ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ แขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

ROBOT ARM AID SHOOTING VIDEO

ชื่อนักศึกษา

1. นายจิระพจน์	ประพิน	รหัสประจำตัว	37031102
2. นายมงคล	หลวงพล	รหัสประจำตัว	37031122
3. นายวีรพงษ์	พฤกษชาติ	รหัสประจำตัว	37031126
4. นายสุรพงษ์	ตันติวิมลขจร	รหัสประจำตัว	37031139

หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

1. อาจารย์กิติพงศ์ มะโน
2. อาจารย์โกศล ตราชู
3. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์กิติพิงศ์ มะโน	
2. อาจารย์โกศล ตราชู	
3. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	
4. อาจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม	
5. อาจารย์วรวิทย์ สมหา	

วันเดือนปีที่สอบ วันที่ 3 เมษายน 2539 เวลา 14.00 น. ถึง 15.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงชื่อ.....

(รศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 11 เดือน เมษายน พ.ศ. 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

แขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

ROBOT ARM AID SHOOTING VIDEO

นายจิระพจน์ ประพิน

นายมงคล หลวงพล

นายวีรพงษ์ พฤกษชาติ

นายสุรพงษ์ ตันติวิมลขจร

A021279

ปพ.

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 1510 021279

วัน เดือน ปี 29 ต.ค. 2539

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง แขนกลช่วยถ่ายวิดีโอ

ROBOT ARM AIDED SHOOTING VIDEO

ผู้จัดทำ

1. นายจิระพจน์ ประพิน
2. นายมงคล หลวงพล
3. นายวีรพงษ์ พฤกษชาติ
4. นายสุรพงษ์ ตันติวิมลขจร

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม_____

(อาจารย์กิติพงศ์ มะโน)

ลงนาม_____

(อาจารย์โกศล ตราชู)

ลงนาม_____

(อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม_____

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง แขนกลช่วยถ่ายวิดีโอ

ROBOT ARM AIDED SHOOTING VIDEO

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาทดลองภาคจ่ายกำลังมอเตอร์
2. เพื่อศึกษาทดลองระบบการควบคุมมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์
3. เพื่อออกแบบโครงสร้างและระบบควบคุมมอเตอร์
4. เพื่อสร้างแขนกลช่วยถ่ายภาพวีดีโอ
5. เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการถ่ายวีดีโอวิชาการสอนวิชาเฉพาะหรืออื่นๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แขนกลช่วยถ่ายวิดีโอไว้ใช้ในการสอนจุลภาค
2. นักศึกษาได้ร่วมการเรียนการสอนวิชาสอนเฉพาะได้สะดวกขึ้น
3. ได้ความรู้ ทักษะด้านการจ่ายกำลังมอเตอร์ การควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ และการออกแบบทางด้านเครื่องกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I

แขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

นายจิระพจน์ ประพิน
นายมงคล หลวงพล
นายวีรพงษ์ พฤกษชาติ
นายสุรพงษ์ ตันติวิมลขจร

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์กิติพงค์ มะโน
อาจารย์โกศล ตราชู
อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอ โครงงานเรื่องแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอซึ่งจ่ายกำลังด้วยไฟฟ้า โครงงานนี้ประกอบไปด้วยระบบการควบคุมการเคลื่อนที่ 2 ระบบ คือ ระบบควบคุมด้วยมือ และระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ สำหรับระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัตินี้เป็นการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับการเคลื่อนไหวของขาตั้งกล้องวีดีโอผ่านไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 ในการควบคุมกล้องวีดีโอ มีการติดตั้งจอมองภาพแทนจอมองภาพของกล้องวีดีโอไว้ที่แผงควบคุม ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานสามารถนั่งควบคุมการถ่ายทำได้ที่ที่นั่งชุดนี้ และควบคุมการปรับระยะภาพใกล้ ภาพไกลโดยการใช้โซลินอยด์ได้อย่างสะดวกสบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROBOT ARM AID SHOOTING VIDEO

MR.JIRAPOT PRAPIN
MR.MONGCOL HLAUNGPOL
MR.WEERAPONG PUGSACHAT
MR.SURAPONG TUNTIVIMONKAJON

ADVISORS

MR.KITIPONG MANO
MR.KOSON TRACHU
MR.PEERAWUT SUWANJAN

1995

ABSTRACT

This thesis presents the robot arm aid shooting video which powered by electrical. This project have 2 direction control systems,manaul control system and semi-automatic control system. For semi-automatic control system is direction controlling which drive movement of pod controlling thought Z-80 microprocessor.For controlling vedio camera, this project have monitor at the control panel for findering the veiw,this serve camera user can control in operating at the seat on it and control in zooming picture are comfortablely by using solinoild.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานปริญญานิพนธ์ชุดนี้สามารถสำเร็จได้ เนื่องด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษาทุกท่าที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการให้คำปรึกษาในการดำเนินงานและให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาด้วยดีเสมอมา รวมทั้งคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาครุศาสตร์-วิศวกรรมทุกท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน การใช้อาคารสถานที่ตลอดจนเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทำปริญญานิพนธ์

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณ บริษัท วีซีซีพรีซิชั่น จำกัด และพนักงานบริษัททุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในด้านสถานที่ อุปกรณ์เครื่องมือทางด้านเครื่องกล อีกทั้งคำแนะนำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาเป็นอย่างดี และขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อนๆ นักศึกษาภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมที่ให้ความช่วยเหลือเรื่องอุปกรณ์เครื่องมือ คำแนะนำและข้อคิดเห็นจนสามารถแก้ปัญหาต่างๆ ได้จนลุล่วง

ที่สำคัญที่สุดคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ บิดามารดาที่ให้ความสนับสนุนทั้งกำลังใจและทุนทรัพย์ จนกระทั่งโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VIII
สารบัญตาราง	XIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ประโยชน์ของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 พื้นฐานของแขนกล	3
2.1.1 การจัดประเภทของแขนกล	3
2.1.2 คุณสมบัติจำเพาะของแขนกล	8
2.2 หลักการของมอเตอร์ดีซี	10
2.2.1 ชนิดของมอเตอร์ดีซี	10
2.2.2 คุณสมบัติของมอเตอร์ดีซี	11
2.2.3 การรักษาระดับความเร็วให้คงที่	16
2.2.4 แรงดึง (ทอร์ก)	16
2.3 ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์	17
2.3.1 ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบเปิดลูป	17
2.3.2 ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบปิดลูป	22
2.3.3 การควบคุมความเร็วที่สามารถกลับทิศทางได้	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง หน้า

2.3.4 ระบบควบคุมอัตราเร่ง และการลดความเร็ว 24

2.3.5 การเปลี่ยนแปลงความเร็วมอเตอร์ 26

2.4 การประยุกต์ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในระบบการควบคุมมอเตอร์ 27

2.4.1 ระบบการควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์แบบดิจิตอล 27

2 .4.2 ระบบการควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ 31

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน 37

3.1 การออกแบบทางด้านเครื่องกล 37

3.1.1 ระบบการขับเคลื่อนของรถในทิศทางซ้าย และขวา(Truck)(แกนที่ 1) 38

3.1.2 ระบบการขับเคลื่อนการหมุน (Rotary)ชุดล่าง(แกนที่ 2) 41

3.1.3 ระบบการขับเคลื่อนในทิศทางขึ้นและลง(แกนที่ 3) 42

3.1.4 ระบบการขับเคลื่อนในทิศทางขึ้นและลง(แกนที่ 4) 43

3.1.5 ระบบการขับเคลื่อนปรับแต่งการเคลื่อนที่ในทิศทางขึ้น
และลง(แกนที่ 5) 44

3.1.6 ระบบการขับเคลื่อนการหมุนชุดบน(แกนที่ 6) 45

3.1.7 ชุดควบคุมการบันทึก(Record)การปรับระยะใกล้ไกลของภาพ 46

3.2 โครงสร้างภายนอกของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ 47

3.3 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของแขนกล 49

3.3.1 วงจรการควบคุมแขนกลด้วยมือ 49

3.3.2 วงจรการควบคุมความเร็วและทิศทางมอเตอร์ด้วย
ไมโครโปรเซสเซอร์ 52

3.4 การออกแบบส่วนควบคุมกึ่งอัตโนมัติ 61

3.4.1 การออกแบบพอร์ทขนาน 61

3.4.2 การออกแบบคีย์บอร์ด 63

3.5 การออกแบบวงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้า 65

3.5.1 วงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้อุปกรณ์ทางด้านดิจิตอล 65

3.5.2 วงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า.
3.5.3 วงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจรขับกำลังมอเตอร์และวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์	66
3.5.4 วงจรภาคจ่ายไฟฟ้าให้ชุดควบคุมการปรับระยะใกล้ไกลของภาพและการบันทึกภาพ	67
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	69
4.1 การทดลองการทำงานทางด้านเครื่องกล	69
4.1.1 การทดลองการทำงานของแกนที่ 1	69
4.1.2 การทดลองการทำงานของแกนที่ 2	70
4.1.3 การทดลองการทำงานของแกนที่ 3	70
4.1.4 การทดลองการทำงานของแกนที่ 4	71
4.1.5 การทดลองการทำงานของแกนที่ 5	72
4.1.6 การทดลองการทำงานของแกนที่ 6	72
4.2 การทดลองการทำงานของวงจรควบคุมความเร็วและทิศทาง	73
4.3 การทดลองการควบคุมการทำงานของแขนกลด้วยมือ	80
4.3.1 การทดลองการควบคุมการทำงานของแกนที่ 1 ด้วยมือ	80
4.3.2 การทดลองการควบคุมการทำงานของแกนที่ 2 ด้วยมือ	80
4.3.3 การทดลองการควบคุมการทำงานของแกนที่ 3 ด้วยมือ	81
4.3.4 การทดลองการควบคุมการทำงานของแกนที่ 4 ด้วยมือ	81
4.3.5 การทดลองการควบคุมการทำงานของแกนที่ 5 ด้วยมือ	81
4.3.6 การทดลองการควบคุมการทำงานของแกนที่ 6 ด้วยมือ	81
4.3.7 การทดลองการควบคุมระยะใกล้ไกลของภาพและการบันทึกภาพวีดีโอ	82
4.4 การทดลองควบคุมการทำงานของแขนกลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์	82
4.4.1 การทดลองวงจรควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์	82
4.4.2 การทดลองการทำงานของโปรแกรม	83
4.5 สรุปผลการทดลองของแขนกลทั้งระบบ	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 บทสรุปปัญหาแนวทางการแก้ปัญหาและพัฒนา	86
5.1 บทสรุป	86
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงาน	87
5.2.1 ปัญหาการออกแบบทางด้านเครื่องกลขณะเริ่มเคลื่อนที่	87
5.2.2 ปัญหาการออกแบบทางด้านเครื่องกลในแกนที่ 6	87
5.2.3 ปัญหาการออกแบบทางด้านเครื่องกลในชุดขับเกลียว	88
5.2.4 ปัญหาด้านเสียงรบกวนจากมอเตอร์	88
5.2.5 ปัญหาความไม่สมบูรณ์ของโปรแกรม	88
5.3 แนวทางในการพัฒนา	88
5.3.1 การพัฒนาทางด้านเครื่องกล	88
5.3.2 การพัฒนาทางด้านวงจรและโปรแกรม	89
ภาคผนวก ก. ส่วนประกอบของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ	90
ภาคผนวก ข. วงจรภายในแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ	102
ภาคผนวก ค. รายการอุปกรณ์	104
ภาคผนวก ง. คู่มือการใช้งานแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ	110
ภาคผนวก จ. ผังการทำงานและโปรแกรมของส่วนควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ	118
บรรณานุกรม	144

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 การเคลื่อนที่ของแขนกลในแบบรีโวลัท	4
รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของแขนกลในแบบไพรส์เมตริก	4
รูปที่ 2.3 แขนกลชนิดทรงสี่เหลี่ยมมีขอบเขตการทำงานเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม	5
รูปที่ 2.4 แขนกลชนิดทรงกระบอกมีขอบขอบเขตการทำงานเป็นรูปทรงกระบอก	6
รูปที่ 2.5 แขนกลชนิดทรงกลมมีขอบเขตการทำงานเป็นรูปทรงกลม	6
รูปที่ 2.6 แขนกลชนิดสการ่ามีขอบเขตการทำงานเป็นรูปทรงกระบอก	7
รูปที่ 2.7 แขนกลชนิดออร์ติคูเลเตดขอบแขตการทำงานเป็นรูปครึ่งวงกรม	7
รูปที่ 2.8 ระยะรีชและสโตค	9
รูปที่ 2.9 ทิศทางการหมุนของข้อต่อในแบบ ยอ(Yow)พิตช์(Pitch)และโรล(Roll)	10
รูปที่ 2.10 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความเร็วรอบ กับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย	13
รูปที่ 2.11 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง และความเร็วรอบ กับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย	13
รูปที่ 2.12 โมเมนต์ซึ่งลวดตัวนำอาร์เมเจอร์กระทำรอบจุดศูนย์กลาง	17
รูปที่ 2.13 วงจรการควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบอนุกรมความต้านทาน และ กราฟแสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วกับแรงบิดของการควบคุมแบบนี้	18
รูปที่ 2.14 วงจรการควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบขนานความต้านทานและกราฟ แสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วกับแรงบิดของการควบคุมแบบนี้	18
รูปที่ 2.15 การควบคุมมอเตอร์แบบขนานด้วยตัวความต้านทานที่ปรับค่าได้ ต่ออนุกรมกับขดลวดสนาม	19
รูปที่ 2.16 ทรานสฟอร์เมอร์ควบคุมแรงดันของอาร์มาเจอร์ ของมอเตอร์แบบขนาน	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ หน้า

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการควบคุมมอเตอร์แบบขนานด้วย SCR แบบครึ่งคลื่นและแบบเต็มคลื่น 20

รูปที่ 2.18 ระบบการควบคุมแบบลูปเปิดโดยใช้วิธีการควบคุมโวลต์เตจของอาร์เมเจอร์ 21

รูปที่ 2.19 ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบปิดลูป 22

รูปที่ 2.20 การทำงานเพียงควอ็ดแดร้นท์แรกของระบบควบคุมความเร็วแบบทิศทางเดียว 23

รูปที่ 2.21 การทำงานได้ถึง 4 ควอ็ดแดร้นท์ของระบบควบคุมความเร็วแบบเซอร์โว 23

รูปที่ 2.22 การจัดวงจรของสวิตซ์ที่กลับทิศทางได้ 24

รูปที่ 2.23 วงจรควบคุมอัตราเร่งแบบง่ายๆ 25

รูปที่ 2.24 แสดงคุณสมบัติของการ turn-onและการ turn-off ของวงจร RC 25

รูปที่ 2.25 วงจรกำเหนิดความเร่งที่สามารถปรับความลาดได้อย่างอิสระ 26

รูปที่ 2.26 แผนผังของระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์แบบดิจิตอล 27

รูปที่ 2.27 แผนผังของวงจร 28

รูปที่ 2.28 วงจรดิเทคเออร์เรอร์ 28

รูปที่ 2.29 แผนผังของวงจรควบคุม 29

รูปที่ 2.30 วงจรขับกำลังของดีซีมอเตอร์ 30

รูปที่ 2.31 วงจรลอจิกสำหรับขับทรานซิสเตอร์กำลังและควบคุมตำแหน่ง 31

รูปที่ 2.32 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส 32

รูปที่ 2.33 แผนผังของระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ หน้า

รูปที่ 2.34 วงจรการถอดรหัสแออเดรสเพื่อถอดรหัสแอดเดรส 8000H และวงจรแล็ทช์ 8 บิทอินพุตข้อมูลให้กับ DAC 1408 34

รูปที่ 2.35 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ 35

รูปที่ 3.1 การเคลื่อนที่ของแขนกล 37

รูปที่ 3.2 การประกอบเพลาติดกับตัวรถ 40

รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของแกนที่ 1 40

รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบของแกนที่ 2 41

รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบของแกนที่ 3 42

รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบของแกนที่ 4 43

รูปที่ 3.7 ส่วนประกอบของแกนที่ 5 44

รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบของแกนที่ 6 45

รูปที่ 3.9 การวางโซลินอยด์ 46

รูปที่ 3.10 การวางอุปกรณ์ส่วนปกปิดชุดที่ 2 47

รูปที่ 3.11 การวางอุปกรณ์ส่วนหน้าปัทม์ควบคุม 48

รูปที่ 3.12 โครงสร้างภายนอกของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ 48

รูปที่3.13 แผนผังแสดงการทำงานของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ 49

รูปที่ 3.14 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ 50

รูปที่ 3.15 วงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์ 50

รูปที่ 3.16 วงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์ 51

รูปที่ 3.17 แผนผังของการควบคุมมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ 52

รูปที่ 3.18 ลักษณะการต่อวงจร DAC 0808 53

รูปที่ 3.19 วงจร VFC โดยใช้ LM 331 55

รูปที่ 3.20 วงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้ไอซี CD4098B 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ หน้า

รูปที่ 3.21 วงจรการควบคุมทิศทาง 58
รูปที่ 3.22 วงจรขับกำลังมอเตอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์ 59
รูปที่ 3.23 วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ด้วยรีเลย์ 60
รูปที่ 3.24 วงจรการจัดพอร์ทขนาน 62
รูปที่ 3.25 วงจรของคีย์บอร์ด 63
รูปที่ 3.26 ผังค่าของคีย์บอร์ด 64
รูปที่ 3.27(ก) วงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้อุปกรณ์ทางด้านดิจิตอล 68
รูปที่ 3.27(ข) วงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ 68
รูปที่ 3.27(ค) วงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้วงจรภาคขับกำลังมอเตอร์
และวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ 68
รูปที่ 3.27(ง) วงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้ชุดควบคุม
การจัดระยะใกล้ไกลของภาพและการบันทึกภาพ 68
รูปที่ 4.1 การเคลื่อนที่ของแกนที่ 1 69
รูปที่ 4.2 การเคลื่อนที่ของแกนที่ 2 70
รูปที่ 4.3 การเคลื่อนที่ของแกนที่ 3 71
รูปที่ 4.4 การเคลื่อนที่ของแกนที่ 4 71
รูปที่ 4.5 การเคลื่อนที่ของแกนที่ 5 72
รูปที่ 4.6 การเคลื่อนที่ของแกนที่ 6 72
รูปที่ 4.7 การวัดค่ากระแสวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก 74
รูปที่ 4.8 การทดลองวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่ 76
รูปที่ 4.9 การทดลองวงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ 77
รูปที่ 4.10 (ก) รูปสัญญาณของวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่ 77
รูปที่ 4.10 (ข) รูปสัญญาณของวงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ หน้า

รูปที่ 4.11 การทดลองวงจรปรับทิศทางมอเตอร์ และวงจรขับกำลังมอเตอร์ 78
รูปที่ 4.12 การทดลองวงจรปรับทิศทาง และวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์ 79
รูปที่ 4.10 กราฟการสั่นไหวของกล้องวีดีโอ 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 ชนิดของแขนกลและการเคลื่อนที่แต่ละแกน	5
ตารางที่ 3.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล	38
ตารางที่ 3.2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์	58
ตารางที่ 3.3 การทำงานของมอเตอร์ชุดที่ 1 ,3 และ 4	62
ตารางที่ 4.1 ค่ากระแส แรงดันไฟฟ้า และทิศทางการขับเคลื่อนในแต่ละแกน	73
ตารางที่ 4.2 ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้ที่เอาต์พุตของไอซี DAC 0808	75
ตารางที่ 4.3 แรงดันไฟฟ้าที่วัดที่เอาต์พุตของไอซี LF 353	75
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรปรับทิศทางมอเตอร์ และวงจรขับมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์กำลัง	78
ตารางที่ 4.5 ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยใช้วงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์	79
ตารางที่ 5.1 การเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านสื่อการเรียนการสอนมีการพัฒนาไปมากมายหลายรูปแบบ วิดีโอ (Video) จัดว่าเป็นสื่อการเรียนการสอนอีกชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้มากที่สุด ในด้านการศึกษา และในด้านความบันเทิงยังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ในการถ่ายทำวิดีโออุปกรณ์ที่สำคัญรองจากกล้องวิดีโอ คือขาตั้งกล้องวิดีโอ ขาตั้งกล้องวิดีโอแบบที่ใช้งานทั่วไปจะมีการเคลื่อนที่ในการถ่ายทำโดยผู้ถ่ายทำวิดีโอ การเคลื่อนที่จะช้าในการหามุมกล้อง และต้องใช้กล้องวิดีโอหลายๆ ตัวในการถ่ายทำ อีกทั้งในการเรียนวิชาวิธีสอนเฉพาะจะมีการสอนจุลภาคเพื่อให้นักศึกษาได้ฝึกบทบาทการสอน ซึ่งได้มีการบันทึกภาพการสอนของนักศึกษาไว้ในรูปแบบของวิดีโอ โดยผู้ที่ทำหน้าที่ถ่ายทำคือนักศึกษาที่เรียนในชั่วโมงนั้นๆ ทำให้นักศึกษาผู้ทำหน้าที่ถ่ายทำเสียโอกาสในการร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน

เพื่อแก้ไขปัญหานี้ ทางผู้จัดทำโครงงานจึงได้นำเสนอโครงงานแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอเพื่อช่วยแบ่งเบาภาระในการถ่ายทำวิดีโอ โดยเมื่อใช้งานผู้ถ่ายทำจะสามารถควบคุมกล้องวิดีโอไปพร้อมๆ กับร่วมกิจกรรมการเรียนในชั่วโมงนั้นได้

จะสังเกตได้ว่า แขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอโดยทั่วๆ ไปมักจัดทำขึ้นในรูปแบบของระบบไฮดรอลิก (Hydrolic) เนื่องจากกล้องวิดีโอมีน้ำหนักมากระบบไฮดรอลิกจะรับน้ำหนักได้ดี แต่ระบบไฮดรอลิกมีข้อจำกัดทางด้านการหมุนรอบตัว และทางด้านการรักษาความสะอาด เพราะระบบไฮดรอลิกใช้น้ำมันในการขับดันให้ไฮดรอลิกเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการทำให้เกิดการจับตัวของฝุ่นละอองกับน้ำมัน ซึ่งจะทำความสะอาดได้ยากอีกทั้งไฮ-ดรอลิกนั้นมีราคาสูงเมื่อเทียบกับมอเตอร์ และมอเตอร์ยังรักษาความสะอาดได้ง่ายกว่าทางผู้จัดทำแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอจึงได้ใช้มอเตอร์แทนไฮดรอลิกเพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนในการผลิตเพื่อศึกษาการควบคุมมอเตอร์ด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ และใช้เทคนิคทางด้านเครื่องกลเข้าช่วยเพื่อเพิ่มกำลังให้แก่มอเตอร์อีกด้วย

1.2 ประโยชน์ของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

เราสามารถประยุกต์ แขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ ในการนำมาใช้อำนวยความสะดวกในการถ่ายทำวิดีโอภายในห้องถ่ายทำหรือภายในตัวอาคาร และสามารถนำมาใช้ถ่ายทำวิดีโอใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอนจุลภาคของนักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมได้อีกด้วย เนื่องจากมีการออกแบบให้มีขนาดเล็ก สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยระบบการจ่ายกำลังด้วยไฟฟ้า ระบบการควบคุมยังแบ่งออกเป็นสองระบบด้วยกัน คือระบบควบคุมด้วยมือและระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติ นอกจาก นี้ยังมีระบบการควบคุมทิศทางด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ทำให้มีความแม่นยำสูงในการปรับมุมกล้องในการใช้งานสามารถประยุกต์แขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอให้เข้ากับกล้องวิดีโอ ได้หลายรุ่น เนื่องจากระบบการควบคุมการกดบันทึก และการปรับระยะใกล้ไกล (Zoom In, Zoom Out) ของภาพเป็นแบบแยกอิสระกับตัวกล้องวิดีโอ ทำให้มีความคล่องตัวสูงในการปรับใช้งาน อีกทั้งระบบการควบคุมกล้องวิดีโอก็สะดวกต่อผู้ควบคุมโดยผู้ควบคุมจะทำการควบคุมบนตัวของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ การมองภาพขณะบันทึกก็สะดวกสบาย เนื่องจากได้แยกจอภาพออกมาภายนอกจากตัวกล้องวิดีโอทำให้มองภาพได้สะดวก และชัดเจนยิ่งขึ้นจึงลดปัญหาความไม่คมชัดของภาพได้อีกอย่างหนึ่ง

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รวบรวมเนื้อหาไว้ด้วยกันทั้งหมด 5 บท ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมา ความสำคัญ ประโยชน์ และการทำงานของระบบโดยรวม และเนื้อหาของปริญญานิพนธ์โดยสังเขป

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ กล่าวถึงเนื้อหาต่างๆ ที่นำมาอ้างอิง และใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบทั้งทางด้านเครื่องกล วงจร และโปรแกรม

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน อธิบายขั้นตอนการออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรงในแต่ละส่วน ซึ่งในการควบคุมจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนการควบคุมด้วยมือ และส่วนการควบคุมกึ่งอัตโนมัติ การควบคุมกึ่งอัตโนมัติยังแบ่งออกไปได้อีก 2 ส่วนด้วยกัน คือทางด้านวงจร และโปรแกรม นอกจากนี้ยังกล่าวถึงการออกแบบระบบเฟือง และการออกแบบโครงสร้างของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง กล่าวถึงการทดลองในการทำงานต่างๆ และผลการทดลองของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข และพัฒนา บทนี้กล่าวถึงผลสรุปของการทำงาน แนะแนวทางในการแก้ปัญหา และพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 พื้นฐานของแขนกล

ในปี ค.ศ.1905 บริษัท ฟอร์ดมอเตอร์ จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ได้นำเอาระบบสายงานการผลิตเข้ามาใช้ในบริษัทเป็นรายแรก เครื่องจักรก็ได้มีการพัฒนามาใช้ได้อย่างเหมาะสมกับงานการควบคุม และสามารถควบคุมได้ง่ายยิ่งขึ้นเรียกว่า โปรแกรมเมเบิล เม็คคานิคคอล มานิพูเลเตอร์ (Programmable mechanical manipulator)แขนกล หรือแขนหุ่นยนต์ (Robot Arm) ก็เป็นชิ้นส่วนหนึ่งของหุ่นยนต์ คล้ายกับแขนของมนุษย์ที่เป็นชิ้นส่วนหนึ่งของมนุษย์เช่นกัน

2.1.1 การจัดประเภทของแขนกล

เราสามารถจัดประเภทของแขนกลตามมาตรฐานได้ โดยทั่วไปสามารถแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1) ตามลักษณะเทคโนโลยีการขับเคลื่อน

การจัดประเภทของแขนกลตามลักษณะนี้นิยมใช้กันอยู่ 2 ระบบ คือระบบไฟฟ้า และระบบไฮดรอลิก สำหรับการขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่จะเป็น ดีซีเซอร์โวมอเตอร์ (D.C. Servo Motor) และดีซีสเตปปิ้งมอเตอร์ (D.C.Steping Motor) ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้กับงานที่รับน้ำหนักไม่มากนัก

ส่วนในกรณีที่แขนกลต้องทำงานที่รับน้ำหนักมากๆ ระบบไฮดรอลิกจะถูกนำมาใช้ในการขับเคลื่อน แต่กลไกแบบนี้มีข้อเสียในด้านการรักษาความสะอาด เพราะไฮดรอลิกใช้น้ำมันในการขับดัน นอกจากการขับเคลื่อน 2 ระบบนี้ ยังมีการขับเคลื่อนอีกระบบหนึ่งซึ่งใช้ลมในการขับดันเรียกว่า ระบบนิวเมติก (Newmatic System) ในปัจจุบันได้มีการผสมผสานระบบการทำงานต่างๆ มาไว้ในแขนกลตัวเดียวกัน เพื่อให้ระบบการทำงานของแขนกลเป็นไปตามความต้องการ และมีประสิทธิภาพมากที่สุด

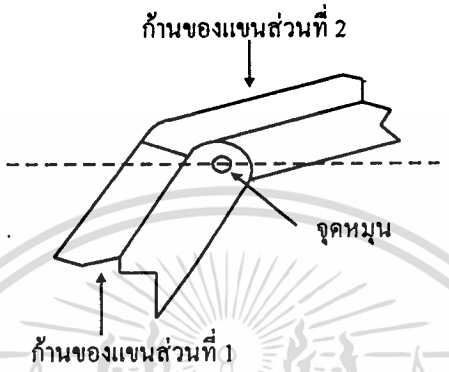
2) ตามลักษณะการเคลื่อนที่ของข้อต่อ

. เนื่องจากมือของแขนกลจะอยู่ที่ส่วนปลายของแขนกล ดังนั้น การเคลื่อนมือไปทำงานข้อต่อต่างๆ ของแขนกลก็จะเคลื่อนที่ไปด้วย ซึ่งมีลักษณะการเคลื่อนที่ของข้อต่อ แบ่งออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

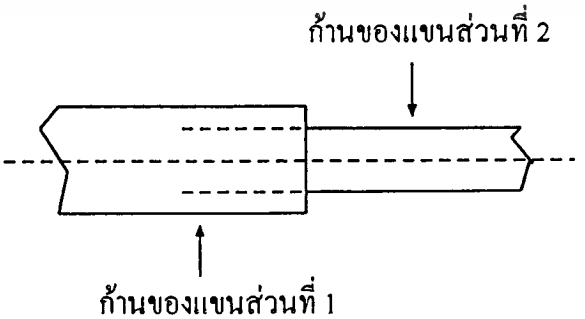
เป็น 2 ลักษณะ คือ

การเคลื่อนที่แบบรีโวลัท (Revolute) สัญลักษณ์ที่ใช้คือ R เป็นการเคลื่อนที่ข้อต่อแบบวงกลมรอบแกนจุดหมุน ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การเคลื่อนที่ของแขนกลในแบบรีโวลัท

การเคลื่อนที่แบบไพรส์เมติก (Prismatic) สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ P เป็นการเคลื่อนที่ของข้อต่อที่ใช้การสไลด์ (Slide) ไปในทิศทางเดียวกันกับแขนคล้ายกับลูกสูบในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ในการทำงานจริงอาจใช้รูปแบบการเคลื่อนที่ทั้ง 2 ลักษณะมารวมกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในการทำงาน ส่วนใหญ่แขนกลที่ใช้งานอยู่ต้องประกอบด้วยแกนอย่างน้อย 3 แกน ดังแสดงในตารางที่ 2.1



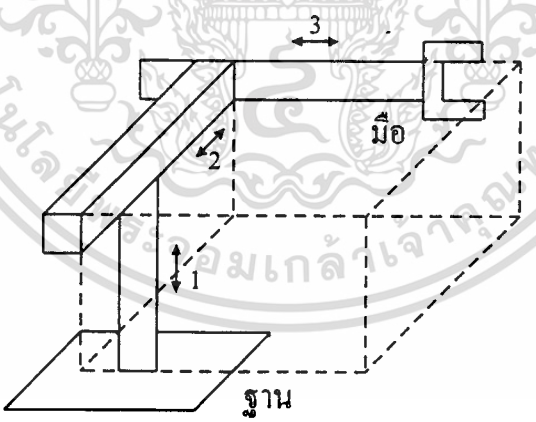
รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของแขนกลในแบบไพรส์เมติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.1 แขนกลชนิดทรงสี่เหลี่ยม (Cartesian) คือลักษณะขอบเขตการเคลื่อนที่ของแขนกลเป็นรูปสี่เหลี่ยม มีลักษณะการเคลื่อนที่ของข้อต่อเป็นแบบไพรส์เมติก โดยจะเคลื่อนที่ไปบนแกน ซึ่งมีลักษณะตั้งฉากซึ่งกันและกัน ดังรูปที่ 2.3 ดังนั้น ขอบเขตการทำงานของแขนกลชนิดนี้จะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม

ตารางที่ 2.1 ชนิดแขนกลและการเคลื่อนที่แต่ละแกน

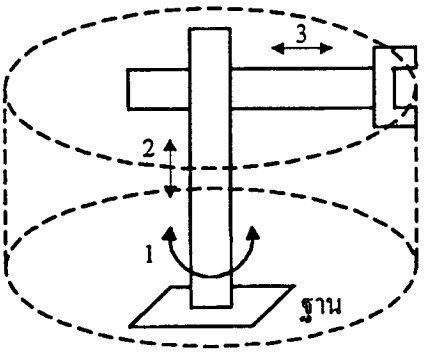
ชนิดแขนกล	แกนที่ 1	แกนที่ 2	แกนที่ 3
CARTESIAN	P	P	P
CYLINDRICAL	R	P	P
SPHERICAL	R	R	P
SCARA	R	R	P
ARTICULATED	R	R	R



รูปที่ 2.3 แขนกลชนิดทรงสี่เหลี่ยมมีรูปขอบเขตการทำงานเป็นรูปสี่เหลี่ยม

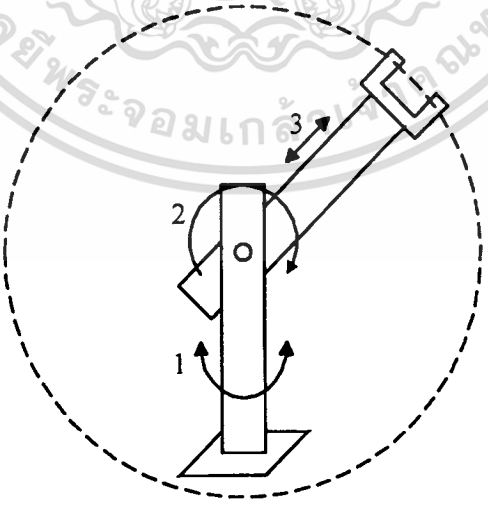
จากแกนที่หนึ่งของแขนกลชนิดทรงสี่เหลี่ยมถ้าเปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่จากแบบ P ให้เป็นแบบ R จะได้แขนกลลักษณะใหม่คือแบบทรงกระบอก (Cylindrical) คือเป็นลักษณะขอบเขตของการเคลื่อนที่ของแขนกลเป็นรูปทรงกระบอก แสดงดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แขนกลชนิดทรงกระบอกมีรูปขอบเขตการทำงานเป็นรูปทรงกระบอก

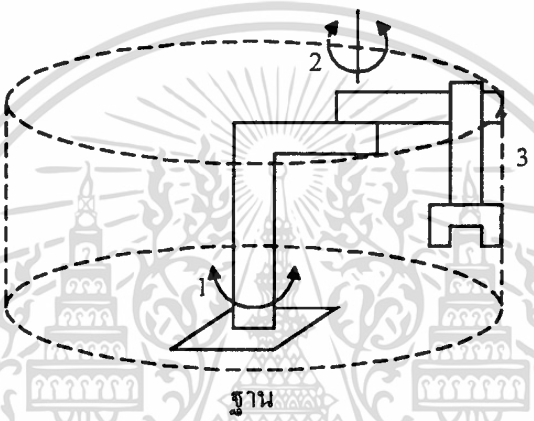
เมื่อเปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่ของแกนที่ 1 ให้เป็นแบบ R ทำให้แขนกลชนิดทรงกระบอกสามารถกลับมาทำงานที่อยู่ทางด้านหลังได้ ลักษณะของขอบเขตในการเคลื่อนที่ในการทำงานจึงเป็นรูปทรงกระบอก เมื่อเปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่ในแกนที่ 2 ของแขนกลชนิดทรงกระบอก จากแบบ P เปลี่ยนเป็นแบบ R จะได้แขนกลอีกลักษณะหนึ่ง ซึ่งมีขอบเขตการเคลื่อนที่ในการทำงานเป็นแบบครึ่งวงกลม แขนกลลักษณะนี้เรียกว่า แขนกลชนิดทรงกลม (Spherical) ดังแสดงในรูปที่ 2.5



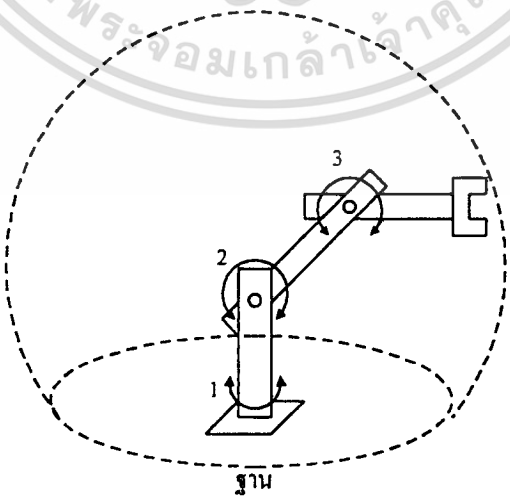
รูปที่ 2.5 แขนกลชนิดทรงกลมขอบเขตการทำงานเป็นรูปทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีแขนกลอีกลักษณะหนึ่งมีการเคลื่อนที่ของข้อต่อคล้ายแขนกลชนิดทรงกลม โดยมีแกนที่ 1 และ 2 เป็นการเคลื่อนที่แบบ R ส่วนแกนที่ 3 เป็นแบบ P แต่ลักษณะการเคลื่อนที่ระหว่างแกนที่ 1 กับแกนที่ 2 จะไม่ตั้งฉากซึ่งกันและกันเหมือนกับแขนกลชนิดทรงกลม แต่จะขนานกันเรียกแขนกลชนิดนี้ว่า แขนกลชนิดสการ่า (Scara) ดังแสดงในรูปที่ 2.6 แขนกลชนิดนี้มีขอบเขตการเคลื่อนที่ในการทำงานเป็นรูปทรงกระบอก ซึ่งคล้ายกับแขนกลชนิดทรงกระบอก



รูปที่ 2.6 แขนกลชนิดสการ่าขอบเขตการทำงานรูปทรงกระบอก



รูปที่ 2.7 แขนกลชนิดอาทิคูเลเตดขอบเขตการทำงานเป็นรูปครึ่งวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแขนกลชนิดทรงกลมถ้าทำการเปลี่ยนแกนที่ 3 ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบ P ให้เป็นแบบ R แขนกลชนิดนี้เรียกว่า อาทิคูเลเตด (Articulated) ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งมีขอบเขตการเคลื่อนที่ในการทำงานจะเป็นรูปครึ่งทรงกลม

3) ตามลักษณะวิธีการควบคุมการเคลื่อนไหว

หลักการในการจัดประเภทของแขนกลอีกลักษณะหนึ่ง คือแบ่งตามวิธีการควบคุมการเคลื่อนไหวของแขนกลมี 2 ลักษณะด้วยกัน ลักษณะแรกเป็นการควบคุมการเคลื่อนไหวระหว่างจุดหรือเรียกว่า พอยท์ทูพอยท์ (Point To Point) เป็นการควบคุมโดยกำหนด จุดปลายมือต้นทาง และปลายทางภายในขอบเขตการเคลื่อนที่ในการทำงาน แขนกลจะเคลื่อนมือไปตามจุดที่ได้กำหนดเท่านั้น วิธีการควบคุมลักษณะนี้ส่วนใหญ่ใช้ในงานอุตสาหกรรมเช่น การเคลื่อนย้ายวัตถุไปยังตำแหน่งต่างๆ

ส่วนลักษณะที่ 2 เป็นการควบคุมการเคลื่อนไหวแบบต่อเนื่อง (Continuous Path) เป็นการควบคุมให้ปลายแขนกลเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่ได้กำหนดอย่างต่อเนื่อง การควบคุมลักษณะนี้จะทำให้แขนกลสามารถเคลื่อนไหวได้ซับซ้อนยิ่งขึ้น

2.1.2 คุณสมบัติจำเพาะของแขนกล

ในการเลือกแขนกลใช้งานสิ่งที่ควรคำนึงถึงอีกประเภทหนึ่ง คือคุณสมบัติจำเพาะพื้นฐานของแขนกลที่จำเป็นต้องมี ดังต่อไปนี้

-จำนวนแกน คือ จำนวนข้อต่อที่มีการเคลื่อนที่แบบ P หรือ R ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

-ความสามารถในการรับภาระ คือ ค่าน้ำหนักสูงสุดของวัตถุ ที่แขนกลสามารถเคลื่อนย้ายได้

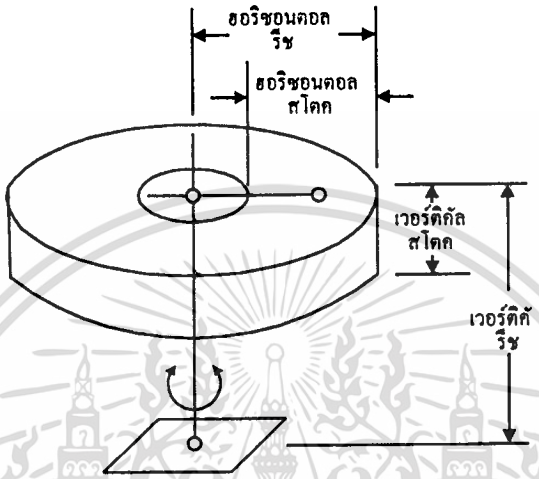
-ความเร็วสูงสุด คือ ความเร็วในการหมุนข้อมือสูงสุดที่สามารถทำได้

-ระยะความยาวของรัศมีจากจุดศูนย์กลางที่เป็นแกนหลักของแขนกลไปยังส่วนปลายสุดของมือ เรียกว่า ระยะรีช (Reach) และระยะความยาวที่มือของแขนกลสามารถเอื้อมถึงได้เรียกว่า ระยะสโตค (Stroke) ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้วัดขอบเขตการเคลื่อนที่ในการทำงานโดยประกอบด้วยระยะฮอร์ริซอนทอลรีช (Horizontal Reach) และฮอร์ริซอนทอลสโตค (Horizontal Stroke) ระยะเวอร์ทิคอลรีช (Vertical Reach) และเวอร์ทิคอลสโตค (Vertical Stroke)

ระยะฮอร์ริซอนทอลรีช คือ ความยาวของรัศมีจากจุดศูนย์กลางแกนหลักของแขนกลไปยังปลายมือ ส่วนระยะฮอร์ริซอนทอลสโตค คือ ความที่มือสามารถเอื้อมถึง รูปที่ 2.8 เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแสดงระยะรีช และสโตคของแขนกลชนิดทรงกระบอก ซึ่งประกอบด้วยระยะในแนวนอน และแนวตั้ง สำหรับความยาวของรีช และสโตคในแนวตั้งก็คล้ายกันเพียงแต่เปลี่ยนแนวนอนมาเป็นแนวตั้ง



รูปที่ 2.8 ระยะรีชและสโตค

มุมในการหมุนมือเป็นส่วนที่ใช้วัดขอบเขตการหมุนของมือว่าสามารถหมุนได้สูงสุดเท่าใด สำหรับการหมุนของมือนั้นในลักษณะพื้นฐานจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือมุมในการหักข้อมือไปซ้ายหรือขวาเรียกว่า ยอ (Yaw) มุมในการหักข้อมือขึ้นลงเรียกว่า พิช (Pitch) และมุมในการหมุนข้อมือโดยรอบเรียกว่า โรล (Roll) โดยการหมุนของข้อมือจะพิจารณาในพื้นที่ 3 มิติ แสดงดังรูปที่ 2.9

ความสามารถในการทำซ้ำ หมายถึง ค่าผิดพลาดที่เกิดจากการทำงานซ้ำๆ กันหลายๆ ครั้งมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ถ้าค่าผิดพลาดที่ได้มีค่าน้อยแสดงว่าแขนกลมีประสิทธิภาพในการทำงานซ้ำสูง

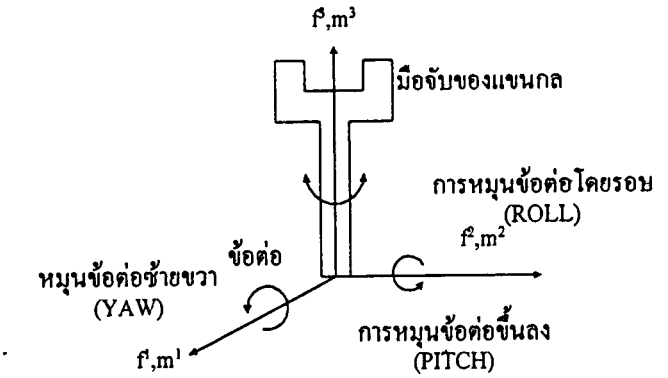
ความเที่ยงตรงเป็นความละเอียดที่แขนกลสามารถเคลื่อนที่ได้เล็กที่สุด

ยอ คือ การหักเหข้อมือไปทางซ้ายหรือทางขวา

พิช คือ การหักข้อมือขึ้นหรือลง

โรล คือ การหมุนข้อมือโดยรอบโดยเปลี่ยนจากหน้ามือไปสู่หลังมือซึ่งมุมในการหมุนทั้ง 3 ลักษณะมีหน่วยเป็นองศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ทิศทางการหมุนของข้อต่อในแบบยอ, พิช และโรล

ความแม่นยำของการวัดความสามารถของแขนกล ในการเคลื่อนข้อมือไปในตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการโดยมีค่าผิดพลาดไปจากจุดที่กำหนดเท่าไร โดยการสังเกตจากตำแหน่งจริงถ้าแขนกลมีค่าผิดพลาดในการเคลื่อนที่ลักษณะนี้น้อยมากแสดงว่าแขนกลชนิดนั้นมีความแม่นยำสูง

2.2 หลักการของมอเตอร์ดีซี

มอเตอร์ เป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล และมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสตรงเรียกว่า มอเตอร์ดีซี และที่ขับเคลื่อนด้วยกระแสไฟสลับเรียกว่า มอเตอร์เอซี นอกจากนั้นยังมีมอเตอร์ขนาดเล็ก ซึ่งอาจขับเคลื่อนได้ทั้งกระแสไฟสลับและกระแสไฟตรง ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ดีซีจะตรงข้ามกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโดยสิ้นเชิง แต่สำหรับโครงสร้างแล้วจะเหมือนกันทุกประการ จึงสามารถนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงมาใช้ทำหน้าที่ของมอเตอร์ดีซีได้

2.2.1 ชนิดของมอเตอร์ดีซี

การแบ่งชนิดของมอเตอร์ดีซีตามลักษณะการกระตุ้นด้วยตัวเอง จะเหมือนกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง โดยแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1) มอเตอร์ดีซีแบบขนาน (Shunt)

2) มอเตอร์ดีซีแบบอนุกรม (Series)

3) มอเตอร์ดีซีแบบผสม (Compound)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ดีซีแบบกระตุ้นแยกนั้นกระแสที่ป้อนให้ชุดขดลวดสนาม และขดลวดอาร์เมเจอร์ (Amateur) จะมาจากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงซึ่งแยกชุดกัน ส่วนแบบกระตุ้นตัวเองนั้นจะมาจากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงชุดเดียวกัน ในกรณีที่ต้องการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ดีซีโดยการปรับระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ดีซี จะใช้มอเตอร์ดีซีแบบกระตุ้นแยกเป็นกรณีพิเศษเท่านั้น แต่โดยทั่วไปจะใช้แบบกระตุ้นตัวเองเป็นส่วนมาก

2.2.2 คุณสมบัติของมอเตอร์ดีซี

คุณสมบัติของมอเตอร์แบบขนาน

สำหรับกรณีของมอเตอร์ดีซีแบบขนาน เนื่องจากวงจรสนาม และวงจรอาร์เมเจอร์ซึ่งต่อขนานกันได้รับไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าชุดเดียวกัน เมื่อแรงดันของแหล่งจ่ายและความต้านทานสนามมีค่าคงที่ ถึงแม้ว่าโหลดจะมีค่าที่เปลี่ยนแปลงก็ตามจะได้ฟลักซ์แม่เหล็ก (Φ) มีค่าคงที่จากสมการของทอร์ก (Torque) ที่ว่า

$$\Gamma_o = K' \Phi I_a \qquad (2.1)$$

โดยที่ $\Gamma_o \propto I_a$ นั่นคือ เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทอร์ก และกระแสจะมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรงดังรูป 2.10

สำหรับความเร็วรอบของมอเตอร์ดีซีแบบขนานนั้น จะได้ว่า

$$n = \frac{E_b}{K\Phi} = \frac{V - I_a r_a}{K\Phi} \qquad (2.2)$$

ขณะมอเตอร์ทำงานถ้าทำการลดโหลด (Load) ให้มีค่าต่ำลง I_a จะมีค่าต่ำลงด้วย แต่เนื่องจาก Φ มีค่าเกือบคงที่ เมื่อ V คงที่ ดังนั้นจากสมการที่ผ่านมาความเร็วรอบจะมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตรงกันข้ามถ้าให้โหลดหรือกระแส I_a มีค่าลดลงความเร็วรอบจะลดลงน้อยมาก นั่นคือ การรักษาระดับความเร็ว (Speed Regulation) มีค่าน้อยมาก ดังแสดงด้วยเส้นโค้งในรูปที่ 2.10 และเส้นโค้งนี้เรียกว่า เส้นโค้งความเร็วรอบกับกระแสซึ่งมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรงในระดับแนวนอน

ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วนั้น เป็นกรณีที่ไม่ได้คำนึงถึงเรื่องปฏิกิริยาของขดลวดอาร์เมเจอร์ (Amateur Reaction) ถ้าคำนึงถึงเรื่องปฏิกิริยาของขดลวดอาร์มาเจอร์ด้วยแล้ว สำหรับกรณีที่ I_a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าน้อยๆ Φ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยส่วนกรณีที่ I_a มีค่ามากๆ Φ จะมีค่าลดลงบ้างเล็กน้อยทำให้การรักษาระดับความเร็วในภาวะการเปลี่ยนแปลงของโหลด มีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่ได้คำนึงถึงเรื่องปฏิกิริยาของขดลวดอาร์เมเจอร์ จากคุณสมบัติอันนี้จะเห็นว่ามอเตอร์แบบขนานจะเหมาะกับงานที่ต้องการลักษณะการรักษาระดับความเร็วน้อยๆ เป็นอย่างยิ่ง เช่น งานด้านเครื่องมือเครื่องจักร เป็นต้น แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องการแรงดึงสูงๆ

คุณสมบัติของมอเตอร์ดีซีแบบอนุกรม

มอเตอร์ดีซีแบบอนุกรมจะต่างกับแบบขนานตรงที่ว่า Φ จะไม่คงที่ แต่จะมีค่าเพิ่มลดตามกระแส I_a และในบริเวณเส้นตรง ที่อยู่ต่ำกว่าส่วนโค้งงอของเส้นโค้งแมกเนไตเซชั่น (Magnatrization) ลงมาเนื่องจาก

$$\Phi \propto I_a$$

และ $$\Gamma_a \propto \Phi I_a$$

ดังนั้น $$\Gamma_a \propto I_a^2 \qquad (2.3)$$

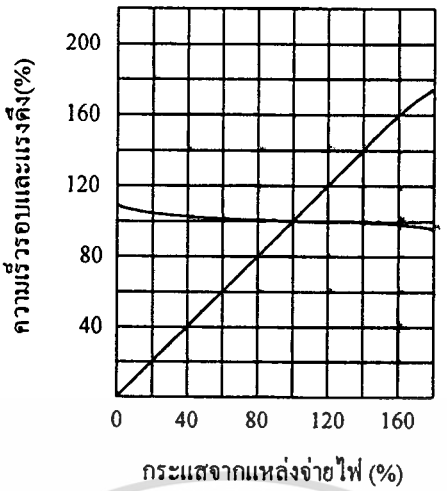
แต่ถ้ากระแส I_a มีค่ามากจนทำให้ทุกๆ ส่วนของแกนเหล็กอิ่มตัวแล้ว แม้จะเพิ่มกระแสให้มากกว่านี้ก็ตาม Φ จะมีค่าเกือบคงที่ นั่นคือ หลังจากที่แกนเหล็กเริ่มอิ่มตัวจะได้สมการของแรงดึงดังนี้

$$\Gamma_a \propto I_a \qquad (2.4)$$

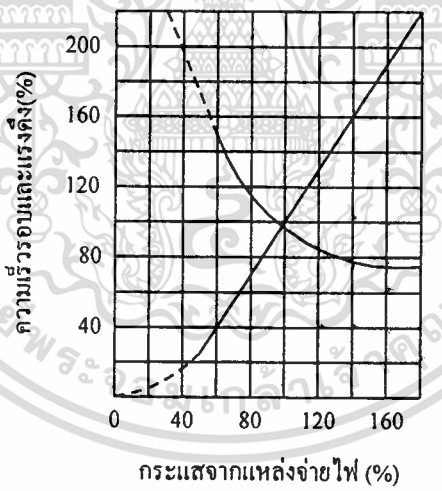
ดังนั้น เมื่อกระแส I_a มีการเปลี่ยนแปลงในย่านที่กว้างในย่านที่กระแส I_a มีค่าน้อยๆ จะได้ $\Gamma_a \propto I_a^2$ และในย่านที่กระแส I_a มีค่ามากๆ จะได้ $\Gamma_a \propto I_a$ ในทางปฏิบัติเนื่องจากบริเวณเส้นโค้งงอของเส้นโค้งแมกเนไตเซชั่น จะได้รับการออกแบบให้อยู่ใกล้เคียงกับค่าที่โหลดต้องการ ถ้าใช้งานในย่านต่ำกว่านี้จะได้ $\Gamma_a \propto I_a^2$ ดังรูปที่ 2.11

โดยทั่วไปมอเตอร์จะใช้กระแส 1.3 ถึง 1.7 เท่า ของกระแสพิกัดในการขับเคลื่อนให้หมุน ดังนั้น แรงดึงที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ให้หมุนจะมีค่ามากกว่าแรงดึงที่กระแสพิกัดมากยิ่งให้กระแสขับเคลื่อนมีค่ามากแรงดึงขับเคลื่อนจะยิ่งมีค่ามากขึ้นเช่นกันแต่สำหรับกรณีมอเตอร์ดีซีแบบขนาน เนื่องจากแรงดึง $\Gamma_a \propto I_a$ ถ้าให้กระแสขับเคลื่อนเท่ากับ 1.5 เท่า จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง และ
ความเร็วรอบกับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย



รูปที่ 2.11 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างทอร์ก และ
ความเร็วรอบกับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย

แรงดึงขับเคลื่อนเพียง 1.5 เท่าของแรงดึงพิกัดเท่านั้น แต่ถ้าเป็นกรณีของมอเตอร์ดีซีแบบอนุกรมจะได้แรงดึงขับเคลื่อนมากกว่า 1.5 เท่า (เนื่องจาก $\Gamma_a \propto I_a^2$ จะได้แรงดึงขับเคลื่อนเป็น 2.25 เท่า แต่ถ้า $\Gamma_a \propto I_a^{1.7}$ จะได้แรงดึงขับเคลื่อนเป็น 2 เท่า) นั้นคือ ถ้าใช้กระแสขับ

เอกสารนี้เผยแพร่เพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนในอัตราส่วนที่เท่า ๆ กันมอเตอร์แบบอนุกรมจะให้แรงดึงขับเคลื่อนได้มากกว่า

สำหรับการรักษาระดับความเร็วจะเห็นว่ามอเตอร์แบบอนุกรม จะให้ความเร็วรอบที่เปลี่ยนไปมาก เมื่อกระแสมีค่าเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะแม้ว่า V จะมีค่าคงที่ก็ตาม เมื่อกระแสโหลด I_a เปลี่ยนแปลงไป Φ จะเปลี่ยนแปลงตาม I_a ด้วย และจากสมการ

$$n \propto \frac{V - I_a(r_s + r_a)}{\Phi} \qquad (2.5)$$

จะเห็นว่าเมื่อกระแส I_a เพิ่มขึ้นไม่เพียงแต่จำนวนเศษมีค่าลดลง แต่ในขณะเดียวกันจำนวนส่วนจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น มอเตอร์แบบขนานจึงจัดอยู่ในประเภทความเร็วรอบคงที่ ขณะที่มอเตอร์แบบอนุกรมจัดอยู่ในประเภทที่สามารถเปลี่ยนค่าความเร็วรอบได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.11

จากเส้นโค้ง ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสไฟฟ้า มอเตอร์แบบอนุกรมนี้ จะเห็นว่าไม่ว่าจะทำการขับเคลื่อนมอเตอร์ขณะที่ไม่มีโหลดหรือมีโหลดต่ออยู่น้อยมาก โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าที่แรงดันพิกัดหรือจะทำการปลดโหลดออกหมด หรือเพียงบางส่วนในขณะมอเตอร์ทำงานก็ตาม ความเร็วรอบของมอเตอร์จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากอย่างรวดเร็ว ซึ่งลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า รันอะเวย์ (Run Away) และจำเป็นที่จะต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้น ดังนั้นในกรณีของมอเตอร์ดีซีแบบอนุกรมจึงตั้งเป็นกฎห้ามไม่ให้ใช้สายพานในการหมุนขับเคลื่อนระหว่างตัวมอเตอร์กับโหลด ทั้งนี้เพราะถ้าสายพานขาดหรือหลวมคลายตัวออกจะทำให้มอเตอร์เกิดการรันอะเวย์ได้

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง และกำลังอินพุตของมอเตอร์นั้น สำหรับกรณีของมอเตอร์ดีซีแบบขนาน เนื่องจาก $\Gamma_a \propto I_a$ และ V มีค่าคงที่ จะได้กำลังอินพุตดังนี้

$$(P = Vi_a) \propto \Gamma_a \qquad (2.6)$$

นั่นคือ กำลังอินพุตจะแปรผันโดยตรงกับแรงดึง แต่สำหรับกรณีของมอเตอร์ดีซีแบบอนุกรมในย่านกระแสโหลดที่มีค่าต่ำกว่ากระแสพิกัด เนื่องจาก $\Gamma_a \propto I_a^2$ จะได้กำลังอินพุตดังนี้

$$(P = Vi_a) \propto \sqrt{\Gamma_a} \qquad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มก.
ว518 ป 2538

ห้องสมุด
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ในย่านกระแสโหลดที่มีค่ามากๆ เนื่องจากแกนเหล็กเกิดการอิ่มตัว และ $\Gamma_a \propto I_a$ จะได้กำลังอินพุตดังนี้

$$(P = VI_a) \propto \Gamma_a \qquad (2.8)$$

สำหรับการใช้งานทั่วๆ ไป จะเห็นได้ว่ากำลังอินพุตของมอเตอร์ดีซีแบบอนุกรมจะมีการเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดึงที่น้อยกว่ากรณีของมอเตอร์ดีซีแบบขนาน

คุณสมบัติของมอเตอร์ดีซีแบบผสม

มอเตอร์ดีซีที่อาศัยคุณสมบัติการทำงานร่วมกันของขดลวดอนุกรม (ให้แรงดึงขณะเริ่มเดินเครื่องสูง) และขดลวดแบบขนาน (ให้ความเร็วรอบเกือบคงที่)ในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ มอเตอร์ดีซีแบบผสม มอเตอร์ชนิดนี้จะให้กระแสจำนวนมากไหลผ่านขดลวดอนุกรมในช่วงเริ่มเดินเครื่องจึงให้คุณสมบัติของมอเตอร์ดีซีแบบอนุกรมในช่วงนี้ กล่าวคือให้แรงดึงขณะเริ่มเดินเครื่องที่สูงกว่ามอเตอร์ดีซีแบบขนานในปริมาณของกระแสเริ่มเดินเดียวกัน หลังจากนั้นเ มื่อความเร็วรอบ n สูงขึ้นเรื่อยๆ กระแส I_a ซึ่งไหลผ่านขดลวดอนุกรมจะน้อยลงเรื่อยๆ ทำให้คุณสมบัติของขดลวดอนุกรมที่แสดงออกลดน้อยลง ช่วงการทำงานของมอเตอร์ชนิดนี้จะแสดงคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับมอเตอร์ดีซีแบบขนาน คือ ให้ความเร็วรอบที่เกือบคงที่มอเตอร์ดีซีแบบผสมนี้เหมาะที่จะนำไปขับเคลื่อนโหลดในลักษณะ เช่น ลิฟต์ เป็นอย่างยิ่ง

ในอุตสาหกรรมการผลิตบางชนิด ต้องการความเร็วรอบคงที่ตลอดไม่ว่าโหลดจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรก็ตามนั้น แม้จะเลือกใช้มอเตอร์ดีซีแบบขนานก็ไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้ทั้งนี้ เพราะจากคุณสมบัติทางด้านความเร็วรอบของมอเตอร์แบบขนานนี้จะเห็นว่า เมื่อโหลดมีค่าเปลี่ยนแปลงไปอัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเศษ และส่วนในสมการความเร็วรอบจะมีค่าไม่เท่ากัน ดังนี้

$$n = \frac{E}{K} = \frac{V - I_a r_a}{K} \qquad (2.9)$$

ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้มอเตอร์ดีซีแบบดิฟเฟอเรนเชียลคอมปาวด์ และในช่วงการเปลี่ยนแปลงของโหลดจากสภาวะไร้โหลดจนถึงโหลดเต็มที่นั้น จะให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเศษ และจำนวนส่วนในสมการความเร็วรอบเท่ากัน ดังนั้นการรักษาระดับความเร็วของมอเตอร์ชนิดนี้จะมีค่าประมาณศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากมอเตอร์แบบดิฟเฟอเรนเชียลคอมปาวด์นั้นมีข้อเสียมาก จึงไม่นิยมใช้ และในกรณีที่ต้องใช้มอเตอร์ที่ให้ความเร็วรอบที่คงที่จะหันไปใช้มอเตอร์เอซีชนิดอื่นแทน

2.2.3 การรักษาระดับความเร็ว

การรักษาระดับความเร็ว คือค่าซึ่งแสดงขนาดการเปลี่ยนแปลงของความเร็วรอบอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโหลดในมอเตอร์ที่ให้ความเร็วรอบคงที่ และหมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอบหมุนจากสภาวะโหลดเต็มที่มาเป็นสภาวะไร้โหลดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ และอัตราการเปลี่ยนแปลงจะอยู่ในรูปเปอร์เซนต์ของความเร็วรอบในสภาวะโหลดเต็มที่ค่าจำกัดความนี้คล้ายกับการรักษาระดับแรงดัน ในกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าวิธีการทดลองเพื่อหาค่าระดับความเร็ว คือให้เดินเครื่องมอเตอร์ดีซีแบบขนานหรือแบบดิฟเฟอเรนเชียลคอมปาวด์อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยการป้อนแรงดันพิกัดเข้าขั้วอินพุตของมอเตอร์จากนั้นให้เพิ่มโหลดของมอเตอร์ขึ้นเรื่อยๆ จนมีค่าโหลดเต็มที่หลังจากที่อุณหภูมิตามส่วนต่างๆของมอเตอร์ได้เพิ่มขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัวแล้ว ให้ทำการวัดจำนวนรอบหมุนของมอเตอร์ขณะนั้นสมมุติให้มีค่าเท่ากับ n จากนั้นให้ปลดโหลดของมอเตอร์ออกให้หมดแล้วจึงวัดความเร็วรอบสมมุติให้มีค่าเท่ากับ n_o อนึ่ง แรงดันระหว่างขั้วที่ป้อนให้มอเตอร์นั้นจะต้องปรับไว้ที่ค่าคงที่เสมอตลอดการทดลอง สำหรับค่าความต้านทานในวงจรสนามนั้นจะต้องมีค่าคงที่เช่นกัน โดยไม่มีการปรับ

2.2.4 แรงดึง (ทอร์ก)

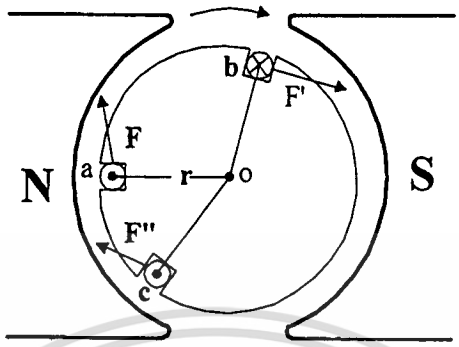
รูปที่ 2.12 แสดงแรงที่กระทำบนลวดตัวนำ (a) ซึ่งห่างจากจุดศูนย์กลาง (O) เป็นระยะ r เมตร ในทิศทางสัมผัสกับเส้นรอบวงของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ที่ตำแหน่งนี้กำหนดให้มีค่าเป็น F นิวตัน ดังนั้น แรงที่กระทำบนลวดตัวนำนี้จะมีโมเมนต์เท่ากับ $F \times r$ ซึ่งจะพยายามขับเคลื่อนแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ให้หมุนเคลื่อนที่ไป แต่เนื่องจากในแกนเหล็กอาร์เมเจอร์มีช่อง (Slot) เป็นจำนวนมาก และแต่ละช่องก็มีลวดตัวนำจำนวนมากเช่นกัน ดังนั้น แรงที่กระทำบนขดลวดตัวนำทั้งหมดจะมีโมเมนต์ ซึ่งพยายามขับเคลื่อนแกนเหล็กให้หมุนไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อรวมโมเมนต์ย่อยทั้งหมดนี้เข้าด้วยกันจะได้ผลรวมของโมเมนต์ดังนี้

$$T_a = (Fr + F'r + F''r + ...) \qquad (2.10)$$

โดยที่ T_a คือ แรงดึงที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็น m-N

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น แรงดึง คือผลรวมของโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำรอบจุดศูนย์กลาง



รูปที่ 2.12 โมเมนต์ซึ่งลวดตัวนำอาร์เมเจอร์กระทำรอบจุดศูนย์กลาง

2.3 ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์

ระบบการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ หรือความเร็ว คือ ระบบที่สามารถกำหนดความเร็วให้คงที่หรือแปรค่าไปได้ตามที่เราต้องการด้วยการกำหนดค่าสัญญาณอินพุต

รูปที่ 2.12 โมเมนต์ซึ่งลวดตัวนำอาร์เมเจอร์กระทำรอบจุดศูนย์กลางของระบบ โดยที่การแปรค่าไปของความเร็วจะต้องอยู่ภายในย่านของระบบ ซึ่งมีด้วยกัน 2 ระบบ คือ การควบคุมแบบเปิดลูป และการควบคุมแบบปิดลูป

2.3.1 ระบบการควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบเปิดลูป

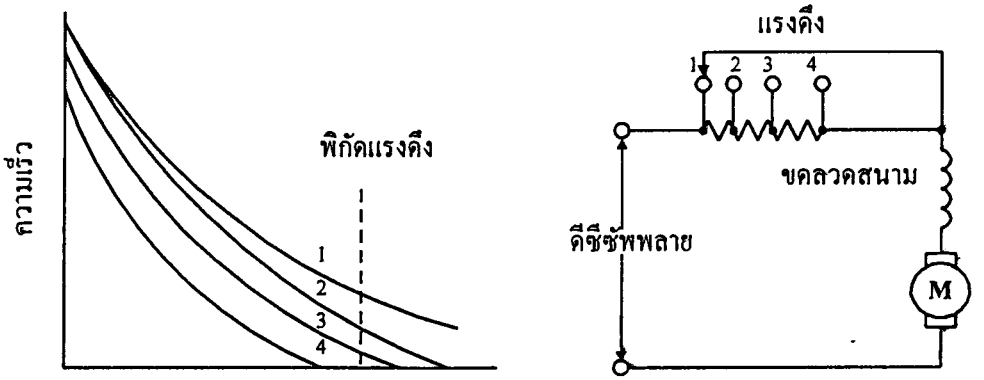
ระบบการควบคุมความเร็วชนิดนี้ยังสามารถจำแนกได้ดังนี้คือ

1) ตัวควบคุมแบบความต้านทานที่ปรับค่าได้ (Rheostat)

การควบคุมแบบนี้เป็นวิธีการควบคุมที่ง่ายที่สุด และใช้ในยุคแรกๆ มีประสิทธิภาพการควบคุมความเร็วอยู่ในพิสัย 4 : 1 และให้การรักษาระดับความเร็วของมอเตอร์ไม่ดีต่อการเปลี่ยนแปลงโหลด และแรงดันไฟฟ้าของสายส่ง การควบคุมแบบนี้ไม่มีประสิทธิภาพเพราะว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียไปในตัวต้านทาน

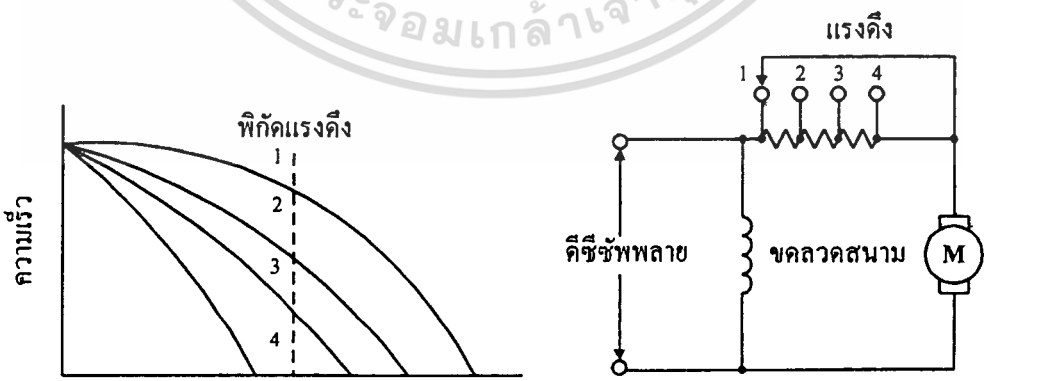
รูปที่ 2.13 แสดงถึงตัวอย่างการควบคุมความเร็วของมอเตอร์อนุกรมด้วยตัวควบคุมแบบความต้านทานที่ปรับค่าได้ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กับมอเตอร์ขนาดเล็กๆ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 วงจรการควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบอนุกรมด้วยตัวความต้านทาน และกราฟแสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วต่อแรงบิดของการควบคุมแบบนี้

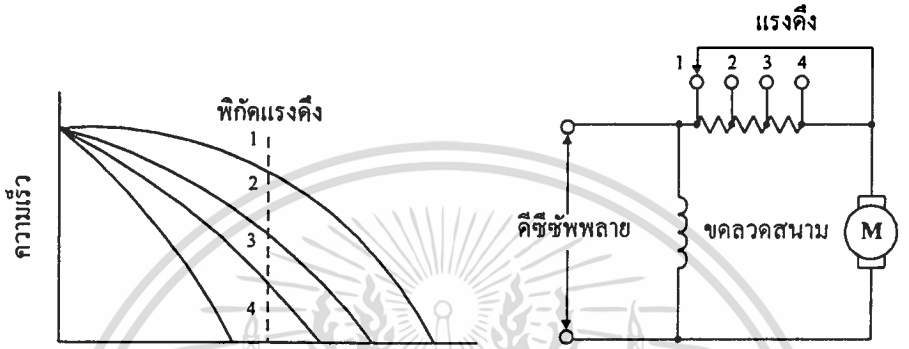
การควบคุมแบบนี้ให้คุณสมบัติการเริ่มเคลื่อนที่ที่ดี (ให้แรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ) แต่จะให้ความเร็วสูงจัดมากในขณะที่มีโหลดน้อยการควบคุมแบบนี้จะเป็นประโยชน์เฉพาะภาวะที่เป็นแรงต้านคงที่ และการควบคุมแบบนี้จะให้การรักษาระดับความเร็วลดลงเมื่อความเร็วลดลงทำให้เป็นการยากที่จะทำให้พิสัยการควบคุมกว้าง ส่วนการควบคุมความ เร็วของมอเตอร์แบบขนานด้วยตัวควบคุมแบบรีโอสตาท แสดงดังในรูป 2.14 ตัวควบคุมต่ออนุกรมอยู่กับวงจรอาร์เมเจอร์ และขดลวดของสนามถูกกระตุ้นด้วยแรงดันไฟคงที่



รูปที่ 2.14 วงจรการควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบขนานด้วยตัวความต้านทาน และกราฟแสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วต่อแรงบิดของการควบคุมแบบนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการควบคุมแสดงในรูป 2.14 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงบิด การควบคุมแบบนี้ถ้าเพิ่มความต้านทานในวงจรอาร์เมเจอร์มากขึ้นทำให้ระดับการรักษาความเร็วลดลงด้วย การควบคุมแบบนี้จึงเหมาะสำหรับงานที่แรงบิดของโหลดคงที่ดีกว่างานที่มีภาระของโหลดเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้าง



รูปที่ 2.15 การควบคุมมอเตอร์แบบขนานด้วยตัวความต้านทานที่ปรับค่าได้ต่ออนุกรมกับขดลวดสนาม

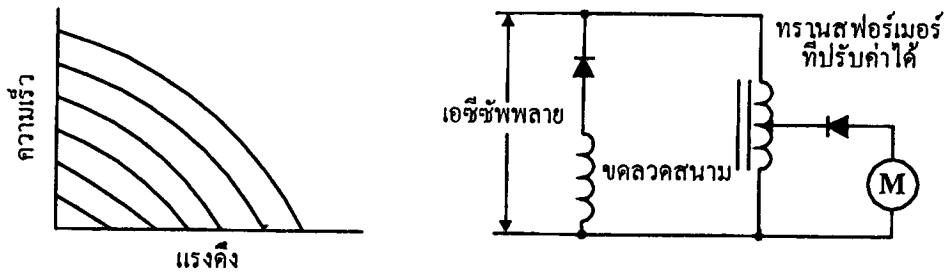
รูป 2.15 เราจะเห็นว่า มอเตอร์แบบขนานต่ออยู่กับความต้านทานควบคุมการเปลี่ยนแปลงของสนาม วงจรการควบคุมแบบนี้มีข้อดีอยู่ที่ว่าความเร็วของมอเตอร์สามารถปรับได้เฉพาะความเร็วที่สูงกว่าความเร็วที่ยังไม่ได้ใส่ตัวต้านทาน เพื่อควบคุมสนามเท่านั้นส่วนผลเสียของการควบคุมแบบนี้ คือแรงบิดคงที่ของมอเตอร์จะลดลงด้วยการเพิ่มค่าความต้านทานที่ใส่เข้าไป (ทำให้สนามแม่เล็กลดลง) ดังนั้น มอเตอร์อาจจะถูกทำให้โอเวอร์โหลดได้ง่ายและวงจรการควบคุมก็ควรจะใช้งานเฉพาะในกรณีเมื่อสภาพของโหลด และการควบคุมยืนยันได้ว่าเป็นจริง

2) การควบคุมแบบทรานสฟอร์เมอร์ที่ปรับค่าได้ (Variac) กับตัวเรียงกระแส

การควบคุมแบบนี้สามารถขับมอเตอร์กระแสตรงได้พิสัยความเร็ว 10:1 และให้การรักษาระดับ และประสิทธิภาพที่ดีกว่าการควบคุมด้วยรีโอสตาท

รูปที่ 2.16 แสดงถึงการควบคุมโดยใช้วาริแอคบังคับแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์แบบขนานโดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดสนามคงที่ ผลของคุณสมบัติความเร็วแรงบิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

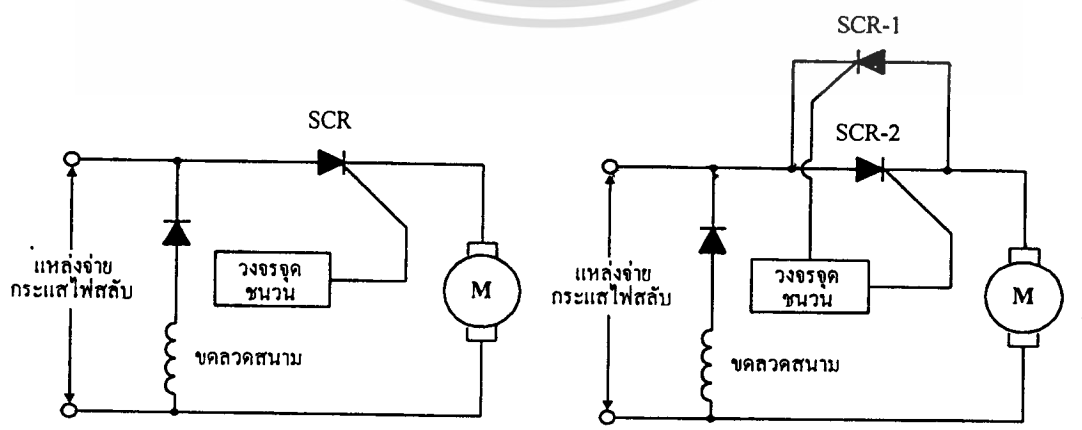


รูปที่ 2.16 ทรานสฟอร์เมอร์ควบคุมแรงดันของอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์แบบขนาน

รับการปรับปรุงดีขึ้นกว่าการควบคุมด้วยความต้านทานที่ปรับค่าได้ และให้การรักษาระดับความเร็วคงที่ได้ดีขึ้นตลอดพิสัยความเร็วที่กว้างกว่า

3) ตัวควบคุมแบบไทรีสเตอร์ (SCR)

การทำงานเป็นแบบครึ่งคลื่นจะให้คุณสมบัติคล้ายกับการควบคุมด้วยวาริแอค อย่างไรก็ตามระบบของ SCR ที่ทำงานแบบเต็มคลื่น สามารถให้พิสัยการควบคุมความเร็วได้ถึง 20:1 เมื่อใช้เทคนิคการชดเชย IR (หมายถึงเทคนิคการรับรู้กระแสและป้อนกลับเป็นระบบปิดลูป) ด้วยวิธีการชดเชยการควบคุมความเร็วนี้ สามารถให้การรักษาระดับความเร็วได้ถึง 3% จากไม่มีโหลดถึงสภาวะที่มีโหลดเต็มที่ รูปที่ 2.17 แสดงตัวอย่างการควบคุมมอเตอร์แบบขนานด้วย SCR แบบครึ่งคลื่น และแบบเต็มคลื่น



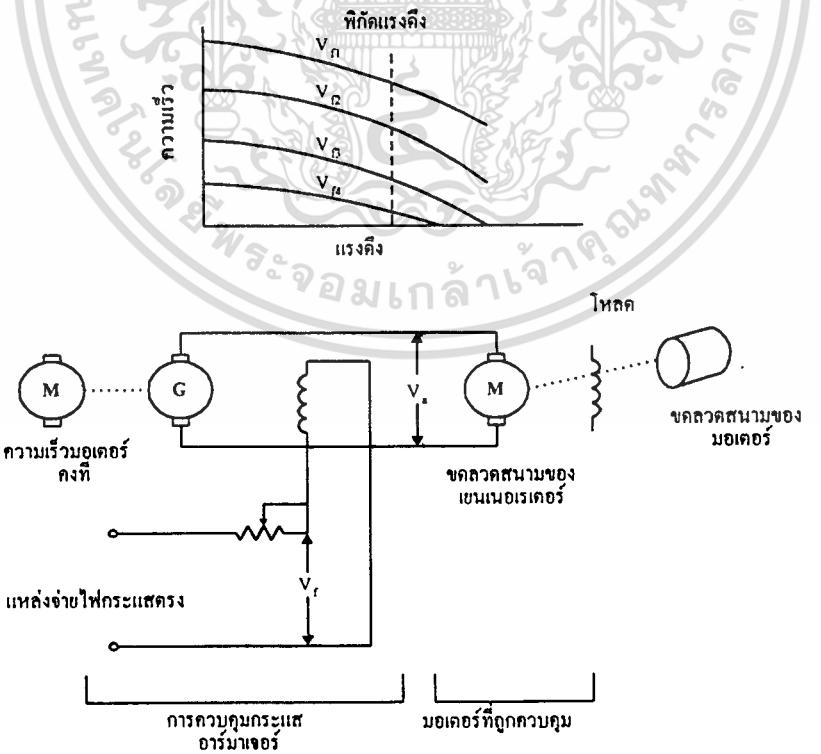
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการควบคุมมอเตอร์แบบขนานด้วย SCR แบบครึ่งคลื่นและแบบเต็มคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การควบคุมความเร็วแบบควบคุมอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ด้วยเยอเนอเรเตอร์

เป็นวิธีการควบคุมความเร็วแบบเปิดลูป ดังรูปที่ 2.18 มอเตอร์ที่มีความเร็วคงทีจะใช้เป็นตัวขับเคลื่อนเยนเนอเรเตอร์ที่มีแรงดันไฟฟ้าของขดลวดสนามสูงควบคุมให้แปรค่าได้ ดังนั้น เยนเนอเรเตอร์จะเป็นตัวผลิตแรงดันไฟฟ้าที่ปรับค่าได้ จ่ายให้กับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ และผลที่ได้เรื่องคุณสมบัติแรงบิดความเร็วที่ดีกว่าในรูป 2.14 เนื่องจากการควบคุมแบบนี้ให้การรักษาความเร็วที่เป็นอิสระต่อความเร็วที่ตั้งไว้

ผลรับที่ได้ของการควบคุมแบบนี้ ให้คุณสมบัติที่เหนือกว่าการควบคุมวิธีต่างๆ ที่กล่าวมาทั้งหมด อย่างไรก็ตามเนื่องจากราคาที่แพงของชุดมอเตอร์เยนเนอเรเตอร์ และส่วนการควบคุมขดลวดสนามของเยนเนอเรเตอร์ ทำให้การควบคุมความเร็ววิธีนี้ใช้ไม่ได้ผลดีกับการควบคุมมอเตอร์ขนาดเล็กๆ การใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ในงานอุตสาหกรรมที่ต้องการควบคุมมอเตอร์ขนาดใหญ่ๆ ตั้งแต่ 1 แรงม้าขึ้นไป เพราะว่าคุณสมบัติการขยายกำลังไฟฟ้าของชุดมอเตอร์เยนเนอเรเตอร์เหมาะสมที่จะใช้ในการควบคุมลูปปิด ในยุคแรกๆ เมื่อหลอดสูญญากาศกำลังสูง และเครื่องขยายแบบแม่เหล็กเริ่มนำมาใช้ในการควบคุม



รูปที่ 2.18 ระบบการควบคุมแบบลูปเปิดโดยใช้วิธีการควบคุมแรงดันของอาร์เมเจอร์

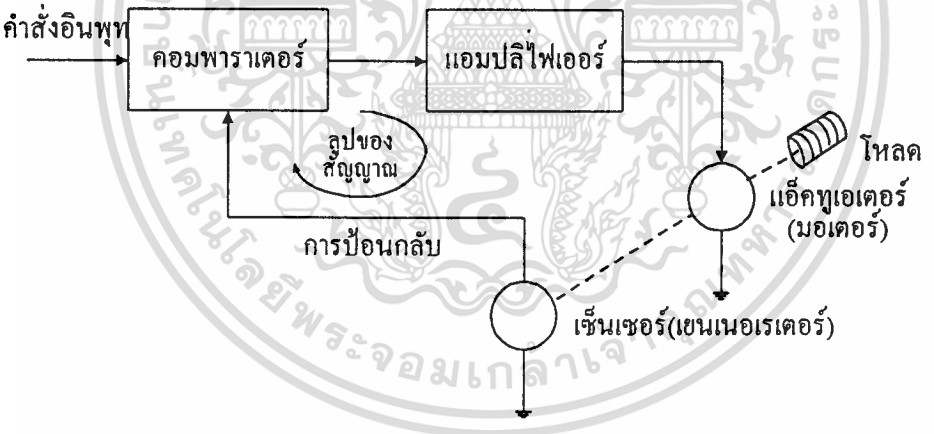
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ระบบการควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบปิดลูป

ระบบนี้แสดงในรูป 2.19 แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือการควบคุมความเร็วแบบรักษาระดับ และการควบคุมความเร็วแบบเซอร์โว

1) การควบคุมความเร็วแบบเร็คกูเลเตอร์ จะเป็นการบังคับความเร็วแบบทิศทางเดียว โดยทำงานในควอดแดร้นท์แรกเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.20 ระบบนี้ไม่สามารถจะให้แรงบิดของดีซีมอเตอร์ที่มีค่าเป็นลบ และไม่สามารถกลับทิศทางของความเร็วได้

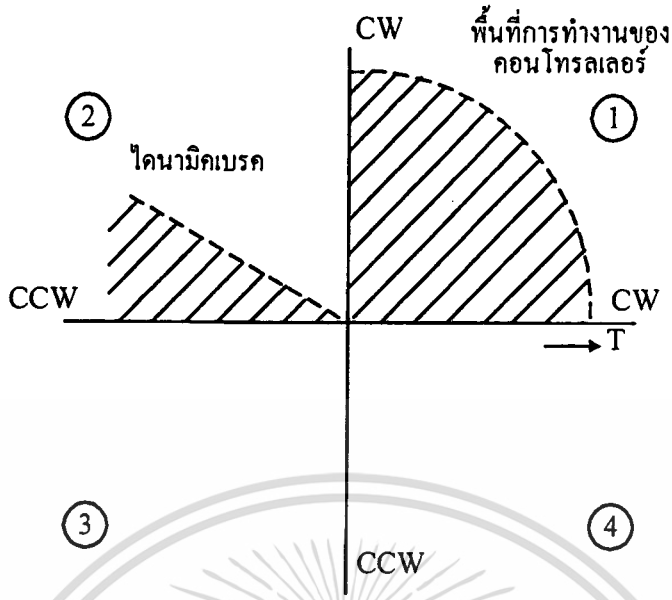
ระบบการควบคุมความเร็วแบบทิศทางเดียวนี้ เราสามารถจะเพิ่มไดนามิคเบรคเข้าไปในระบบได้ทำให้เราสามารถจำกัดแรงบิดลบของควอดแดร้นท์ที่ 2 ได้ แต่เนื่องจากการบังคับในควอดแดร้นท์ที่ 2 นี้อยู่ในพื้นที่การควบคุมให้มอเตอร์หยุดหมุน ดังนั้น เราถือได้ว่าการควบคุมความเร็วแบบเร็คกูเลเตอร์เป็นการควบคุมแบบควอดแดร้นท์เดียว



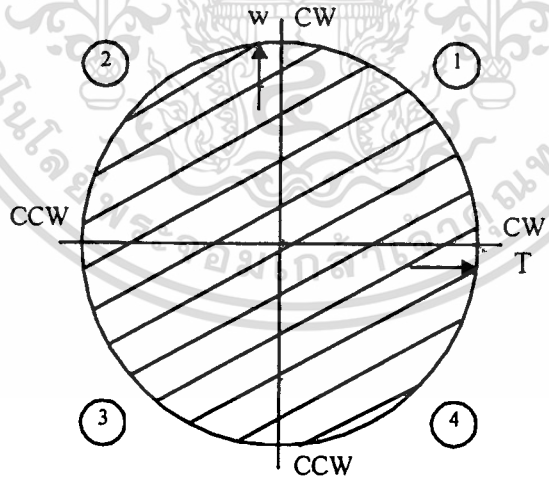
รูปที่ 2.19 ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบปิดลูป

2) การควบคุมความเร็วแบบเซอร์โว จะเป็นการบังคับความเร็วได้ 2 ทิศทางนอกจากนี้ยังสามารถให้ความเร็ว และแรงบิดของมอเตอร์ได้ทั้งในทิศทางลบและบวก ดังแสดงในรูปที่ 2.21 แสดงถึงพื้นที่การควบคุมแบบเซอร์โว คือสามารถทำงานได้แบบ 2 ทิศทางหรือเป็นการควบคุมได้ 4 ควอดแดร้นท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 การทำงานเพียงควอดแดร้นท์แรกของระบบควบคุมความเร็วแบบทิศทางเดียว



การทำงานของภาคควบคุมอยู่ในพื้นที่แรเงาทั้งหมด

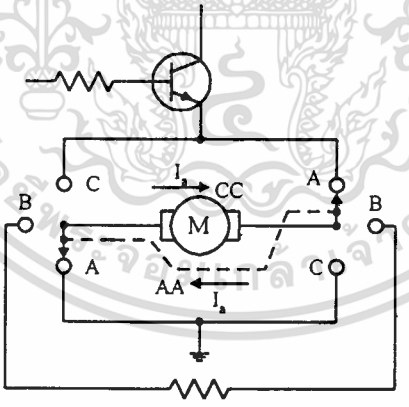
รูปที่ 2.21 การทำงานได้ถึง 4 ควอดแดร้นท์ของระบบควบคุมความเร็วแบบเซอร์โว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การควบคุมความเร็วที่สามารถกลับทิศทางได้

รูปที่ 2.22 แสดงถึงการจัดวงจรของสวิตซ์ ซึ่งให้การควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบใช้แหล่งจ่ายไฟแบบขั้วเดียว และสามารถกลับทิศทางการหมุนได้

การใช้สวิตซ์ที่กลับทิศทางได้นี้ให้อยู่ที่ตำแหน่งกลาง (B) ก็จะให้สภาวะการควบคุมแบบไดนามิคเบรค เพื่อเป็นการลดไม่ให้สวิตซ์กลับทิศทางของแหล่งจ่ายไฟจ่ายให้กับมอเตอร์รวดเร็วเกินไปในเมื่อมอเตอร์ยังหมุนอยู่ในทิศทางเดิมซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ทรานซิสเตอร์พัง (Break Down) วงจรกลับทิศทางอาจทำงานได้ด้วยรีเลย์แทนที่จะใช้สวิตซ์ที่ทำงานด้วยมือทำให้ระบบการควบคุมความเร็วที่มีคุณสมบัติแบบควบคุมได้สองทิศทาง สำหรับการบังคับในระยะทางไกล วิธีการควบคุมแบบนี้ปกติใช้งานไม่ได้ผลดีในระบบการควบคุมตำแหน่งแบบปิดลูป หรือในระบบเซอร์โวควบคุมความเร็ว ระบบเซอร์โวปกติจะมีการเปลี่ยนกลับทิศทางอยู่ตลอดเวลารอบๆ จุดสมดุลย์ ดังนั้น หน้าสัมผัสของรีเลย์จะสึกกร่อนอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นแล้วระบบดังกล่าวยังขึ้นอยู่กับการหน่วงเวลา และความไม่เป็นเชิงเส้นเนื่องจากสวิตซ์ของการหน่วงเวลา



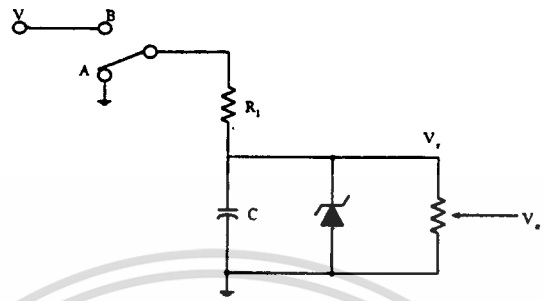
รูปที่ 2.22 การจัดวงจรของสวิตซ์ที่กลับทิศทางได้

2.3.4 ระบบการควบคุมอัตราเร่ง และการลดความเร็ว

ขณะที่วงจรจำกัดแรงบิดของมอเตอร์อยู่ที่ค่าๆ หนึ่ง สามารถควบคุมคุณสมบัติอัตราการเร่ง และการลดความเร็วของระบบการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้ หมายความว่า

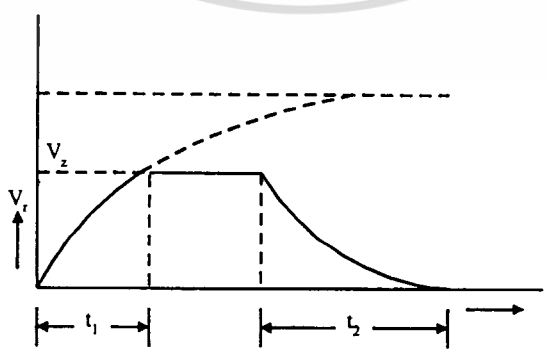
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งแรงบิดโหลด และแรงเสียดทาน ในกรณีที่เราต้องการให้มีอัตราเร่ง หรือลดความเร็วภายใต้การควบคุมความเร็วเราสามารถทำได้หลายวิธี



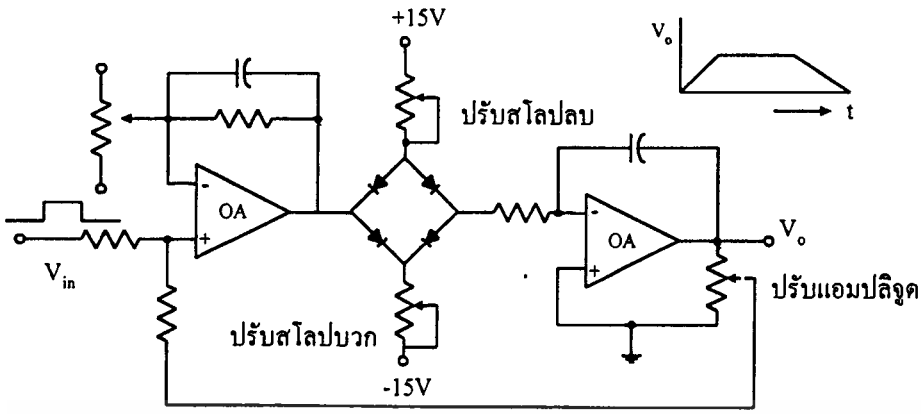
รูปที่ 2.23 วงจรควบคุมอัตราเร่งแบบง่ายๆ

วงจร RC ง่ายๆ ดังรูปที่ 2.23 สามารถใช้ควบคุมอัตราเร่งได้ ซึ่งคุณสมบัติของวงจรจะแสดงดังรูปที่ 2.24 เราจะสังเกตได้ว่า ขณะที่ระบบการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เป็นไปตามเส้นโค้งของอัตราเร่ง และระบบการควบคุมจะยังไม่เข้าสู่เส้นโค้ง การลดความเร็วลงจนกว่าสภาวะโหลด และความสามารถของไดนามิคโหลดจะยอมให้ ถ้าหากไม่เป็นไปตามกรณีดังกล่าวนี้ จะต้องใช้ระบบการควบคุมแบบสองทิศทาง ซึ่งสามารถตามร่องความเร็วได้อย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.24 คุณสมบัติของการ turn-on และการ turn-off ของวงจร RC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 วงจรกำเนิดการเร่งที่สามารถปรับความลาดได้อย่างอิสระ

วงจรควบคุมอีกแบบหนึ่งที่มีลักษณะเป็นเชิงเส้น แสดงในรูปที่ 2.25 วงจรนี้เป็นตัวกำเนิดแร็มพ์ (อัตราเร่ง) ซึ่งเป็นเชิงเส้น และสามารถปรับความลาด (Slope) ได้อย่างอิสระ

2.3.5 การเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์

สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์ ขึ้นอยู่กับสาเหตุหลายอย่างด้วยกัน แต่สามารถแยกได้เป็น 2 สาเหตุใหญ่ๆ คือการเปลี่ยนแปลงความเร็วอย่างช้าๆ เรียกว่า Long-Term Speed Variations (LTSV) และการเปลี่ยนแปลงความเร็วมอเตอร์เป็นไปอย่างรวดเร็ว เรียกว่า Instantaneous Speed Variations (ISV) สำหรับ LTSV นั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ อันเนื่องมาจากอุณหภูมิเป็นเหตุให้แรงดันไฟฟ้าขับเคลื่อนเปลี่ยนไป อีกสาเหตุหนึ่ง คือส่วนประกอบชำรุด การแก้ไขการเปลี่ยนแปลงความเร็วมอเตอร์ในลักษณะนี้จะใช้การบังคับความเร็วแบบเฟสล็อคลูป ส่วนในกรณีของ ISV นั้นค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อนขึ้นอยู่กับหลายสาเหตุด้วยกัน คือ

- เวลาของผลตอบสนอง
- การเปลี่ยนแปลงของแรงบิดโหลด
- การกระเพื่อมของแรงบิด
- แรงเสียดทานภายในมอเตอร์
- สัญญาณรบกวน
- สัญญาณรบกวนที่เกิดจากทาโคมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

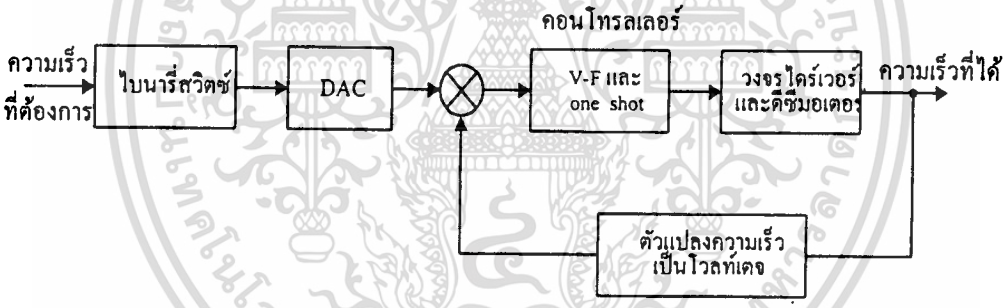
2.4 การประยุกต์ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในระบบการควบคุมมอเตอร์

2.4.1 ระบบการควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์แบบดิจิตอล

ก่อนที่จะมาศึกษาถึงระบบการควบคุม เรามาพิจารณาข้อกำหนดที่ระบบต้องการให้มีเสียก่อนคือ

- ใช้ดิจิตอลเทคนิคสำหรับการควบคุมเพื่อให้ได้ความเร็วตามต้องการ
- ความเร็วของดีซีมอเตอร์จะต้องคงที่ตามต้องการ
- สามารถปรับความเร็วได้ด้วยไมโครสวิตช์ในช่วงต่ำสุด และสูงสุดตามต้องการ
- การออกแบบระบบต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติการทำงาน ความเที่ยงตรง และราคาเป็นสิ่งสำคัญ

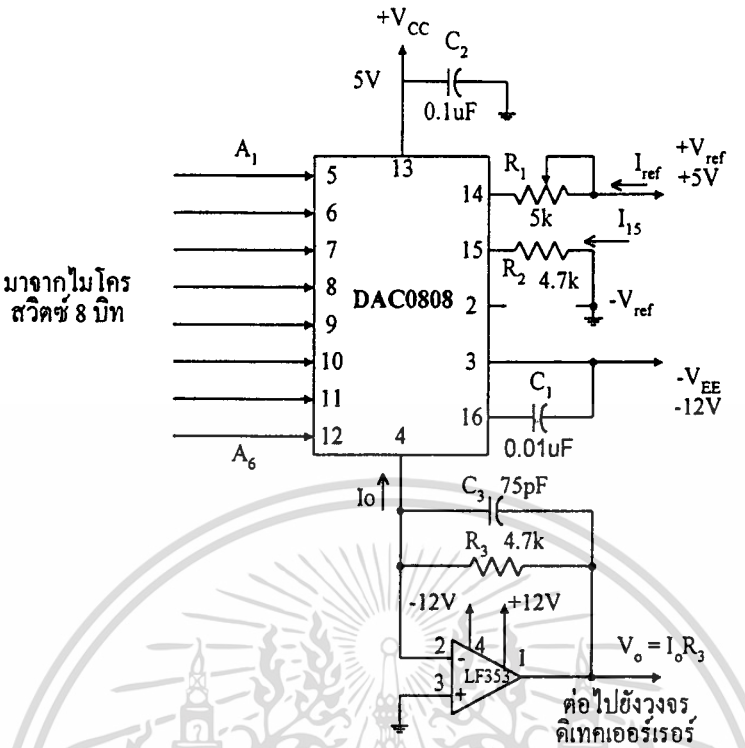
แผนผังของระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ดีซีแบบดิจิตอล แสดงได้ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 แผนผังของระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์แบบดิจิตอล

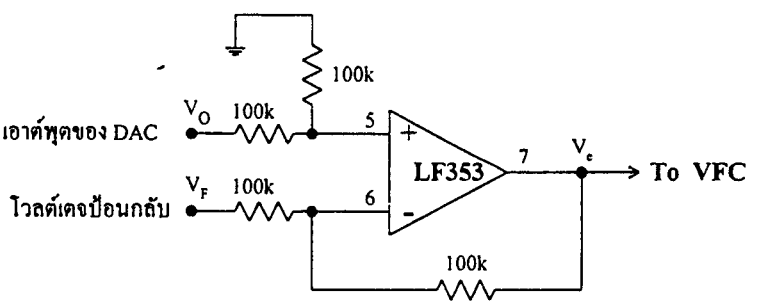
เราสามารถอธิบายการทำงานในแต่ละบล็อกได้ดังนี้ เมื่อความเร็วเข้ามาผ่านไบนารี่สวิตช์เราสามารถกำหนดค่าในไบนารี่สวิตช์ได้ เรียงลำดับจากต่ำสุดไปสูงสุด ทำให้ความเร็วเปลี่ยนแปลงได้ตามการเปลี่ยนแปลงของไบนารี่สวิตช์ ถ้าใช้ไมโครสวิตช์แบบ 8 ตำแหน่ง จะสามารถปรับความเร็วได้ถึง 256 ระดับ ส่วนด้านการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก (DAC) ใช้สำหรับแปลงค่าจำนวนไบนารี่ให้เป็นสัญญาณแอนะลอก โดยทั่วไปมักใช้ไอซีเบอร์ MC 1408 และ DAC 0808

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 การต่อวงจรของ DAC 0808

ทางด้านวงจรตรวจสอบความผิดพลาด หรือวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสเป็นวงจรที่ใช้เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า จากเอาต์พุตของ DAC 0808 กับเอาต์พุตของวงจรแปลงความเร็วเป็นแรงดันไฟฟ้าเพื่อทำให้ได้สัญญาณที่ผิดพลาด เรามักจะใช้วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสเป็นวงจรตรวจสอบความผิดพลาด วงจรแสดงดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 วงจรตรวจสอบความผิดพลาด

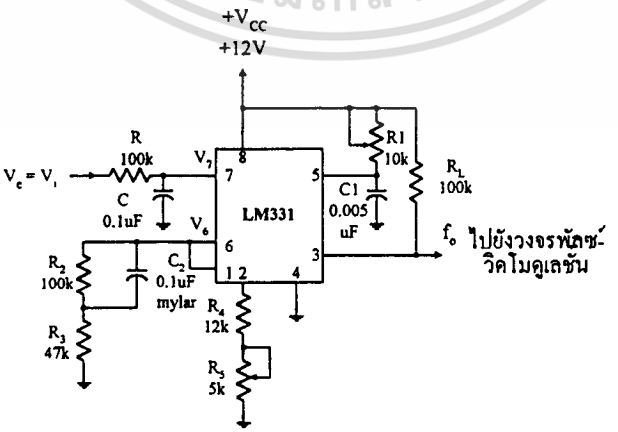
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนแผนผังควบคุมเป็นวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่ใช้รวมกับวงจร One-Shot หน้าที่ของตัวควบคุม แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ

- เป็นตัวประมวลผลสัญญาณผิดพลาด เพื่อให้สามารถใช้การควบคุมเป็นแบบดิจิตอล เทคนิค
- เป็นตัวให้สัญญาณเอาต์พุตเพื่อขับบล็อกกระบวนการ

หน้าที่แรกของตัวควบคุม คือการแปลงสัญญาณที่ผิดพลาดให้เป็นสัญญาณดิจิตอลวิธีที่ง่ายที่สุด โดยใช้วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าให้เป็นความถี่ (VFC) ไอซีเบอร์ NE/SE 566,LM 331 หรือ 9400 วงจรแสดงดังรูปที่ 2.29

บล็อกกระบวนการหรือวงจรขับกำลังมอเตอร์ และตัวมอเตอร์ โดยที่มอเตอร์มีหน้าที่ประมวลผลสัญญาณเอาต์พุตจากบล็อกควบคุม เพื่อให้การทำงานของวงจรขับกำลังมอเตอร์มีประสิทธิภาพ และสามารถควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ เราต้องจัดวงจรทรานซิส-เตอร์กำลัง 4 ตัว ให้อยู่ในรูปของ Wheat stone bridge ดังแสดงในรูปที่ 2.30 จากรูปไดโอด D_1 ถึง D_4 ใช้สำหรับป้องกันรอยต่อระหว่างขาคอลเลคเตอร์กับอิมิตเตอร์ ของทรานซิสเตอร์กำลัง จาก inductive kicks และสวิทชิ่งสไปค์ความต้านทานที่อิมิตเตอร์ R_{sense} ใช้ตรวจสอบความเร็วของมอเตอร์ ต่อไปเราพิจารณาถึงวงจรลอจิกซึ่งใช้ไปทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_2 และ Q_3 ทำงานเพื่อต้องการให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW) และให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_4 ทำงานเมื่อต้องการให้แกนของมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา (CW) วงจร ลอจิกดังกล่าว แสดงได้ดังวงจรรูปที่ 2.31 วงจรนี้ใช้ไอซี 74C14 ภายในไอซีตัวนี้ประกอบด้วยสมิททริกเกอร์ 6 ตัว

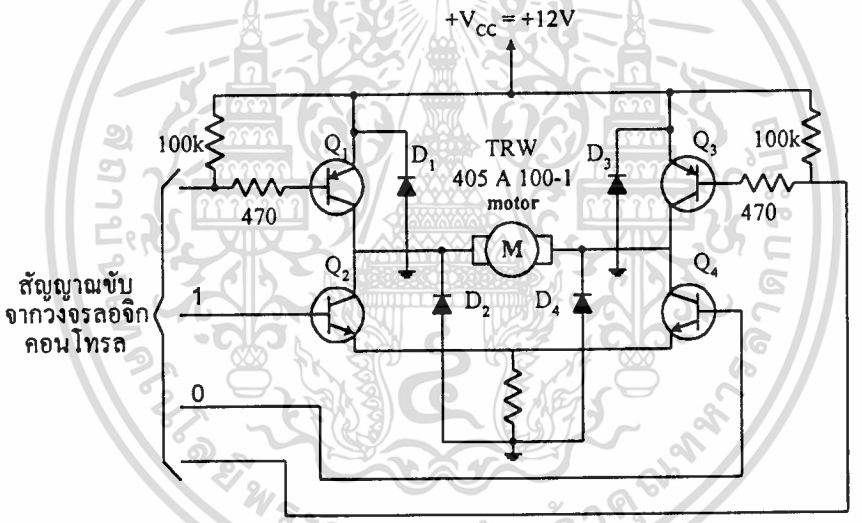


รูปที่ 2.29 วงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.31 วงจรทรานซิสเตอร์ Q_5 และสวิตซ์ใช้สำหรับควบคุมทิศทางการหมุน เมื่อสวิตซ์ CW/CCW เปิดทรานซิสเตอร์ Q_5 จะทำงาน ดังนั้นทรานซิสเตอร์ Q_3 จะทำงานด้วย และเมื่อเอาต์พุตพัลซ์ของ one-shot ป้อนให้กับเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 ทรานซิสเตอร์ Q_2 ก็จะทำงานเป็นผลให้ทรานซิสเตอร์หมุนไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ในทางตรงข้ามเมื่อสวิตซ์ CW/CCW ปิด ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_4 จะทำงาน และมอเตอร์ก็จะหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

สำหรับบล็อกของภาควัดความเร็วมอเตอร์ใช้วงจรแปลงความเร็วให้เป็นแรงดันไฟฟ้า มอเตอร์จะดึงกระแสจากวงจรขับเป็นสัดส่วนกับความเร็วของมอเตอร์ กระแสนี้จะรับรู้ได้ด้วยความต้านทาน R_{sense} ต่อกับจุดร่วม Q_2 และ Q_4 กับกราวด์ (ดังรูปที่ 2.30)



รูปที่ 2.30 วงจรขับกำลังของดีซีมอเตอร์

ในรูปที่ 2.32 แสดงถึงวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส ที่ใช้ขยายแรงดันตกคร่อมความต้านทาน R_{sense} อัตราขยายของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสขึ้นอยู่กับค่ากระแสของมอเตอร์และช่วงแรงดันเอาต์พุตของ DAC

เมื่อแรงดันเอาต์พุตของ DAC มีค่าสูงสุด อัตราการขยายของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสนี้จะต้องได้รับการปรับจนกว่าความเร็วของมอเตอร์เข้าสู่ค่าคงที่สูงสุด วงจรในรูปที่ 2.32 เมื่อเราปรับให้อินพุตมีค่าสูงสุด เอาต์พุตของ DAC เท่ากับ 5 โวลต์ มอเตอร์ก็ควรมีความเร็วสูง

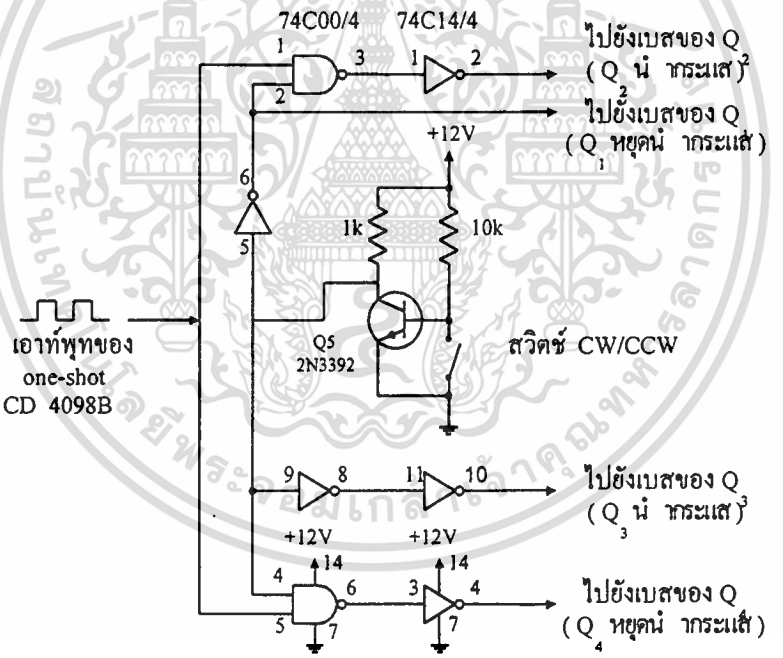
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดที่ค่านี้ด้วย มอเตอร์ที่ใช้จะดึงกระแส 150 mA ที่ความเร็วสูงสุด แรงดันตกคร่อม R_{sense} เท่ากับ 1.5 โวลต์ ดังนั้น อัตราการขยายของวงจรแปลงความเร็วเป็นแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ

$$A_{F3} = \frac{V_{0(max)}}{1.5V} = \frac{5\ V}{1.5\ V} = 3.3 \qquad (2.11)$$

2.4.2 ระบบควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

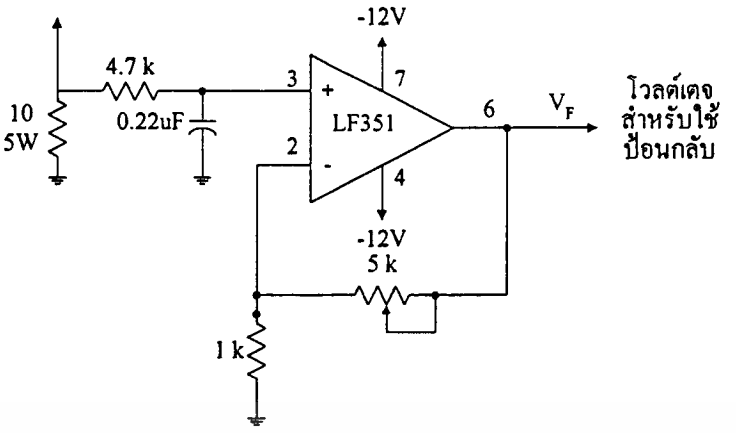
การใช้ไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ แสดงได้ดังแผนผังของระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ในรูปที่ 2.33



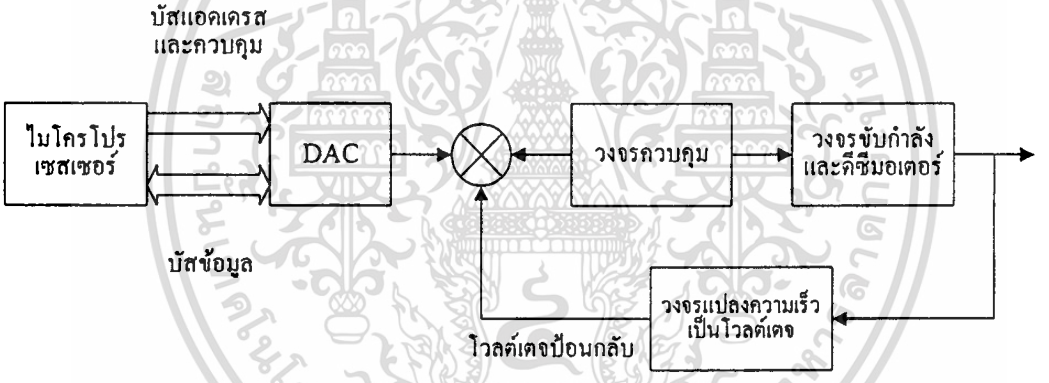
รูปที่ 2.31 วงจรลอจิกสำหรับขับทรานซิสเตอร์กำลังและควบคุมตำแหน่ง

รูปที่ 2.33 บล็อกของไมโครโปรเซสเซอร์จะทำหน้าที่ให้ไบนารี่อินพุตที่เป็นข้อมูลให้กับ ADC, ส่งตำแหน่ง (Address) เพื่อถอดรหัส (Decode) ตำแหน่ง และควบคุมเพื่อเก็บโปรแกรมสำหรับการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ และแสดงผลความเร็วของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส



รูปที่ 2.33 แผนผังของระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์
ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบนั้นระบบที่มีการควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องประกอบด้วย การออกแบบฮาร์ดแวร์ (Hard Ware) และซอฟแวร์ (Soft Ware) ในส่วนของการออกแบบฮาร์ดแวร์ เราต้องดัดแปลงวงจรควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์แบบดิจิตอลเพื่อให้สามารถใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมระบบได้ ในขั้นแรกมาพิจารณาการออกแบบระบบฮาร์ดแวร์ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การออกแบบระบบฮาร์ดแวร์

เพื่อให้เราสามารถใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ในส่วนของฮาร์ดแวร์เข้ากับวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ดีซีแบบดิจิตอลดังที่กล่าวมาแล้ว เราต้องออกแบบวงจรอินเตอร์เฟส ซึ่งประกอบด้วย วงจรถอดรหัสตำแหน่ง และวงจรควบคุมทิศทางของมอเตอร์

1.1) วงจรถอดรหัสตำแหน่ง และวงจรแล็ทช์

จากรูปที่ 2.27 ไบนารี่อินพุตสวิตช์สามารถแทนได้ด้วยเส้นทางข้อมูลของไมโครโปรเซสเซอร์ ในการเขียนข้อมูลออกไปยังอุปกรณ์รอบนอกเราต้องกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์รอบนอกเหล่านั้นด้วย อุปกรณ์รอบนอกเหล่านั้นได้แก่ DAC 1408 เนื่องจาก DAC 1408 ไม่มีส่วนติดต่อตำแหน่งโดยตรงจากไมโครโปรเซสเซอร์ได้ จำเป็นต้องใช้วงจรถอดรหัสตำแหน่งแยกต่างหาก ในที่นี้เราจะใช้ไอซีเบอร์ 74LS138 (three-to eight-line decoder) เป็นตัวถอดรหัสตำแหน่งซึ่งจะถอดรหัสได้ตั้งแต่ 1000 ถึง 8000 นอกจากตำแหน่งนี้แล้วเราจะต้องใช้ไอซีแล็ทช์ 8 บิท เบอร์ 74LS373 เนื่องจากเส้นทางข้อมูลไม่สามารถต่อได้โดยตรงกับ DAC 1408 ได้ เราใช้ 8 บิท แล็ทช์ สำหรับเก็บข้อมูลไบนารี่ใช้สำหรับกำหนดความเร็วของมอเตอร์จนกว่าข้อมูลใหม่จะถูกเขียนออกมาใหม่

คุณลักษณะทางไฟฟ้าที่สำคัญของ 74LS373 (octal D-type latchee) มีดังต่อไปนี้

- ไอซีมี 20 ขาแต่มีการแล็ทช์ข้อมูลได้ 8 บิท
- มีบัฟเฟอร์ควบคุมอินพุต
- มีเส้นทางไทรสเตทสำหรับขับเอาต์พุต
- อินาเบิ้ลอินพุตมีฮีสเทเรซีสเพื่อแก้ไขการกำจัดสัญญาณรบกวนได้ดีขึ้น

เส้นทางข้อมูลของไมโครโปรเซสเซอร์จะต่อเข้ากับอินพุตของข้อมูล 74LS373 เอาต์พุตของแล็ทช์จะถูกต่อเข้ากับอินพุตของ DAC 1408 และเราจะต่ออินพุต OC เข้ากับกราวด์ เพื่อว่าเอาต์พุตของแล็ทช์สามารถมีค่าเป็นได้ทั้ง High หรือ Low อินพุต G ของ 74LS373 จะได้จากการ NOR สัญญาณเอาต์พุต Y_0 ของ 74LS373 กับสัญญาณ $R/\overline{W}$ ของไมโครโปรเซสเซอร์ วงจรถอดรหัสตำแหน่ง และแล็ทช์ที่สมบูรณ์ แสดงได้ดังรูปที่ 2.34

ในรูปที่ 2.34 เมื่อ Y_0 และ $R/\overline{W}$ มีค่า Low อินพุต G จะมีค่า High และวงจรแล็ทช์จะถูกอินาเบิ้ลให้แล็ทช์ข้อมูลบนเส้นทางเข้าไปในไอซี 74LS373 อย่างไรก็ตาม Y_0 และ $R/\overline{W}$ จะมีค่าเป็น Low เฉพาะในช่วงเวลาเมื่อไมโครโปรเซสเซอร์เขียนไปยังตำแหน่ง 8000H เท่านั้น ข้อมูลที่ถูกแล็ทช์จะปรากฏที่เอาต์พุตของวงจรแล็ทช์ และคงอยู่จนกว่าไมโครโปรเซสเซอร์จะเขียนค่าข้อมูลใหม่ออกมาในรอบต่อๆ ไป

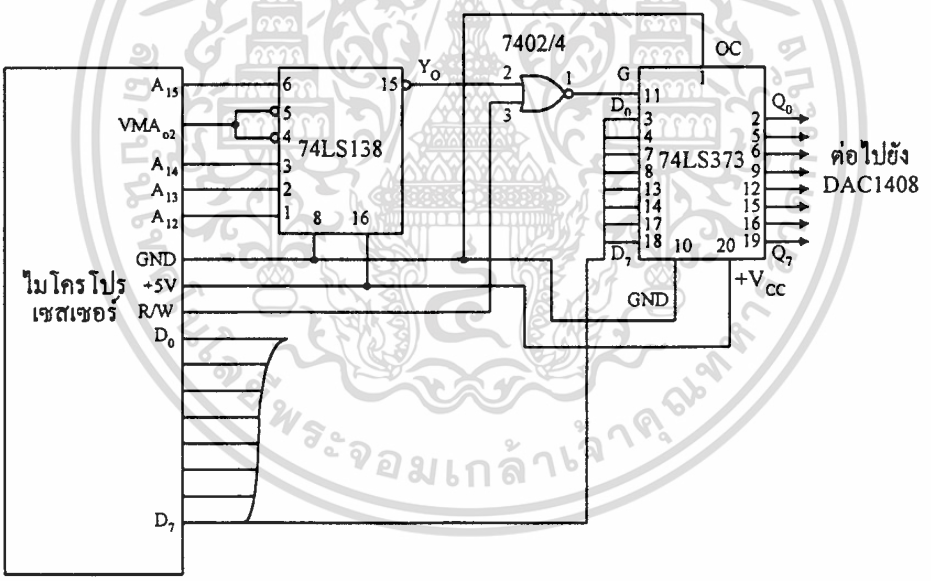
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) วงจรควบคุมทิศทางการหมุน

สามารถใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ง่ายขึ้น โดยใช้ซอฟแวร์

แต่เราจะต้องดัดแปลงฮาร์ดแวร์ในวงจรควบคุมความเร็วแบบดิจิตอลด้วยเช่นกัน คือ เราจะต้องใช้สวิตซ์ควบคุมทิศทาง CW/CCW ด้วยไอซี 74LS75 แล็ทช์ อย่างไรก็ตาม วงจรแล็ทช์นี้เราจะต้องกำหนดตำแหน่งแยกต่างหาก เรากำหนดให้แล็ทช์ 74LS75 นี้มีตำแหน่งเป็น 9000H เพื่อให้สามารถใช้วงจรถอดรหัสตำแหน่ง 74LS138 ทำการถอดรหัสตำแหน่ง 9000H ได้

การทำงานเพื่อการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไอซี 74LS57 แล็ทช์จะต่อวงจรในลักษณะรูปที่ 2.34



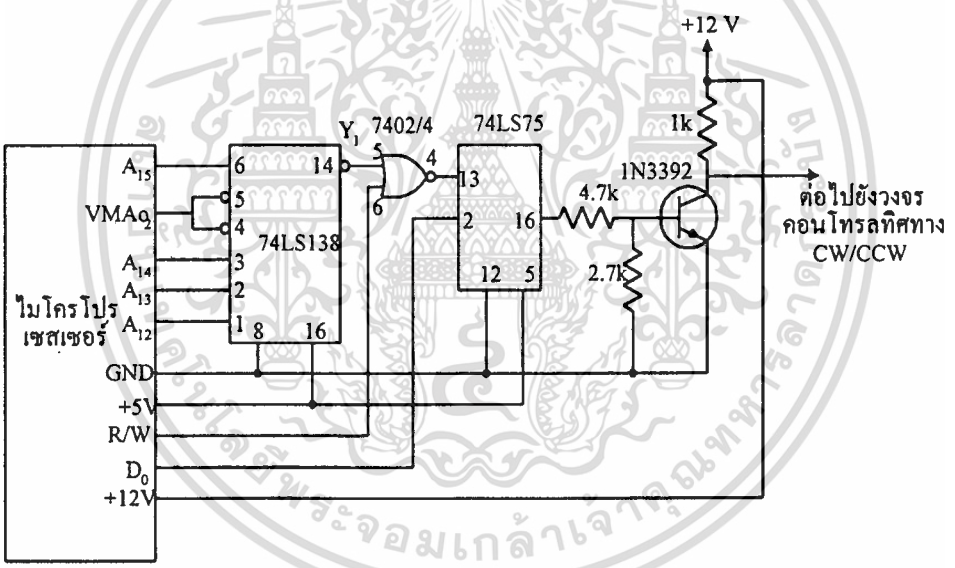
รูปที่ 2.34 วงจรการถอดรหัสตำแหน่ง 8000H และวงจรแล็ทช์ 8 บิท อินพุตข้อมูลให้กับ DAC 1408

เมื่อตำแหน่ง 9000H มาอยู่ที่ตำแหน่งเส้นทางเอาต์พุต Y_1 ของไอซี 74LS138 ถอดรหัสมีค่าเป็น Low เอาต์พุตจะถูก NOR กับสัญญาณ $R/\overline{W}$ ของไมโครโปรเซสเซอร์ โดยใช้ไอซี 7402 NOR เกท 2 อินพุต เอาต์พุตของ NOR เกท จะไปขับอินาเบิ้ลอินพุตของ 74LS75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล็ทช์ 4 บิทเส้นทางข้อมูล D_0 จะเป็นข้อมูลอินพุตให้กับแล็ทช์เมื่ออีนาเบิ้ลอินพุตของแล็ทช์มีค่าเป็น High ข้อมูลที่อินพุต D_0 จะถูกแล็ทช์ไว้ที่เอาต์พุตของมันเอาต์พุตของแล็ทช์จะถูกแปลงไปเป็นสัญญาณ 12 V โดยใช้อินเวอร์เตอร์ทรานซิสเตอร์ เราจำเป็นต้องแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า เพราะว่าสัญญาณควบคุมทิศทางเพื่อไปขับ CMOS74C จำนวน 14 เกท ทิศทางการหมุนของมอเตอร์สามารถจะโปรแกรมได้โดยการเซ็ท หรือรีเซ็ทเส้น D_0 ของเส้นทางข้อมูล

สมมุติว่า เมื่อ D_0 เป็นลอจิก 1 ทิศทางการหมุนของแกนมอเตอร์จะหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และเมื่อ D_0 เป็นลอจิก 0 ทิศทางการหมุนของแกนมอเตอร์จะหมุนไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ดังนั้น วงจรอินเตอร์เฟสที่ใช้แทนไบนารี่สวิตช์สำหรับเซ็ทดิจิตอลอินพุต และแทนสวิตช์เปลี่ยนทิศทางการหมุน CW/CCW แสดงได้ในรูปที่ 2.34 และ 2.35



รูปที่ 2.35 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

จากวงจรควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์แบบดิจิตอลที่ได้กล่าวไว้แล้ว เราสามารถใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมให้มันทำงาน โดยเราใช้วงจรถอดรหัสตำแหน่ง และวงจรแล็ทช์ 8 บิท แทนไบนารี่สวิตช์ 8 บิท เพื่อให้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถเขียนจำนวนไบนารี่ที่ต้องการไปให้ยัง DAC 1408 ดังรูปที่ 2.35 และเราแทนสวิตช์ CW/CCW ด้วยวงจรแล็ทช์ 74LS75 ดังแสดงในรูปที่ 2.36 นอกจากนั้นแล้ว ส่วนอื่นของวงจรไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนทางด้านซอฟแวร์นั้นขึ้นอยู่กับว่าเราจะเขียนโปรแกรมสั่งงานอย่างไร และขึ้นอยู่กับชนิดของไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้ ในการเขียนโปรแกรมนั้น สิ่งที่สำคัญ คือต้องทำ โฟลว์-ชาร์ทการสั่งงานมอเตอร์ก่อนเขียนเป็นโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

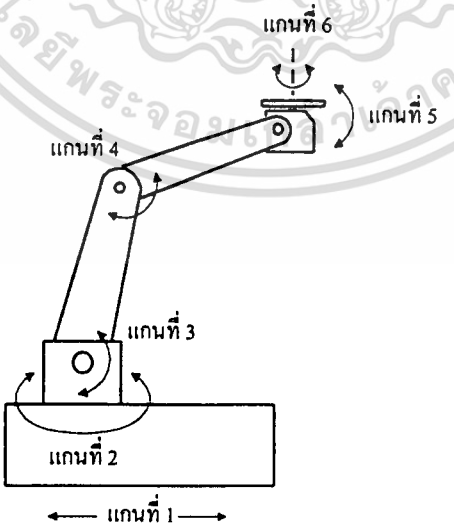
บทที่ 3

การออกแบบ การสร้างและการทำงาน

การออกแบบ และการสร้างแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การออกแบบทางด้านเครื่องกล และการออกแบบทางด้านการควบคุมความเร็ว และทิศทางของมอเตอร์ด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ การออกแบบและการสร้างนั้นสามารถ อธิบายได้เป็นส่วนๆ ต่อไปนี้

3.1 การออกแบบทางด้านเครื่องกล

ในการออกแบบทางด้านเครื่องกล ของโครงงานชุดแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอมีความยุ่งยากมาก เนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนของแกนแต่ละแกนมีความ เร็วสูงแต่กำลังในการขับเคลื่อนต่ำ โครงงานชุดนี้ต้องการความเร็วในการขับเคลื่อนที่ต่ำมากและต้องการกำลังขับเคลื่อนที่เพียงพอสำหรับการยกกล้องวิดีโอ ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่ตรงกันข้ามอย่างเห็นได้ชัด จากหลักการในการทดรอบความเร็วของมอเตอร์ให้มีความเร็วลดลงจะทำให้กำลังขับเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ในมอเตอร์กระแสตรงที่มีเกียร์ทดในตัวจะสามารถลดความเร็ว



รูปที่ 3.1 การเคลื่อนที่ของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการขับเคลื่อน และเพิ่มกำลังขับเคลื่อนให้สูงขึ้น ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของมอเตอร์ชนิดนี้ แต่ความเร็วที่ต้องการนำไปใช้ในโครงงานต้องมีความเร็วที่ต่ำมากจึงต้องอาศัยคุณสมบัติทางเครื่องกลมาแก้ไขข้อบกพร่องของมอเตอร์

จากหลักการของแขนกลในบทที่ 2 ที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อศึกษาข้อดี ข้อเสียของแขนกลชนิดต่างๆ และความเหมาะสมของโครงงานแล้ว จึงเลือกใช้หลักการของแขนกลชนิดออร์ทิคลูเลเตทที่มีขอบเขตการทำงานเป็นรูปครึ่งทรงกลม และเพื่อให้ขอบเขตพื้นที่การทำงานควบคุมพื้นที่ได้มากขึ้น จึงได้เพิ่มส่วนของการเคลื่อนที่ไปทางซ้ายและขวาเพิ่มขึ้นด้วย แสดงดังรูปที่ 3.1

ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

แกนที่	ลักษณะการเคลื่อนที่	มุมการเคลื่อนที่ (องศา)
1	ซ้าย - ขวา	-
2	หมุนซ้าย - ขวา	270
3	ขึ้น - ลง	45
4	ขึ้น - ลง	45
5	ขึ้น - ลง	90
6	หมุนซ้าย - ขวา	270

จากตารางที่ 3.1 เราสามารถแยกส่วนประกอบของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอออกเป็น 7 ส่วนหลักๆ ดังนี้

3.1.1 ระบบการขับเคลื่อนของรถในทิศทางซ้ายและขวา (Truck) (แกนที่ 1)

ใช้การขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ระบบการขับเคลื่อนของรถในทิศทางซ้ายและขวา มีข้อกำหนดที่สำคัญดังต่อไปนี้

- แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายให้กับขดลวดเท่ากับ + 24 โวลต์ และ -24 โวลต์
- ให้กำลังงาน 8.5 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเร็วรอบที่ได้ 203 rpm

จากข้อกำหนดของมอเตอร์ทางด้านความเร็วรอบที่มีค่าความเร็วรอบ 203 rpm นั้นมีความเร็วที่สูงเกินความต้องการของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ ดังนั้น จะต้องลดความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้มีความเร็วลดลง โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ประกอบเพลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว เข้ากับเฟืองส่งกำลังขนาด 30 ฟันเฟือง ยึดเฟืองกับเพลาด้วยลิ่มที่มีขนาดร่องลิ่ม 5 มิลลิเมตร และประกอบล้อเข้ากับเพลาชุดแรกส่วนเพลาอีกชุดประกอบเข้ากับล้อได้โดยไม่ต้องใช้เฟือง เนื่องจากใช้การขับกำลังด้านเดียว คือ เพลาชุดแรก

- ประกอบชุดเพลาทั้งสองชุดเข้ากับฐานของตัวรถ โดยยึดเพลาติดกับฐานด้วยตุ๊กตาทั้ง 4 ด้านของเพลา โดยภายในตุ๊กตาจะมีตลับลูกปืนทำให้เพลาเกิดการคล่องตัวขณะทำการเคลื่อนที่

- ประกอบเกียร์ทดรอบ ที่มีอัตราทดรอบ 20:1 เข้ากับฐานยึดของเกียร์ทดรอบ เพื่อลดความเร็วลง

- ประกอบเฟืองขนาด 12 ฟันเฟืองเข้ากับเกียร์ทดรอบทางด้านเอาต์พุต ยึดเฟืองติดกับแกนของเกียร์ทดรอบด้วยลิ่มที่มีขนาดร่องลิ่ม 5 มิลลิเมตร

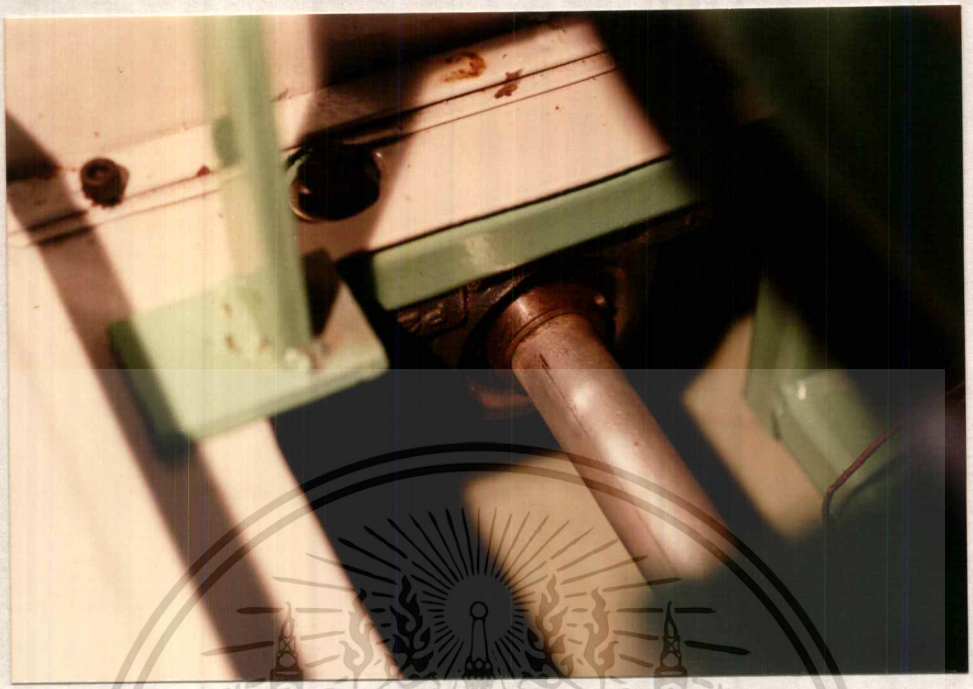
- การส่งกำลังจากเกียร์ทดไปยังเพลาจะใช้โซ่เป็นตัวส่งกำลัง การประกอบโซ่เข้ากับเฟืองทั้งสองตัวต้องประกอบโซ่ให้มีความตึงที่เหมาะสม การต่อเฟืองในชุดนี้จะทำให้ความเร็วสูงขึ้นในอัตรา 6:15 เนื่องจากจำนวนฟันเฟืองที่ใช้ส่งกำลังจากเกียร์ทดรอบไปยังเพลา

- ยึดมอเตอร์เข้ากับฐานวางมอเตอร์ และประกอบเฟืองขนาด 30 ฟันเฟือง เข้าแกนมอเตอร์ยึดแกนมอเตอร์กับเฟืองให้แน่นด้วยเกลียวหนอนขนาด 5 มิลลิเมตร

- ประกอบเฟืองขนาด 12 ฟันเฟือง เข้าทางอินพุตของเกียร์ทดรอบยึดแกนของเกียร์ทดรอบติดกับเฟืองด้วยลิ่มที่มีขนาดร่องลิ่ม 5 มิลลิเมตร ส่งกำลังจากเฟืองไปยังเกียร์ทดรอบด้วยโซ่ การต่อเฟืองในชุดนี้จะทำให้ความเร็วลดลงในอัตรา 15:6

การขับเคลื่อนของรถในทิศทางซ้ายและขวานี้ เมื่อประกอบเสร็จแล้วสามารถลดความเร็วจากมอเตอร์ไปยังเฟืองได้ 10.15 รอบต่อเมตร รูปที่ 3.2 แสดงการประกอบเพลาติดกับตัวรถ และรูปที่ 3.3 แสดงการประกอบแกนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การประกอบเพลาติดกับตัวรถ

รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของแกนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

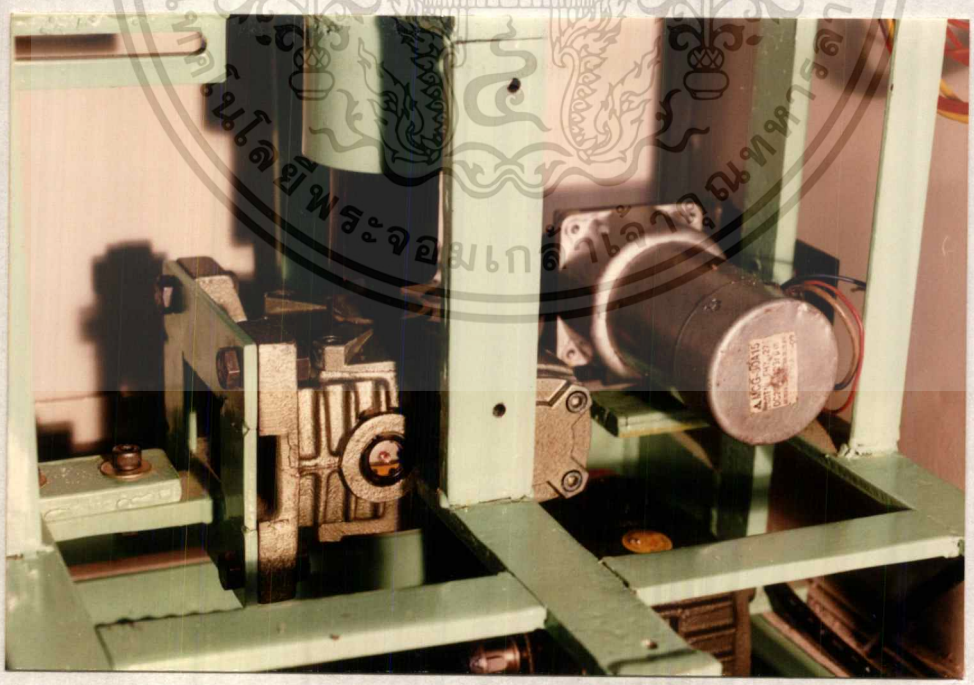
แกนที่ 1 สามารถเคลื่อนที่ไปทางซ้าย และขวาได้ด้วยการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้มอเตอร์กลับทิศทางการหมุนเท่านั้น ส่วนวงจรควบคุมการทำงานจะอธิบายในหัวข้อการควบคุมการทำงานด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.1.2 ระบบการขับเคลื่อนการหมุน (Rotary) ชุดล่าง (แกนที่ 2)

ระบบการขับเคลื่อนการหมุนชุดนี้ สามารถทำการเคลื่อนตัวในการหมุนเป็นมุม 270 องศา ใช้มอเตอร์ที่มีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

- แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายให้กับขดลวดเท่ากับ + 24 โวลต์ และ - 24 โวลต์
- ให้กำลังงาน 8.5 วัตต์
- ความเร็วรอบที่ได้ 203 rpm

การลดความเร็วของมอเตอร์ทำได้เช่นเดียวกับแกนที่ 1 คือใช้เกียร์ทดรอบที่มีอัตราทดรอบเท่ากับ 20:1 ส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังอินพุตของเกียร์ทดรอบโดยใช้โซ่ประกอบกับเฟืองที่มีจำนวนฟันเฟืองเท่ากับ 20 และ 13 ฟันเฟือง ประกอบในลักษณะการทดรอบลงเพื่อให้ความเร็วที่ได้ลดต่ำลง แกนด้านเอาต์พุตของเกียร์ทดรอบจะประกอบเข้ากับแกนของโรตารี่



รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบของแกนที่ 2

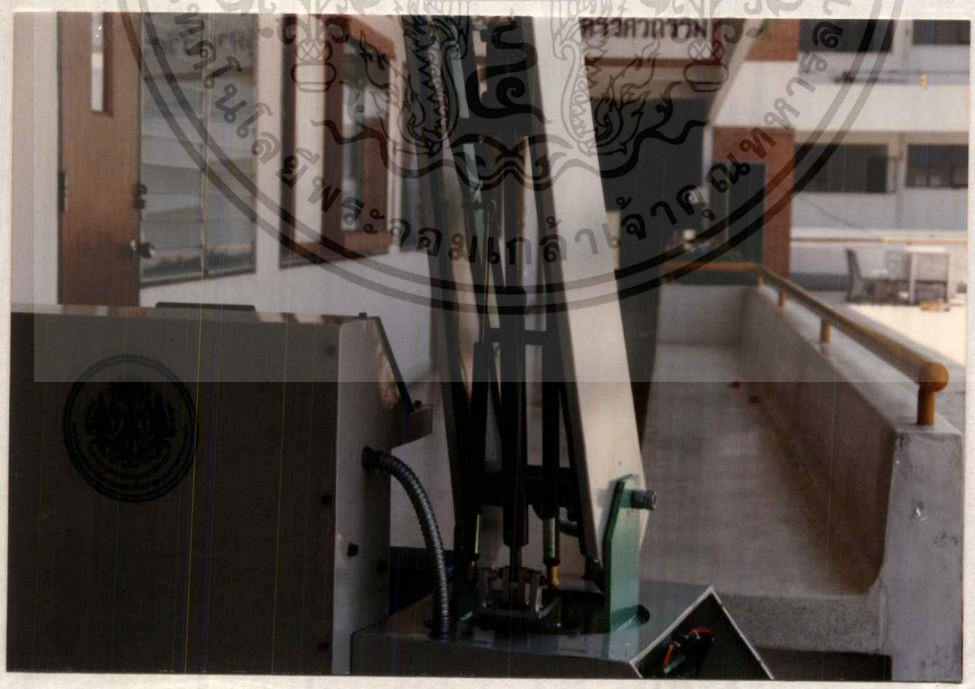
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยึดแกนเอาต์พุตของเกียร์ทดรอบกับแกนของโรตารี่ด้วยแคลมป์ล็อค (Clamp Lock) โดยแกนของโรตารี่นี้จะประกอบเข้ากับเบ้าลูกปืนที่มีตลับลูกปืนเพื่อให้เกิดการคล่องตัวขณะทำการหมุน ส่วนบนของแกนของโรตารี่จะประกอบเข้ากับจานโรตารี่ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร จานโรตารี่นี้จะเชื่อมติดกับส่วนที่ใช้ยึดแกนที่ 3 ดังรูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบของแกนที่ 2

3.1.3 ระบบการขับเคลื่อนในทิศทางขึ้น และลง (Tilt up และ Tilt down) ชุดแรก (แกนที่ 3)

ระบบการขับเคลื่อนการในทิศทางขึ้นและลงชุดนี้ สามารถปรับการขึ้นและลงได้เป็นมุม 45 องศา จากระดับบนสุดถึงระดับล่างสุด ใช้การขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ที่มีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

- แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายให้กับขดลวดเท่ากับ + 24 โวลต์ และ - 24 โวลต์
- ให้กำลังงาน 8.5 วัตต์
- ความเร็วรอบที่ได้ 55 rpm



รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบของแกนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่แกนของมอเตอร์จะต่อเข้ากับเกลียวที่มีขนาดความยาว 30 เซนติเมตร บรรจุอยู่ในกระบอกเกลียว เกลียวที่ใช้เป็นชนิดเกลียว 2 ปาก ฟันเกลียวหนา 2 มิลลิเมตร ส่วนปลายของกระบอกเกลียวจะยึดกับฐานโรตารี่ในแกนที่ 2 โดยใช้น็อตที่มีขนาดเล็กกว่ารูยึดน็อตเพื่อให้เกิดการคล่องตัว ส่วนทางด้านของมอเตอร์จะใช้เบ้าลูกปืนยึดกับหน้าแปลนของมอเตอร์เพื่อป้องกันการบิดตัวของแกนมอเตอร์ขณะที่เกลียวทำการหมุนตัว เนื่องจากแรงกดที่แกนชุดนี้จะต้องรับน้ำหนักจากแกนที่ 3, 4, 5 และ 6 เกลียวที่ออกแบบมาจะไม่สามารถรับน้ำหนักทั้งหมดได้ จึงต้องทำการเพิ่มโช๊ค (Choke) ที่มีขนาดการรับภาระน้ำหนัก 50 กิโลกรัม 2 ชุด เข้าไปในแกนที่ 3 การใส่โช๊คจะทำให้เสถียรภาพของการเคลื่อนตัวดีขึ้น รูปที่ 3.5 แสดงส่วนประกอบของแกนที่ 3

3.1.4 ระบบการขับเคลื่อนในทิศทางขึ้นและลง ชุดที่ 2 (แกนที่ 4)

เนื่องจากแกนที่ 3 มีการเคลื่อนที่ได้เพียง 45 องศา ดังนั้น จึงต้องทำการเพิ่มแกนที่ 4 ซึ่งสามารถปรับระดับมุมได้ 45 องศา การทำงานของแกนที่ 4 นี้ มีลักษณะการทำงาน เช่นเดียวกับแกนที่ 3 เพียงแต่ลดภาระการรับน้ำหนักลง ภาระการรับน้ำหนักของโช๊คชุดนี้ให้มี

รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบของแกนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาระเพียง 20 กิโลกรัม อีก 2 ชุด เนื่องจากต้องรับน้ำหนักของแกนที่ 4, 5 และ 6 ดังรูปที่ 3.6 แสดงส่วนประกอบของแกนที่ 4

3.1.5 ระบบการขับเคลื่อนในทิศทางขึ้นและลง ชุดที่ 3 (แกนที่ 5)

สำหรับแกนที่ 5 ใช้มอเตอร์ที่มีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

- แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายให้กับขดลวดเท่ากับ +12 โวลต์ และ -12 โวลต์
- ให้กำลังงาน 8.5 วัตต์
- ความเร็วรอบที่ได้ 55 rpm

โดยที่มอเตอร์จะประกอบเข้ากับเกลียวหนอน 2 ปาก ขนาดแบบมาตรฐาน M1 ช่วงเกลียวยาว 3.5 เซนติเมตร แกนเกลียวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ด้านปลายของแกนเกลียวอัดเข้ากับปลอกของตลับลูกปืน เพื่อให้การหมุนคล่องตัว เกลียวหนอนนี้จะขบเข้ากับเฟืองฟันเกลียวขนาดมาตรฐาน M1 จำนวน 15 ฟันเฟือง เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร และประกอบเข้ากับเพลาที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ในเพลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร นอกจากจะมีเฟืองฟันเกลียวแล้วยังประกอบเฟืองฟันตรงเข้าไปอีก เพื่อ

รูปที่ 3.7 ส่วนประกอบของแกนที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

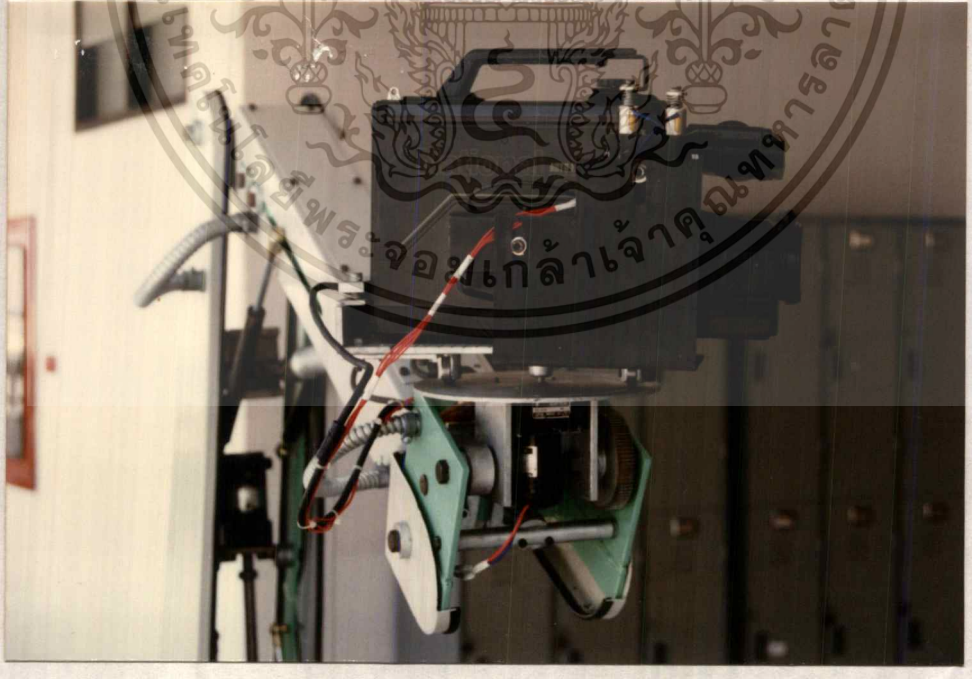
ส่งผ่านกำลังไปยังเฟืองฟันตรงอีกตัวทำให้เกิดการขับเคลื่อนในทิศทางขึ้นและลง โดยมีอัตราการทดรอบของเฟืองฟันตรงชุดนี้เท่ากับ 2:1 เฟืองฟันตรงมีขนาดแบบมาตรฐาน M1 โดยที่ตัวส่งกำลังมีจำนวนฟันเฟือง 80 ฟันเฟือง และตัวรับกำลังมีจำนวนฟันเฟือง 40 ฟันเฟือง เฟืองรับกำลังจะยึดติดกับฐานรองรับแกนที่ 6 ปลายทั้ง 2 ด้านของเพลาขนาด 8 มิลลิเมตร จะถูกยึดกับด้านปลายของแกนที่ 4 เนื่องจากเพลาต้องการการหมุนที่คล่องตัว ดังนั้น จึงต้องอัดบูท (Boot) ทองเหลืองที่ปลายทั้งสองข้าง เพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวของเฟือง ดังนั้นต้องทำการยึดเฟืองให้ติดกับเพลาด้วยสกรู รูปที่ 3.7 แสดงส่วนประกอบของแกนที่ 5

3.1.6 ระบบการขับเคลื่อนการหมุนชุดบน (แกนที่ 6)

ระบบการขับเคลื่อนการหมุนชุดบนใช้มอเตอร์ที่มีข้อกำหนดดังนี้

- แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายให้กับขดลวดเท่ากับ +12 โวลต์ และ - 12 โวลต์
- ให้กำลังงาน 8.5 วัตต์
- ความเร็วรอบที่ได้ 55 rpm

การขับเคลื่อนในชุดนี้ จะใช้มอเตอร์ไฟตรงขับโดยตรงกับจานโรตารี่ ซึ่งมีขนาด 17



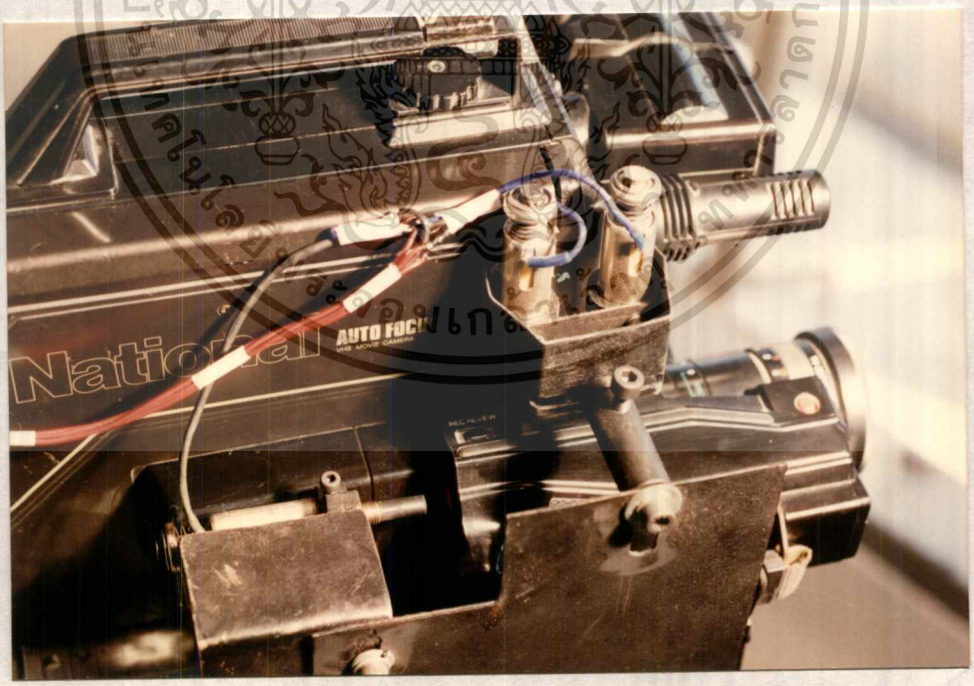
รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบของแกนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนติเมตร ฐานวางกล้องวิดีโอถูกยึดด้วยตลับลูกปืนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร เป็นล้อหมุนรอบจานโรตารี่ โดยที่แกนของมอเตอร์จะถูกประกอบเข้ากับฐานวางกล้องวิดีโอ เพื่อขับให้ฐานวางกล้องวิดีโอหมุน การหมุนของโรตารี่ชุดนี้จะหมุนได้เป็นมุม 270 องศา เนื่องจากความเร็วรอบของมอเตอร์มีความเร็วสูง ดังนั้น ต้องออกแบบวงจรควบคุมความเร็ว ให้ความเร็วที่ได้จากมอเตอร์ช้าลง ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อการออกแบบระบบควบคุมความเร็ว มอเตอร์ รูปที่ 3.8 แสดงส่วนประกอบของแกนที่ 6

3.1.7 ชุดควบคุมการบันทึก (Record) การปรับระยะใกล้ไกลของภาพ (Zoom in และ Zoom out)

เป็นระบบที่ใช้อุปกรณ์ขดลวดตัวนำที่เรียกว่า โซลินอยด์ (Solenoid) ซึ่งใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 48 โวลต์ ในกรณีนี้จะใช้ 3 ตัว วางในลักษณะที่ให้แรงกดไปยังปุ่มควบคุมกล้องไม่มากเกินไปนักเพื่อป้องกันการเสียหายอันเกิดจากแรงกด การวางอุปกรณ์โซลินอยด์แสดงดังรูปที่ 3.9

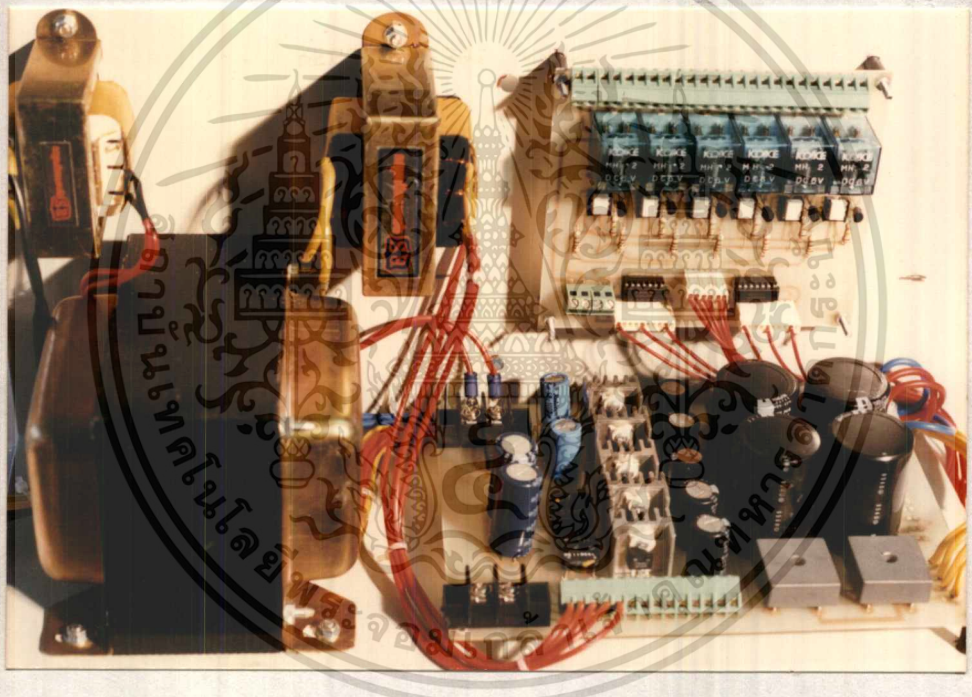


รูปที่ 3.9 การวางโซลินอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

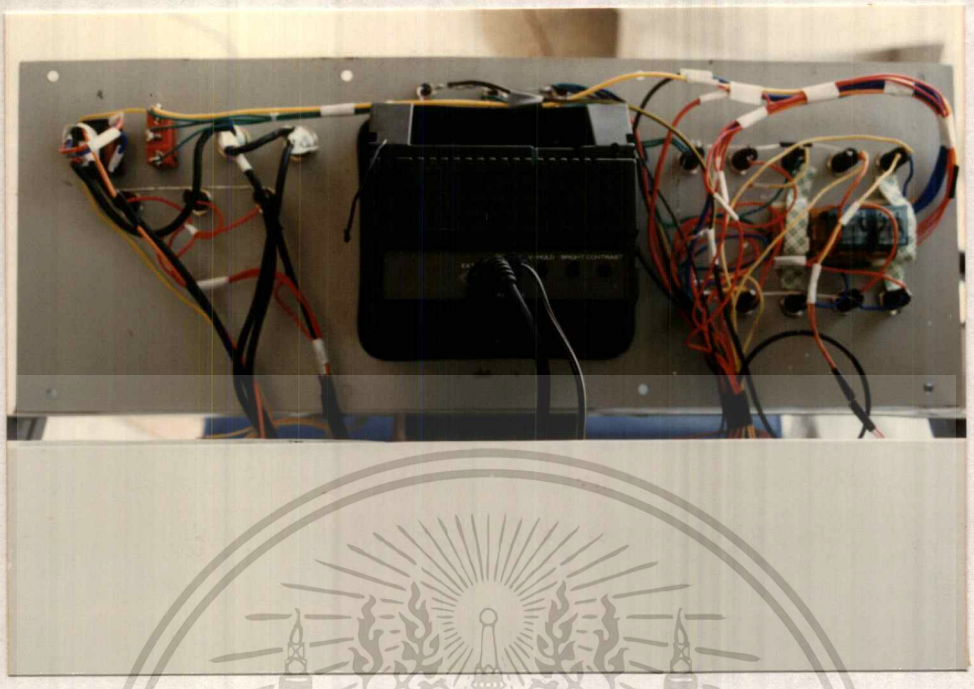
3.2 โครงสร้างภายนอกของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

เป็นอุปกรณ์ที่เรานำมาประกอบเข้าเป็นแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ เพื่อให้สามารถวางวงจรและอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของตัวเครื่องได้ วงจรจะถูกออกแบบและวางอุปกรณ์ไว้ 2 ส่วนด้วยกัน คือส่วนที่ปกปิดชุดแกนที่ 2 มีการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่3.10 และส่วนของชุดหน้าปัทม์ควบคุมการทำงานของเครื่อง ซึ่งประกอบไปด้วยสวิทซ์ควบคุมการทำงานและหน้าจอโทรทัศน์ (Monitor) ดังแสดงในรูปที่ 3.11 โครงสร้างภายนอกของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ แสดงดังรูปที่ 3.12

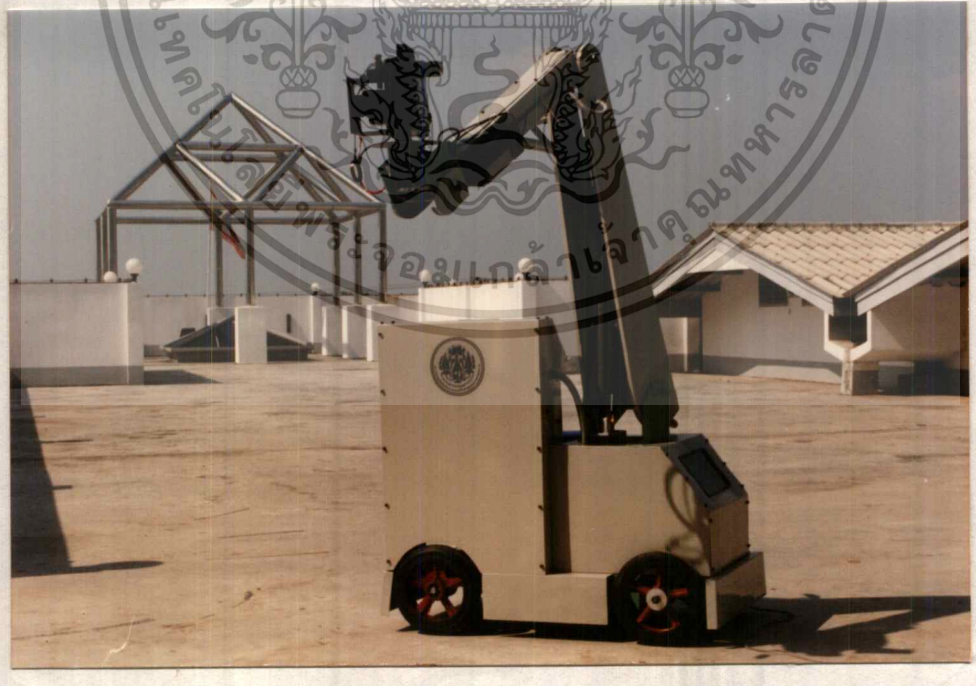


รูปที่ 3.10 การวางอุปกรณ์ส่วนที่ปกปิดชุดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 การวางอุปกรณ์ส่วนหน้าปัทม์ควบคุม

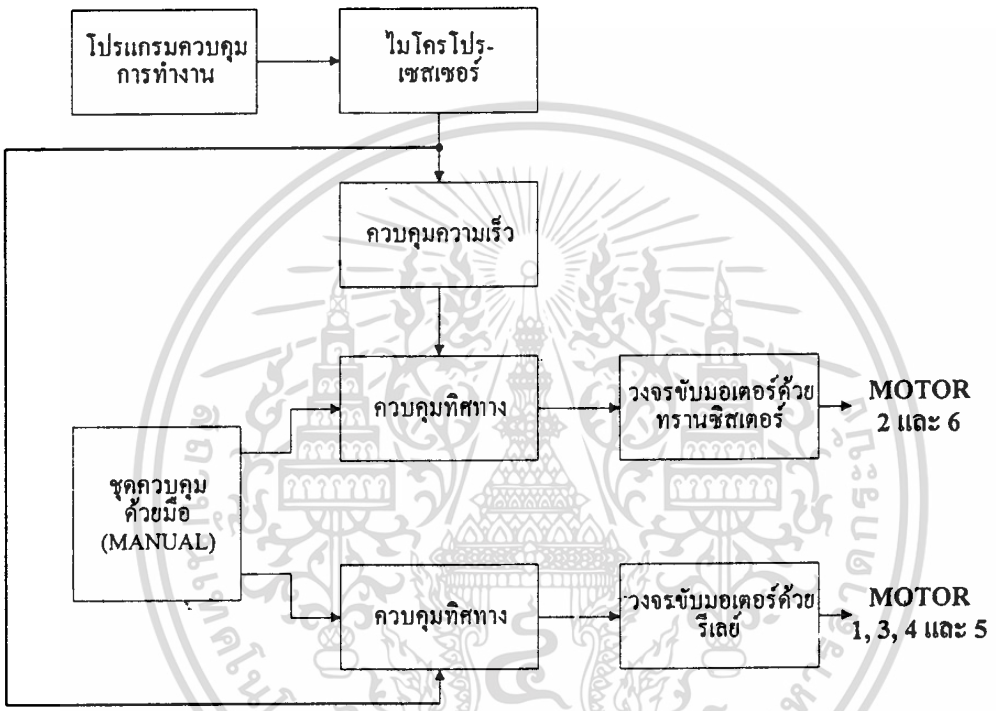


รูปที่ 3.12 โครงสร้างภายนอกของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของระบบ มีการออกแบบแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ควบคุมการทำงานด้วยมือ (Manual) และส่วนควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์มีโครงสร้างดังแสดงใน รูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แผนผังการทำงานของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

3.3.1 วงจรควบคุมการทำงานแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอด้วยมือ

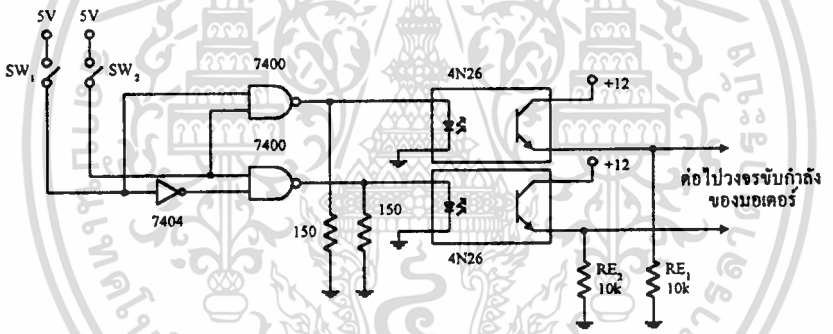
เนื่องจากระบบการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ ส่วนควบคุมการทำงานด้วยมือ และส่วนควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ดังนั้น วงจรที่ออกแบบต้องเอื้ออำนวยต่อการทำงานของระบบการควบคุมทั้งสองระบบ เพื่อความประหยัดวงจรและอุปกรณ์ การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานด้วยมือ สามารถออกแบบวงจรได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ควบคุมการขับกำลังมอเตอร์ด้วยเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ และส่วนของวงจรขับกำลังด้วยรีเลย์ ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดของวงจรดังนี้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

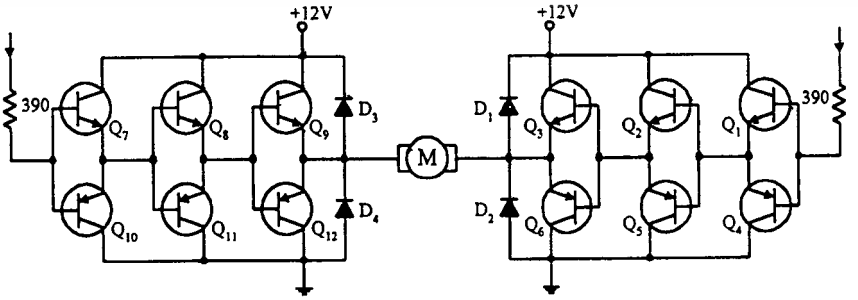
วงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์กำลัง

การออกแบบวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์กำลังนั้น แบ่งการขับมอเตอร์ออกเป็น 2 ส่วน เพื่อทำการควบคุมทิศทางของมอเตอร์ มอเตอร์กระแสตรงจะสามารถกลับทิศทางการหมุนได้นั้น จะใช้การกลับขั้วแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ ดังนั้น การออกแบบต้องใช้ทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็นเพื่อขยายทางด้านบวก และทรานซิสเตอร์ชนิดพีเอ็นพีขยายทางด้านลบ การออกแบบเพื่อให้มอเตอร์หมุนได้สองทิศทางจึงต้องใช้ทรานซิสเตอร์ขับกำลังมอเตอร์ 2 ชุด และเพื่อให้กระแสเพียงพอสำหรับการจ่ายให้ทรานซิสเตอร์ จึงต้องทำการขยายเพิ่มด้วยทรานซิสเตอร์ และออปโต้ทรานซิสเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 3.14

จากรูปที่ 3.15 แสดงวงจรการขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์ เมื่อปิดสวิทช์ SW_1 ออปโต้ทรานซิสเตอร์ OT_1 จะนำกระแสเกิดแรงดันตกคร่อม R_1 ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2



รูปที่ 3.14 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์



รูปที่ 3.15 วงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์

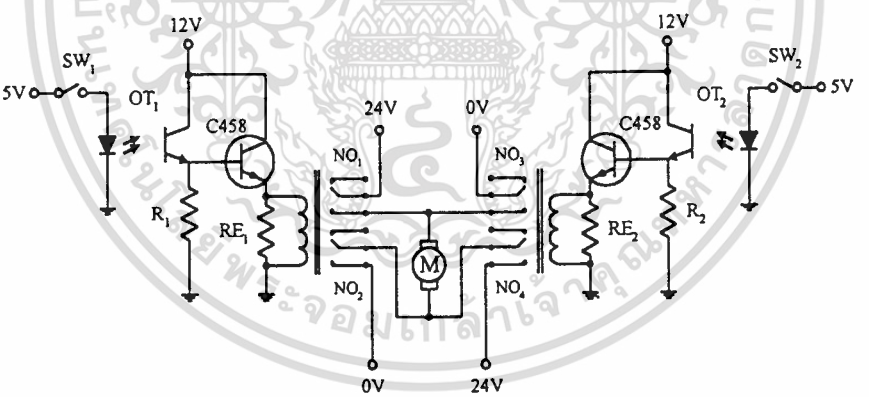
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ Q_3 นำกระแสที่ R_2 จะมีแรงดันไฟฟ้าเป็นลบทำให้ Q_{10} , Q_{11} และ Q_{12} นำกระแสครบวงจร มอเตอร์จะหมุนซ้าย ส่วนการหมุนขวาใช้หลักการเช่นเดียวกับการหมุนซ้ายเมื่อกดสวิทช์ SW_2 โดยอุปกรณ์ที่ทำงาน คือ Q_4 , Q_5 , Q_6 , Q_7 , Q_8 และ Q_9

วงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์

วงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์ใช้หลักการตัดต่อสวิทช์ด้วยรีเลย์ 2 หน้าสัมผัส 2 ตัว เพื่อเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ รูปที่ 3.16 แสดงวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์

การทำงานของวงจร เมื่อต้องการให้มอเตอร์หมุนขวาให้ปิดสวิทช์ SW_1 ออปโต้-ทรานซิสเตอร์ OT_1 จะนำกระแส ทำให้มีแรงดันตกคร่อมความต้านทาน R_1 และทำการขยายแรงดันด้วยทรานซิสเตอร์ C458 เกิดแรงดันตกคร่อมความต้านทาน RC_1 ซึ่งเป็นแรงดันของขดลวดของหน้าสัมผัสรีเลย์ NO_1 และ NO_2 ปิดวงจร ทั้ง 2 หน้าสัมผัสครบวงจร มอเตอร์จะหมุนขวา โดยที่ขาร่วมของหน้าสัมผัสที่ 1 จะต่อกับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้า 24 โวลต์และขาร่วมของหน้าสัมผัสที่ 2 จะต่อเข้ากับขากราวด์



รูปที่ 3.16 วงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์

ในการสั่งให้มอเตอร์หมุนซ้ายนั้น ทำได้โดยการปิดสวิทช์ SW_2 ออปโต้ทรานซิส-เตอร์ OT_2 จะนำกระแส ทำการขยายแรงดันไฟฟ้าเพิ่มโดยใช้ทรานซิสเตอร์ C458 ทำให้ขดลวดรีเลย์เกิดเหนี่ยวนำ ทำให้หน้าสัมผัส NO_3 และ NO_4 ปิดวงจร โดยที่ขาร่วมของรีเลย์ของหน้าสัมผัสที่ 3 จะต่อกับไฟกราวด์ของแหล่งจ่าย 24 โวลต์ และขาร่วมของหน้าสัมผัสที่ 4 จะ

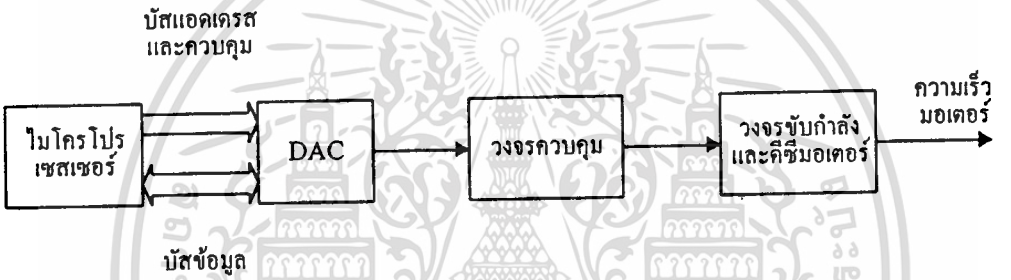
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อกับแหล่งจ่ายไฟบวก 24 โวลต์ ครบวงจรมอเตอร์จะหมุนซ้าย

การออกแบบวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์ จะมีทั้งหมด 4 ชุด เพื่อควบคุมแกนที่ 1 แกนที่ 3, แกนที่ 4 และแกนที่ 5

3.3.2 วงจรการควบคุมความเร็วและทิศทางมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

จากแผนผังการควบคุมความเร็วมอเตอร์ ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำหน้าที่ให้ไบนารี่อินพุตที่เป็นข้อมูลให้กับวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก ส่งตำแหน่งเพื่อถอดรหัสตำแหน่ง และควบคุมเพื่อเก็บโปรแกรมสำหรับการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์



รูปที่ 3.17 แผนผังของการควบคุมมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก (Digital To Analog Circuit) ใช้สำหรับแปลงค่าจำนวนเลขฐานสองให้เป็นสัญญาณแอนะลอก วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอกที่นำมาใช้ คือไอซีเบอร์ DAC0808 และ MC1408 ซึ่งมีข้อกำหนดทางไฟฟ้าดังนี้

- กระแสเอาต์พุตเต็มสเกล (I_o setting time) เท่ากับ 300 ns
- ความเที่ยงตรง (อัตราผิดพลาดเทียบกับกระแสเอาต์พุตเต็มสเกล) มากกว่า 0.19%
- กระแสของแหล่งจ่ายไฟฟ้าไม่ขึ้นอยู่กับรหัสบิท
- ต่อได้โดยตรงกับ TTL , DTL หรือ CMOS
- แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า +5 โวลต์ และ -5 ถึง -15 โวลต์

ลักษณะของการต่อวงจรของ DAC0808 แสดงได้ดังรูป 3.18

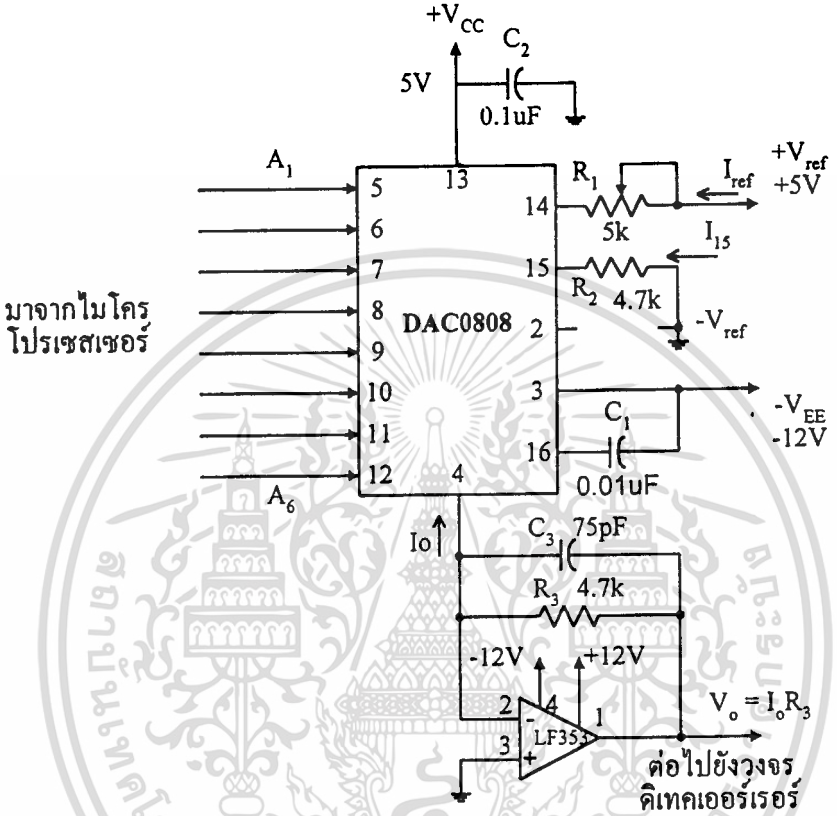
จากรูปที่ 3.18 นี้เราใช้ $+V_{cc}$ = +5 โวลต์ , V_{EE} = -12 โวลต์

$+V_{ref}$ = +5 โวลต์ , $-V_{ref}$ = 0 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R_1 = 5 กิโลโอห์ม , R_2 = 4.7 กิโลโอห์ม

C_1 = 0.01 ไมโครฟารัด



รูปที่ 3.18 ลักษณะการต่อวงจร DAC 0808

เราสามารถคำนวนหากระแสเอาต์พุตของวงจรดังสมการต่อไปนี้

$$I_o = \frac{V_{ref}}{R_1}\left(\frac{A_1}{2}+\frac{A_2}{4}+\frac{A_3}{8}+\frac{A_4}{16}+\frac{A_5}{32}+\frac{A_6}{64}+\frac{A_7}{128}+\frac{A_8}{256}\right)$$

$$I_o = \frac{+V_{ref}\ N}{256R_1} \qquad (3.1)$$

เมื่อ $+V_{ref}$ คือ แรงดันไฟฟ้าอ้างอิงเป็นบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R_1 คือ ตัวต้านทานต่อระหว่างขา 14 และ $+V_{ref}$

N คือ จำนวนไบนารี่อินพุตที่มีค่าเป็นเลขฐานสิบ

เราจะต้องแปลงกระแสเอาต์พุต I_o ให้อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้า ดังนั้นเราจำเป็นต้องใช้วงจรแปลงกระแสให้เป็นแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก ดังแสดงในรูปที่ 3.18 ดังนั้น แรงดันเอาต์พุต V_o เท่ากับ

$$V_o = I_o R_3$$

$$= \frac{+V_{ref} \quad N}{256R_1} R_3$$

เมื่อ R_3 เป็นโหลดของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก

กำหนดให้ R_3 = 4.7 กิโลโอห์ม , ส่วนคาปาซิเตอร์ C_3 ใส่คร่อม R_3 เพื่อลดการพุ่งเกิน (Overshoot) และการออสซิเลทให้ต่ำที่สุด

ในรูปที่ 3.18 เมื่อไบนารี่อินพุตลอจิกมีค่าเป็น $(1111\ 1111)_2$ เราจะต้องปรับพ็อท R_1 ให้ได้ V_o = 5 V ดังนั้น เอาต์พุตเต็มพิกัดของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอกเท่ากับ 5 V ซึ่งเป็นผลให้วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอกมีความละเอียดเท่ากับ 5 V / 256 = 19.5 mV เอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลจะแปรค่าจาก 19.5 mV ถึง 5 V เมื่อไบนารี่อินพุตมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก $(0000\ 0000)_2$ ถึง $(1111\ 1111)_2$

วงจรควบคุม (วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่ร่วมกับวงจรวันช็อท)

หน้าที่ของตัวควบคุมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

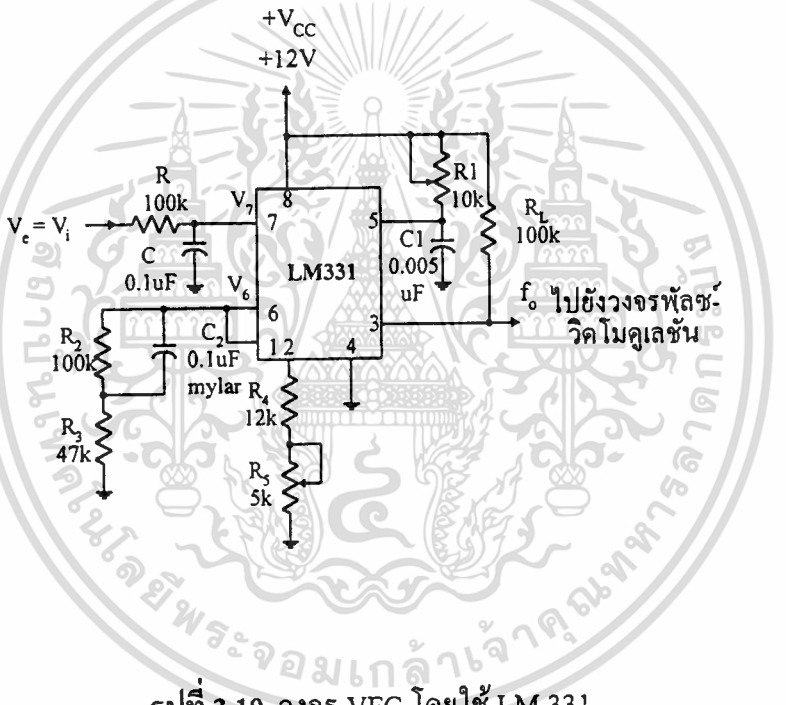
1. วงจรประมวลสัญญาณผิดพลาดเพื่อ ให้สามารถใช้ควบคุมเป็นแบบดิจิตอลเทคนิค
2. เป็นตัวให้สัญญาณเอาต์พุต เพื่อขับผังกระบวนการ เช่น
   - ให้จำนวนไบนารี่อินพุตมากขึ้น
   - ให้สัญญาณเอาต์พุตแรงขึ้น
   - ให้ความเร็วของมอเตอร์สูงขึ้น

หน้าที่แรก คือการแปลงสัญญาณผิดพลาดให้เป็นสัญญาณดิจิตอล วิธีที่ง่ายที่สุดเราใช้วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าให้เป็นความถี่ (VFC) ไอซีที่ใช้ คือ LM331, NE/SE 566 หรือ 9400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราเลือกใช้ LM331 เพราะหาได้ง่าย และการใช้งานก็ง่ายด้วย ข้อกำหนดที่สำคัญของ LM331 มีดังนี้

- ช่วงความกว้างความถี่ 1 Hz ถึง 100 Hz
- เสถียรภาพของความถี่ตามอุณหภูมิ 0.01% สูงสุด และ 50 ppm/°C
- พัลซ์เอาต์พุตเข้ากันได้กับลอจิกทุกแบบ
- แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสูงสุด V_{CC} = 40V ช่วงแรงดันอินพุตสูงสุด -0.2 V ถึง $+V_{CC}$ วงจร VFC โดยใช้ไอซีเบอร์ LM 331 แสดงดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 วงจร VFC โดยใช้ LM 331

ความถี่เอาต์พุตของวงจร $f_o = (\frac{V_i}{2.09})(\frac{R_{ref}}{R_2})(\frac{1}{R_1 \quad C_1})$

ความถี่เอาต์พุต f_o = 10 kHz เมื่อ V_i = 5 V

ถ้าเราเลือกให้ R_2 = 100 kΩ และ R_{ref} = (10 kΩ + 5 kΩ)

$$I_o = \frac{(5\ V)\ \ (10\ k\Omega)\ \ (1)}{(2.09\ V)\ .\ (100\ k\Omega)\ \ (10\ k\Omega)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

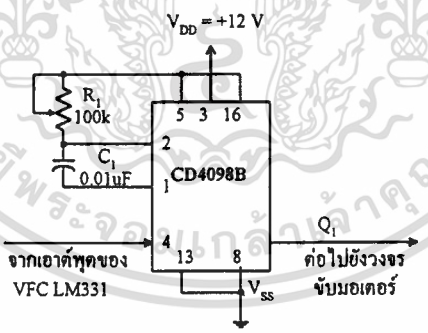
กำหนดให้ $C_1 = 0.01\ \mu F$ ดังนั้น $R_1 = 2.4\ k\Omega$

เมื่อ $V_i = 20\ mV$ ในกรณีไบนารี่อินพุตเท่ากับ $(0000\ 0001)_2$ ความถี่เอาต์พุตได้

$$f_o = 40\ Hz$$

ความถี่เอาต์พุต f_0 ของ VFC จะแปลค่าจาก 40 Hz ถึง 10 Hz และแรงดันอินพุตจะเปลี่ยนแปลงจาก 20 mV ถึง 5 V ตามลำดับ

หน้าที่ที่สองของตัวควบคุม คือ จะเป็นตัวให้คลื่นพัลซ์ที่มีความกว้างของคลื่น (duty cycle) เพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันผิดพลาดที่อินพุตมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนประกอบที่สองของตัวควบคุมนี้จะให้เอาต์พุตเป็นอัตราของคลื่นพัลซ์ในหนึ่งหน่วงเวลา (pulse rate) หรือลูกคลื่นของความกว้างของพัลซ์กว้างขึ้น เพื่อให้มอเตอร์ทำงานในช่วงระยะเวลายาวนานขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มความเร็วของมอเตอร์นั่นเอง วงจรที่ทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบที่สองของตัวควบคุมนี้ ได้แก่ วงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ เราใช้ไอซีเบอร์ CD 4098B เป็น COM/MOS โมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์สองตัว



รูปที่ 3.20 วงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ โดยไอซี CD 4098B

ในรูปที่ 3.20 แสดงวงจรการใช้งานไอซี CD 4098B และคุณลักษณะที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

- พัลซ์ที่ใช้ทริกจะใช้ขอบขาขึ้น หรือขอบขาลงของพัลซ์ก็ได้
- เอาต์พุตพัลซ์วิดท์มีช่วงกว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แหล่งจ่ายแรงดันอยู่ในช่วง +5 V ถึง +15 V
- สามารถกระทำการทริกใหม่ได้
- เอาต์พุตมีทั้ง Q และ $\overline{Q}$

ไอซีเบอร์ CD 4098B เป็นไอซีโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ ที่มี 2 ตัวเหมือนกันอยู่ในไอซีตัวเดียว

คาบเวลาของเอาต์พุตพัลซ์ของวงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ สามารถหาได้โดยประมาณดังนี้

$$T = \frac{R_1 \quad C_1}{2} \qquad (3.2)$$

เมื่อ $C_1 \geq 0.01\ \mu F$ ค่าสูงสุดของ $C_1 = 100\ \mu F$ และค่าต่ำสุดของ $R_1 = 5\ k\Omega$

เลือกค่า $C_1 = 0.01\ \mu F$ และ $R_1 = 100\ k\Omega$ เพื่อให้วงจรโมโนสเตเบิ้ลสามารถทำงานได้ในช่วงความถี่ 40 Hz ถึง 10 kHz

ในรูปที่ 3.20 เราสามารถปรับค่า R_1 เพื่อให้ได้ค่าเอาต์พุตมีความกว้างของพัลซ์ตามที่เราต้องการในช่วงความถี่ 40 Hz ถึง 10 kHz และต้องให้แอมปลิจูดของอินพุตพัลซ์น้อยกว่า 12 V_{P-P}

วงจรขับกำลังมอเตอร์ สามารถแบ่งได้ 2 ส่วน คือวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์ และวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์ อธิบายได้ดังนี้

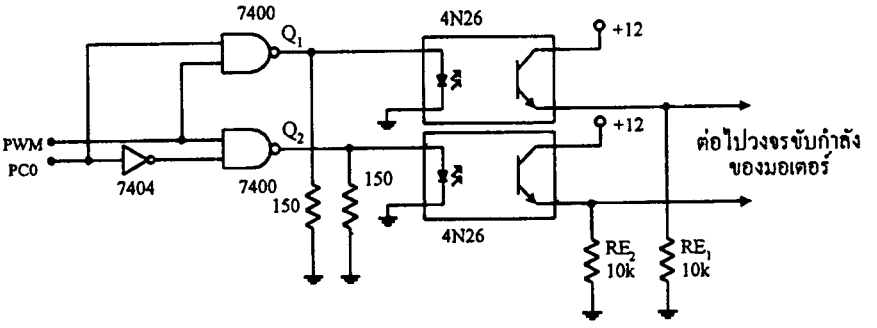
1) วงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์

วงจรขับกำลังมอเตอร์มีหน้าที่ประมวลผลสัญญาณเอาต์พุตจากส่วนควบคุม เพื่อให้มอเตอร์มีความเร็วตามต้องการ และควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

ในการออกแบบวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์ เราแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ และส่วนขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์ ซึ่งเป็นชุดเดียวกับชุดควบคุมด้วยมือ รูปที่ 3.21 เป็นส่วนควบคุมทิศทางการหมุน

จากวงจรจะมีสัญญาณจากไมโครโปรเซสเซอร์สั่งงานมาที่ PC0 และสัญญาณที่ออกมาจากภาคควบคุม คือ ไอซี CD 4098B จะเป็นสัญญาณพัลซ์มาสั่งงานที่ PWM ตามค่าของไบนารี่บิทที่กำหนดให้ ซึ่งจะเป็นการกำหนดความเร็วของมอเตอร์ ส่วน PC0 นั้นจะเป็นตัวกำหนดทิศทางการหมุนซ้าย และหมุนขวาของมอเตอร์ โดยใช้วงจรดิจิตอลเป็นตัวควบคุมซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 วงจรควบคุมทิศทางการหมุน

สัญญาณที่ออกจากแนนด์เกท สามารถแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 การควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

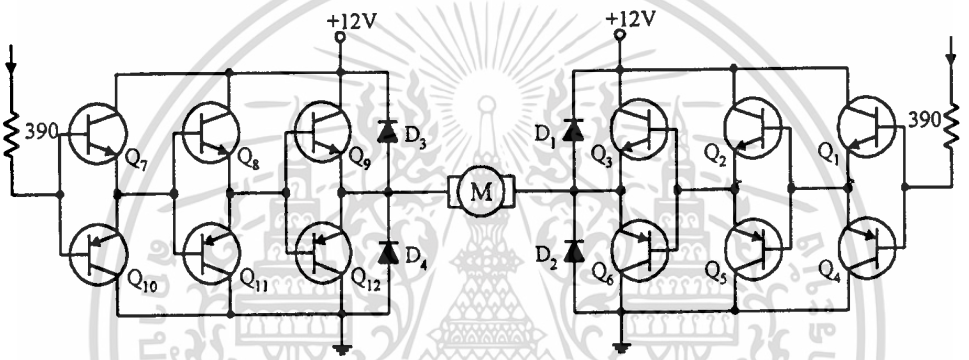
PWM	PC0	Q_1	Q_2	ทิศทางมอเตอร์
0	0	1	1	หยุด
0	1	1	1	หยุด
1	0	1	0	ซ้าย
1	1	0	1	ขวา

สัญญาณที่ออกจากแนนด์เกท Q_1 และ Q_2 จะออกไปผ่านวงจรขับขั้นต้น ซึ่งจะใช้อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงเข้ามาช่วย โดยใช้ออปโต้ทรานซิสเตอร์ 4N26 เป็นตัวขับกำลัง ซึ่งอาศัยหลักการของการเกิดสัญญาณพัลซ์เร็วหรือช้ามาควบคุมแสงของออปโต้ทรานซิสเตอร์ถ้าสัญญาณพัลซ์มีความเร็วสูงจะทำให้เกิดแสงขึ้นมาก ถ้าสัญญาณพัลซ์มีความเร็วต่ำก็จะเกิดแสงน้อย จะทำให้ค่ากระแสของออปโต้ทรานซิสเตอร์สูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับจำนวนไบนารี่บิทที่ป้อนผ่าน DAC 0808 ส่วนการที่ออปโต้ทรานซิสเตอร์ตัวใดจะนำกระแสนั้นขึ้นอยู่กับค่า Q_1 และ Q_2 ดังแสดงในตารางที่ 3.2 เมื่อออปโต้ทรานซิสเตอร์นำกระแสทำให้มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R 10 kΩ ตัวใดตัวหนึ่งตามค่าของ Q_1 และ Q_2 ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมนี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนไบนารี่บิทที่ป้อนให้

จากรูปที่ 3.22 เป็นวงจรขับกำลังมอเตอร์ที่สลับทิศทางการหมุนได้ โดยการทำงานจะสลับข้างกันทำงานระหว่างชุดของทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2, Q_3, Q_{10}, Q_{11} และ Q_{12} ซึ่งจะเป็นชุดขับมอเตอร์ให้หมุนทางซ้าย และชุดของทรานซิสเตอร์ Q_4, Q_5, Q_6, Q_7, Q_8 และ Q_9 เป็นชุดขับมอเตอร์ให้หมุนทางขวาและใช้ไดโอด D_1, D_2, D_3 และ D_4 เป็นตัวป้องกันแรงดันย้อนกลับอันเกิดจากมอเตอร์ซึ่งจะทำให้วงจรเกิดความเสียหายได้



รูปที่ 3.22 วงจรขับกำลังมอเตอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์

2) การออกแบบวงจรขับกำลังมอเตอร์โดยรีเลย์

เนื่องจากการควบคุมมอเตอร์ด้วยไมโครโปเซสเซอร์นั้น แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ด้วยกัน คือ ส่วนที่คำนึงข้อจำกัดทางด้านความเร็วของมอเตอร์ และส่วนไม่คำนึงถึงข้อจำกัดด้านของความเร็วมอเตอร์ สำหรับส่วนที่มีข้อจำกัดทางด้านความเร็วนั้นได้อธิบายในหัวข้อการควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ และวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์แล้ว

ในหัวข้อนี้จะอธิบายส่วนที่ไม่ต้องการการควบคุมความเร็วเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งใช้วงจรเดียวกันกับวงจรที่ใช้ควบคุมโดยใช้มือ แต่เราอาศัยการควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์แรงดันที่ได้นั้นต่ำกว่าที่จะสามารถขับกำลังได้จึงนำรีเลย์มาใช้ในการควบคุมมอเตอร์

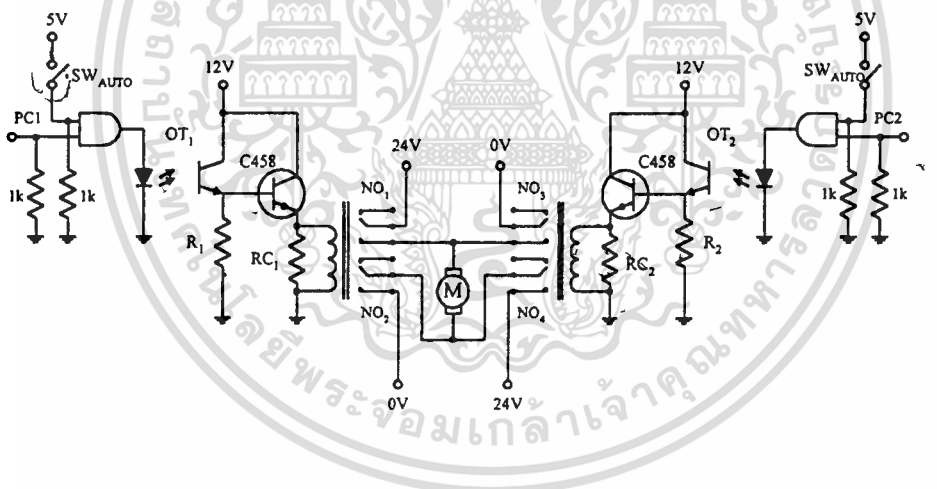
จากพอร์ทของไมโครโปรเซสเซอร์ ที่จะส่งสัญญาณออกมาควบคุมให้มอเตอร์ในแกนใดทำงาน และมีทิศทางการหมุนอย่างไรด้วยโปรแกรมของไมโครโปรเซสเซอร์ การทำงานจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นในลักษณะของการที่ ถ้าพอร์ทใดของไมโครโปรเซสเซอร์เป็น 1 มอเตอร์ที่ต่อกับพอร์ทนั้นจะทำงาน แต่เนื่องจากกระแส และแรงดันที่ออกจากพอร์ทไม่เพียงพอที่จะขับรีเลย์ ได้โดยตรง จึงต้องมีการขยายแรงดัน และกระแสที่ออกจากพอร์ทโดยออปโต้ทรานซิสเตอร์ เบอร์ H 11 เพื่อให้กระแส และแรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงพอที่จะขับขดลวดรีเลย์ที่มีข้อกำหนดทางไฟฟ้าดังนี้

- ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายให้ขดลวด 6 โวลต์
- สามารถทนกระแสไฟฟ้าที่หน้าสัมผัสได้ 5 แอมป์
- หน้าสัมผัส 2 หน้าสัมผัส

เพื่อให้เกิดการเหนี่ยวนำสำหรับการสับสวิทช์ภายในรีเลย์ได้จึงต้องขยายกระแส และแรงดันไฟฟ้าหลังจากผ่านออปโต้ทรานซิสเตอร์อีกครั้ง ด้วยทรานซิสเตอร์เบอร์ C458 ที่มีการไบอัสแบบไบอัสคงที่ (Fix Bias)



รูปที่ 3.23 วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ด้วยรีเลย์

ในมอเตอร์ตัวเดียวนี้จะต้องหมุนได้สองทิศทาง คือ ซ้ายและขวาการกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงทำได้โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าสลับทิศทางกัน จากหลักการนี้สามารถทำการออกแบบรีเลย์ให้สามารถควบคุมทิศทางมอเตอร์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.23

เมื่อพอร์ทมีสถานะ 1 จะมีแรงดัน 5 โวลต์ ออกมาที่พอร์ททำให้ออปโต้ทรานซิสเตอร์นำกระแสมีแรงดันตกคร่อมที่ R 10 kΩ แรงดันนี้จะเป็นแรงดันไบอัสให้ C 458 นำกระแสทำให้ขดลวดรีเลย์ที่ต่อที่ขาคอลเลคเตอร์เกิดการเหนี่ยวนำสวิทช์สับไปที่ NO ทั้ง 2 หน้าสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งหน้าสัมผัสบนจะต่ออยู่กับแรงดันไฟฟ้า +24 โวลต์ ครบวงจรมอเตอร์จะหมุนขวา ส่วนการหมุนซ้ายวงจรจะเป็นในลักษณะเดียวกันเพียงเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าที่ขาของหน้าสัมผัสบนให้เป็นแรงดันไฟฟ้า -24 โวลต์ เท่านั้น

3.4 การออกแบบส่วนควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

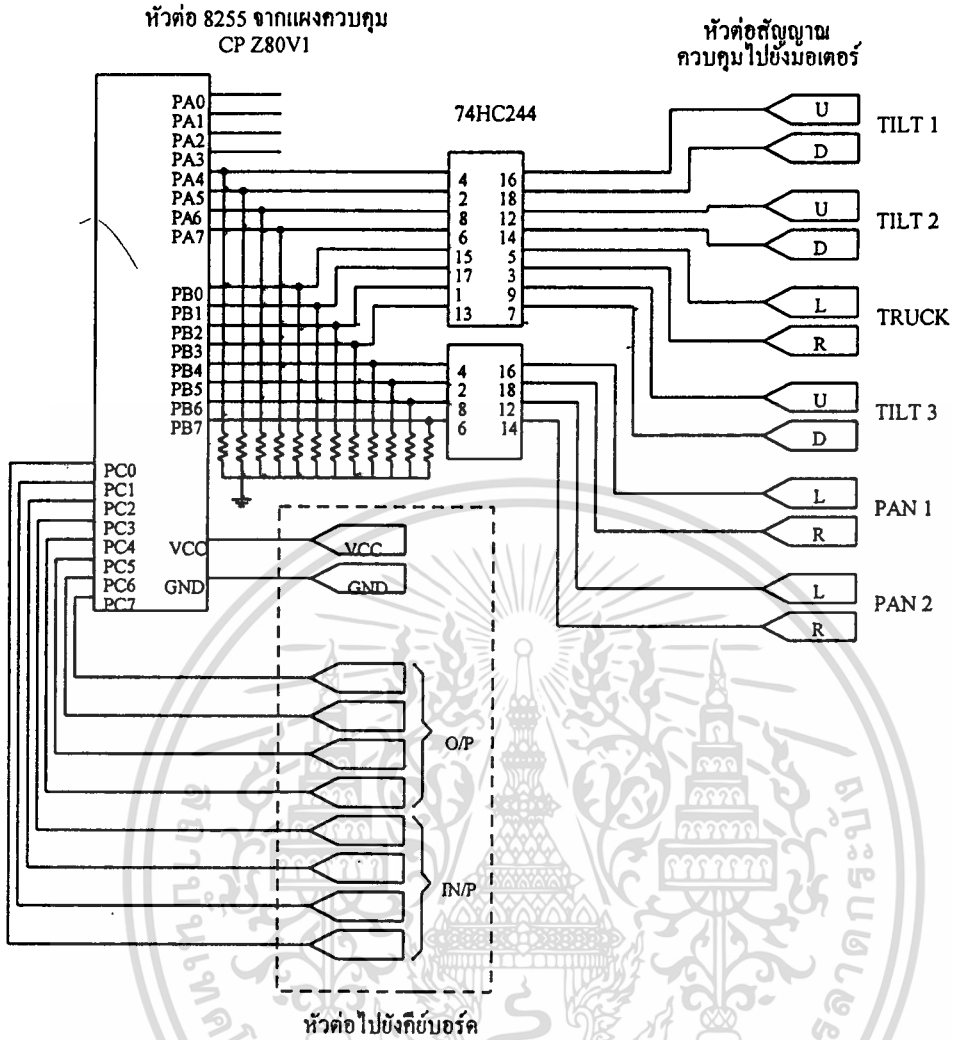
สำหรับส่วนควบคุมชุดนี้ใช้วงจรควบคุมรุ่น CP-Z80 V1 ใช้ Z80 เป็น CPU ประจำบอร์ดโดยใช้ Z84C00-6 (Z80 B แบบ CMOS) ใช้ความถี่ 4 MHz และใช้ EPROM เบอร์ 27256 เป็นโปรแกรมแสดงผล หน่วยความจำนี้จะถอดรหัสอยู่ระหว่างตำแหน่งที่ 0000H-7FFFH ใช้ RAM เบอร์ 6264 ขนาด 8 กิโลไบท์ ซึ่งจะถอดรหัสอยู่ระหว่างตำแหน่งที่ 8000H-BFFFH และมีไอซีพอร์ท 8255 ขนาดเล็กพิเศษแบบ PLCC แบบ 44 PIN เป็นพอร์ทอินพุต เอาต์พุตประจำแผงควบคุม และสามารถต่อพอร์ทไอซี 8355 เพิ่มใช้งานอีกหนึ่งตัว

3.4.1 การออกแบบพอร์ทขนาน

ไอซี 8255 จะถูกถอดรหัสโดย A0 และ A1 ร่วมกับขา Chip Select โดยขา Chip Select จะได้รับสัญญาณจากไอซี 74LS139 จากรูปที่ 3.24 แสดงการถอดรหัสพอร์ทจะเห็นว่าไอซี 8255 ประจำแผงควบคุมถอดรหัสเป็นพอร์ท 40H

การควบคุมทิศทางของมอเตอร์ทำได้ โดยการเปลี่ยนค่าบิทควบคุมทิศทางมอเตอร์ทำได้โดยการเปลี่ยนค่าบิทควบคุมการหมุนซ้ายและหมุนขวา และมอเตอร์จะหยุดหมุนเมื่อบิททั้งสองมีค่าเป็น 0 สภาวะการทำงานของมอเตอร์ดูได้จากตารางที่ 3.3 (ก) และ (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 วงจรการจัดพอร์ตขนาน

ตารางที่ 3.3 การทำงานของมอเตอร์

(ก) การทำงานของมอเตอร์ชุด PAN 1 และ PAN 2

L	R	ทิศทางของมอเตอร์
1	0	หมุนขวา, เลื่อนลง
1	1	หมุนซ้าย, เลื่อนขึ้น
0	0	หยุด
0	1	หยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

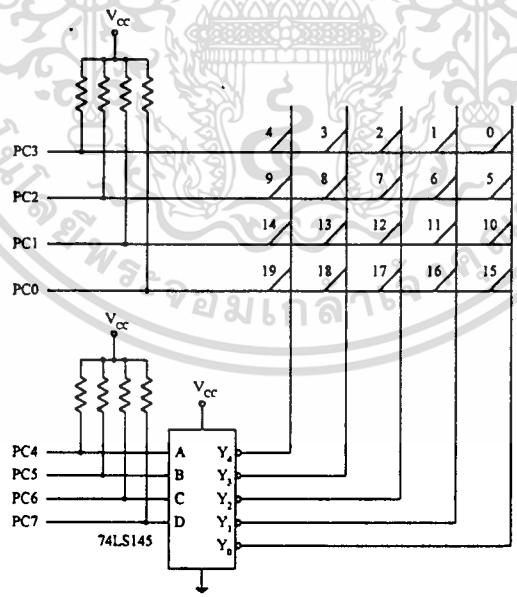
(ข) การทำงานของมอเตอร์ชุด TILT 1, 2, 3, และ TRUCK

L = บิทควบคุมการหมุนซ้าย

R = บิทควบคุมการหมุนขวา

L	R	ทิศทางของมอเตอร์
0	1	หมุนขวา, เลื่อนลง
1	0	หมุนซ้าย, เลื่อนขึ้น
0	0	หยุด
1	1	หยุด

3.4.2 การออกแบบคีย์บอร์ด 14.0



รูปที่ 3.25 วงจรของคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรของคีย์บอร์ดนั้นจะใช้หลักการของสวิทช์เมทริกซ์ (Metrix Switch) เพื่อเป็นการประหยัดพอร์ต คีย์บอร์ดที่ใช้มีขนาด 4×5 สามารถต่อสวิทช์ได้ 20 ตัว โดยใช้หลักการสแกนคีย์บอร์ดในการตรวจสอบการกดคีย์บอร์ด โดยสั่งให้ไมโครโปรเซสเซอร์ส่งข้อมูลออกมาทางพอร์ต C ซึ่งจะใช้ 4 บิทสูง เพื่อใช้ในการสแกน ข้อมูลจะถูกต่อผ่านตัวถอดรหัสซึ่งใช้ไอซีเบอร์ 74LS145 แบบ เข้า 4 ออก 5 เพื่อสแกนคีย์บอร์ดทั้ง 5 หลัก ถ้าไม่มีการกดคีย์ข้อมูลที่รับเข้ามาทางพอร์ต C โดย 4 บิทต่ำจะเป็น 1111 และถ้ามีการกดคีย์จะทำได้ค่าถึง 4 ค่า คือ 1110, 1101, 1011, 0111 และนำค่าที่ได้จากตัวถอดรหัสมาต่อกันจะทำให้ได้ค่าถึง 20 ค่า เนื่องจากการส่งค่าสแกนจะส่งออกมาเป็น 0000, 0001, 0010, 0011, 0100 และวนไปเริ่ม-

0EH	1EH	2EH	3EH	4EH
0DH	1DH	2DH	3DH	4DH
0BH	1BH	2BH	3BH	4BH
07H	17H	27H	37H	47H

L	PAN 1 S	R	U	U
L	PAN 2 S	R	TILT 1 S	TILT 2 S
L	TRUCK S	R	D	D
U	TILT 3 S	D	TILT BALANCE	PAN BALANCE

รูปที่ 3.26 ผังค่าของคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นที่ 0000 ใหม่อีก เมื่อมีการกดคีย์ไมโครโปรเซสเซอร์จะรับข้อมูลได้โดยผ่านไอซี 8255 และใช้โปรแกรมทำการตรวจสอบว่าสวิทซ์ที่กดไปนั้นใช้ทำหน้าที่อะไร และดำเนินการตามคำสั่งนั้นๆ

3.5 การออกแบบวงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้า

การออกแบบวงจรภาคจ่ายแรงดันให้กับวงจรของระบบทั้งระบบ ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของวงจรภาคการขับเคลื่อนมอเตอร์ เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าที่วงจรภาคการขับเคลื่อนมอเตอร์ต้องการ และสามารถทนต่อกระแสที่มอเตอร์ใช้ในการเริ่มหมุน การออกแบบวงจรภาคจ่ายแรงดันของโครงงานชุดนี้ แบ่งออกเป็น 7 ชุด ตามส่วนการจ่ายให้วงจรของแกนซึ่งมีด้วยกัน 6 แกน และส่วนของวงจรแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้ชุดการกดบันทึกและการปรับระยะใกล้ไกลของภาพอีกหนึ่งชุด นอกจากนั้น เราสามารถแยกการออกแบบวงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้าตามความต้องการของวงจร และอุปกรณ์ในวงจรได้ดังต่อไปนี้

3.5.1 วงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้อุปกรณ์ทางด้านดิจิตอล

ส่วนใหญ่อุปกรณ์ทางด้านดิจิตอลจะใช้แรงดันไฟฟ้าจ่ายให้อุปกรณ์ 5 โวลต์ เนื่องจากอุปกรณ์ด้านนี้ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ การออกแบบจึงใช้หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 3 แอมป์ ที่มีการเหนี่ยวนำจากขดลวดปฐมภูมิไปยังขดลวดทุติยภูมิจาก 220 โวลต์ เป็น 9 โวลต์ เนื่องจากไฟฟ้าที่ได้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ต้องทำการแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวงจรเรคติไฟ-เออร์ (Rectifier) แบบบริด (Bridge) ที่ทนกระแสได้ 5 แอมป์ ทำให้กระแสเรียบขึ้นด้วยวงจรฟิลเตอร์ (Filter) โดยใช้คาปาซิเตอร์ค่า 3300 μF ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 100 โวลต์ เนื่องจากแรงดันที่ออกมาจากหม้อแปลงที่ใช้ 9 Vdc เมื่อผ่านคาปาซิเตอร์จะมีค่า 9x1.414 = 12.7 Vrms จึงต้องทำการเรคกลูเลท (Regulate) เพื่อรักษาระดับแรงดันให้คงที่ที่แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ ด้วยไอซีเรคกลูเลทเบอร์ 7805 วงจรภาคจ่ายไฟ 5 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 3.27 (ก)

3.5.2 วงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์

วงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้าชุดนี้ต้องจ่ายให้วงจรถึง 3 ชุดด้วยกัน คือ +5 โวลต์, +12 โวลต์ และ -12 โวลต์ สำหรับ +5 โวลต์ จะใช้แรงดันไฟฟ้าชุดเดียวกับภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจรดิจิตอล สำหรับแรงดัน +12 โวลต์ จะใช้หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 3 แอมป์ ที่มีแรงดันทางขดทุติยภูมิ 12 โวลต์ เมื่อผ่านไดโอดบริด และวงจรฟิลเตอร์โดยคาปาซิเตอร์ 3,300 μF จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีแรงดันไฟฟ้าเมื่อผ่านคาปาซิเตอร์ $12 \times 1.414 = 16.96$ Vrms ทำการเรคกลูเลทด้วยไอซีเรคกลูเลทเบอร์ 7812 จะได้แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ทีเอาต์พุตของไอซี +12 โวลต์ ซึ่งเป็นระดับแรงดันที่คงที่ วงจรภาคจ่ายไฟ +12 โวลต์ ใช้ไอซีเรคกลูเลทเบอร์ 7912 จะได้แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตของไอซี -12 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 3.27 (ข)

3.5.3 วงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้วงจรขับกำลังมอเตอร์ และวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์

ภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้วงจรขับกำลังมอเตอร์ การออกแบบวงจรประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ต้องการการควบคุมความเร็วมอเตอร์ และส่วนที่ไม่มีข้อจำกัดทางด้านความเร็ว ดังนั้น จะสามารถแบ่งการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจรได้ 2 ส่วน คือ วงจรที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้วงจรขับกำลังด้วยทรานซิสเตอร์ ที่เป็นวงจรที่ต้องการการควบคุมความเร็วมอเตอร์ และวงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้วงจรขับกำลังด้วยรีเลย์ที่เป็นวงจรที่ไม่มีข้อจำกัดทางด้านความเร็ว

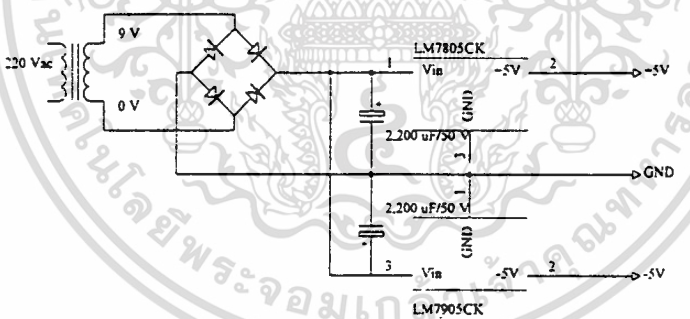
วงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์ประกอบด้วย 3 วงจร เพื่อใช้ควบคุมแกนที่ 4, 5 และ 6 ดังนั้น จึงต้องใช้แหล่งจ่ายไฟ 3 ชุด โดยใช้หม้อแปลงขนาด 7 แอมป์ ที่มีแรงดันทางด้านขดทุติยภูมิ 12 โวลต์ เรคติไฟเออร์ด้วยบริดไดโอดที่ทนกระแสได้ 25 แอมป์ ผ่านวงจรฟิลเตอร์ที่ใช้ค่าคาปาซิเตอร์ 10,000 μF ที่ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 100 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าที่ผ่านคาปาซิเตอร์มีค่า $12 \times 1.414 = 16.96$ Vrms แรงดันที่ได้จะนำไปป้อนให้กับวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์

ส่วนภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้าของวงจรขับด้วยรีเลย์ประกอบด้วย 3 วงจร เพื่อจ่ายให้กับวงจร 3 ชุดที่ใช้ควบคุมแกนที่ 1, 2 และ 3 วงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้าชุดนี้ใช้หม้อแปลงที่มีขดทุติยภูมิ 3 ขด ขนาดของหม้อแปลงที่ใช้ 7 แอมป์ ต่อขดแรงดันทางขดทุติยภูมิเท่ากันทั้ง 3 ขดมีค่า 18 โวลต์ เนื่องจากวงจรทั้ง 3 วงจร ใช้อุปกรณ์และข้อกำหนดทางไฟฟ้าเป็นแบบเดียวกัน จึงอธิบายเพียงชุดเดียว คือ จากขดทุติยภูมิของหม้อแปลงที่มีแรงดันไฟฟ้า 18 โวลต์ ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวงจรเรคติไฟเออร์แบบบริดที่ทนกระแสไฟฟ้าได้ 35 แอมป์ ทำการฟิลเตอร์ให้กระแสที่ได้เรียบขึ้นด้วยคาปาซิเตอร์ที่มีค่า 10,000 μF ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 100 โวลต์ ดังนั้นแรงดันที่วัดได้ที่คาปาซิเตอร์เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่า $18 \times 1.414 = 25.45$ Vrms นำไปจ่ายให้มอเตอร์ที่ใช้การขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์ ดังแสดงรูปที่ 3.27 (ค)

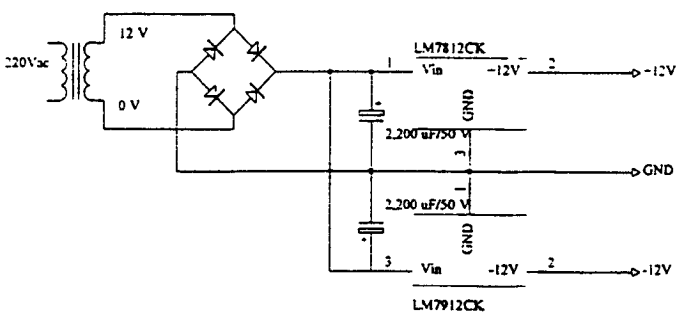
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 วงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้าชุดควบคุมการปรับระยะใกล้ไกลภาพ และการบันทึกภาพ

เนื่องจากการออกแบบจะใช้อุปกรณ์จำพวกขดลวดเหนี่ยวนำที่เรียกว่า โซลินอยด์ ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ระดับ 48 โวลต์ โดยประมาณ ถ้าป้อนแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่านี้ โซลินอยด์สามารถทำงานได้อยู่แต่แรงรับที่ได้จะน้อยลง และดึงกระแสมากขึ้น เนื่องจากชุดควบคุมการปรับระยะใกล้ไกลของภาพ และการบันทึกภาพนี้ไม่ต้องการแรงที่กดมาก ถ้ามีแรงกดสูงสวิทซ์ที่ใช้จะเกิดความเสียหายได้ง่าย ดังนั้นวงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้าต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าที่แรงดันที่โซลินอยด์กำหนด คือ ใช้หม้อแปลงขนาด 2 แอมป์ มีแรงดันไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิ 31 โวลต์ ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสสลับจึงต้องทำการแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวงจรเรคติไฟเออร์ เนื่องจากแรงดันที่ได้ไม่เรียบพอจึงต้องอาศัยวงจรฟิลเตอร์โดยใช้คาปาซิเตอร์ค่า 3,300 μF ดังนั้น แรงดันที่ได้เมื่อผ่านคาปาซิเตอร์ มีค่า 31 × 1.414 = 43.834 Vrms ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้าที่นำไปจ่ายให้โซลินอยด์ทั้ง 3 ตัว แสดงดังรูปที่ 3.27 (ง)

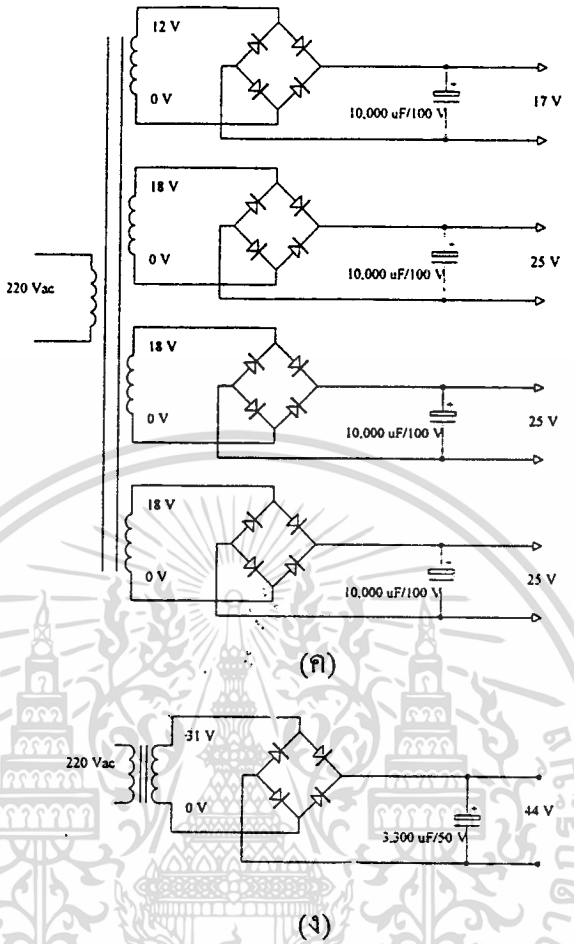


(ก)



(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 วงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

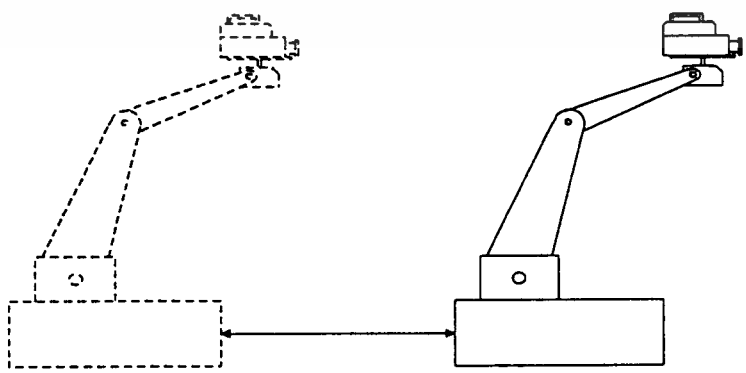
สำหรับการทดลองการทำงานของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอนั้น แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ส่วน คือ การทดลองการทำงานทางด้านเครื่องกล การทดลองการทำงานของวงจรควบคุมความเร็ว และทิศทางการทดลองการควบคุมการทำงานของแขนกลด้วยมือ และการทดลองควบคุมการทำงานของแขนกลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

4.1 การทดลองการทำงานทางด้านเครื่องกล

การทดลองการทำงานทางด้านเครื่องกล ต้องทำก่อนการออกแบบวงจรเพื่อหาค่าของแรงดัน และกระแสที่จะต้องจ่ายให้มอเตอร์เพื่อทำการออกแบบ และสร้าง เราสามารถพิจารณาการทำงานทางด้านเครื่องกลออกเป็น 6 ส่วน ตามแกนของแขนกลที่ประกอบด้วย 6 แกนซึ่งมีการทำงานดังต่อไปนี้

4.1.1 การทดลองการทำงานของแกนที่ 1

การทำงานของแกนที่ 1 จะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ไปทางซ้าย และขวา การทดลองสามารถทำได้โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับค่าได้ให้มอเตอร์ พิจารณาการทำงานของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในทิศทางที่ถูกต้อง ตามการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้มอเตอร์ และความเร็วในการออกตัว พิจารณาถึงข้อที่ว่าเกิดการกระชากในขณะออก



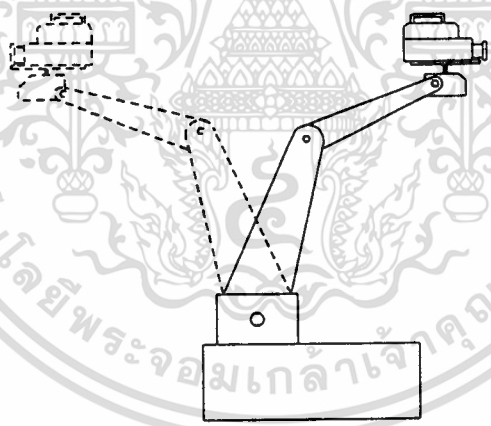
รูปที่ 4.1 การเคลื่อนที่ของแกนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวหรือไม่ ถ้าเกิดการกระชากจะส่งผลให้ภาพที่ได้จากการถ่ายทำวิดีโอเกิดการสั่นไหวให้ทำการลดค่าแหล่งจ่ายไฟฟ้าลง จนกว่าสามารถจับภาพในความเร็วที่ต่ำที่สุดได้ และแขนกลไม่เกิดการกระชากในขณะที่ออกตัว นำค่าได้จากการทดลองนี้ไปทำการออกแบบวงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้า และวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์

4.1.2 การทดลองการทำงานของแกนที่ 2

การทำงานของแกนที่ 2 จะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่แบบหมุน สามารถหมุนได้ 270 องศา การหมุนสามารถหมุนได้ 2 ทิศทางด้วยกัน คือ การหมุนซ้าย และการหมุนขวาโดยการจ่ายแรงดันให้มอเตอร์เช่นเดียวกับแกนที่ 1 เนื่องจาก ความเร็วที่ได้มีค่าสูงเกินความต้องการของแขนกล ดังนั้น ในการออกแบบทางด้านวงจรความคุมความเร็วของมอเตอร์จะนำมาใช้ในแกนที่ 2 เพื่อทำให้การเคลื่อนที่ในการหมุนความสมดุลย์กับการถ่ายภาพวิดีโอนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองไปออกแบบวงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้า

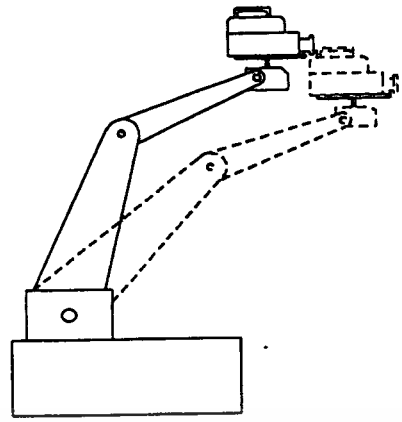


รูปที่ 4.2 การเคลื่อนที่ของแกนที่ 2

4.1.3 การทดลองการทำงานของแกนที่ 3

การทำงานของแกนที่ 3 เป็นลักษณะการปรับระดับจากสูงสุดของเกลียวขับถึงต่ำสุดของเกลียว ขับได้ 45 องศา การทำงานของแกนที่ 3 จะช่วยให้แกนที่ 4 สามารถเคลื่อนที่ได้มุมกว้างยิ่งขึ้น การทดลองการทำงานของแกนที่ 3 ทำได้โดยการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

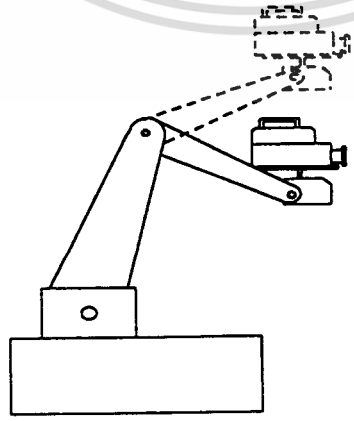


รูปที่ 4.3 การเคลื่อนที่ของแกนที่ 3

ค่าได้จ่ายให้มอเตอร์ ถ้ามอเตอร์หมุนในทิศทางขวาแกนที่ 3 จะทำการปรับระดับให้ลดต่ำลง และเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากลับทิศทางให้มอเตอร์หมุนในทิศทางซ้ายแกนที่ 3 จะปรับระดับให้สูงขึ้น ทำการปรับระดับแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ได้ระดับความเร็วที่ต้องการ นำค่าแรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองไปออกแบบวงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้า

4.1.4 การทดลองการทำงานของแกนที่ 4

การทำงานของแกนที่ 4 มีลักษณะเช่นเดียวกับแกนที่ 3 คือ มีการปรับระดับทิศทางจากบนสุดของเกลียวถึงล่างสุดของเกลียวได้ 45 องศา สำหรับการทดลองจะทำเช่นเดียวกับแกนที่ 3

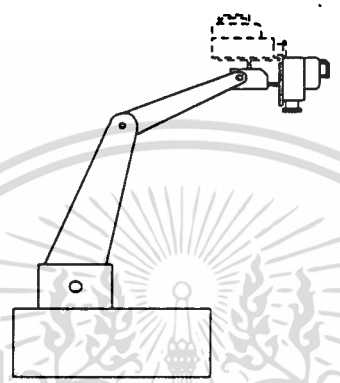


รูปที่ 4.4 การเคลื่อนที่ของแกนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ[illegible]ญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 การทดลองการทำงานของแกนที่ 5

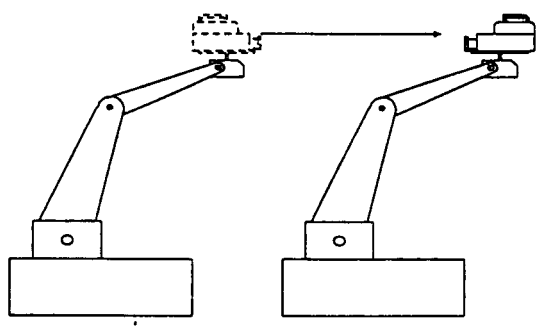
การทำงานของแกนที่ 5 มีลักษณะเช่นเดียวกับแกนที่ 3 และ 4 แต่มุมที่ปรับระดับได้มุมกว้างกว่าแกนที่ 3 และ แกนที่ 4 คือสามารถเคลื่อนที่ได้เป็นมุม 120 องศา ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าปรับค่าได้ให้มอเตอร์ ปรับระดับแรงดันจากแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดพิจารณาการเคลื่อน



รูปที่ 4.5 การเคลื่อนที่ของแกนที่ 5

ที่ของแกนที่ 5 ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นจนกว่าระดับความเร็วของแกนที่ 5 สามารถถ่ายภาพวิดีโอในขณะมีการเคลื่อนที่ได้ นำค่าแรงดัน และกระแสที่ได้จากการทดลองไปออกแบบวงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้า

4.1.6 การทดลองการทำงานของแกนที่ 6



รูปที่ 4.6 การเคลื่อนที่ของแกนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของแกนที่ 6 จะเป็นลักษณะการหมุน โดยสามารถหมุนได้ 270 องศาใน 2 ทิศทาง คือ ซ้าย และขวา การทดลองการทำงานของแกนที่ 6 ทำเช่นเดียวกับแกนที่ 5

จากการทดลองการทำงานทั้ง 6 แกน สามารถแสดงค่าแรงดัน และกระแสที่ใช้ของแกน ดังตารางที่4.1

ตารางที่ 4.1 ค่ากระแส แรงดันไฟฟ้า และทิศทางการขับเคลื่อนของมอเตอร์ในแต่ละแกน

แกนที่	กระแสที่ใช้ในการขับเคลื่อน (A)	แรงดันที่ใช้ในการขับเคลื่อน (V)	ทิศทางการขับเคลื่อน
1	0.5	24	ซ้าย-ขวา
2	0.5	9	หมุนซ้าย-ขวา
3	0.5	24	ขึ้น-ลง
4	0.5	24	ขึ้น-ลง
5	0.5	12	ขึ้น-ลง
6	0.5	9	หมุนซ้าย-ขวา

4.2 การทดลองการทำงานของวงจรควบคุมความเร็ว และทิศทาง

การทดลองการทำงานของวงจร สามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน คือ การทดลองวงจรก่อนการประกอบลงแผ่นวงจร และการทดลองหลังประกอบลงแผ่นวงจร

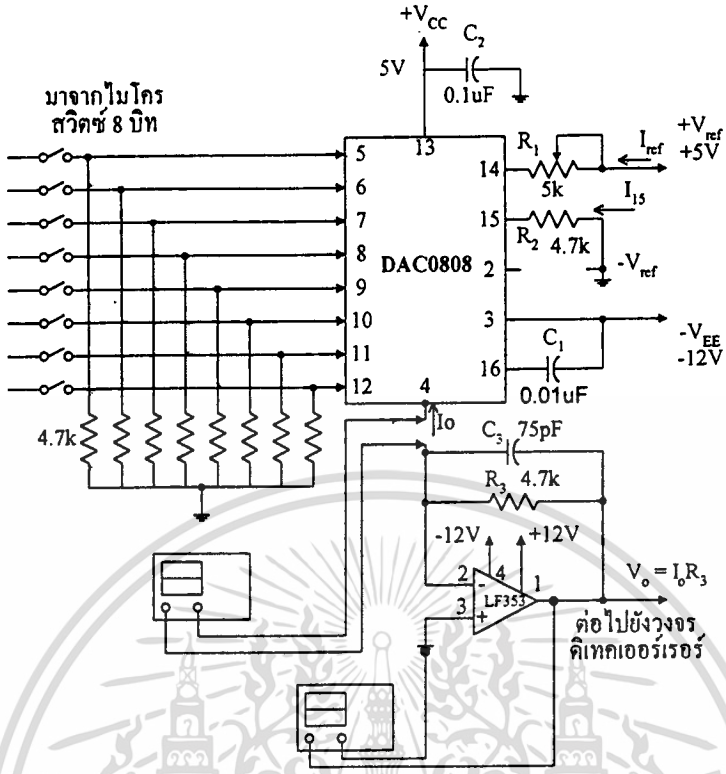
ตอนที่ 1 การทดลองก่อนประกอบลงแผ่นวงจร

การทดลองในตอนที่ 1 เป็นการทดลองการทำงานของวงจรที่ทำการออกแบบ เพื่อให้แน่ใจว่าสามารถทำงานได้จริงตามความต้องการ ในการออกแบบก่อนประกอบลงแผ่นวงจรที่ใช้งานจริง สามารถแบ่งการทำลองออกเป็น 4 การทดลองดังต่อไปนี้

1) การทดลองวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง

ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 การวัดค่ากระแสวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก

การทดสอบการทำงานของวงจรสามารถตรวจสอบการทำงานของแต่ละส่วน โดยที่ส่วนของวงจรแปลงแอนะลอกเป็นดิจิตอล จะปรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าทางไบนารี่สวิทซ์ โดยปรับระดับจากบิทที่มีความสำคัญต่ำสุด เป็นบิทที่มีความสำคัญสูงสุด จะเปลี่ยนระดับได้ 256 ระดับ ตามค่าของไบนารี่บิท ทำการวัดกระแสออกที่ขา 4 ของไอซี DAC 0808 ตามการเปลี่ยนแปลงของไบนารี่บิท จากค่า 0 ถึงค่า 255 เพื่อการประหยัดเวลาในการตรวจสอบจึงแบ่งค่าไบนารี่บิทออกเป็น 9 ระดับ สามารถแสดงดังตารางที่ 4.2 การปรับแต่งกระแสไฟฟ้าที่ออกจากขา 4 ของไอซี DAC 0808 ทำได้โดยการปรับค่าความต้านทานปรับค่าได้ 5 kΩ ที่ขา 14 ของไอซี DAC 0808

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่ากระแสไฟฟ้าที่เอาต์พุตของไอซี DAC 0808

ลำดับที่	รหัสเลขฐานสอง	ค่ากระแสที่ขา 4 ของไอซี DAC 0808 (mA)
1	00000000	0
2	00000001	0
3	00000011	- 0.1
4	00000111	- 0.15
5	00001111	- 0.3
6	00011111	- 0.65
7	00111111	- 1.35
8	01111111	- 1.4
9	11111111	-1.45

ค่ากระแสไฟฟ้าที่ขาเอาต์พุตของไอซี DAC 0808 สามารถทำให้เป็นระดับแรงดันไฟฟ้าได้ โดยการขยายของไอซี LF 353 แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ที่ขา 1 ของไอซี LF 353 จะขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ออกจากไอซี DAC 0808 คูณกับค่าความต้านทาน 4.7 kΩ ที่ต่อระหว่างขา 2 กับขา 1 ของไอซี LF 353 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขา 1 ของไอซี LF 353 วัดเทียบกราวด์ดังตารางที่ 4.3

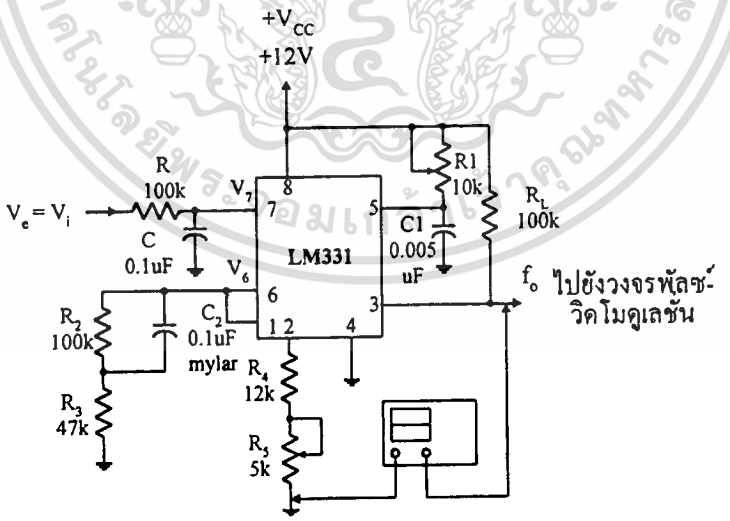
ตารางที่ 4.3 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดที่เอาต์พุตของไอซี LF 353

ลำดับที่	รหัส	ค่ากระแสที่เอาต์พุตของDAC 0808 (mA)	ความต้านทาน (kΩ)	ค่าแรงดันที่เอาต์พุตของ LF353(V)
1	00000000	0	4.7	0
2	00000001	0	4.7	0
3	00000011	0.1	4.7	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

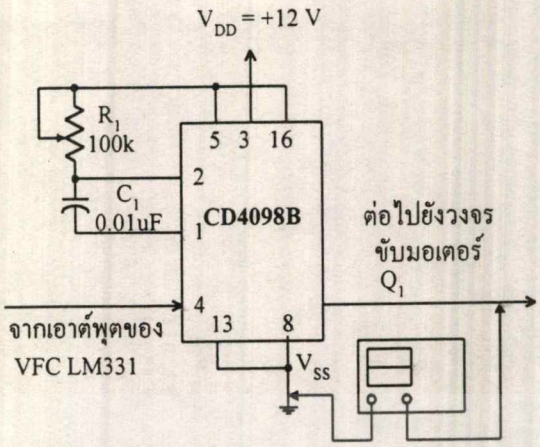
ลำดับที่	รหัส	ค่ากระแสที่เอาต์พุต ของDAC 0808 (mA)	ความต้านทาน (kΩ)	ค่าแรงดันที่ เอาต์พุตของ LF353(V)
4	00000111	0.15	4.7	0.7
5	00001111	0.3	4.7	1.4
6	00011111	0.65	4.7	3
7	00111111	1.35	4.7	6.3
8	01111111	1.4	4.7	6.5
9	11111111	1.45	4.7	6.8

วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่ และวงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ สามารถตรวจสอบโดยออสซิลโลสโคป เพื่อพิจารณารูปคลื่นที่ได้จากวงจร เมื่อปรับระดับไบนารี่บิทที่ค่า 10000000 แสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การทดลองวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 การทดลองวงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์

โดยรูปที่ 4.10 (ก) แสดงเอาต์พุตของวงจรแปลงแรงดันเป็นความถี่ และรูป (ข) แสดงเอาต์พุตของวงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์

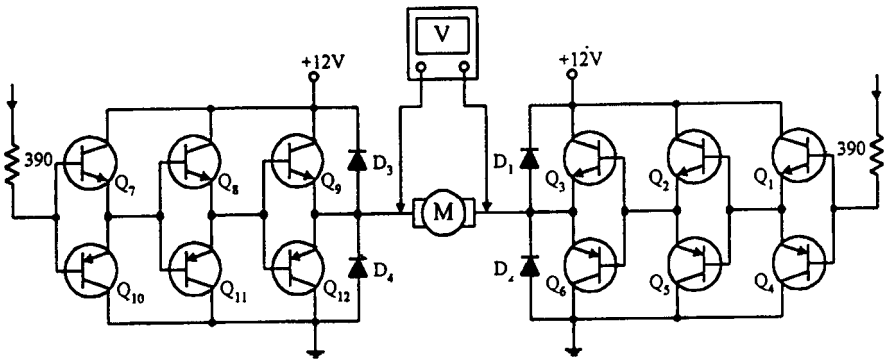
(ก) (ข)

รูปที่ 4.10 รูปสัญญาณของวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นความถี่
และวงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์

2) การทดลองวงจรปรับทิศทางมอเตอร์ และวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซีสเตอร์กำลัง

การทดลองวงจรนี้สามารถทำได้โดยการประกอบวงจรลงบนแผ่นทดลองวงจร โดย**การต่อวงจรดังรูปที่ 4.11**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 การทดลองวงจรปรับทิศทางมอเตอร์ และวงจรขับกำลังมอเตอร์

การทดลองวงจรปรับทิศทางมอเตอร์ และวงจรขับกำลังมอเตอร์โดยการต่อมอเตอร์เข้าไปในวงจร เมื่อ PWM และ PC0 ใช้ไฟ 5 โวลต์ ทดสอบในกรณีของสถานะ 1 และต่อกราวนด์ในกรณีของสถานะ 0 เพื่อพิจารณากำลังที่ได้จากวงจร และทิศทางการหมุนของมอเตอร์ เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการออกแบบ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรปรับทิศทางมอเตอร์ และวงจรขับมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์

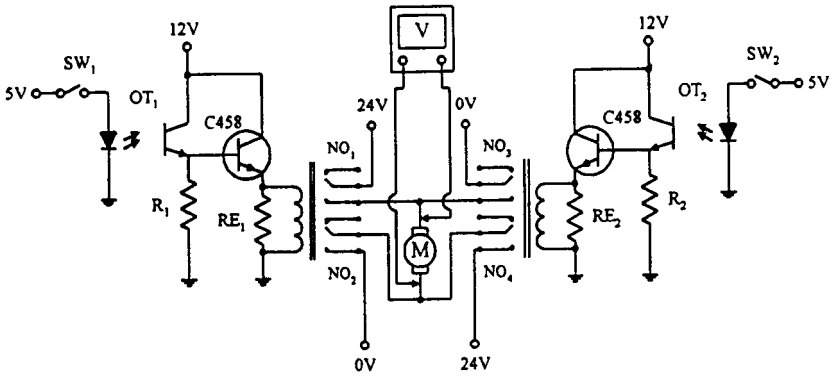
ลำดับที่	PWM	PC0	ทิศทางการหมุนของมอเตอร์	แรงดันที่เอาต์พุต
1	0	0	-	0 โวลต์
2	0	1	-	0 โวลต์
3	1	0	หมุนตามเข็มนาฬิกา	9 โวลต์
4	1	1	หมุนทวนเข็มนาฬิกา	-9 โวลต์

เมื่อทดลองได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4 ทำการประกอบใช้งานจริง

3) การทดลองวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์

ประกอบวงจรดังรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 การทดลองวงจรปรับทิศทางและขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์

จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจร ทดลองจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ความต้านทาน 150 โอห์ม ที่ขาที่ 1 ของออปโต้ทรานซิสเตอร์ ด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ พิจารณาการตัดต่อหน้าสำผัสของรีเลย์ สามารถใช้งานได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ให้ทำการตรวจสอบความผิดพลาดของวงจรที่ออกแบบ และทำการแก้ไขทดลองซ้ำอีกครั้งเพื่อความแน่ใจ และประกอบใช้งานจริง ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้ และทิศทางการหมุนของมอเตอร์ที่ได้จากการทดลองดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยใช้วงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์

PWM	PC0	ทิศทางการหมุนของมอเตอร์
0	0	-
0	1	-
1	0	หมุนตามเข็มนาฬิกา
1	1	หมุนทวนเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 การทดลองหลังประกอบลงแผ่นวงจร

การทดลองในตอนนี้ทำควบคู่ไปกับการตรวจสอบอุปกรณ์ขณะลงแผ่นวงจร เริ่มด้วยการตรวจสอบลายวงจรที่ออกแบบ ว่ามีจุดบกพร่องเกี่ยวกับการออกแบบหรือไม่ ถ้ามีให้ทำการแก้ไขก่อนการลงอุปกรณ์ เมื่อตรวจสอบลายวงจรเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการตรวจสอบอุปกรณ์ก่อนวางอุปกรณ์ลงในลายวงจร เมื่อลงอุปกรณ์เรียบร้อย ให้ตรวจสอบการทำงานตามตอนที่ 1 อีกครั้งว่าได้สัญญาณตามผลการทดลองที่วัดได้ก่อนประกอบจริงหรือไม่ถ้าไม่ได้ตามการทดลอง ให้ทำการแก้ไขให้ได้การทดลอง ก่อนประกอบรวมเป็นโครงงาน

4.3 การทดลองการควบคุมการทำงานของแขนกลด้วยมือ

การทดลองการควบคุมการทำงานของแขนกลด้วยมือมีตำแหน่งของสวิตซ์ควบคุมดังแสดงในรูปที่ สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 7 ส่วน ตามแกนของขาตั้งกล้องวีดีโอ โดยสวิตซ์ที่ใช้งานมีด้วยกัน 12 ตัว และสวิตซ์อีก 3 ตัว ใช้สำหรับการควบคุมระยะใกล้ไกลของภาพ และการบันทึกภาพวิดีโอ โดยสวิตซ์แต่ละตัวมีการทำงานดังนี้

4.3.1 การทดลองการควบคุมการทำงานของแกนที่ 1

การทำงานของแกนที่ 1 จะเป็นในลักษณะการเคลื่อนตัวไปทางซ้าย และขวา สวิตซ์การตัดต่อจะอยู่ที่ฐานรถ โดยการควบคุมผู้จะใช้เท้าในการบังคับการทำงาน โดยการกดสวิตซ์ทางซ้ายด้วยเท้าซ้าย การเคลื่อนตัวของแขนกลจะเคลื่อนตัวไปทางซ้าย การหยุดการเคลื่อนตัวของแขนกล สามารถทำได้โดยการหยุดกดสวิตซ์ทางซ้ายด้วยเท้า ส่วนการเคลื่อนตัวไปทางขวา สามารถทำได้เช่นเดียวกับการเคลื่อนตัวทางซ้าย คือ กดสวิตซ์ทางขวาด้วยเท้าขวา การหยุดทำได้ด้วยการหยุดกดสวิตซ์ทางขวา

4.3.2 การทดลองการควบคุมการทำงานของแกนที่ 2 ด้วยมือ

การทำงานของแกนที่ 2 จะเป็นในลักษณะการหมุนได้ 270 องศา โดยมีการหมุนจากซ้ายไปขวาและการหมุนจากขวาไปซ้ายการควบคุมการทำงานสามารถทำได้โดยการกดสวิตซ์ชุดโรตารี่ซึ่งมีสวิตซ์ 2 ตัว คือ สวิตซ์หมุนขวา (SW1) และสวิตซ์หมุนซ้าย (SW2) เมื่อกดสวิตซ์ SW1 แกนที่ 2 จะทำการหมุนไปทางขวาจนกว่าจะทำการหยุดกดสวิตซ์ SW1 ส่วนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมุนซ้าย สามารถทำได้โดยการกด SW2 แกนที่ 2 จะหมุนไปในทิศทางขวาจนกว่าจะหยุดกดสวิตช์ SW2

4.3.3 การทดลองการควบคุมการทำงานของแกนที่ 3 ด้วยมือ

การทำงานของแกนที่ 3 จะเป็นการเคลื่อนที่ขึ้น (ทิลท์อัพ) และการเคลื่อนที่ลง(ทิลท์-ดาวน์) สามารถปรับระดับการเคลื่อนที่จากต่ำสุดถึงสูงสุดได้ 45 องศาตามความยาวของเกลียว การควบคุมการทำงานสามารถทำได้ โดยการกดสวิตช์ SW3 แกนที่ 3 จะเคลื่อนตัวด้วยการปรับระดับจากระดับบนลงล่าง เมื่อหยุดกดสวิตช์ SW3 แกนที่ 3 จะหยุดการเคลื่อนตัวและในทางกลับกันการเคลื่อนตัวปรับระดับจากระดับล่างขึ้นบน สามารถทำได้โดยการกดที่สวิตช์ SW 4 สำหรับการเคลื่อนตัวในชุดนี้ เมื่อเกลียวหมุนถึงจุดสูงสุด การเคลื่อนตัวจะไม่เกิดขึ้น ในกรณีเดียวกันเมื่อเกลียวปรับระดับได้ต่ำสุด การเคลื่อนตัวจะไม่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับการปรับระดับล่างขึ้นบน

4.3.4 การทดลองการควบคุมการทำงานของแกนที่ 4 ด้วยมือ

การทำงานในแกนที่ 4 จะเป็นลักษณะเช่นเดียวกับแกนที่ 3 คือ สามารถเคลื่อนตัวในทิศทางขึ้น และลงได้ 45 องศา สวิตช์ที่ใช้ควบคุมการปรับระดับจากระดับบนลงล่าง คือ SW5 และการปรับระดับจากระดับล่างขึ้นบนใช้ SW6 เป็นสวิตช์ควบคุม

4.3.5 การทดลองการควบคุมการทำงานของแกนที่ 5 ด้วยมือ

การทำงานของแกนที่ 5 มีการทำงานเป็นการเคลื่อนที่ขึ้น (ทิลท์อัพ) และการเคลื่อนที่ลง (ทิลท์ดาวน์) การเคลื่อนตัวในการปรับระดับขึ้น และการปรับระดับลง สามารถทำได้เป็นมุน 60 องศาจากระดับสูงสุดถึงระดับต่ำสุด โดยการขับเฟืองด้วยเกลียวหนอนสวิตช์ที่ใช้ควบคุมการปรับระดับจากบนลงล่าง คือ SW7 และการปรับระดับจากล่างขึ้นบนใช้ SW8เป็นสวิตช์ควบคุม เมื่อกดSW 7 แกนที่ 5 จะเคลื่อนตัวลงล่าง ด้วยระดับความเร็วที่กล้องวิดีโอสามารถรับภาพได้ และเมื่อกด SW 8 แกนที่ 5 จะเคลื่อนตัวขึ้นระดับบนในความเร็วที่สามารถรับภาพได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 การทดลองการควบคุมการทำงานของแกนที่ 6 ด้วยมือ

การทำงานของแกนที่ 6 จะสามารถหมุนในทิศทางขวา และซ้าย โดยมุมที่ได้จากการเคลื่อนตัวขวาสุดถึงซ้ายสุด คือ 270 องศา โดยเมื่อกดสวิตช์ SW9 การเคลื่อนจะหมุนไปในทิศทางขวาจนกว่าจะหยุดกดสวิตช์ และเมื่อกดสวิตช์ SW 10 การเคลื่อนตัวจะเป็นในทางกลับกันกับสวิตช์ SW 9 คือ จะหมุนในทิศทางซ้าย เมื่อหยุดกดสวิตช์ การเคลื่อนตัวก็จะไม่เกิดขึ้น

4.3.7 การทดลองการควบคุมระยะใกล้ไกลของภาพ และการบันทึกภาพวิดีโอ

การทดลองการปรับระยะภาพ สามารถทำได้โดยการกดสวิตช์ 2 ตัว คือ การปรับภาพเข้า(Zoom in) และ การปรับภาพออก (Zoom out) เมื่อกดสวิตช์ Zoom in จะมีแรงดันไฟฟ้าไปขับให้โซลินอยด์เกิดการเคลื่อนตัวออกไป กดสวิตช์ Zoom in ภายในกล้องวิดีโอทำให้ภาพที่ได้จากกล้องวิดีโอปรับระยะภาพใกล้เข้ามา การปรับระยะภาพให้ไกลออกไปสามารถทำได้โดยการกดสวิตช์ Zoom out ภาพที่ได้จากการกดสวิตช์ Zoom out จะปรับระดับไกลออกไปจากระดับเดิม สำหรับการบันทึกภาพก็ทำได้เช่นเดียวกับการปรับระยะภาพในการทดลองจะพิจารณาถึงแรงที่ใช้ในการกดสวิตช์ที่กล้องวิดีโอ พิจารณาถึงแรงกดว่ามากเกินไปหรือไม่ ถ้าความแรงในการกดมีมากเกินไปจะทำให้สวิตช์ที่กล้องวิดีโอการการเสียหายได้เร็วกว่ากำหนด แต่ถ้าแรงที่ได้น้อยเกินไปจะไม่สามารถกดสวิตช์บนกล้องวิดีโอได้ดังนั้นในการทดลองสามารถทำได้โดยการใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ปรับค่าได้

การทำงานของระบบควบคุมด้วยมือของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโออาศัยการปรับมุมภาพที่ได้ จากการถ่ายทำวิดีโอ โดยผู้ควบคุมแขนกล ภาพที่ได้จากการถ่ายทำแบบนี้ จะขึ้นอยู่กับความสามารถ และความชำนาญของผู้ถ่ายทำเป็นส่วนใหญ่

4.4 การทดลองควบคุมการทำงานของแขนกลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

การทดลองการทำงานของแขนกลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อตรวจสอบการสั่งงานผ่านไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งมีส่วนประกอบ 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การทดลองทางด้านวงจร และการทดลองทางด้านโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 การทดลองวงจรควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

เนื่องจากการออกแบบวงจรการควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ และวงจรการควบคุมด้วยมือนั้นเอื้ออำนวยต่อการใช้งานร่วมกันอยู่แล้ว ดังนั้นการทดลองการทำงานของวงจร สามารถทดลองวงจรปรับการควบคุมจากการควบคุมด้วยมือไปเป็น การควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยสวิตช์ AUTO -MANUAL โดยสวิตช์ตัวนี้ เมื่อปรับไปที่ AUTO การทำงานจะสั่งงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งในระบบมีการออกแบบโปรแกรม เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของแขนกลด้วยกัน โปรแกรมโดยการสั่งงานด้วยสวิตช์ซึ่งจะไปทำการแสกนคีย์บอร์ด ให้ไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานในแอสเดส (Address) ที่เราออกแบบโปรแกรมไว้ โดยวงจรปรับการควบคุมด้วยมือเป็นการควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์แสดงในบทที่ 3

ตรวจสอบการทำงานของวงจรว่าสามารถใช้งานได้หรือไม่ โดยการทดสอบป้อนแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ แทนการจ่ายด้วยสถานะ 1 และกราวด์ แทนสถานะ 0 ที่ได้จากพอร์ทของไมโครโปรเซสเซอร์เมื่อจ่ายสถานะ 1 ให้แอนด์เกท (AND Gate) ทางด้านเอาต์พุตของแอนด์เกทจะมีสถานะ 1 ซึ่งเป็นไฟบวก 5 โวลต์ ไปทำการขยายกำลังเพิ่มเพื่อขับกำลังมอเตอร์ต่อไป และเมื่อจ่ายสถานะ 0 สถานะที่เอาท์พุทของแอนด์เกทจะเป็น 0ไม่มีแรงดันไปขยายออกวงจรขับกำลัง การทดลองของวงจรทั้ง 12 วงจร สำหรับแกนทั้ง 6 แกน และการปรับทิศทางแกนละ 2 วงจร ผลการทดลองของวงจรควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์เป็นเช่นเดียวกับการควบคุมด้วยมือ

4.4.2 การทดลองการสั่งงานของโปรแกรม

การทดลองการสั่งงานของโปรแกรมสามารถทำการทดลองตามโปรแกรมที่ออกแบบได้ โดยการกดคีย์บอร์ด ซึ่งแยกการควบคุมออกเป็นส่วนๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.25คีย์บอร์ดแต่ละชุดสั่งงานให้มอเตอร์ทำงานโดยการควบคุมแต่ละแกนของแขนกล การทำงานแบ่งได้เช่นเดียวกับการควบคุมด้วยมือ โปรแกรมการทำงานจะทำการสแกนคีย์บอร์ด เมื่อมีการกดคีย์บอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์จะสั่งงานไปยังพอร์ทที่อ้างโดยแอดแดรสของคีบอร์ดที่มีการสั่งงานเข้ามา ที่พอร์ทค่าต่างๆจะต่อเข้ากับวงจรขับกำลังมอเตอร์เพื่อขยายกระแสและแรงดันไฟฟ้าเพื่อให้สามารถใช้งานได้กับมอเตอร์ที่มีค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูงได้จากผังค่าคีย์บอร์ดดังแสดงในรูปที่ 3.25 สามารถแยกการทำงานได้ดังนี้

ชุด PAN ประกอบด้วย 3 คีย์บอร์ดคือคีย์บอร์ดL ,R และ S เมื่อทำการสั่งให้โปรแกรมทำงานและเมื่อทดลองกดคีย์บอร์ด L จะทำให้แกนที่ 2 หมุนไปในทิศทางซ้ายจนกว่าจะมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดคีย์บอร์ด S จะทำให้แกนที 2 หยุดหมุน การทำให้แกนที่ 2 หมุนในทิศทางขวาได้โดยการกดคีย์บอร์ด R เมื่อต้องการให้แกนที่ 2 หยุดหมุนทำได้โดยการกดคีย์บอร์ด S

ชุด MICRO PAN มีคีย์บอร์ด L,R และ S เป็นคีย์บอร์ดสั่งงานเมื่อกดคีย์บอร์ด L จะทำให้แกนที่ 6 หมุนไปทางซ้ายเมื่อต้องการให้แกนที่ 6 หยุดหมุนสามารถทำไดโดยการกดคีย์บอร์ด S การทำให้แกนที่ 6 หมุนขวาสามารถได้โดยการกดคีย์บอร์ด R การหยุดทำได้โดยการกดคีย์บอร์ด S เช่นเดียวกับการสั่งให้หยุดหมุนทางซ้าย

ชุด TRUCK มีคีย์บอร์ด L,R และ Sเป็นคีย์บอร์ดสั่งงานควบคุมแกนที่ 1 ให้เคลื่อนที่ไปทางซ้ายและขวาการสั่งงานทำได้เช่นเดียวกับชุด PAN

ชุด MICRO TILT มีคีย์บอร์ด U, D และ S เป็นคีย์บอร์ดควบคุมการทำงานแกนที่ 5 เมื่อกดคีย์บอร์ด U การเคลื่อนที่ของแกนที่ 5 จะเคลื่อนที่ขึ้น และจะหยุดเมื่อกด S ส่วนการเคลื่อนที่ลงทำได้โดยการกด D เมื่อต้องการหยุดให้กด S

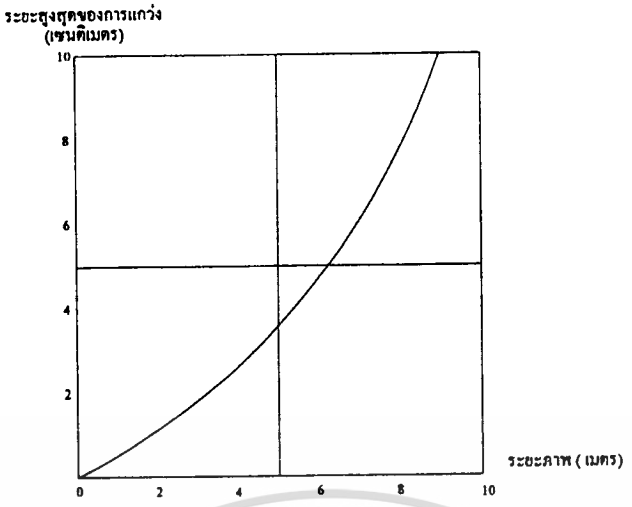
ชุด TILT 1 และTILT2 มีคีย์บอร์ดและการทำงานเช่นเดียวกันแต่ใช้ TILT 1ควบคุมการทำงานในแกนที่ 3 และ TILT2 ควบคุมการทำงานในแกนที่ 4 แต่ละชุดมีคีย์บอร์ดการสั่งงานเช่นเดียวกันคือ U ,S และD การทำงานเป็นในลักษณะเช่นเดียวกับการทำงานในชุด MICRO TILT ต่างกันที่ควบคุมแกนในชุดที่ต่างกันเท่านั้น

การทดลองการสั่งงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ให้ทำการทดสอบการสั่งงานเป็นไปตามที่กำหนดในโปรแกรม ให้สามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่ออกแบบและสามารถควบคุมการทำงานได้ครบทั้ง 6 แกน

4.5 สรุปผลการทดลองของแขนกล

การทำงานของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ระบบโดยการควบคุมด้วยมือ และการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน จากการทดลองเมื่อแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอมีการเคลื่อนที่จะเกิดการสั่นไหวเกิดขึ้น ทำให้การบันทึกภาพเกิดการสั่นไหวตามไปด้วยโดยเฉพาะแกนที่ 2 จะเกิดการสั่นไหวมากกว่าทุกแกน เมื่อเพิ่มระยะทางการจับมุมภาพมากขึ้นภาพที่ได้จากการบันทึกจะเกิดการสั่นไหวมากยิ่งขึ้นการสั่นไหวของการทำงานในแกนที่ 2 แสดงดังกราฟรูปที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กราฟการสั่นไหวของกล้องวิดีโอ

เมื่อขาตั้งกล้องเกิดการเคลื่อนที่โดยมีมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อน ซึ่งอาศัยหลักการขดลวดหมุนรอบสนามแม่เหล็กทำให้เกิดคลื่นสนามไฟฟ้าแม่เหล็กเข้าไปรบกวนการบันทึกภาพ และการรับภาพทางโทรทัศน์ โดยเฉพาะการถ่ายถอดในช่อง 3 จะเกิดการรบกวนมากกว่าการรับภาพทางโทรทัศน์ในช่องอื่นๆ อันเนื่องความถี่ที่ใช้ส่งในช่อง 3 เป็นความถี่ในย่าน VL ซึ่งความถี่ต่ำกว่าช่องอื่นๆ ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการทดลองการใช้งานได้แสดงการแก้ไขปัญหาส่วนที่สามารถแก้ไขได้ และเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ไว้ในบทที่ 5 ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและพัฒนา

5.1 บทสรุป

โครงงานชุดแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ สามารถควบคุมการทำงานได้ 2 ระบบ คือการควบคุมการทำงานด้วยมือ และการควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ โดยการควบคุมด้วยมือมีการควบคุมด้วยกัน 6 ส่วน ตามแกนของแขนกล โดยแต่ละแกนสามารถเคลื่อนที่ได้ตามตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ

แกนที่	ทิศทางการเคลื่อนที่	มุมการเคลื่อนที่ (องศา)
1	ซ้าย-ขวา	-
2	หมุนซ้าย-หมุนขวา	270
3	ขึ้น-ลง	45
4	ขึ้น-ลง	45
5	ขึ้น-ลง	90
6	หมุนซ้าย-หมุนขวา	270

ส่วนการควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์นั้น จะใช้การออกแบบทางด้านโปรแกรม การออกแบบพอร์ขนานเพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอตามต้องการ

อย่างไรก็ตาม แขนกลก็ยังมีข้อบกพร่องบางประการในการทำงาน ทางคณะผู้จัดทำจึงได้รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางในการพัฒนาในอนาคตโดยมีรายละเอียดดังที่จะได้เสนอต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงาน

เนื่องจากการทำงานของโครงงานชุดนี้ มีข้อบกพร่องทั้งทางด้านการออกแบบ และการควบคุมอยู่บ้าง ซึ่งสามารถแยกปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น ดังต่อไปนี้

5.2.1 ปัญหาการออกแบบทางด้านเครื่องกลขณะเริ่มเคลื่อนที่

การเคลื่อนที่ของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ มีข้อบกพร่องในขณะมีการเริ่มเคลื่อนที่ เนื่องจากมีการกระชากตัวเล็กน้อย และในขณะทำการหยุดด้วยสวิตช์ตำแหน่งจะผิดพลาดไปจากจุดที่ต้องการให้หยุดเล็กน้อย ดูได้จากกราฟแสดงขณะมีการเริ่มเคลื่อนที่และขณะหยุด ดังรูปที่ 4.1

การแก้ปัญหาสามารถทำได้ทำได้ 2 ทาง โดยการออกแบบทางด้านการควบคุมวงจรการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้มอเตอร์กระแสตรง ให้สามารถปรับระดับความเร็วในการเริ่มเคลื่อนที่ให้ระดับแรงดันค่อยๆ สูงขึ้น ทำให้ความเร็วของมอเตอร์ในขณะเริ่มเคลื่อนที่มีความเร็วค่อยๆ สูงขึ้น จนกว่าจะมีระดับความเร็วที่คงที่ และการออกแบบวงจรให้ค่อยๆ ลดระดับแรงดันไฟฟ้าลงในขณะทำการหยุด และการแก้ไขวิธีที่ 2 โดยการเปลี่ยนมอเตอร์กระแสตรงให้เป็นเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งอาศัยการควบคุมด้วยสัญญาณพัลซ์ ในการจะออกแบบแก้ไขด้วยวิธีใดนั้นควรคำนึงถึงข้อดีในการทำงาน และที่สำคัญ คือความประหยัด

5.2.2 ปัญหาการออกแบบทางด้านเครื่องกลในแกนที่ 6

ในการออกแบบในแกนที่ 6 จะมีข้อบกพร่องทางด้านกำลังในการขับเคลื่อน เนื่องจากในโครงงานชุดนี้ใช้การขับโดยตรงจากมอเตอร์ ซึ่งมีกำลังในการขับเคลื่อนต่ำเมื่อปรับระดับการเคลื่อนที่ในทิศทางขึ้นของแกนที่ 5 ให้ต่ำลง การขับเคลื่อนของมอเตอร์ที่มีกำลังต่ำจึงไม่สามารถหมุนให้กล้องวิดีโอเคลื่อนที่ได้

การแก้ไขสามารถทำได้ โดยการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ทางด้านเครื่องกลในแกนที่ 6 โดยเพิ่มพื้นที่ของแกนที่ 6 ให้สามารถวางเฟืองฟันเกลียว และเกลียวหนอนที่มีขนาด 12 ฟัน-เฟือง แบบมาตรฐาน 1 เส้นผ่าศูนย์กลางของเฟือง 5 เซนติเมตร สำหรับเฟืองฟันเกลียวและเกลียวหนอนขนาด 2 มิลลิเมตรแบบ 2 ปากขนาดยาว 7 เซนติเมตร และพื้นที่สำหรับวางมอเตอร์ โดยการทำงานของชุดนี้จะเป็นเช่นเดียวกับการขับกำลังในแกนที่ 5 เพียงเปลี่ยนทิศทางการขับจากแนวตั้งให้เป็นแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 ปัญหาด้านการออกแบบเครื่องกลในชุดการขับเกลียว

ในการเคลื่อนที่ของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอจะใช้การหมุนเกลียวเพื่อให้แกนเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นลง ดังนั้น การส่ายตัวจึงเกิดขึ้นในขณะมีการเคลื่อนที่ ซึ่งการส่ายตัวจะเกิดขึ้นเล็กน้อย แขนกลที่ต้องการเสถียรภาพในการถ่ายทำจะไม่สามารถนำโครงงานชุดนี้ไปใช้งานได้

การแก้ไข ให้ทำการเปลี่ยนระบบการขับเกลียวให้เป็นระบบไฮดรอลิก

5.2.4 ปัญหาทางด้านเสียงรบกวนจากมอเตอร์

มอเตอร์ขณะทำงานจะมีเสียงเกิดขึ้น เนื่องจากการเสียดสีระหว่างแปรงถ่านกับขดลวดและเกิดจากการขับเกลียว เสียงที่เกิดขึ้นจะเข้าไปรบกวนสัญญาณเสียงที่ใช้ในการบันทึกเมื่อทำการบันทึกลงม้วนวิดีโอหรือส่งสัญญาณออกทางโทรทัศน์จะทำให้ได้ยินเสียงการหมุนของมอเตอร์นี้เข้าไปด้วย

การแก้ไข ทำได้โดยการใช้กล่องเก็บเสียงประกอบเข้ากับตัวมอเตอร์

5.2.5 ปัญหาความไม่สมบูรณ์ของโปรแกรม

โปรแกรมที่ออกแบบมีการควบคุมไม่ทั่วถึงการทำงานทั้งระบบ เนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมมีจำนวนมากทำให้การออกแบบโปรแกรมยุ่งยาก และเวลาในการออกแบบมีน้อย ดังนั้น โครงงานชุดนี้สามารถทำการออกแบบทางด้านโปรแกรมเพิ่มเติมได้อีก โดยการออกแบบทางด้านวงจรนั้น ออกแบบมาให้เอื้ออำนวยต่อความสะดวกในการเขียนโปรแกรมไว้เรียบร้อยแล้ว สามารถนำโปรแกรมที่ได้จากการออกแบบเพิ่มเติมมาควบคุมแขนกลให้สามารถใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้นได้โดยไม่ต้องแก้ไขวงจร

5.3 แนวทางในการพัฒนา

แนวทางในการพัฒนาโครงงานชุดแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ ผู้จัดทำขอเสนอแนวทางที่สามารถทำได้ดังต่อไปนี้

5.3.1 การพัฒนาทางด้านเครื่องกล

การพัฒนาทางด้านเครื่องกล สามารถทำการพัฒนาจากระบบมอเตอร์ให้เป็น ระบบไฮดรอลิก ซึ่งมีความสมบูรณ์ในการขับเคลื่อนดีกว่ามอเตอร์ หรือเปลี่ยนเป็นระบบเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งจะให้เสถียรภาพดีกว่าระบบการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

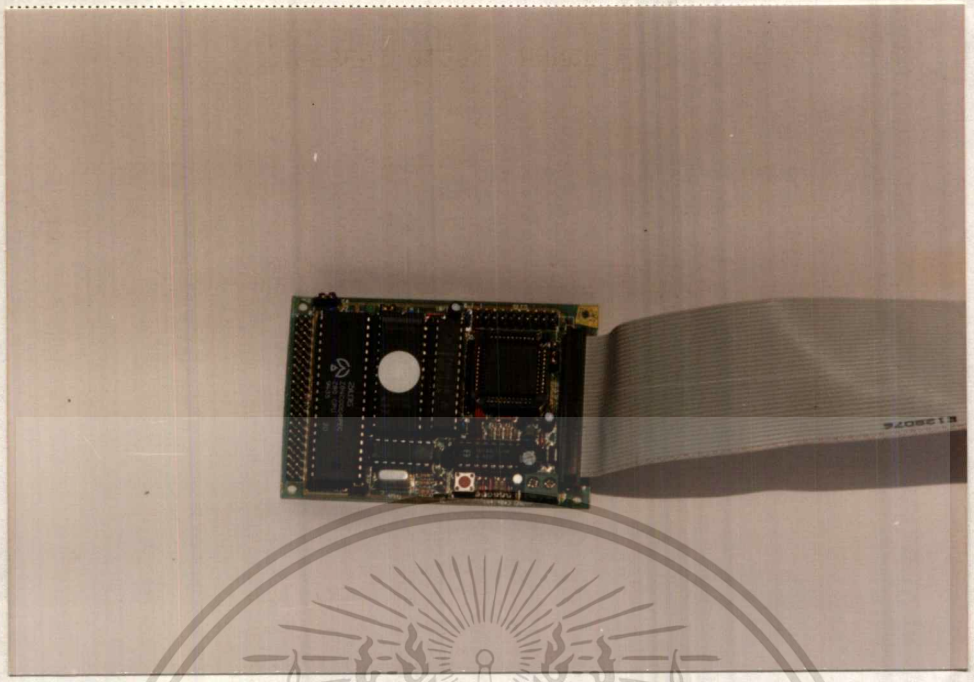
5.3.2 การพัฒนาทางด้านวงจร และโปรแกรม

การพัฒนาด้านนี้สามารถปรับปรุงการควบคุมทางด้านไมโครโปรเซสเซอร์ให้ใช้งานได้สะดวก และง่ายต่อการควบคุม หรือสามารถพัฒนาระบบการควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล Z-80 ให้เป็นระบบการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ตระกูลอื่น ที่สะดวกต่อการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน และสามารถพัฒนาการควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อสามารถขยายการโปรแกรมให้การใช้งานขยายกว้างขึ้นต่อไป

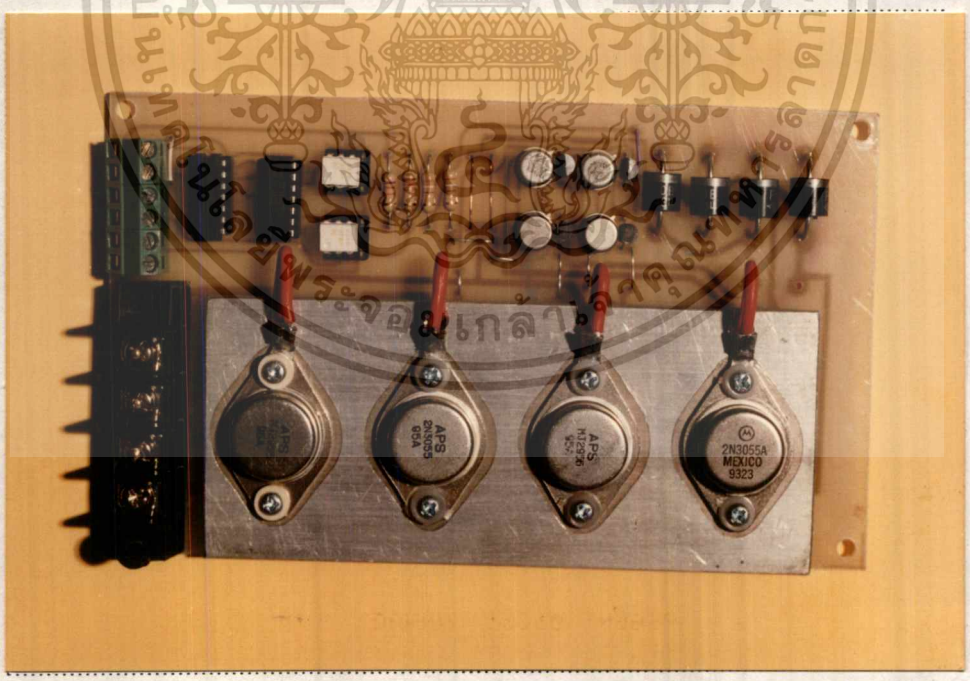
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. ส่วนประกอบของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

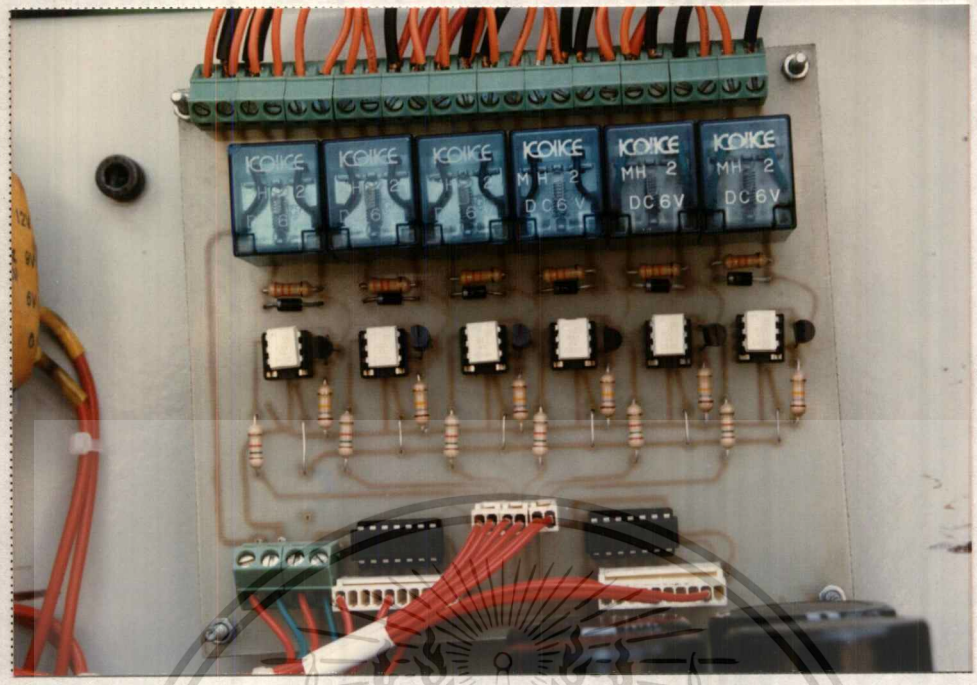


รูปที่ 1 แผ่นวงจร Z-80 V1

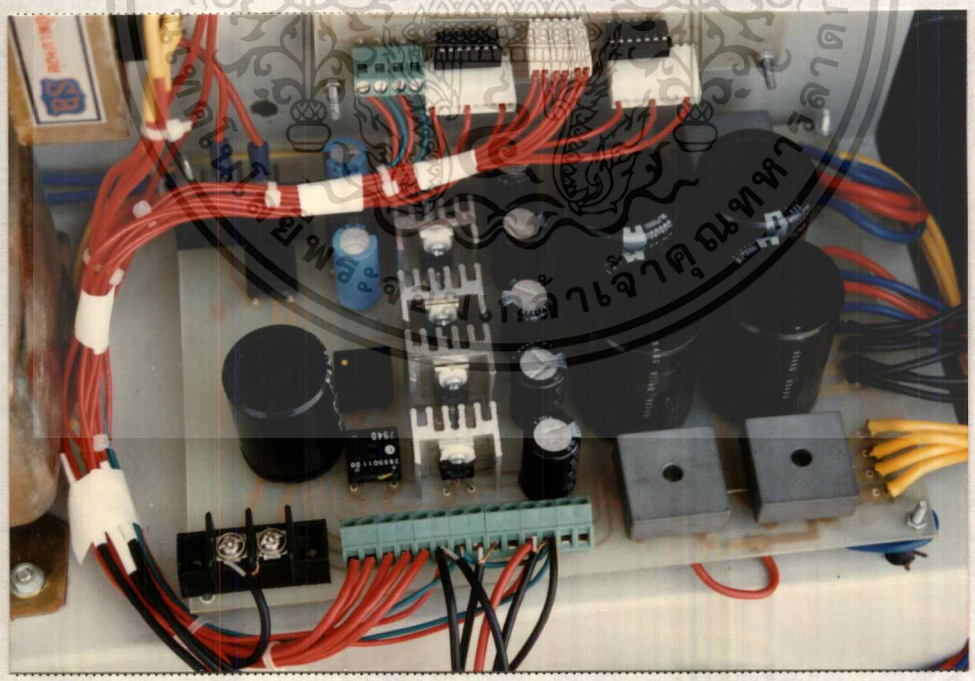


รูปที่ 2 แผ่นวงจรการขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์กำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

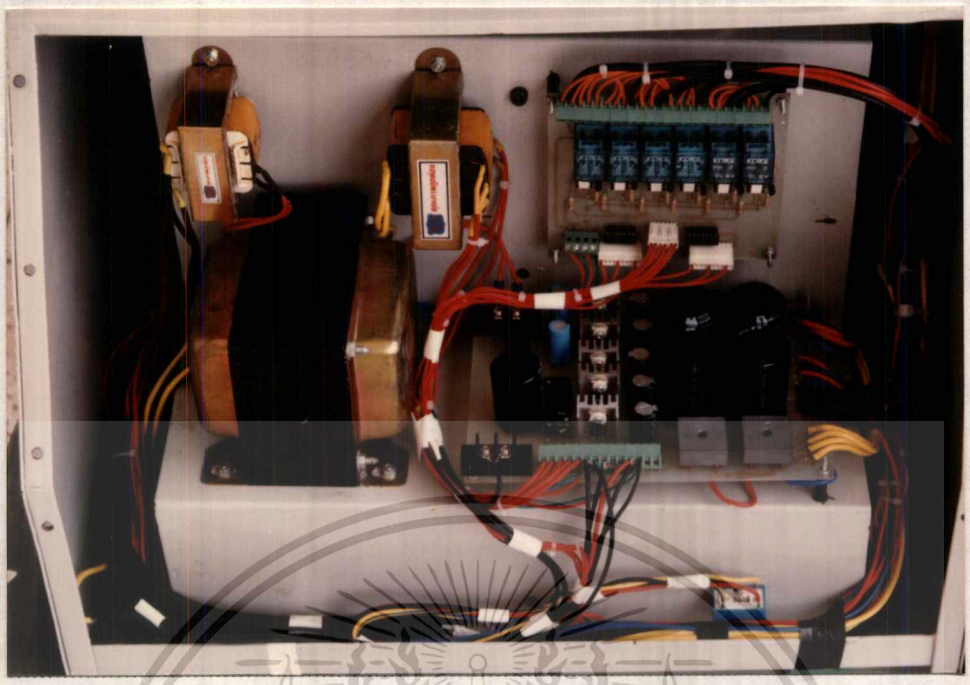


รูปที่ 3 แผ่นวงจรการขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์

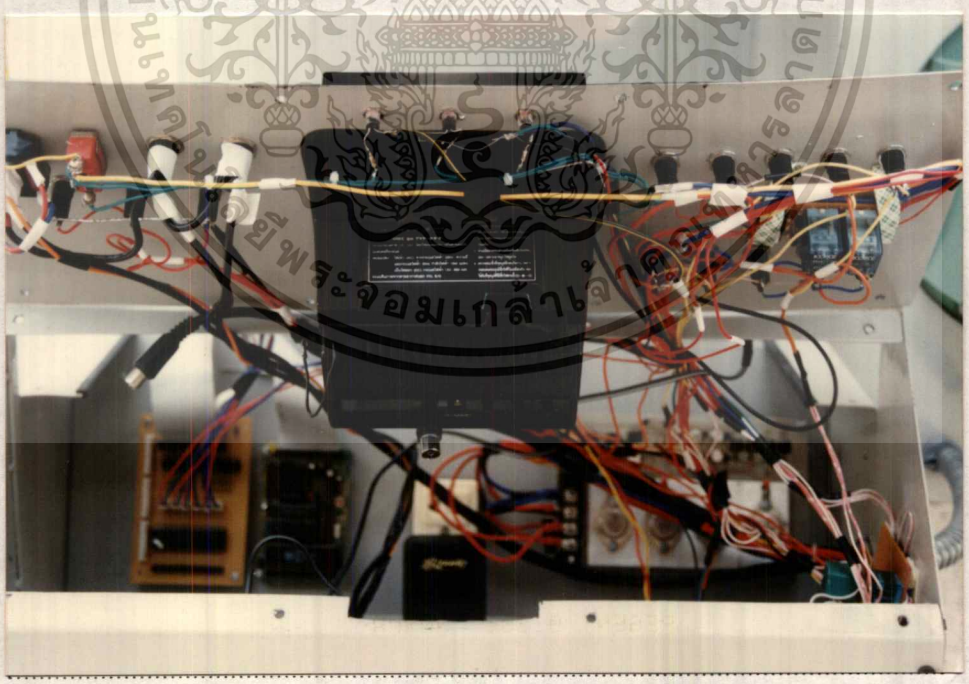


รูปที่ 4 แผ่นวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้วงจรและมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

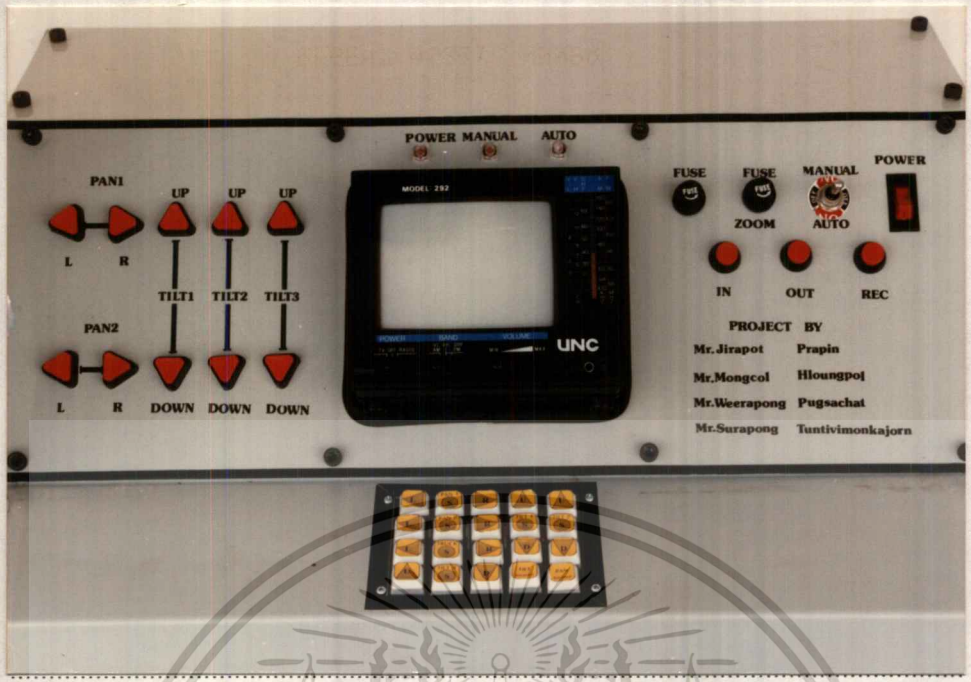


รูปที่ 5 การติดตั้งแผ่นวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าและแผ่นวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์

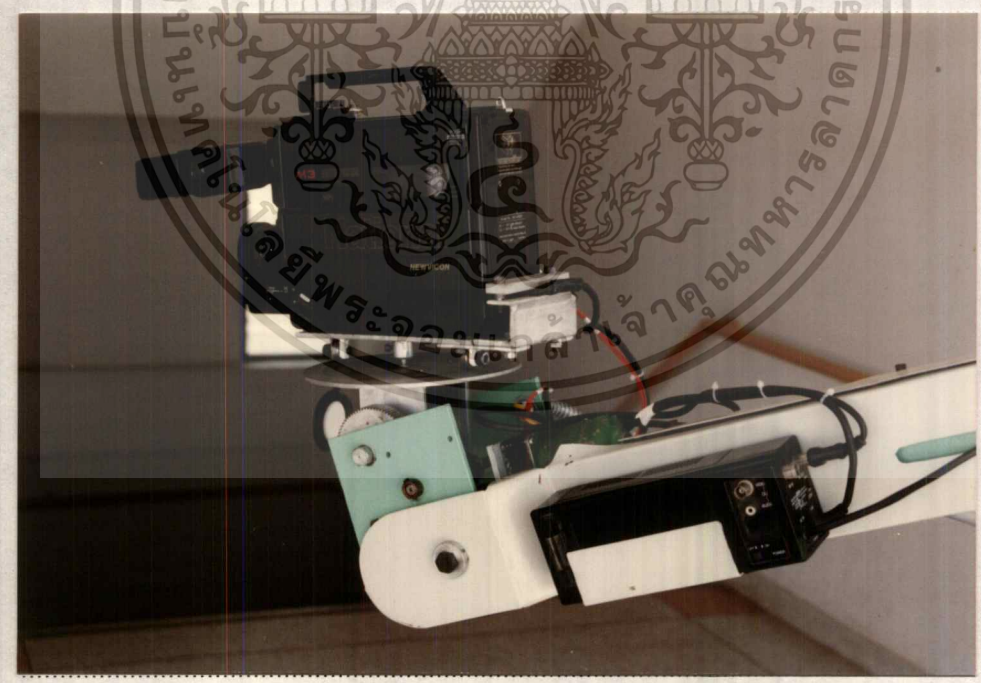


รูปที่ 6 การติดตั้งแผ่นวงจร Z-80 V1 และแผ่นวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์กำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



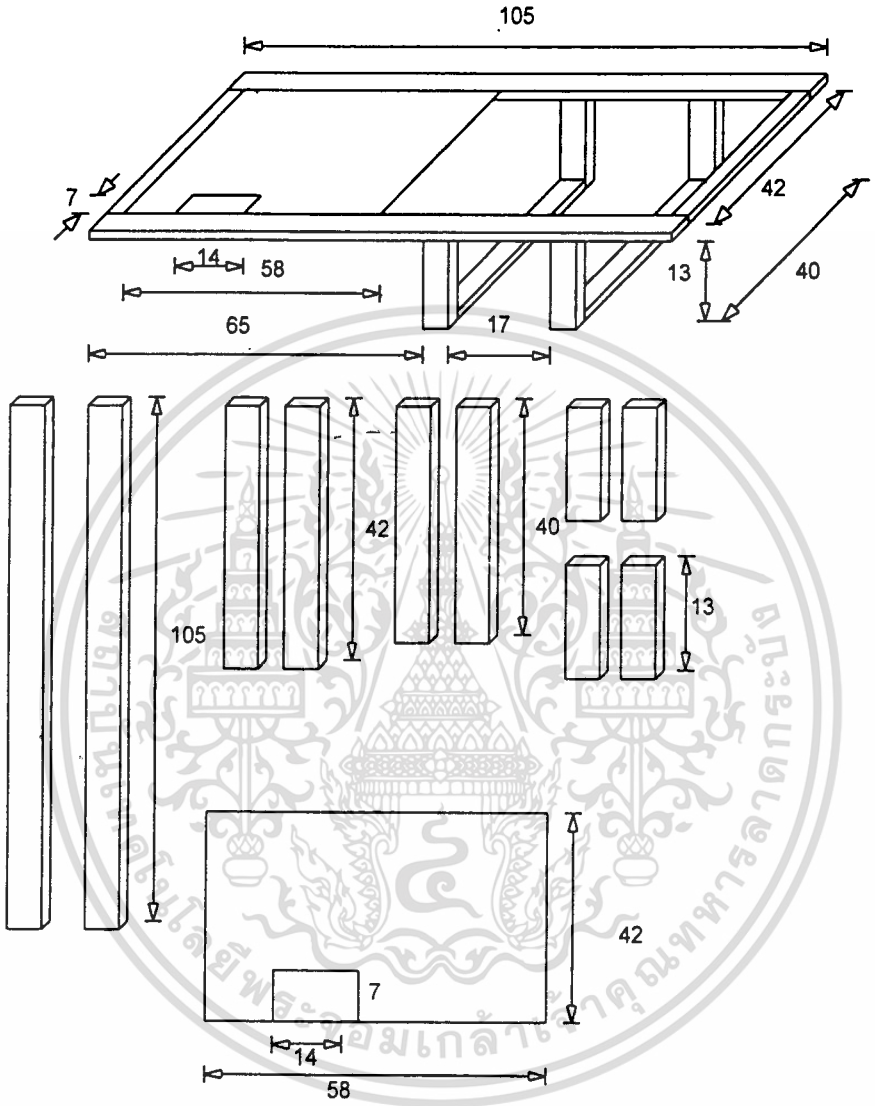
รูปที่ 7 แผงควบคุมของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ



รูปที่ 8 การประกอบกล้องวิดีโอเข้ากับแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

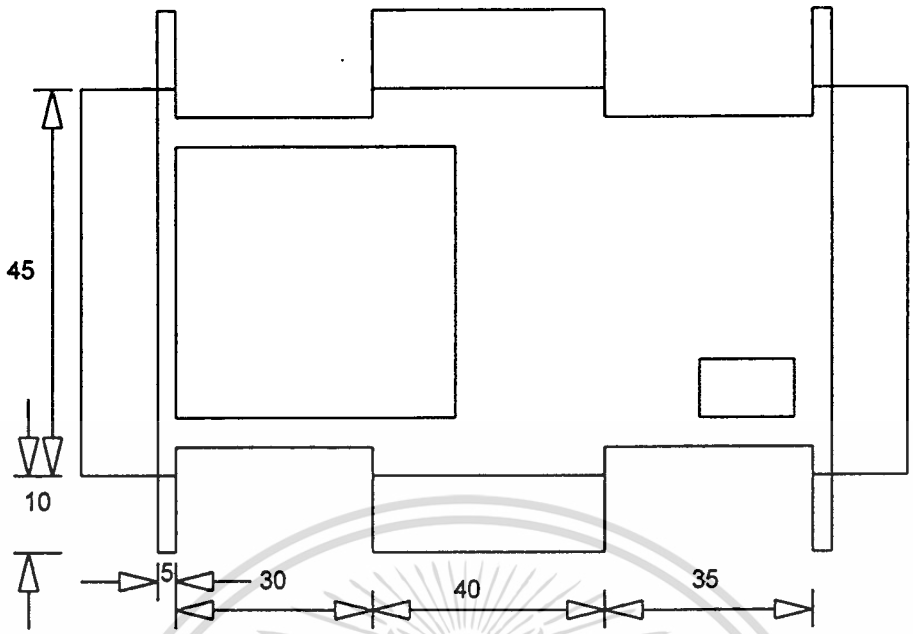
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบโครงสร้างภายนอกของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

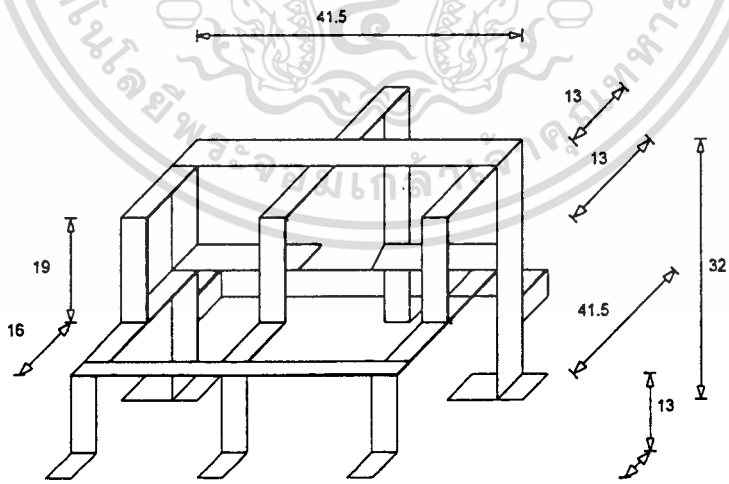


รูปที่ 9 ส่วนประกอบของฐานรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

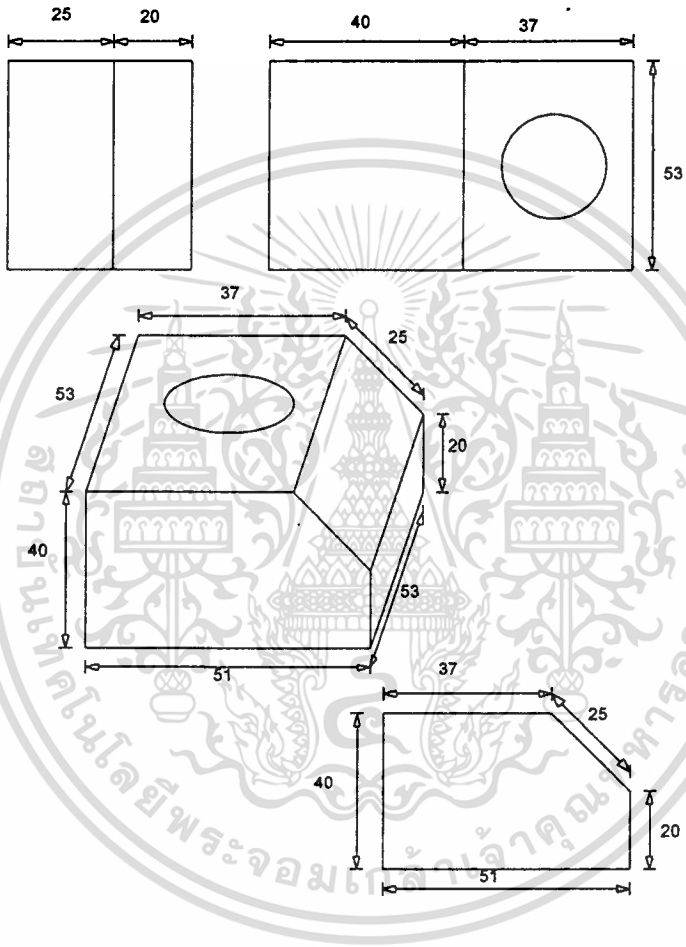


รูปที่ 10 ชุดฝาคลุมตัวรถ



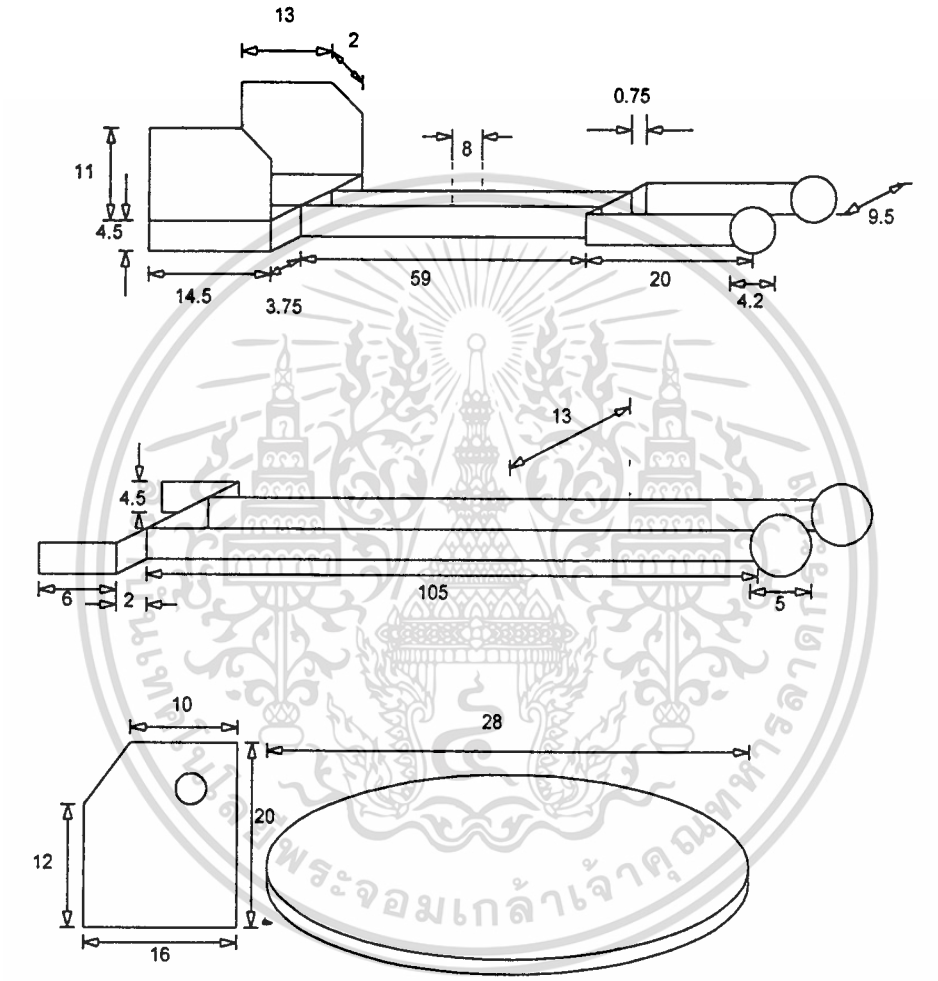
รูปที่ 11 ส่วนประกอบของแกนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



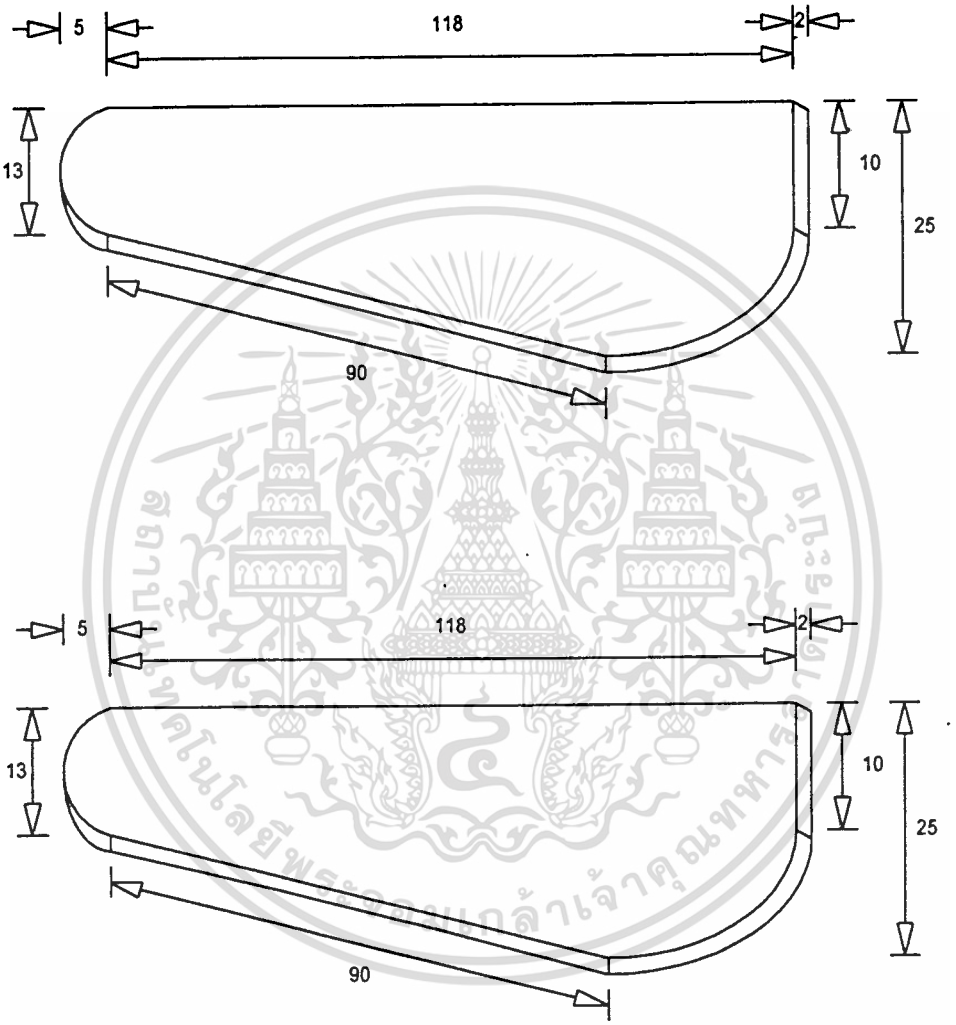
รูปที่ 13 ชุดฝาครอบแกนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



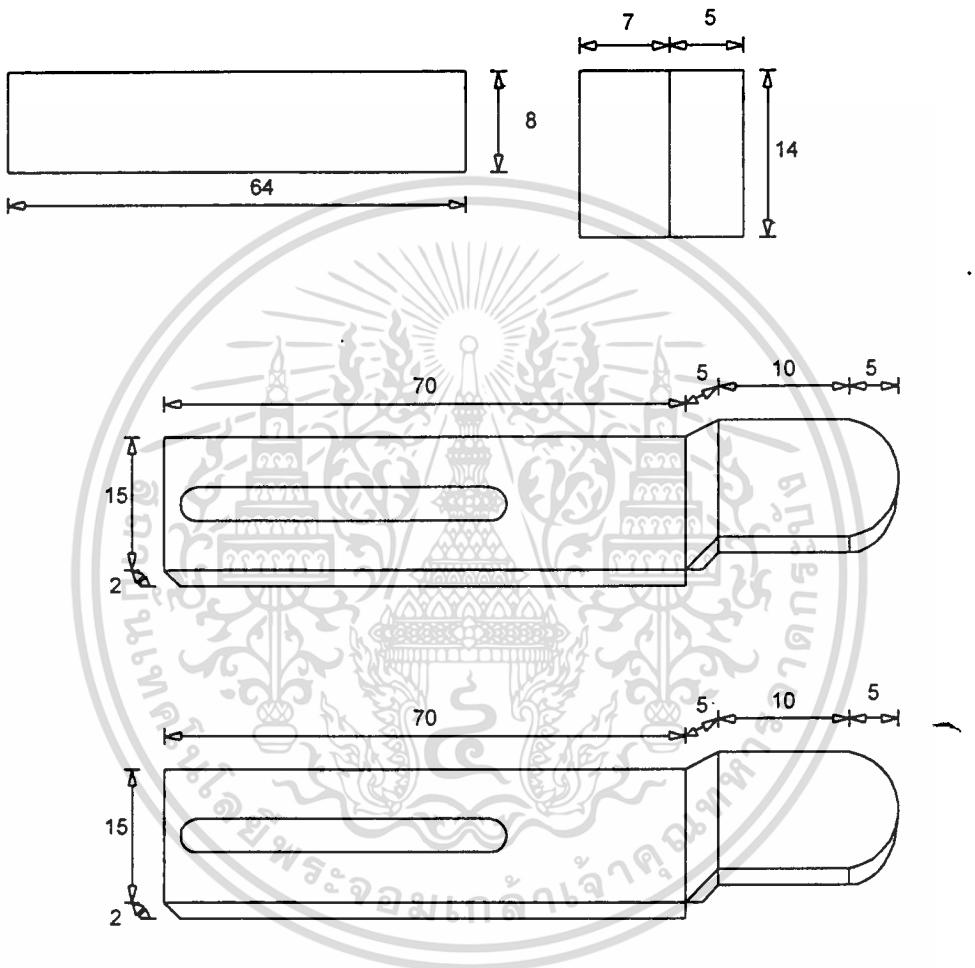
รูปที่ 14 กระดูกแกนในของแกนที่ 3 และ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



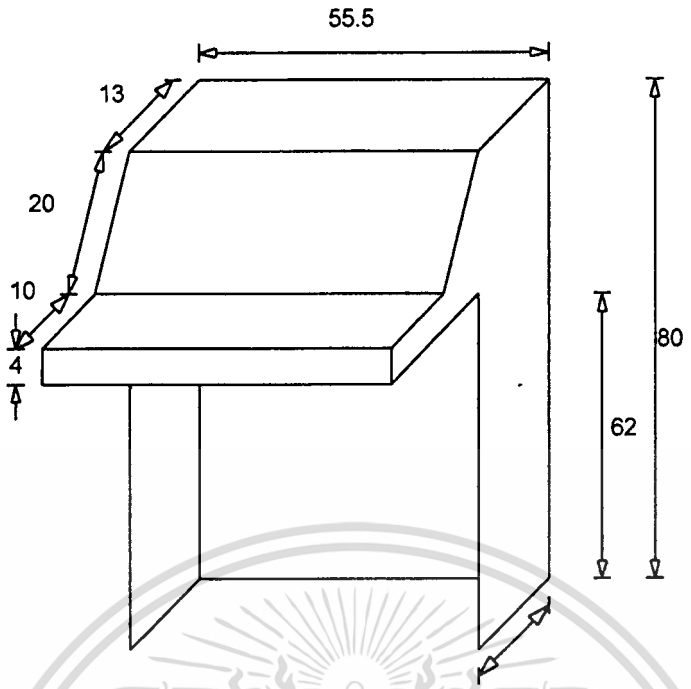
รูปที่ 15 แผ่นประกอบของแกนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

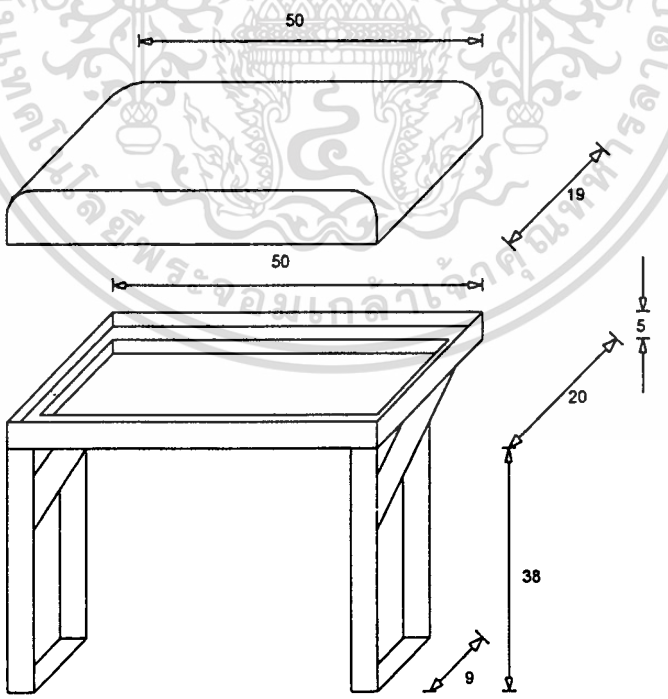


รูปที่ 16 แผ่นประกอบของแกนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 ชุดควบคุม



รูปที่ 18 เก้าอี้นั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. วงจรภายในแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวต่อ 8255 จากแผงควบคุม CP Z80 V1

ไปขับมอเตอร์แกนต่างๆ

PA0 PA1 PA2 PA3 PA4 PA5 PA6 PA7
PB0 PB1 PB2 PB3 PB4 PB5 PB6 PB7
PC0 PC1 PC2 PC3 PC4 PC5 PC6 PC7 VCC GND

74HC244

74LS145

MANUAL AUTO NO

MOTOR 1 MOTOR 3 MOTOR 4 MOTOR 5 MOTOR 2 MOTOR 6

4N26 7408 7404 7400 C458

5 V 12 V 24 V 0 V -12V

1 k 10 k M7 RES1

2N3053 2N3055 MJ2955 2N4037 P600B 390

Q1 Q2 Q3 Q4 Q5 Q6 Q7 Q8 Q9 Q10 Q11 Q12

ภาคผนวก ค. รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์

1. รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมทิศทางการหมุน และวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R_1 , R_2	Carbon	10 kΩ	2
RE_1 , RE_2	Carbon	10 kΩ	2
R_3 , R_4	Carbon	390 Ω	2
Q_1 , Q_7	Transistor	C458	2
Q_2 , Q_8	Transistor	2N3053	2
Q_3 , Q_9	Power Transistor	2N3055	2
Q_4 , Q_{10}	Transistor	BC557	2
Q_5 , Q_{11}	Transistor	2N4037	2
Q_6 , Q_{12}	Power Transistor	MJ2955	2
OT_1 , OT_2	Opto Transistor	4N26	2
IC_1	TTL	74LS00	1
IC_2	TTL	74LS04	1

2. รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมทิศทางการหมุน และวงจรขับกำลังมอเตอร์ด้วยรีเลย์

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
R_4 , R_5	Carbon	33 kΩ	2
RE_3 , RE_4	Carbon	10 kΩ	2
R_6 , R_7 R_6 , R_7	Carbon	1 kΩ	4
Q_{13} , Q_{14}	Transistor	C458	2
OT_3 , OT_4	Opto Transistor	4N26	2
IC_3 , IC_4	TTL	74LS08	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
$Relay_1$, $Relay_2$	2 Contrac	6 VDC	2
Relay	1 Contrac	6 VDC	4

3. รายการอุปกรณ์ของวงจรคีย์บอร์ด

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
SW	คีย์บอร์ดแบบเมตริกซ์	-	20
IC	TTL	74LS139	1
ความต้านทาน	Carbon	10 kΩ	8

4. รายการอุปกรณ์ Z-80 V1 และวงจรขยายพอร์ต

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
IC	Z80 CPU	Z84C006	1
IC	Port	82C55	2
IC	TTL	74LS04	1
IC	TTL	74HC244	2
IC	TTL	74HCT139	1
Transistor	NPN	BC547	1
Transistor	PNP	BC557	1
IC	RAM	RAM 6264 (SK)	1
Diode	-	1N4148	1
Diode	-	1N4001	1
Zener Diode	-	5.6 V/1 W	1
X-TAL	-	4 Mz	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
Resistor	Carbon	530Ω	1
Resistor	Carbon	560Ω	2
Resistor	Carbon	1 kΩ	2
Resistor	Carbon	4.7 kΩ	2
Resistor	Carbon	10 kΩ	2
Resistor	Carbon	10 kΩ	16
Resistor	Carbon	33 kΩ	1
Resistor	Carbon	100 kΩ	1
Resistor	R Pack 9 ขา	50 kΩ	1
Resistor	R Pack 9 ขา	10 kΩ	1
Resistor	VR	10 kΩ	1
Capasistor	Winma	0.1 μF	6
Capasistor	Winma	10 pF	1
Capasistor	Winma	0.01 μF	1
Capasistor	Tan	10 μF	4
LED	สีเขียว	3 mm.	1
LED	สีแดง	3 mm.	1

5. รายการอุปกรณ์ของวงจรภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้า

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
C_1 , C_2 , C_3 , C_4	Electrolitics	10,000 μF/80 V	4
C_{10}	Electrolitics	4,700 μF/50 V	1
C_5 , C_6 , C_7 , C_8 , C_9	Electrolitics	2,200 μF/50 V	5
D_1 , D_2 , D_3 , D_4	Brige Rectifier	35 A/600 V	4
D_5 , D_6 , D_7 , D_8 , D_9	Brige Rectifier	5 A/600 V	5
D_{10}	Brige Rectifier	25 A/600 V	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
IC_5 , IC_6	Regulate	7805	2
IC_7 , IC_8	Regulate	7812	2
IC_9	Regulate	7905	1
IC_{10}	Regulate	7912	1
T_1	Toroidal	Pri. 220 V/ 7 A Sec. 18 V, 18 V, 18V, 12V	1
T_2	Toroidal	Pri. 220 V/ 2 A Sec. 31 V, 31 V	1
T_3	Toroidal	Pri. 220 V/ 1 A Sec. 12 V, 9 V	1

6. รายการอุปกรณ์สวิตซ์ควบคุมระบบแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
Switch	กดติดปล่อยดับ	-	15
Auto-Manual Switch	2 ทิศทาง	-	1
Power Switch	AC	250 V	1

7. รายการอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรในกรณีกดสวิตซ์ 2 สวิตซ์ในแกนเดียวกันพร้อมกัน

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
Relay	2 Contrac	6 VDC	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. รายการมอเตอร์และอุปกรณ์ทางด้านเครื่องกล

อุปกรณ์	ชนิด	ค่า/เบอร์	จำนวน
M_1 , M_2 , M_3 , M_4	DC Motor	24 V/8.5 W	4
M_5 , M_6	DC Motor	12 V/8.5 W	2
SO_1 , SO_2 , SO_3	Solinoil	48 V	3
Monitor	TV ขาว-ดำ	-	1
เกียร์ทดรอบ	-	20 : 1	2
Choke	-	50 kg	2
Choke	-	100 kg	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง. คู่มือการใช้งานแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

แขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

ROBOT ARM AIDED SHOOTING VIDEO

ส่วนประกอบของของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

รูปที่ 1 ส่วนประกอบของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

สวิตซ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ แต่ละตัวมีการทำงานดังต่อไปนี้

- **สวิตซ์ POWER** เมื่อกดสวิตซ์จะเป็นการจ่ายไฟฟ้าเข้าภายในระบบ สภาพของแขนกลจะอยู่ในสภาวะพร้อมที่จะทำงาน

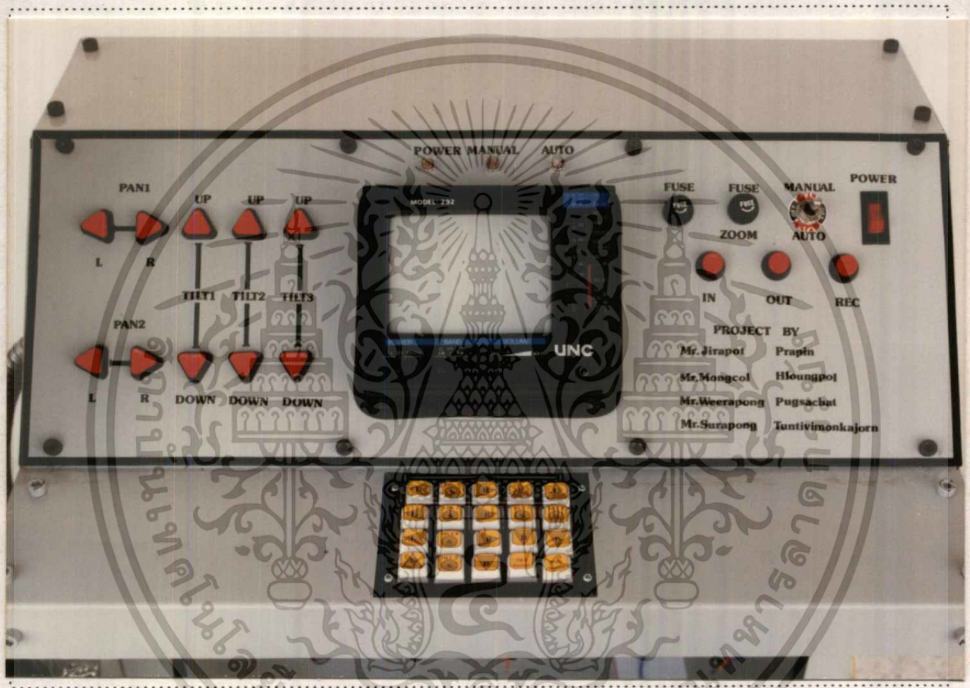
- **สวิตซ์ AUTO - MANAUL** เมื่อสับสวิตซ์ไปทาง MANUAL ระบบการทำงานจะเข้าสู่ระบบการควบคุมด้วยมือ และเมื่อสับสวิตซ์ไปทาง AUTO การทำงานจะเข้าสู่ระบบการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สวิตซ์ **ZOOM - IN** เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ เมื่อกดสวิตซ์จะเป็นการควบคุมการปรับระยะภาพของกล้องวิดีโอจากไกลเข้ามาใกล้

- สวิตซ์ **ZOOM - OUT** เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ เมื่อกดสวิตซ์จะเป็นการควบคุมการปรับระยะภาพของกล้องวิดีโอจากใกล้ไปไกล

- สวิตซ์ **REC** เป็นสวิตซ์แบบกดติดกดดับ เมื่อกดสวิตซ์จะเป็นการบันทึกภาพเข้าสู่กล้องวิดีโอ เมื่อต้องการหยุดบันทึกภาพ ให้กดสวิตซ์อีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2 สวิตซ์ควบคุมการทำงานแบบควบคุมด้วยมือ

สวิตซ์ควบคุมการทำงานด้วยมือ

- สวิตซ์ **TILT1- UP** เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ เมื่อกดสวิตซ์มอเตอร์ในแกนที่ 3 ของแขนกลจะปรับระดับขึ้น

- สวิตซ์ **TILT1-DOWN** เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ เมื่อกดสวิตซ์มอเตอร์ในแกนที่ 3 ของแขนกล จะปรับระดับลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สวิตซ์ **TILT2-UP** เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ เมื่อกดสวิตซ์มอเตอร์ในแกนที่ 4 ของแขนกลจะปรับระดับขึ้น

- สวิตซ์ **TILT2-DOWN** เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ เมื่อกดสวิตซ์มอเตอร์ในแกนที่ 4 ของแขนกลจะปรับระดับลง

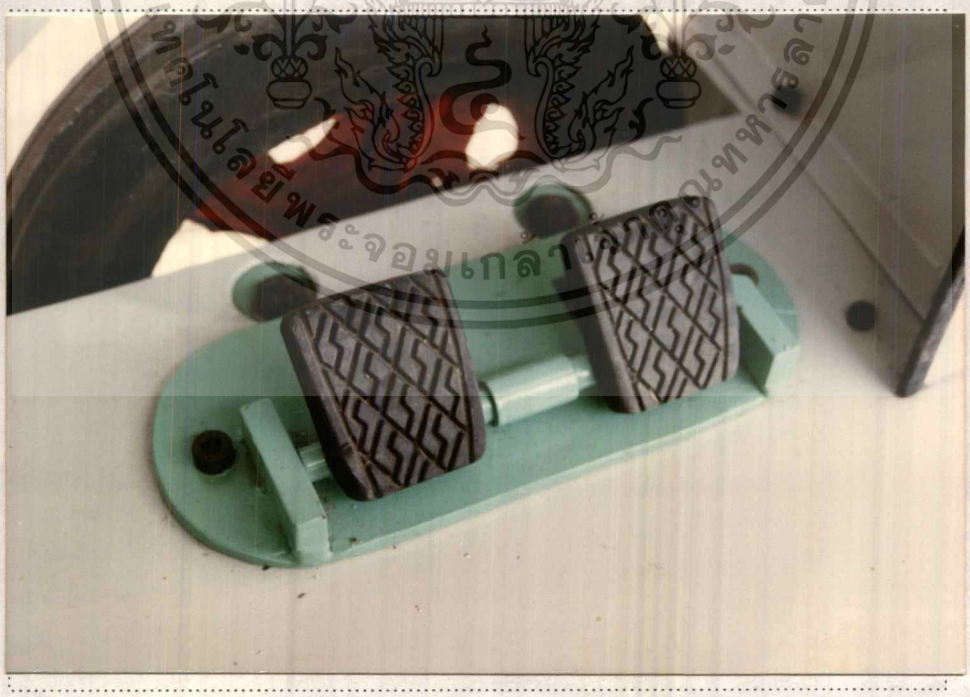
- สวิตซ์ **TILT3- UP** เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับเมื่อกดสวิตซ์มอเตอร์ในแกนที่ 5 ของแขนกลจะปรับระดับขึ้น

- สวิตซ์ **TILT3-DOWN** เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ เมื่อกดสวิตซ์มอเตอร์ในแกนที่ 5 ของแขนกลจะปรับระดับลง

- สวิตซ์ **PAN1 -L** เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ เมื่อกดสวิตซ์มอเตอร์ในแกนที่ 2 ของแขนกลจะหมุนไปทางซ้าย

- สวิตซ์ **PAN1-R** เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ เมื่อกดสวิตซ์มอเตอร์ในแกนที่ 2 ของแขนกลจะหมุนไปทางขวา

- สวิตซ์ **PAN2-L** เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ เมื่อกดสวิตซ์มอเตอร์ในแกนที่ 6 ของแขนกล จะหมุนไปทางซ้าย



รูปที่ 3 ตำแหน่งของสวิตซ์ TRUCK แบบควบคุมด้วยมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **สวิตซ์ PAN2-R** เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ เมื่อกดสวิตซ์มอเตอร์ในแกนที่ 6 ของแขนกลจะหมุนไปทางขวา

- **สวิตซ์ TRUCK -L** เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ ที่ถูกติดตั้งอยู่ที่พื้นของแขนกล เมื่อเหยียบสวิตซ์ แขนกลจะเคลื่อนไปทางด้านข้างทางซ้าย

- **สวิตซ์ TRUCK -R** เป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ ที่ถูกติดตั้งอยู่ที่พื้นของแขนกล เมื่อเหยียบสวิตซ์ แขนกลจะเคลื่อนไปทางด้านข้างทางขวา

การควบคุมการทำงานกึ่งอัตโนมัติ

การควบคุมการทำงานกึ่งอัตโนมัติ อาศัยการสั่งงานผ่านไมโครโปรเซสเซอร์ ดังนั้น การกดปุ่มสั่งให้เครื่องทำงานในแต่ละครั้งจึงสามารถกดปุ่มหน้าที่การทำงานเพียงครั้งเดียว

รูปที่ 5 สวิตซ์ควบคุมการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของสวิตซ์ควบคุมการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ

1) PAN1

- **L** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 2 ของแขนกล จะหมุนไปทางซ้าย
- **S** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 2 ของแขนกล จะหยุดหมุน
- **R** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 2 ของแขนกล จะหมุนไปทางขวา

2) PAN2

- **L** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 6 ของแขนกล จะหมุนไปทางซ้าย
- **S** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 6 ของแขนกล จะหยุดหมุน
- **R** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 6 ของแขนกล จะหมุนไปทางขวา

3) TRUCK

- **L** เมื่อกดปุ่ม แขนกลจะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้างทางซ้าย
- **S** เมื่อกดปุ่ม แขนกลจะหยุดเคลื่อนที่
- **R** เมื่อกดปุ่ม แขนกลจะเคลื่อนที่ไปทางด้านข้างทางขวา

3) TILT 1

- **U** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 3 ของแขนกล จะหมุนไปทางขวา
- **S** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 3 ของแขนกล จะหยุดหมุน
- **D** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 3 ของแขนกล จะหมุนไปทางขวา

4) TILT 2

- **U** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 4 ของแขนกล จะหมุนไปทางขวา
- **S** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 4 ของแขนกล จะหยุดหมุน
- **D** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 4 ของแขนกล จะหมุนไปทางขวา

5) TILT 3

- **U** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 5 ของแขนกล จะหมุนไปทางขวา
- **S** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 5 ของแขนกล จะหยุดหมุน
- **D** เมื่อกดปุ่ม แกนที่ 5 ของแขนกล จะหมุนไปทางขวา

6) TILT BALANCE เป็นปุ่มที่ทำหน้าที่ ปรับกล้องให้หันไปในทิศทางที่ต้องการได้เสมอ ช่วยการปรับกล้องให้รวดเร็วยิ่งขึ้นเพราะแขนกลจะเคลื่อนไหวพร้อมกัน 2 แกน คือ แกนที่ 3 และแกนที่ 4 และยังให้ภาพในมุมที่สวยงามแปลกตา

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการใช้งานปุ่มหน้าที่ TILT BALANCE

6.1) หันกล้องไปในทิศทางที่ต้องการ

6.2) กดปุ่ม TILT BALANCE

6.3) กดปุ่ม TILT 1 U, TILT 1 S, หรือ TILT 1 D แกนของแขนกลแกนที่ 3 จะเคลื่อนที่ขึ้นหยุด หรือลงตามหน้าที่ของปุ่ม TILT 1 ส่วนแกนที่ 4 จะเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้าม

6.4) กดปุ่ม TILT BALANCE ก่อนปุ่ม TILT 1 ทุกครั้ง หากต้องการใช้หน้าที่การทำงานนี้

7) PAN BALANCE เป็นปุ่มที่ทำหน้าที่คล้ายกับปุ่ม TILT BALANCE แต่แขนกลจะเคลื่อนไหวแกนที่ 2 และแกนที่ 6

ขั้นตอนการใช้งานปุ่มหน้าที่ PAN BALANCE

7.1) หันกล้องไปในทิศทางที่ต้องการ

7.2) กดปุ่ม PAN BALANCE

7.3) กดปุ่ม PAN 2 L, PAN 2 S หรือ PAN 2 R แกนของแขนกลแกนที่ 2 จะเคลื่อนที่ขึ้นหยุด หรือลง ตามหน้าที่ของปุ่ม PAN 2 แกนที่ 6 จะเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงข้าม

7.4) กดปุ่ม PAN BALANCE ก่อนปุ่ม PAN 2 ทุกครั้ง หากต้องการใช้หน้าที่การทำงานในการรักษาระดับภาพในการ PAN กล้องวิดีโอ

ขั้นตอนการใช้งานแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

1) เสียบปลั๊กไฟเข้าแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ

2) กดสวิตช์ POWER ของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอ เพื่อจ่ายไฟให้ระบบเข้าสู่สถานะพร้อมที่จะทำงาน และเปิดหน้ากล้องวิดีโอ เพื่อให้กล้องวิดีโอสามารถรับภาพจากภายนอกเข้าสู่กล้องวิดีโอได้

3) กดสวิตช์ POWER ที่กล้องวิดีโอ ให้กล้องวิดีโอทำงาน เพื่อเป็นการง่ายต่อการทำงานปรับกล้องวิดีโอให้เข้าสู่สภาวะการปรับความชัดของภาพเป็นระบบอัตโนมัติการสับสวิตช์ FOCUS ที่กล้องวิดีโอไปที่ AUTO

4) กดสวิตช์เปิดรับม้วนเทปวิดีโอใส่ม้วนวิดีโอเข้าไปในกล้องวิดีโอเมื่อต้องการบันทึกภาพลงม้วนวิดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) สับสวิตซ์ POWER ที่หน้าจอโทรทัศน์ไปที่ TV เพื่อเปิดหน้าจอโทรทัศน์สำหรับมองภาพที่รับได้จากกล้องวิดีโอ ปรับสวิตซ์เรียกช่องสัญญาณโทรทัศน์ไปที่ย่าน VL ปรับสัญญานการรับภาพจากกล้องวิดีโอ โดยการหมุนหาช่องสัญญาณจากกล้องวิดีโอ

6) เมื่อต้องการควบคุมแขนกลด้วยมือ ให้ทำการสับสวิตซ์ AUTO-MANUALที่แผงควบคุมของแขนกลช่วยถ่ายภาพวิดีโอไปที่ MANUAL จะสามารถสั่งงานได้โดยการกดสวิตซ์ทางด้าน MANUAL การทำงานของสวิตซ์ในชุดนี้การทำงานของสวิตซ์แต่ละตัวได้อธิบายในหัวข้อสวิตซ์ควบคุมการทำงานด้วยมือ

เมื่อต้องการควบคุมการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ ให้สับสวิตซ์ไปที่ AUTO การใช้งานทางด้านการควบคุมด้วยมือจะไม่สามารถสั่งงานได้ การควบคุมการทำงานทำได้โดยการสั่งงานโดยสวิตซ์ควบคุมการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ อธิบายการทำงานของสวิตซ์ชุดนี้ในหัวข้อหน้าที่ของสวิตซ์ควบคุมการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ

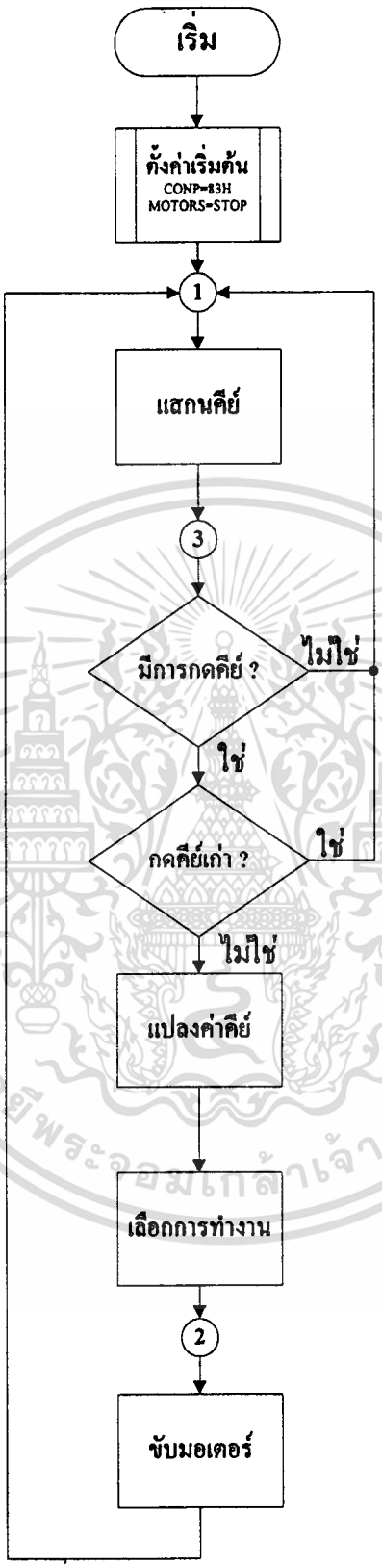
7) เมื่อต้องการบันทึกภาพวิดีโอ ให้ทำการกดสวิตซ์ REC 1 ครั้ง กล้องวิดีโอจะบันทึกภาพจนกว่าจะทำการกดสวิตซ์ตัวนี้อีกครั้งจึงสามารถหยุดการบันทึกได้

หมายเหตุ กล้องวิดีโอจะ หยุดการทำงานเมื่อไม่มีการบันทึกภาพ และการปรับระยะภาพทุกๆ 5 นาที ต้องกดสวิตซ์ Stand by จึงจะทำให้กล้องวิดีโอทำงานได้อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

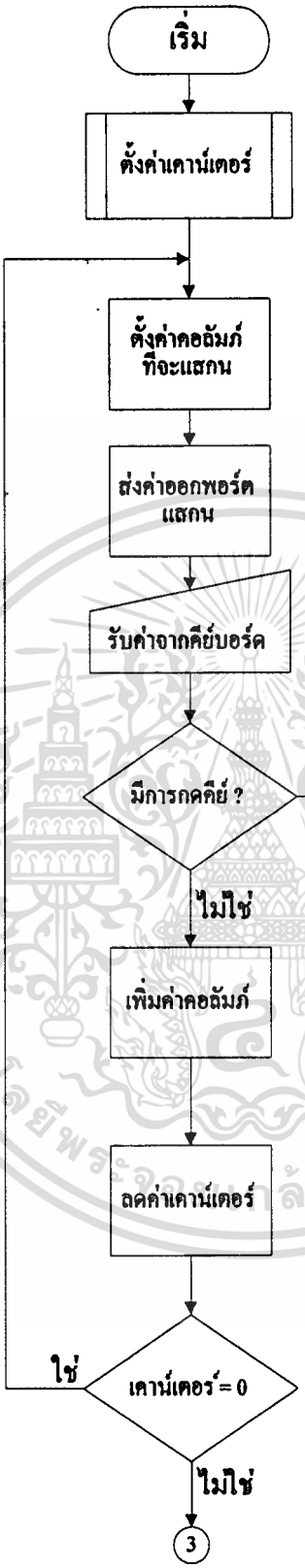
ภาคผนวก จ. แผนผังการทำงานโปรแกรมของส่วนควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



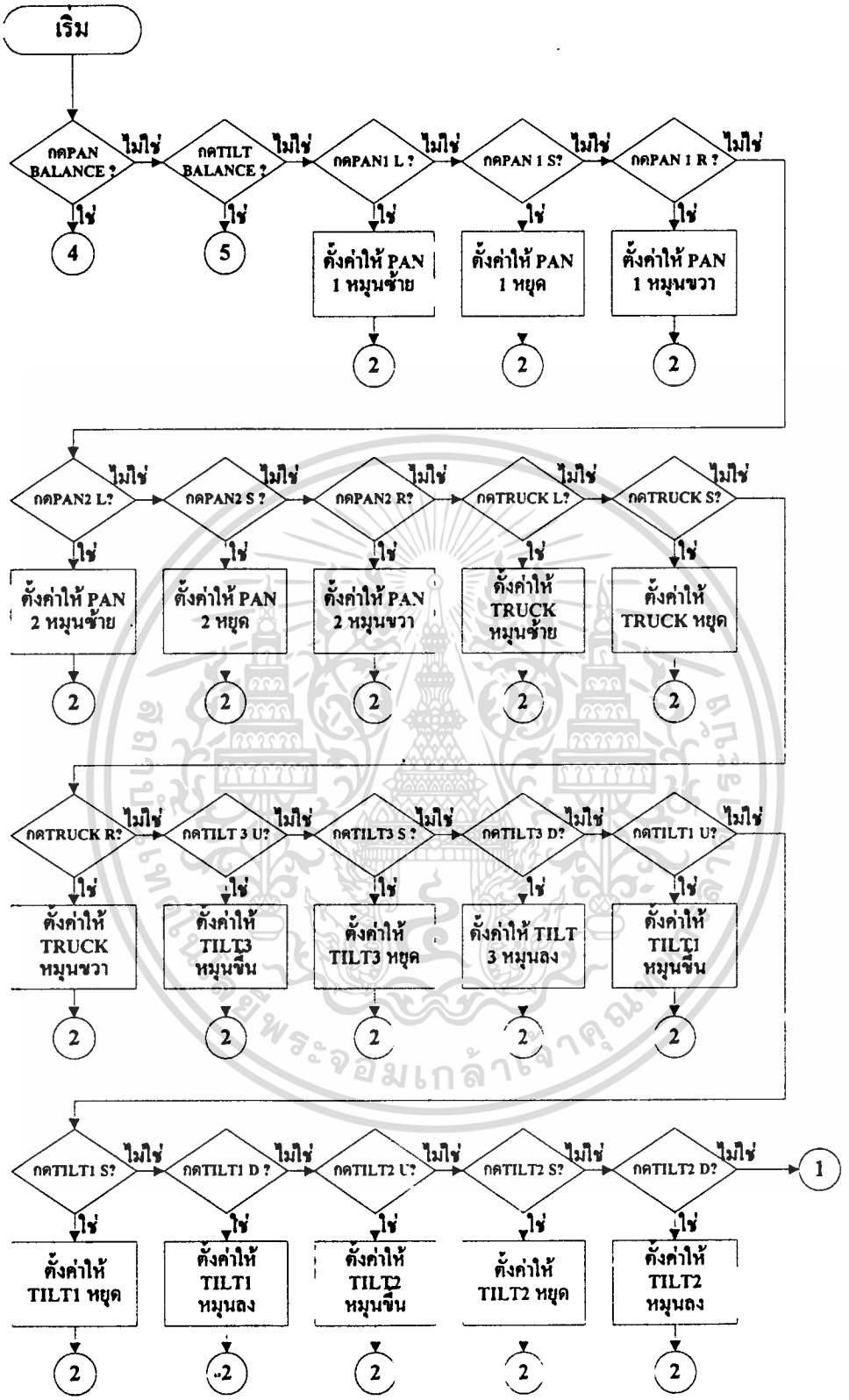
รูปที่ 1 แผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมมอเตอร์แบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



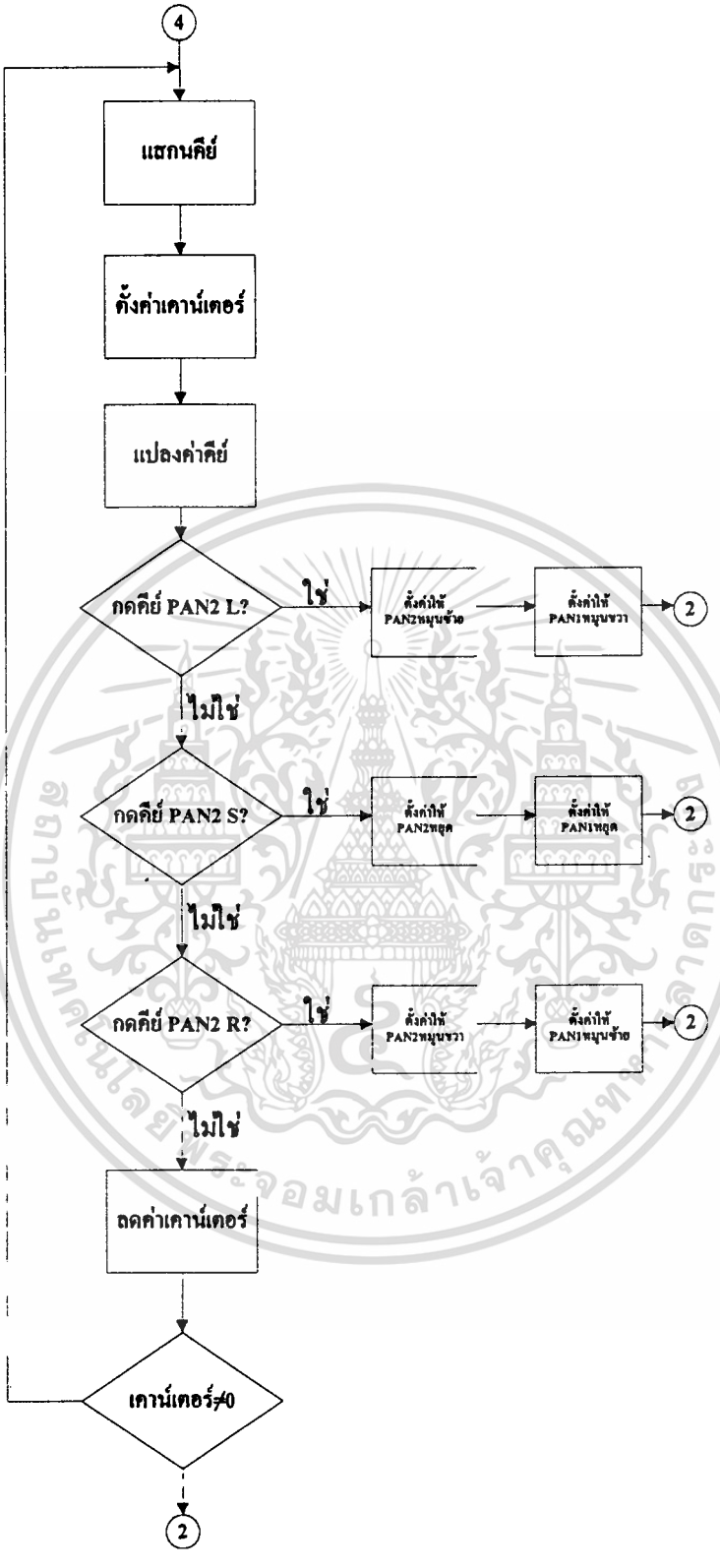
รูปที่ 2 แผนผังการทำงานของโปรแกรมแสกนคีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



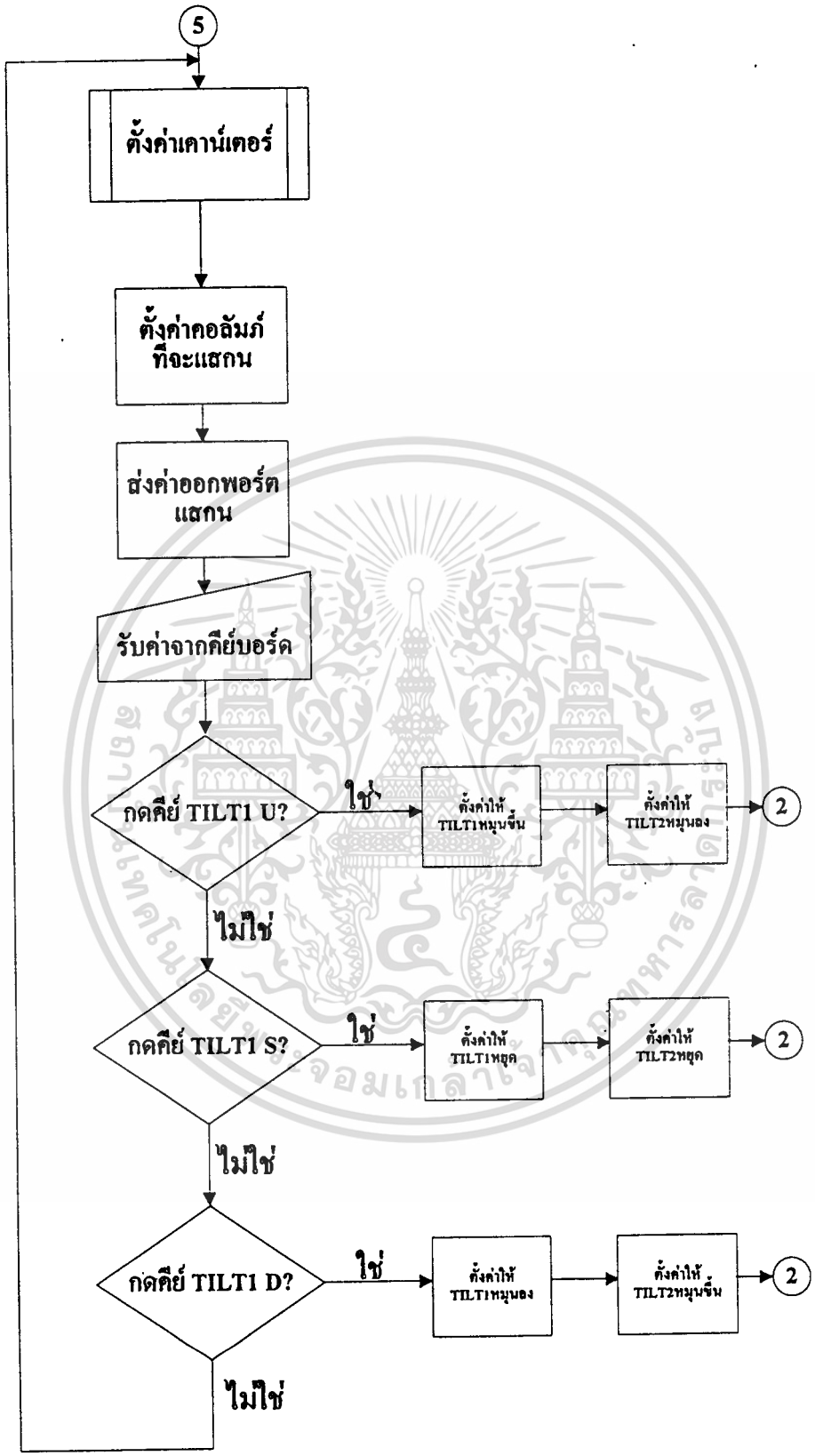
รูปที่ 3 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเลือกการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 แผนผังการทำงานของโปรแกรมPAN BALANCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 แผนผังการทำงานของโปรแกรม TILT BALANCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0000                    CPU   "Z80.TBL"
0000                    HOF   "INT8"
0000                    ORG   0000H
                ;CHECK PORT 82C55 OF CP-Z80 V1
0043 = CONP:            EQU   43H
0040 = DI_M256:         EQU   40H    ;0 =_____, 1 =_____,2 =_____
                                     ;3 =_____, 4 =TILT1 U,5 =TILT1 D
                                     ;6 =TILT2 U, 7 =TILT2 D
0041 = DI_M413:         EQU   41H    ;0 =TRUCK L, 1 =TRUCK R,
                                     ;2 =TILT3 U, 3 =TILT3 D
                                     ;4 =PAN1 L, 5 =PAN1 R
                                     ;6 =PAN2 L, 7 =PAN2 R
0042 = KEYBOARD:        EQU   42H    ; 0,1,2,3 =INPUT | 4,5,6,7 =OUTPUT
0081 = CONW:            EQU   81H    ; PA=O/P, PB=O/P, PC=I/O
A000 =CODE_DELAY:       EQU   0A000H
0000 = DATA_INI_MOA:    EQU   00H
0000 = DATA_INI_MOB:    EQU   00H

                ;-------------------------------------------------------;
0000 010000             LD    BC,0H
0003 0B       OOP1:     DEC   BC
0004 78                 LD    A,B
0005 B1                 OR    C
0006 20FB               JR    NZ,OOP1
0008 3E81     START:    LD    A,CONW
000A D343               OUT   (CONP),A
000C 310090             LD    SP,9000H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ;SET INITAIL OF MOTOR
000F 3E00           LD      A,00H
0011 320130         LD      (MOA),A
0014 3E00           LD      A,00H
0016 320230         LD      (MOB),A
0019 3E00           LD      A,DATA_INI_MOA
001B D340           OUT     (DI_M256),A
001D 3E00           LD      A,DATA_INI_MOB
001F 341            OUT     (DI_M413),A
0021 CD7402   ST2:  CALL    SCANK
0024 CD6702         CALL    DRIVE_M
0027 C32100         JP      ST2
                    ;---------------------
                    ;*   SCAN KEY      *
                    ;---------------------
                    ; O/P = A KEYCODE

002A CD7402 SCANK:  CALL    SCAN
002D FEFF           CP      0FFH
002F 28F9           JR      Z,SCANK
0031 CD9102         CALL    KEY_NEW
0034 38F4           JR      C,SCANK
0036 CD9C02         CALL    KEYCODE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;-------------------------------------------
                ;CHECK KEY AND GO TO WORK
                ;-------------------------------------------
0039 FE47       CP      47H
003B CA9E00     JP      Z,PAN_B
003E FE37       CP      37H
0040 CAB101     JP      Z,TILT_B
0043 FE0E       CP      0EH
0045 CAF100     JP      Z,PAN_1_L
0048 FE1E       CP      1EH
004A CA0101     JP      Z,PAN_1_S
004D FE2E       CP      2EH
004F CA1101     JP      Z,PAN_1_R
0052 FE0D       CP      0DH
0054 CA2101     JP      Z,PAN_2_L
0057 FE1D       CP      1DH
0059 CA3101     JP      Z,PAN_2_S
005C FE2D       CP      2DH
005E CA4101     JP      Z,PAN_2_R
0061 FE0B       CP      0BH
0063 CA5101     JP      Z,TRUCK_L
0066 FE1B       CP      1BH
0068 CA6101     JP      Z,TRUCK_S
006B FE2B       CP      2BH
006D CA7101     JP      Z,TRUCK_R
0070 FE07       CP      07H
0072 CA8101     JP      Z,TILT_3_U
0075 FE17       CP      17H
0077 CA9101     JP      Z,TILT_3_S
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
007A FE27                CP    27H
007C CAA101              JP    Z,TILT_3_D
007F FE3E                CP    3EH
0081 CA0702              JP    Z,TILT_1_U
0084 FE3D                CP    3DH
0086 CA1702              JP    Z,TILT_1_S
0089 FE3B                CP    3BH
008B CA2702              JP    Z,TILT_1_D
008E FE4E                CP    4EH
0090 CA3702              JP    Z,TILT_2_U
0093 FE4D                CP    4DH
0095 CA4702              JP    Z,TILT_2_S
0098 FE4B                CP    4BH
009A CA5702              JP    Z,TILT_2_D
009D C9                  RET
                         ;
                         ;MOTOR PAN BALANCE
                         ;  KEY = 47
009E CD7402  PAN_B:      CALL  SCAN
00A1 0610                LD    B,10H
00A3 CD9C02              CALL  KEYCODE
00A6 FE0E                CP    0EH
00A8 280B                JR    Z,P_1_B_L
00AA FE1E                CP    1EH
00AC 281B                JR    Z,P_1_B_S
00AE FE2E                CP    2EH
00B0 282B                JR    Z,P_1_B_R
00B2 10EA                DJNZ  PAN_B
00B4 C9                  RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
00B5 F5      P_1_B_L:   PUSH  AF
00B6 E5                 PUSH  HL
00B7 210230             LD    HL,MOB
00BA CBE6               SET   4,(HL)
00BC CBEE               SET   5,(HL)
00BE CBF6               SET   6,(HL)
00C0 CBBE               RES   7,(HL)
00C2 7E                 LD    A,(HL)
00C3 320230             LD    (MOB),A
00C6 E1                 POP   HL
00C7 F1                 POP   AF
00C8 C9                 RET
00C9 F5      P_1_B_S:   PUSH  AF
00CA E5                 PUSH  HL
00CB 210230             LD    HL,MOB
00CE CBA6               RES   4,(HL)
00D0 CBAE               RES   5,(HL)
00D2 CBB6               RES   6,(HL)
00D4 CBBE               RES   7,(HL)
00D6 7E                 LD    A,(HL)
00D7 320230             LD    (MOB),A
00DA E1                 POP   HL
00DB F1                 POP   AF
00DC C9                 RET
00DD F5      P_1_B_R:   PUSH  AF
00DE E5                 PUSH  HL
00DF 210230             LD    HL,MOB
00E2 CBE6               SET   4,(HL)
00E4 CBAE               RES   5,(HL)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
00E6 CBF6                SET   6,(HL)
00E8 CBFE                SET   7,(HL)
00EA 7E                  LD    A,(HL)
00EB 320230              LD    (MOB),A
00EE E1                  POP   HL
00EF F1                  POP   AF
00F0 C9                  RET
                    ;
                    ;MOTOR PAN 1 LEFT
                    ; KEY = 0E
00F1 F5        PAN_1_L:  PUSH  AF
00F2 E5                  PUSH  HL
00F3 210230              LD    HL,MOB
00F6 CBE6                SET   4,(HL)
00F8 CBEE                SET   5,(HL)
00FA 7E                  LD    A,(HL)
00FB 320230              LD    (MOB),A
00FE E1                  POP   HL
00FF F1                  POP   AF
0100 C9                  RET
                    ;
                    ;MOTOR PAN 1 STOP
                    ; KEY = 1E
0101 F5        PAN_1_S:  PUSH  AF
0102 E5                  PUSH  HL
0103 210230              LD    HL,MOB
0106 CBA6                RES   4,(HL)
0108 CBAE                RES   5,(HL)
010A 7E                  LD    A,(HL)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
010B 320230             LD    (MOB),A
010E E1                 POP   HL
010F F1                 POP   AF
0110 C9                 RET
                ;
                ;MOTOR PAN 1 RIGHT
                ; KEY = 2E
0111 F5     PAN_1_R:    PUSH  AF
0112 E5                 PUSH  HL
0113 210230             LD    HL,MOB
0116 CBE6               SET   4,(HL)
0118 CBAE               RES   5,(HL)
011A 7E                 LD    A,(HL)
011B 320230             LD    (MOB),A
011E E1                 POP   HL
011F F1                 POP   AF
0120 C9                 RET
                ;
                ;
                ;MOTOR PAN 2 LEFT
                ; KEY = 0D
0121 F5     PAN_2_L:    PUSH   AF
0122 E5                 PUSH  HL
0123 210230             LD    HL,MOB
0126 CBF6               SET   6,(HL)
0128 CBFE               SET   7,(HL)
012A 7E                 LD    A,(HL)
012B 320230             LD    (MOB),A
012E E1                 POP   HL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
012F F1                 POP   AF
0130 C9                 RET
                ;
                ;
                ;MOTOR PAN 2 STOP
                ; KEY = 1D
0131 F5     PAN_2_S:    PUSH  AF
0132 E5                 PUSH  HL
0133 210230             LD    HL,MOB
0136 CBB6               RES   6,(HL)
0138 CBBE               RES   7,(HL)
013A 7E                 LD    A,(HL)
013B 320230             LD    (MOB),A
013E E1                 POP   HL
013F F1                 POP   AF
0140 C9                 RET
                ;
                ;
                ;MOTOR PAN 2 RIGHT
                ; KET = 2D
0141 F5     PAN_2_R:    PUSH  AF
0142 E5                 PUSH  HL
0143 210230             LD    HL,MOB
0146 CBF6               SET   6,(HL)
0148 CBBE               RES   7,(HL)
014A 7E                 LD    A,(HL)
014B 320230             LD    (MOB),A
014E E1                 POP   HL
014F F1                 POP   AF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0150 C9                     RET
                    ;
                    ;
                    ;MOTOR TRUCK LEFT
                    ; KEY = 0B
0151 F5       TRUCK_L:      PUSH  AF
0152 E5                     PUSH  HL
0153 210230                 LD    HL,MOB
0156 CBC6                   SET   0,(HL)
0158 CB8E                   RES   1,(HL)
015A 7E                     LD    A,(HL)
015B 320230                 LD    (MOB),A
015E E1                     POP   HL
015F F1                     POP   AF
0160 C9                     RET
                    ;
                    ;
                    ;MOTOR TRUCK STOP
                    ; KEY = 1B
0161 F5       TRUCK_S:      PUSH  AF
0162 E5                     PUSH  HL
0163 210230                 LD    HL,MOB
0166 CB86                   RES   0,(HL)
0168 CB8E                   RES   1,(HL)
016A 7E                     LD    A,(HL)
016B 320230                 LD    (MOB),A
016E E1                     POP   HL
016F F1                     POP   AF
0170 C9                     RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ;
                    ;
                    ;MOTOR TRUCK RIGHT
                    ; KEY = 2B
0171 F5     TRUCK_R:  PUSH  AF
0172 E5               PUSH  HL
0173 210230           LD    HL,MOB
0176 CB86             RES   0,(HL)
0178 CBCE             SET   1,(HL)
017A 7E               LD    A,(HL)
017B 320230           LD    (MOB),A
017E E1               POP   HL
017F F1               POP   AF
0180 C9               RET
                    ;
                    ;
                    ;MOTOR TILT 3 UP
                    ; KEY = 07
0181 F5     TILT_3_U: PUSH  AF
0182 E5               PUSH  HL
0183 210230           LD    HL,MOB
0186 CBD6             SET   2,(HL)
0188 CB9E             RES   3,(HL)
018A 7E               LD    A,(HL)
018B 320230           LD    (MOB),A
018E E1               POP   HL
018F F1               POP   AF
0190 C9               RET
                    ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ;
                    ;MOTOR TILT 3 STOP
                    ; KEY = 17
0191 F5     TILT_3_S:   PUSH  AF
0192 E5                 PUSH  HL
0193 210230             LD    HL,MOB
0196 CB96               RES   2,(HL)
0198 CB9E               RES   3,(HL)
019A 7E                 LD    A,(HL)
019B 320230             LD    (MOB),A
019E E1                 POP   HL
019F F1                 POP   AF
01A0 C9                 RET
                    ;
                    ;
                    ;MOTOR TILT 3 DOWN
                    ; KEY = 27
01A1 F5     TILT_3_D:   PUSH  AF
01A2 E5                 PUSH  HL
01A3 210230             LD    HL,MOB
01A6 CB96               RES   2,(HL)
01A8 CBDE               SET   3,(HL)
01AA 7E                 LD    A,(HL)
01AB 320230             LD    (MOB),A
01AE E1                 POP   HL
01AF F1                 POP   AF
01B0 C9                 RET
                    ;
                    ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ;MOTOR TILT BALANCE
                    ; KEY = 37
01B1 0610   TILT_B:   LD    B,10H
01B3 0E30             LD    C,30H
01B5 79               LD    A,C
01B6 D342             OUT   (KEYBOARD),A
01B8 DB42             IN    A,(KEYBOARD)
01BA E60F             AND   0FH
01BC FE0E             CP    0EH
01BE 280B             JR    Z,T_1_B_U
01C0 FE0D             CP    0DH
01C2 281B             JR    Z,T_1_B_S
01C4 FE0B             CP    0BH
01C6 282B             JR    Z,T_1_B_D
01C8 10E7             DJNZ  TILT_B
01CA C9               RET

01CB F5     T_1_B_U:  PUSH  AF
01CC E5               PUSH  HL
01CD 210130           LD    HL,MOA
01D0 CBE6             SET   4,(HL)
01D2 CBAE             RES   5,(HL)
01D4 CBB6             RES   6,(HL)
01D6 CBFE             SET   7,(HL)
01D8 7E               LD    A,(HL)
01D9 320130           LD    (MOA),A
01DC E1               POP   HL
01DD F1               POP   AF
01DE C9               RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
01DF F5     T_1_B_S:    PUSH  AF
01E0 E5                 PUSH  HL
01E1 210130             LD    HL,MOA
01E4 CBA6               RES   4,(HL)
01E6 CBAE               RES   5,(HL)
01E8 CBB6               RES   6,(HL)
01EA CBBE               RES   7,(HL)
01EC 7E                 LD    A,(HL)
01ED 320130             LD    (MOA),A
01F0 E1                 POP   HL
01F1 F1                 POP   AF
01F2 C9                 RET

01F3 F5     T_1_B_D:    PUSH  AF
01F4 E5                 PUSH  HL
01F5 210130             LD    HL,MOA
01F8 CBA6               RES   4,(HL)
01FA CBEE               SET   5,(HL)
01FC CBF6               SET   6,(HL)
01FE CBBE               RES   7,(HL)
0200 7E                 LD    A,(HL)
0201 320130             LD    (MOA),A
0204 E1                 POP   HL
0205 F1                 POP   AF
0206 C9                 RET
                ;
                ;
                ;MOTOR TILT 1 UP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ; KEY = 3E
0207 F5     TILT_1_U:   PUSH  AF
0208 E5                 PUSH  HL
0209 210130             LD    HL,MOA
020C CBE6               SET   4,(HL)
020E CBAE               RES   5,(HL)
0210 7E                 LD    A,(HL)
0211 320130             LD    (MOA),A
0214 E1                 POP   HL
0215 F1                 POP   AF
0216 C9                 RET
                    ;
                    ;
                    ;MOTOR TILT 1 STOP
                    ; KEY = 3D
0217 F5     TILT_1_S:   PUSH  AF
0218 E5                 PUSH  HL
0219 210130             LD    HL,MOA
021C CBA6               RES   4,(HL)
021E CBAE               RES   5,(HL)
0220 7E                 LD    A,(HL)
0221 320130             LD    (MOA),A
0224 E1                 POP   HL
0225 F1                 POP   AF
0226 C9                 RET
                    ;
                    ;
                    ;MOTOR TILT 1 DOWN
                    ; KEY = 3B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0227 F5        TILT_1_D:    PUSH  AF
0228 E5                     PUSH  HL
0229 210130                 LD    HL,MOA
022C CBA6                   RES   4,(HL)
022E CBEE                   SET   5,(HL)
0230 7E                     LD    A,(HL)
0231 320130                 LD    (MOA),A
0234 E1                     POP   HL
0235 F1                     POP   AF
0236 C9                     RET
                       ;
                       ;
                       ;MOTOR TILT 2 UP
                       ; KEY = 4E
0237 F5        TILT_2_U:    PUSH  AF
0238 E5                     PUSH  HL
0239 210130                 LD    HL,MOA
023C CBF6                   SET   6,(HL)
023E CBBE                   RES   7,(HL)
0240 7E                     LD    A,(HL)
0241 320130                 LD    (MOA),A
0244 E1                     POP   HL
0245 F1                     POP   AF
0246 C9                     RET
                       ;
                       ;
                       ;MOTOR TILT 2 STOP
                       ; KEY = 4D
0247 F5        TILT_2_S:    PUSH  AF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0248 E5                 PUSH  HL
0249 210130             LD    HL,MOA
024C CBB6               RES   6,(HL)
024E CBBE               RES   7,(HL)
0250 7E                 LD    A,(HL)
0251 320130             LD    (MOA),A
0254 E1                 POP   HL
0255 F1                 POP   AF
0256 C9                 RET
                        ;
                        ;
                        ;MOTOR TILT 2 DOWN
                        ;  KEY = 4B
0257 F5       TILT_2_D: PUSH  AF
0258 E5                 PUSH  HL
0259 210130             LD    HL,MOA
025C CBB6               RES   6,(HL)
025E CBFE               SET   7,(HL)
0260 7E                 LD    A,(HL)
0261 320130             LD    (MOA),A
0264 E1                 POP   HL
0265 F1                 POP   AF
0266 C9                 RET
                    ;
                    ;DRIVE MOTORS
                    ;
0267 F5       DRIVE_M:  PUSH  AF
0268 3A0130             LD    A,(MOA)
026B D340               OUT   (DI_M256),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
026D 3A0230                 LD    A,(MOB)
0270 D341                   OUT   (DI_M413),A
0272 F1                     POP   AF
0273 C9                     RET

                    ;SCAN COLOUMN & IN 4 ROW
                    ;------------------------

0274 0605     SCAN:         LD    B,5
0276 0E00                   LD    C,0
0278 79       SCAN_LP:      LD    A,C
0279 D342                   OUT   (KEYBOARD),A
027B DB42                   IN    A,(KEYBOARD)
027D E60F                   AND   0FH
027F FE0F                   CP    0FH
0281 200D                   JR    NZ,SCAN_L1
0283 3E10                   LD    A,10H
0285 81                     ADD   A,C
0286 4F                     LD    C,A
0287 10EF                   DJNZ  SCAN_LP
0289 210030                 LD    HL,K_PRESS
028C CB86                   RES   0,(HL)
028E 3EFF                   LD    A,0FFH
0290 C9       SCAN_L1:      RET
                    ;
                    ; CHECK KEY RELEASE
                    ;-------------------
0291 210030   KEY_NEW:      LD    HL,K_PRESS
0294 CB46                   BIT   0,(HL)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0296 37                     SCF
0297 C0                     RET   NZ
0298 CBC6                   SET   0,(HL)
029A 3F                     CCF
029B C9                     RET

029C F5       KEYCODE:      PUSH  AF
029D 79                     LD    A,C
029E E6F0                   AND   0F0H
02A0 4F                     LD    C,A
02A1 F1                     POP   AF
02A2 B1                     OR    C
02A3 C9                     RET

02A4 F5       DELEY:        PUSH  AF
02A5 C5                     PUSH  BC
02A6 0100A0                 LD    BC,CODE_DELAY
02A9 0B       LOOP1:        DEC   BC
02AA 78                     LD    A,B
02AB B1                     OR    C
02AC 20FB                   JR    NZ,LOOP1
02AE C1                     POP   BC
02AF F1                     POP   AF
02B0 C9                     RET
;-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
8000                    ORG   8000H
8000 = K_PRESS:         EQU   8000H
8001 = MOA:             EQU   8001H  ;0 =_____, 1 =_____,2 =_____
                                     ;3 =_____, 4 =TILT1 U,5 =TILT1 D
                                     ;6 =TILT2 U, 7 =TILT2 D
8002 = MOB:             EQU   8002H  ;0 =TRUCK L, 1 =TRUCK R,
                                     ;2 =TILT3 U, 3 =TILT3 D
                                     ;4 =PAN1 L, 5 =PAN1 R
                                     ;6 =PAN2 L, 7 =PAN2 R
0000                    END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A000 CODE_DELAY
0043 CONP
0081 CONW
0000 DATA_INI_MOA
0000 DATA_INI_MOB
02A9 DELEY
0040 DI_M256
0041 DI_M413
0267 DRIVE_M
0042 KEYBOARD
029C KEYCODE
0291 KEY_NEW
8000 K_PRESS
02A9 LOOP1
8001 MOA
8002 MOB
00F1 PAN_1_L
0111 PAN_1_R
0101 PAN_1_S
0121 PAN_2_L
0141 PAN_2_R
0131 PAN_2_S
009E PAN_B
00B5 P_1_B_L
00DD P_1_B_R
00C9 P_1_B_S
0274 SCAN
002A SCANK
0290 SCAN_L1
0278 SCAN_LP
0021 ST2
0008 START
0227 TILT_1_D
0217 TILT_1_S
0207 TILT_1_U
0257 TILT_2_D
0247 TILT_2_S
0237 TILT_2_U
01A1 TILT_3_D
0191 TILT_3_S
0181 TILT_3_U
01B1 TILT_B
0151 TRUCK_L
0171 TRUCK_R
0161 TRUCK_S
01F3 T_1_B_D
01DF T_1_B_S
01CB T_1_B_U
0003 OOP1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กล้าหาญ วรพุทธพร และคณะ “เทคนิคช่างกล 1” กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2522

ยืน ภู่วรวรรณ “ทฤษฎี และการประยุกต์ไมโครโปรเซสเซอร์ Z80” : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2533

โยธิน เปรมปราณีรัชต์ “ระบบเซอร์โว และอิเล็กทรอนิกส์คอนโทรลมอเตอร์” : พิมพ์ครั้งที่ 1, 2533

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด “เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์” : ฉบับที่ 144, 145

บริษัท อีทีที จำกัด “คู่มือ CP-Z80 V1”

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้