนนี้จะรับค่าที่ได้จากส่วนที่1 แล้วนำมาประมวลผลเพื่อให้ได้สัญญาณความกว้างพัลส์ที่ต้องการในแต่ละส่วนของแขนกล หลังจากนั้นจะส่งค่าสัญญาณความกว้างพัลส์ที่ได้ผ่านทางพอร์ตขนานไปยัง Servo Motor ให้หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ แต่เนื่องจาก Visual Basic มีความละเอียดของสัญญาณเวลาเท่ากับ 1 ms แต่ Servo Motor ใช้สัญญาณ 1 - 2 ms ในการกำหนดตำแหน่งแกน Servo Motor แต่ Visual Basic มีความละเอียดของสัญญาณเพียง 1 ms เราต้องการใช้ความละเอียดของสัญญาณมากกว่าที่ Visual basic จะทำได้ จึงใช้วิธีกำหนด Loop ให้โปรแกรมวนรอบ ดังนั้นความกว้างของสัญญาณจึงกำหนดด้วยจำนวน Loop แทน ซึ่งในคอมพิวเตอร์แต่ตัวมีความเร็วของสัญญาณนาฬิกาของ CPU ที่แตกต่างกันตามชนิดของ CPU และยังมีองค์ประกอบอื่นๆ อีกที่มีผลต่อจำนวน Loop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่าเขียนโปรแกรม Visual Basic 6.0 โดยใช้คอมพิวเตอร์ สเปคเครื่องคือ CPU AMD Athlon XP +1700 ความเร็ว CPU 1.10 GHz DDRAM 128 MB 133 MHz. และใช้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Window XP professional V.2002 ได้จำนวน Loop 200 Loop/ 1 mS เพื่อให้คลอบคลุมการทำงานของ Servo Motor ที่เวลา 1-2 ms ซึ่งต้องใช้จำนวน Loop ทั้งหมด 600 Loop และต้องมีการจ่ายสัญญาณพัลส์ในทุกๆ ช่วงเวลา 20 ms ซึ่งเราสามารถใช้ Timer ของ Visual Basic เพื่อกระตุ้น Servo Motor ให้ทำงาน

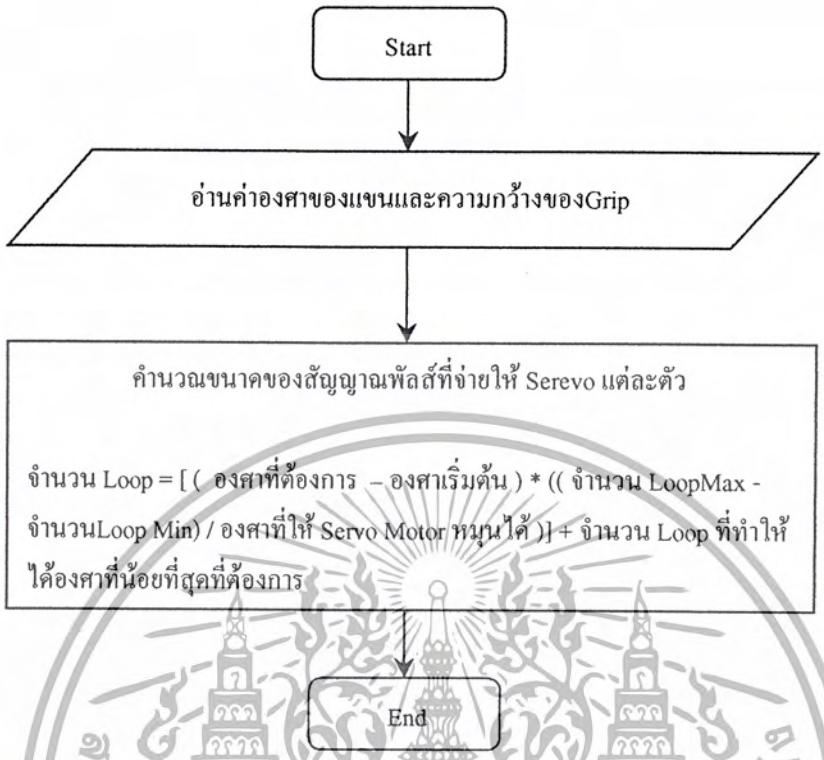
ตารางที่ 4.2 ข้อกำหนดที่ใช้ควบคุมมอเตอร์

Servo Motor	ตำแหน่งของแขนและระดับของกริปเปอร์		จำนวน Loop	
	Min	Max	Min	Max
ฐานหมุน	0°	180°	80	500
แขน 1	30°	90°	320	450
แขน 2	90°	180°	175	380
กริปเปอร์	0	10	130	230

จำนวน Loop ข้างต้นต้องหาค่าจำนวน Loop ก่อนโดยการเทียบค่ากับตำแหน่งของแขนและระดับของกริปเปอร์จะได้ค่าจำนวน Loop ตามตารางข้างต้น ซึ่งเหมาะสมกับคอมพิวเตอร์ของเราเมื่อใดก็ตามที่ใช้คอมพิวเตอร์คนละตัวต้องมีการหาค่าจำนวน Loop ก่อนจึงจะทำการรันโปรแกรมได้

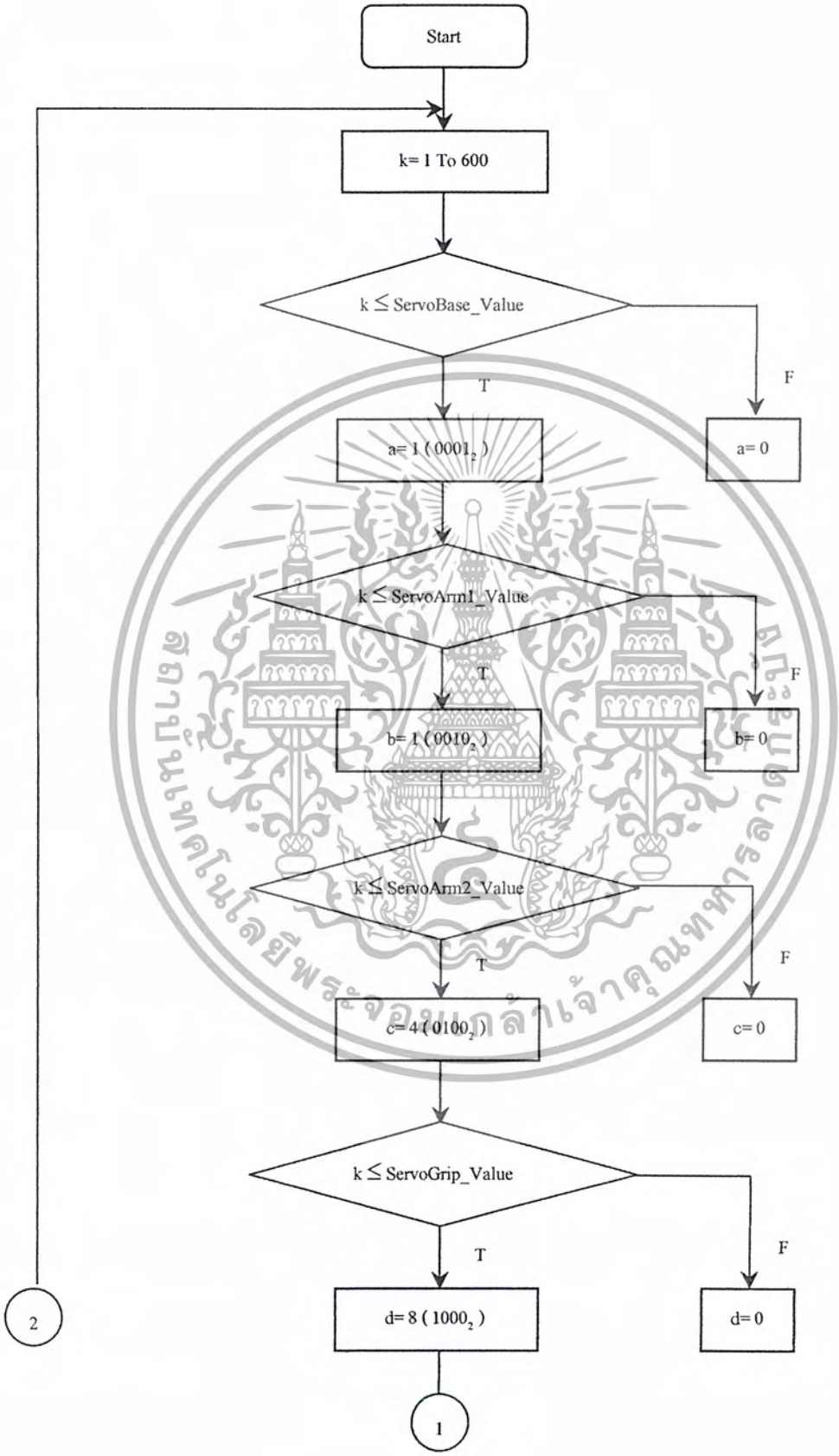
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 โฟลว์ชาร์ตส่วนการคำนวณขนาดของสัญญาณพัลส์ที่ต้องจ่ายให้ Servo Motor แต่ละตัว

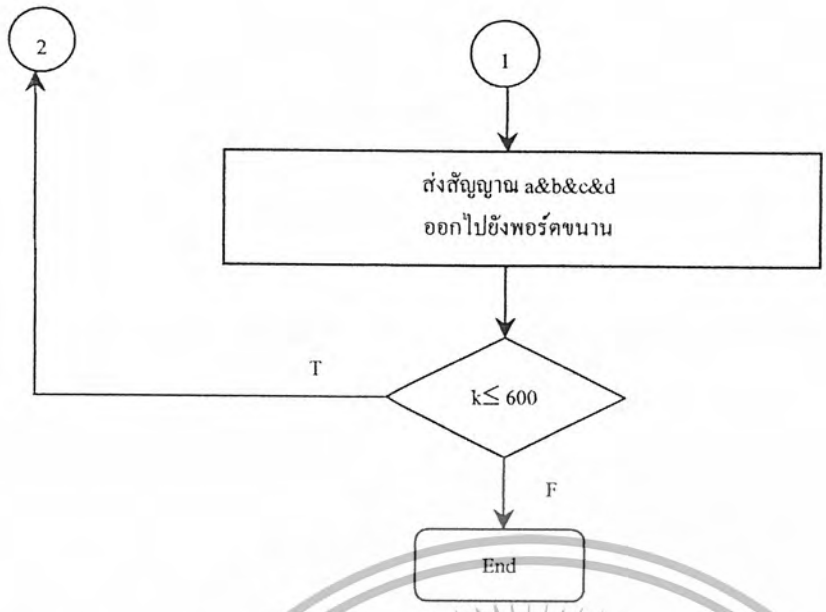


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 โฟลว์ชาร์ตส่วนส่งสัญญาณไปยัง Servo Motor (ในเวลา 20 ms)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.2 การทดลองโปรแกรมควบคุมแขนกล

1. ในการทดลองโปรแกรมควบคุมแขนกลโดยการต่อพอร์ตขนานของตัวแขนกลเข้ากับคอมพิวเตอร์และจ่ายไฟฟ้าให้กับแขนกล

2. รันโปรแกรมควบคุมแขนกลโดยการ คลิกปุ่ม Start ให้โปรแกรมเริ่มทำงาน

3. คลิกปุ่ม Hscroll ที่ควบคุมฐานหมุน เพื่อทดลององศาการหมุนของฐานที่องศาที่กำหนดทำการบันทึกผลการทดลอง

4. คลิกปุ่ม Hscroll ที่ควบคุมแขน1 เพื่อทดลององศาการหมุนของแขน1 ที่องศาที่กำหนดทำการบันทึกผลการทดลอง

5. คลิกปุ่ม Hscroll ที่ควบคุมแขน2 เพื่อทดลององศาการหมุนของแขน2 ที่องศาที่กำหนดทำการบันทึกผลการทดลอง

6. คลิกปุ่ม Hscroll ที่ควบคุมกริปเปอร์ เพื่อทดลองวัดระยะห่างของกริปเปอร์ที่ระดับที่กำหนดทำการบันทึกผลการทดลอง

7. ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ตารางผลการทดลองโปรแกรมควบคุมแขนกล

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการหมุนของฐานหมุนที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ต้องการ

มุมที่กำหนด (องศา)	มุมที่ทำได้ (องศา)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0	0	0	0	0
30	30	30	30	30
60	56	56	56	56
90	87	87	87	87
120	120	120	120	120
150	151	151	151	151
180	180	180	180	180

ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการหมุนของแขน1 ที่ตำแหน่งต่างๆที่ต้องการ

มุมที่กำหนด (องศา)	มุมที่ทำได้ (องศา)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
30	28	29	28	28.33
40	38	38	38	38
50	48	48	48	48
60	60	58	58	58.66
70	70	70	70	70
80	80	80	80	80
90	90	90	90	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการหมุนของแขน2ที่ตำแหน่งต่างๆที่ต้องการ

มุมที่กำหนด (องศา)	มุมที่ทำได้ (องศา)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
90	90	90	90	90
100	100	100	100	100
110	109	109	109	109
120	119	119	119	119
130	129	129	129	129
140	138	138	138	138
150	148	148	148	148
160	159	159	159	159
170	170	170	170	170
180	180	180	180	180

ตารางที่ 4.6 ความสามารถในการหมุนของแขน2ที่ตำแหน่งต่างๆที่ต้องการ

ระดับของกริปเปอร์	ระยะห่างของกริปเปอร์ที่ทำได้ (cm)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
10	10	10	10	10
9	10	10	10	10
8	10	10	10	10
7	9.8	9.8	9.8	9.8
6	9.4	9.4	9.4	9.4
5	8.3	8.3	8.3	8.3
4	7	7	7	7
3	5.4	5.4	5.4	5.4
2	2	2	2	2
1	0	0	0	0
0	0	0	0	0

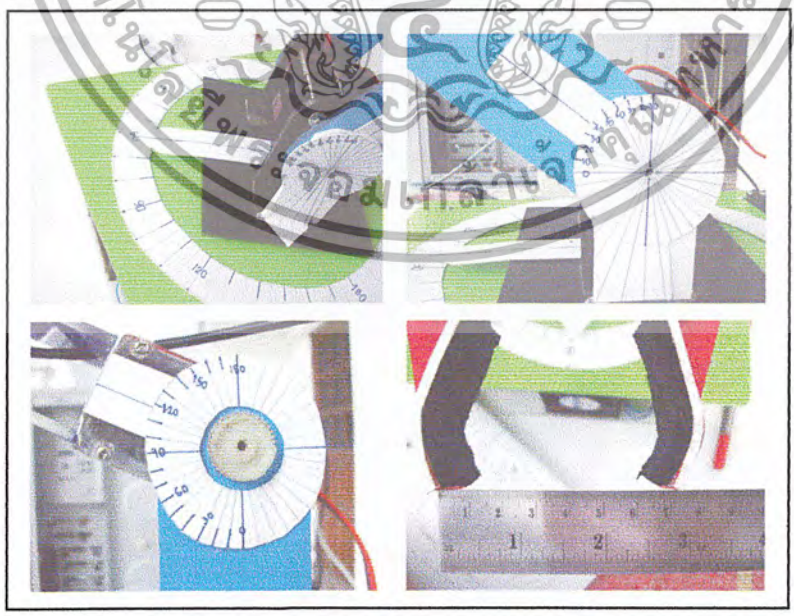
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อเริ่มสั่งงานแขนกลจะอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นคือ ฐานอยู่ที่ 90 องศา แขนล่างอยู่ที่ 90 องศา แขนบนอยู่ที่ 180 องศา และกริปเปอร์อยู่ที่ระดับ 10 (ดังรูปที่ 4.7) ในขณะที่แขนกลทำงานนั้นเกิดการสั่นมาก

รูปที่ 4.7 แขนกลอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น

จากนั้นได้ทำการสั่งงานให้ ฐาน ,แขนบน ,แขนล่างและกริปเปอร์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ แล้วอ่านค่ามุมที่ได้แล้วบันทึกผล พบว่ามุมที่แขนกลเคลื่อนที่ไปยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ และได้ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง จะเห็น ได้ว่าค่ามุมที่ได้ไม่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.8 ตัวอย่างการวัดค่ามุมของ ฐาน ,แขนล่าง ,แขนบนและระยะห่างของกริปเปอร์

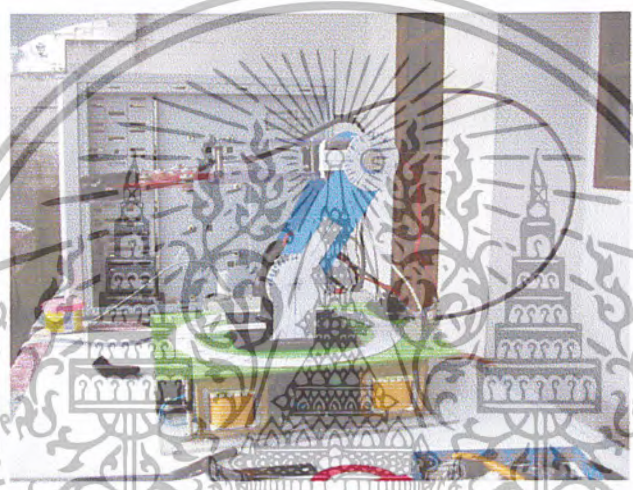
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ฐาน ความคลาดเคลื่อนของมุมเกิดจากการสั่นของเครื่องทำให้การอ่านค่ามุมทำได้ยาก และสเกลวัดจัดทำขึ้นเองดังนั้นอาจไม่ได้มาตรฐาน

ที่แขนล่างและแขนบน มีน้ำหนักจากแขนกดลงทำให้ค่ามุมที่ได้เปลี่ยนไป

การดึงกริปเปอร์ที่ระดับต่างๆนั้นพบว่า ที่ช่วงระดับ 4-9 นั้นมีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างของกริปเปอร์น้อยและที่ระดับ 0-4 มีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างมากกว่า เนื่องจากการหมุนของมอเตอร์เป็นการเคลื่อนที่เชิงมุมดังนั้นการดึงกริปเปอร์ในช่วงต้นจึงทำให้ระยะห่างของกริปเปอร์ไม่เปลี่ยนไปมาก

เมื่อจบการทำงานแขนกลจะอยู่ในตำแหน่งจบการทำงานคือ ฐานอยู่ที่ 0 องศา แขนล่างอยู่ที่ 120 องศา แขนบนอยู่ที่ 30 องศาและกริปเปอร์อยู่ที่ระดับ 10 เพื่อป้องกันการเสียหายแก่แขนกล



รูปที่ 4.9 แขนกลอยู่ในตำแหน่งจบการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการทำงานของแขนกล สรุปได้ว่า ฐานของแขนกลสามารถหมุนได้ในช่วง 0-180 องศา แขนล่างสามารถหมุนได้ในช่วง 30-90 องศา (เทียบกับแนวระนาบ) แขนบนสามารถหมุนได้ในช่วง 90-180 องศา (เทียบกับแขนล่าง) และกริปเปอร์สามารถหยิบจับวัสดุได้ ซึ่งค่ามุมที่อ่านได้ในแต่ละจุดยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ สาเหตุเนื่องมาจาก

1. ในขณะที่ทำงานอยู่นั้นชุดแขนกลมีการสั่นเกิดขึ้นทำให้ค่ามุมที่อ่านได้เกิดความผิดพลาด
2. สเกลที่ใช้วัดได้จัดทำขึ้นเอง ซึ่งอาจไม่ได้มาตรฐาน
3. ที่แขนบนและแขนล่างมีน้ำหนักกดลงมาทำให้มุมที่ได้คลาดเคลื่อนไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการแก้ปัญหาเรื่องการสั่นของมอเตอร์ควรใช้วงจรสำหรับขับเซอร์โวมอเตอร์โดยเฉพาะในการควบคุมหรือเขียนโปรแกรมให้สามารถควบคุมเวลาได้อย่างแม่นยำขึ้น
2. ควรใช้มอเตอร์ที่มีแรงบิดมากกว่านี้
3. ควรใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาและ/หรือมีความแข็งแรงมากกว่านี้ในการสร้างแขนกล เช่น อลูมิเนียม
4. ควรพัฒนาโปรแกรมให้มีความสามารถหลากหลายขึ้น เช่น กำหนดพิกัดที่ต้องการแบบ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

วัชรเดช ยิ้มกัน. 2543. **แขนกลควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์**. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

วัฒนพงษ์ วิภูษณวรรณ, อาทร แก้วเจริญรุ่งเรือง. 2541. **แขนกล**. ภาควิชาวิศวกรรมระบบวัดคุม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

พงศธร มณีวัฒนา, รัฐไกร รักชนม์และอธิป ราญมีชัย. 2543. **แขนกล**. ภาควิชาวิศวกรรมระบบวัดคุม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

จันท์จิรา ฉ่ำแสง, เจษฎา สายใจและธวัช สวนนันท์. 2541. **แขนกล**. ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

ประทิน คล้ายนาค. 2529. **ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์**. คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร. กรุงเทพฯ.

อภิชาติ ภู่พลับ. 2546. **สนุกกับการประยุกต์ใช้ Visual Basic**. ด่านสุทธาการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

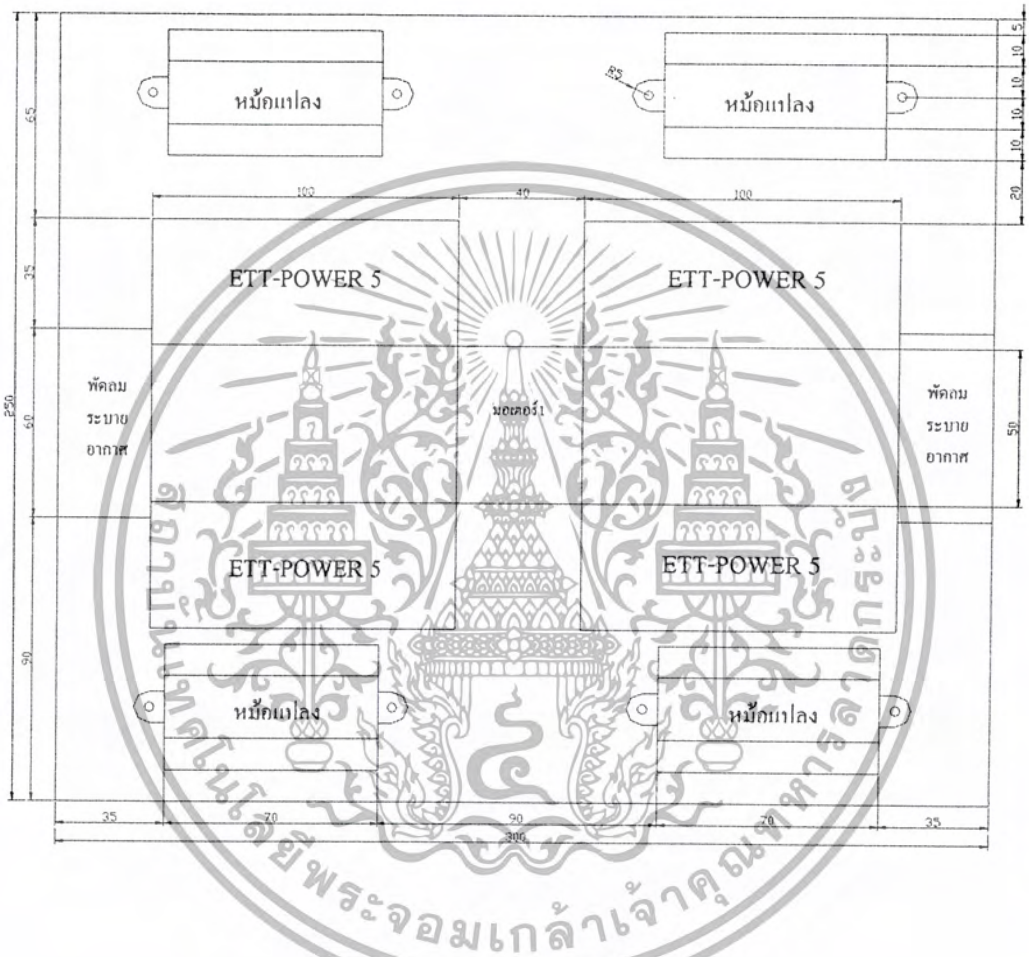
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

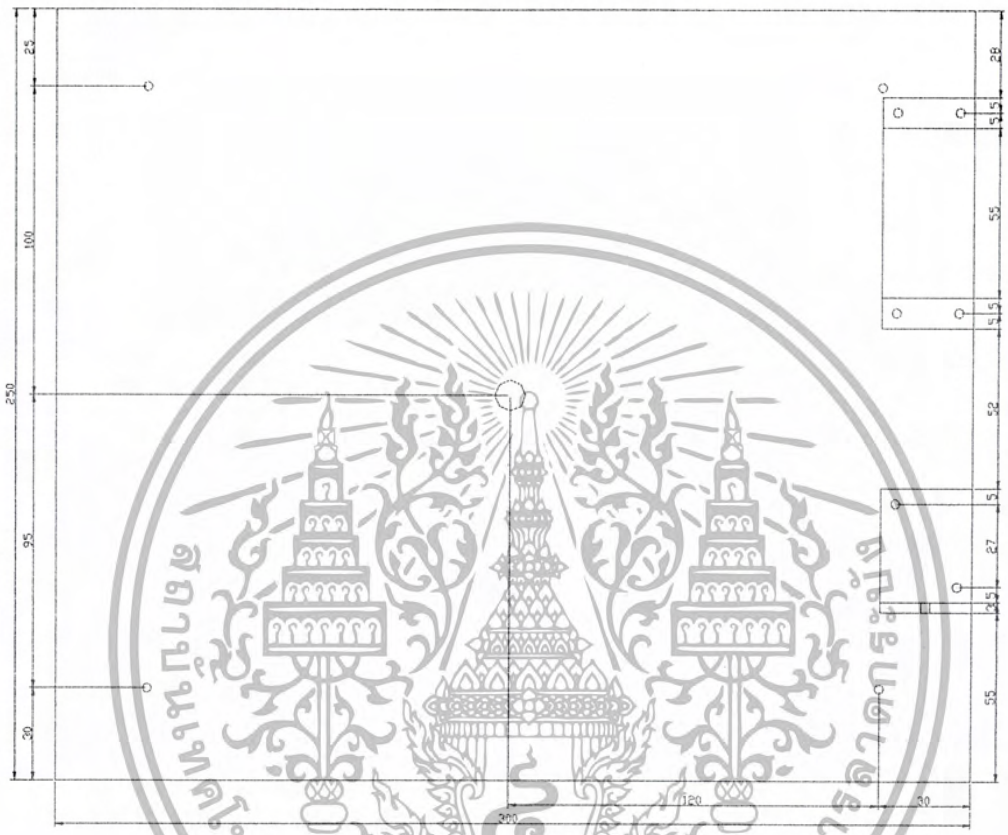
ภาคผนวก ก.
ส่วนประกอบของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



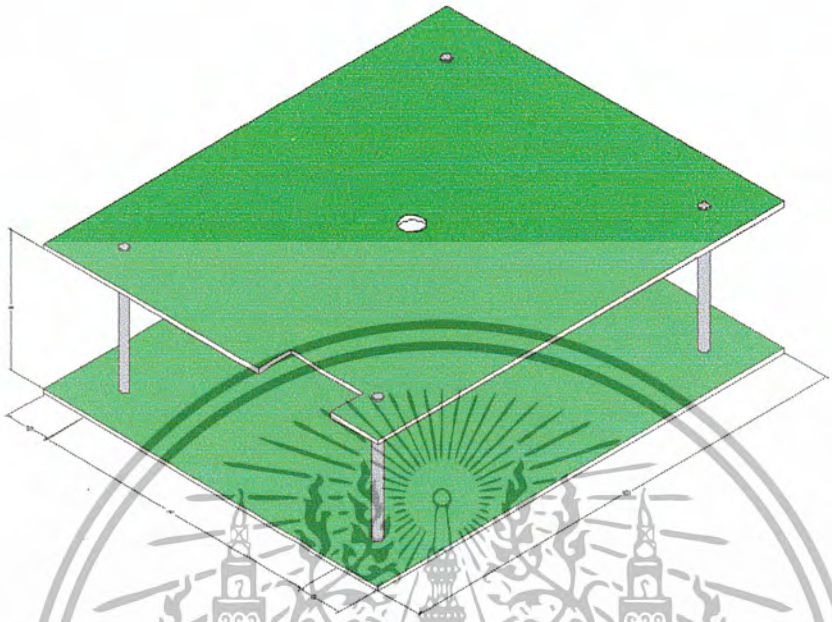
รูปที่ ก1 ฐานเครื่องด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



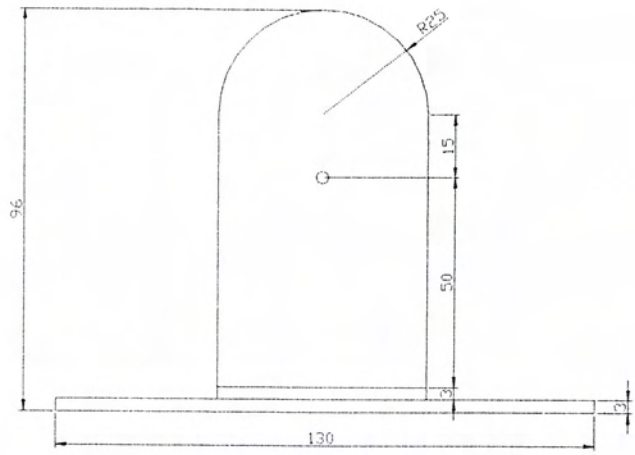
รูปที่ ก2 ฐานเครื่องด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



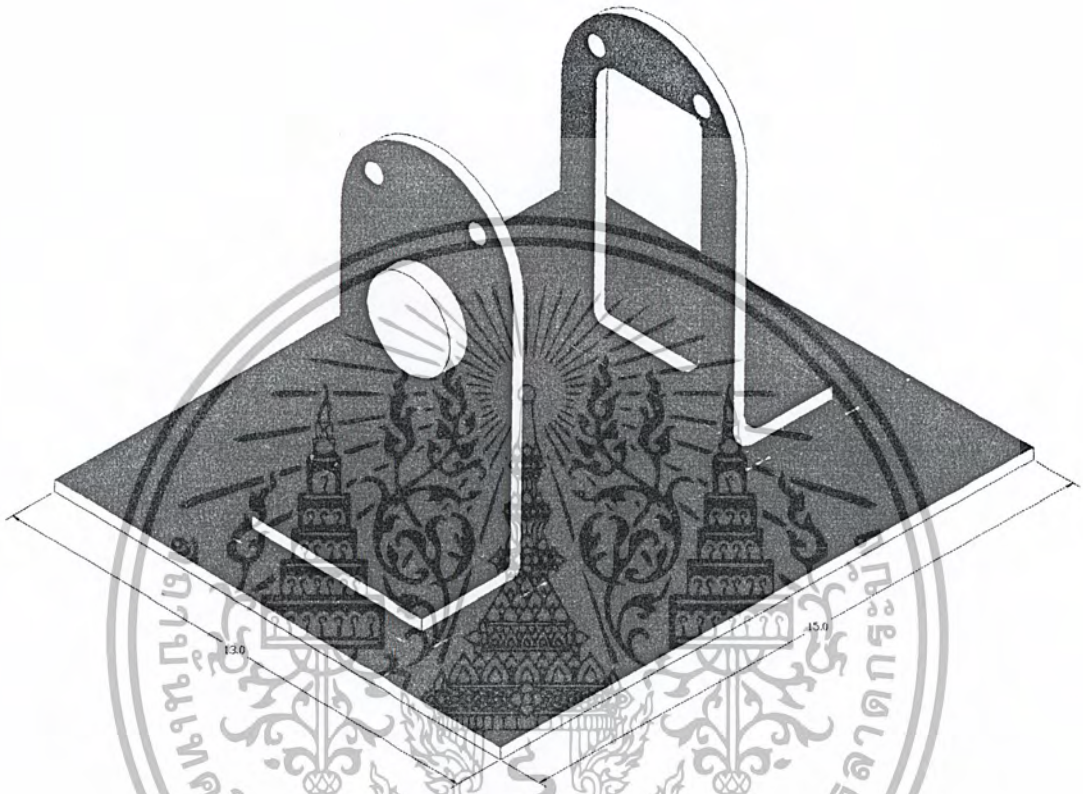
รูปที่ ก3 ฐานเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



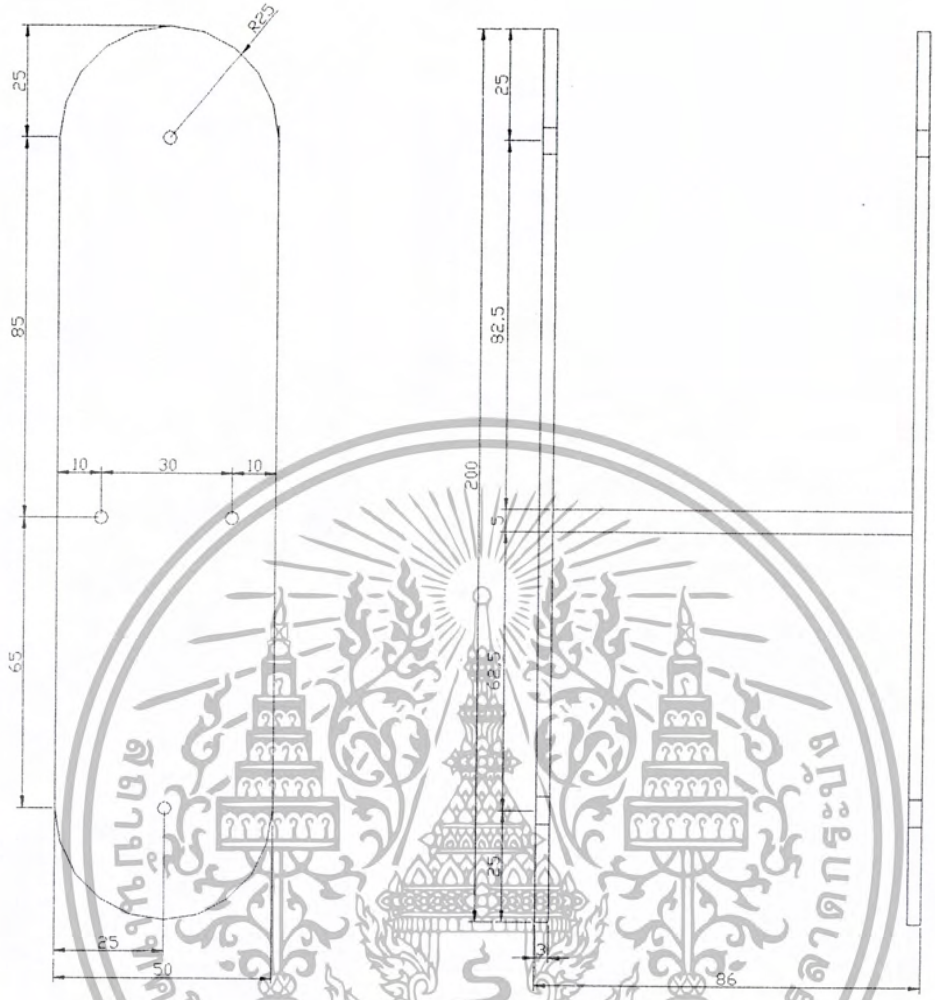
รูปที่ ก4 ฐานหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



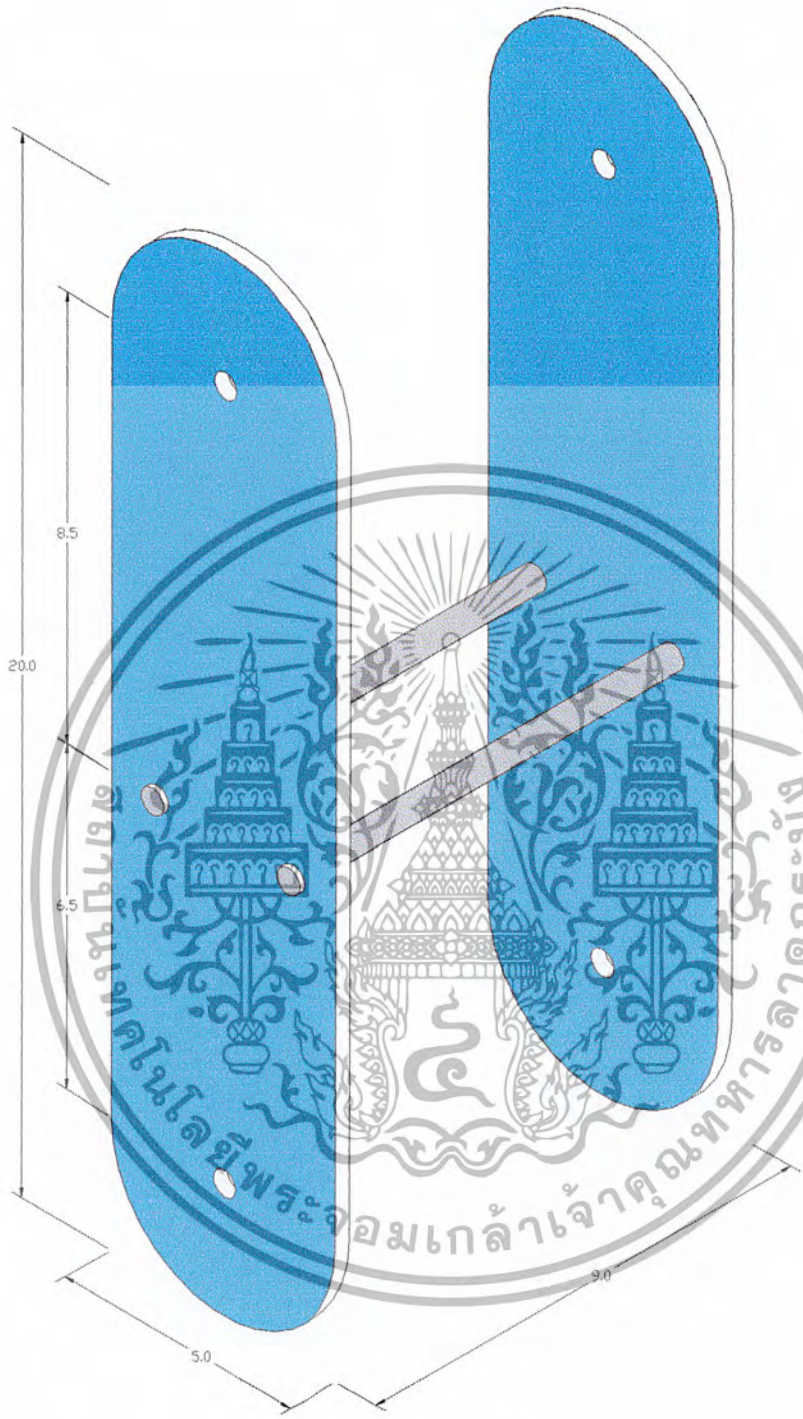
รูปที่ ก5 ฐานหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



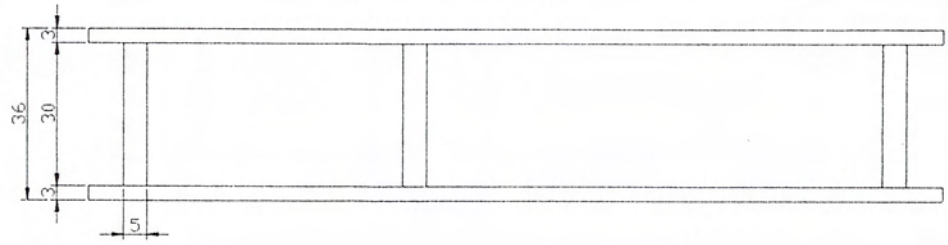
รูปที่ ก6 แขนล่าง

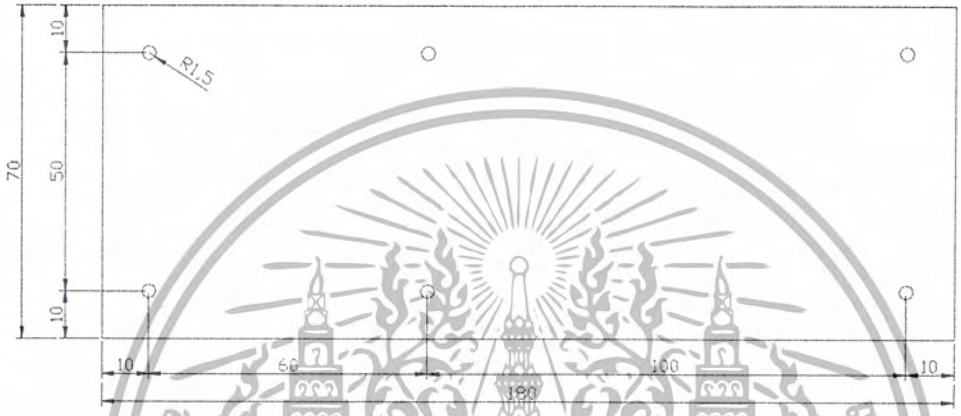
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก7 แขนล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





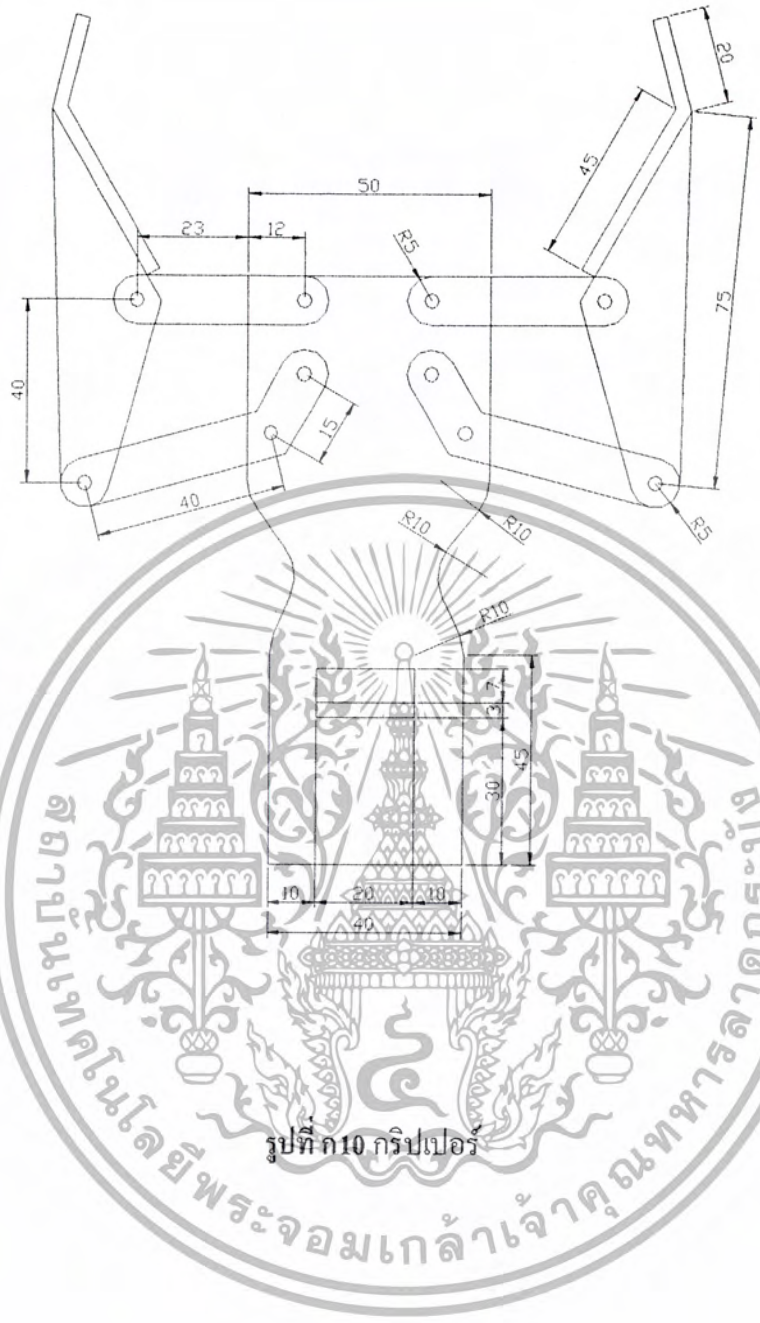
รูปที่ ก8 แขนบน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

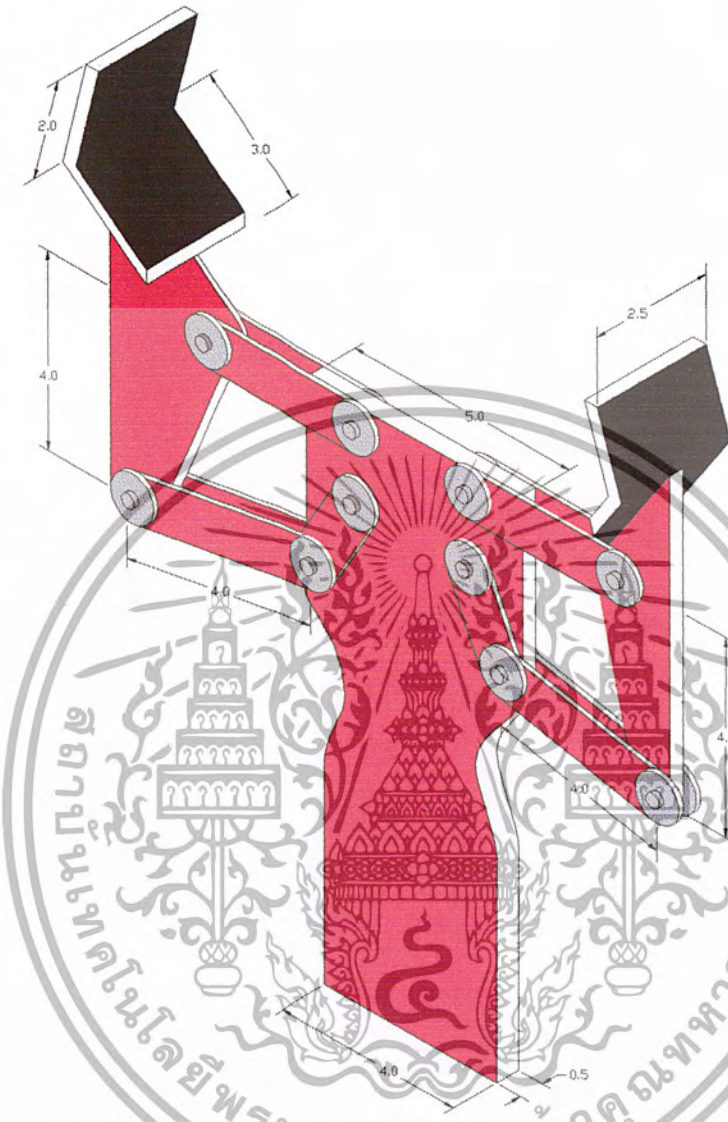
รูปที่ ก9 แขนบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก10 กริปเปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

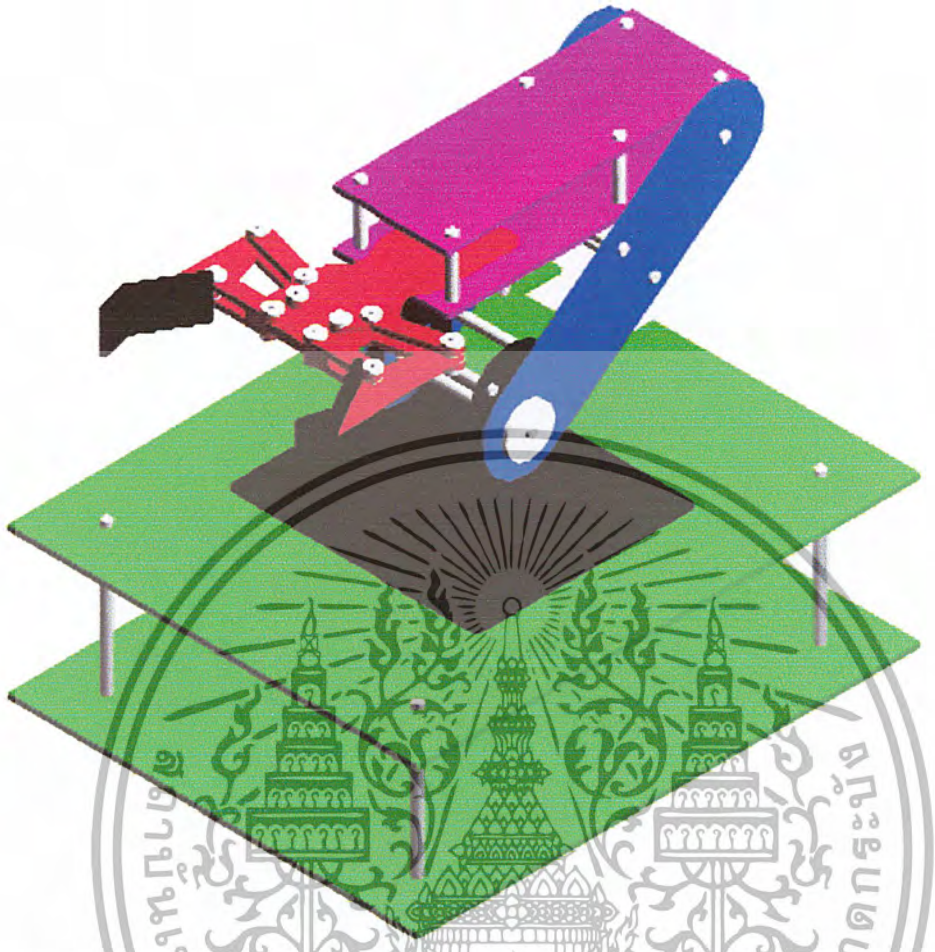


รูปที่ ก11 กริปเปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก12 แขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก13 แขนกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

โปรแกรมควบคุมการทำงานแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
' คำสั่งประกาศตัวแปรต่างๆ ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์

Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal
Value As Integer)                    ' ประกาศโพรซีเจอร์โดยเรียกใช้จากไฟล์ inpout32.dll
Dim ServoBase_Value As Integer       ' จำนวน Loop ที่ทำให้ฐานหมุนหมุนไปยังตำแหน่งที่
                                     ต้องการ
Dim ServoArm1_Value As Integer       ' จำนวนLoop ที่ทำให้แขน1 หมุนไปยังตำแหน่งที่
                                     ต้องการ
Dim ServoArm2_Value As Integer       ' จำนวนLoop ที่ทำให้แขน2 หมุนไปยังตำแหน่งที่
                                     ต้องการ
Dim ServoGrip_Value As Integer       ' จำนวนLoop ที่ทำให้กริปเปอร์หมุนไปยังตำแหน่งที่
                                     ต้องการ
Dim Deg1_Value As Integer            ' มุมที่ฐานสามารถหมุนไปได้
Dim Deg2_Value As Integer            ' มุมของแขน1 ทำมุมกับฐานหมุน
Dim Deg3_Value As Integer            ' มุมของแขน2 ทำกับแขน1
Dim Space_Value As Integer           ' ตำแหน่งที่กริปเปอร์เคลื่อนที่เข้าไปหนีบจับวัตถุ
Dim Countdown As Integer
Dim Radian1 As Single
Dim Radian2 As Single
Dim Radian3 As Single
Dim Radian4 As Single
Dim b0 As Integer                    ' b0,b1,b2,b3 เป็นตำแหน่งบิตที่ใช้ควบคุม Servo
                                     Motor
Dim b1 As Integer
Dim b2 As Integer
Dim b3 As Integer
Dim k  As Integer

Const ServoBase_Min = 80             ' ค่าของ Loop ที่ทำให้ฐานหมุนอยู่ที่ตำแหน่ง 0 องศา
Const ServoBase_Max = 500            ' ค่าของ Loop ที่ทำให้ฐานหมุนอยู่ที่ตำแหน่ง 180
                                     องศา
Const ServoArm1_Min = 400            ' ค่าของ Loop ที่ทำให้แขน1 อยู่ที่ตำแหน่ง 30 องศา
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Const ServoArm1_Max = 540          'ค่าของ Loop ที่ทำให้แขน1 อยู่ที่ตำแหน่ง 90 องศา
Const ServoArm2_Min = 250          'ค่าของ Loop ที่ทำให้แขน2 อยู่ที่ตำแหน่ง 90 องศา
Const ServoArm2_Max = 470          'ค่าของ Loop ที่ทำให้แขน2 อยู่ที่ตำแหน่ง 180 องศา
Const ServoGrip_Min = 320          'ค่าของ Loop ที่ทำให้กริปเปอร์อยู่ที่ระดับ 10
Const ServoGrip_Max = 130          'ค่าของ Loop ที่ทำให้กริปเปอร์อยู่ที่ระดับ 0
Const PI = 3.14159265358979
Const PPort = &H378                'Address ของพอร์ตขนาน
Const L1 = 200                     'ความยาวของแขน1
Const L2 = 180                     'ความยาวของแขน2
Const L3 = 180                     'ความยาวของเข็มในเกจบนจอแสดงผล
Const L4 = 55                      'ความยาวของปากคีบขวา
Const L5 = 55                      'ความยาวของปากคีบซ้าย

Private Sub Command1_Click()       'ค่ามุมเริ่มต้นของ Servo Motor แต่ละตัว

  Deg1_Value = 90
  Deg2_Value = 90
  Deg3_Value = 180
  Space_Value = 10
  HScroll1.Value = Deg1_Value
  HScroll2.Value = Deg2_Value
  HScroll3.Value = Deg3_Value
  HScroll4.Value = Space_Value
  Timer1.Enabled = True
Call Updatelink

End Sub

Private Sub Command2_Click()       'ค่าของ Loop สุดท้ายของ Servo Motor แต่ละตัว
                                   ก่อนจบการทำงาน

  ServoBase_Value = 290
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ServoArm1_Value = 530
    ServoArm2_Value = 175
    ServoGrip_Value = 130
    Call Updatelink
    Countdown = 2
    Timer2.Enabled = True
End Sub

Private Sub Updatelink()                    ' สำหรับการแสดงภาพการเคลื่อนไหวของแขนกล

    Rad1 = (Deg1_Value * PI) / 180          ' เปลี่ยน Degree ให้เป็น Radian
    Rad2 = (Deg2_Value * PI) / 180
    Rad3 = (Deg3_Value * PI) / 180
    Rad4 = (Rad2 + Rad3) - PI
    Line1.X2 = L1 * Cos(Rad2)               ' หาพิกัดของ Line แต่ละเส้นในแนวแกน ( X ,Y )
    Line1.Y2 = L1 * Sin(Rad2)
    Line2.X1 = Line1.X2
    Line2.Y1 = Line1.Y2
    Line2.X2 = (L2 * Cos(Rad4)) + Line2.X1
    Line2.Y2 = (L2 * Sin(Rad4)) + Line2.Y1
    Line3.X2 = L3 * Cos(Rad1)
    Line3.Y2 = L3 * Sin(Rad1)
    Line4.X1 = Line2.X2
    Line4.Y1 = Line2.Y2 - Space_Value
    Line4.X2 = (L4 * Cos(Rad4)) + Line2.X2
    Line4.Y2 = (L4 * Sin(Rad4)) + (Line2.Y2 - Space_Value)
    Line5.X1 = Line2.X2
    Line5.Y1 = Line2.Y2 + Space_Value
    Line5.X2 = (L5 * Cos(Rad4)) + Line2.X2
    Line5.Y2 = (L5 * Sin(Rad4)) + (Line2.Y2 + Space_Value)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub HScroll1_Change()            ' คำนวณหาค่า ServoBase_Value

  Deg1_Value = HScroll1.Value
  ServoBase_Value = (Deg1_Value * ((ServoBase_Max - ServoBase_Min) / 180)) +
  ServoBase_Min                          'นำองศาการหมุนของ ฐานหมุนที่ต้องการมาเปลี่ยนให้
                                         เป็นค่าServoBase_Value
  Text1.Text = Deg1_Value
  Call Updatelink

End Sub

Private Sub HScroll2_Change()            ' คำนวณหาค่า ServoArm1_Value

  Deg2_Value = HScroll2.Value
  ServoArm1_Value = ((Deg2_Value - 30) * ((ServoArm1_Max - ServoArm1_Min) / 60)) +
  ServoArm1_Min                          ' นำองศาการหมุนของแขน1 ที่ต้องการมาเปลี่ยนให้
                                         เป็นค่า ServoArm1_Value
  Text2.Text = Deg2_Value
  Call Updatelink

End Sub

Private Sub HScroll3_Change()            ' คำนวณหาค่า ServoArm2_Value

  Deg3_Value = HScroll3.Value
  ServoArm2_Value = ((Deg3_Value - 90) * ((ServoArm2_Max - ServoArm2_Min) / 90)) +
  ServoArm2_Min                          ' นำองศาการหมุนของแขน2 ที่ต้องการมาเปลี่ยนให้
                                         เป็นค่า ServoArm2_Value
  Text3.Text = Deg3_Value
  Call Updatelink
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub HScroll4_Change()          ' คำนวณหาค่า ServoGrip_Value

  Space_Value = HScroll4.Value
  ServoGrip_Value = (Space_Value * ((ServoGrip_Max - ServoGrip_Min) / 10)) +
  ServoGrip_Min                        ' นำตำแหน่งของกริปเปอร์ที่ต้องการมาเปลี่ยนให้เป็นค่า
                                         ServoGrip_Value
  Text4.Text = Space_Value
  Call Updatelink

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()             ' ส่งสัญญาณพัลส์ให้แก่ ServoMotor แต่ละตัวเมื่อ
                                         Timer1 เริ่มทำงานในช่วงเวลาทุก ๆ 20 millisecond

For k = 1 To 600

  If k <= ServoBase_Value Then         ' คงค่าบิต 0 ให้เป็นบิต 1 เพื่อกำหนดตำแหน่งมุมของ
                                         Servo Motor ที่ควบคุมการหมุนของฐาน
    b0 = 1
  Else
    b0 = 0
  End If

  If k <= ServoArm1_Value Then         ' คงค่าบิต 1 ให้เป็นบิต 1 เพื่อกำหนดตำแหน่งมุมของ
                                         Servo Motor ที่ควบคุมการหมุนของแขน1
    b1 = 2
  Else
    b1 = 0
  End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If k <= ServoArm2_Value Then          ' คงค่าบิต 2 ให้เป็นบิต 1 เพื่อกำหนดตำแหน่งมุมของ
                                      Servo Motor ที่ควบคุมการหมุนของแขน2
   b2 = 4
Else
   b2 = 0
End If

If k <= ServoGrip_Value Then          ' คงค่าบิต 3 ให้เป็นบิต 1 เพื่อกำหนดตำแหน่งมุมของ
                                      Servo Motor ที่ควบคุมระดับของกริปเปอร์
   b3 = 8
Else
   b3 = 0
End If

Out PPort, b0 Or b1 Or b2 Or b3       ' ส่งสัญญาณพัลส์ออกไปยังบิต 0 ถึง บิต 3 ของ
                                      พอร์ตขนาน
Next k

Out PPort, 0
End Sub

Private Sub Timer2_Timer()            ' นับเวลาถอยหลังเพื่อจบการทำงาน Timer2 เริ่ม
                                      ทำงานในช่วงเวลาทุก ๆ 1000 millisecond

  Label1.Caption = Countdown
  Countdown = Label1.Caption - 1

  If Countdown = 0 Then
    Timer2.Enabled = False
    End                               ' จบการทำงานของโปรแกรม
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    End If

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์วสุ อุดมเพทายกุล และอาจารย์วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่พร้อมให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน และให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ตลอดจนการตรวจสอบเอกสารจนกระทั่งงานเสร็จสิ้น

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้โอกาสในการศึกษา

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนอย่างดียิ่งตลอดที่ทำการศึกษา

นิรุติ บุญส่ง
ศักรินทร์ สดใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้