ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

ชื่อหัวข้อปริญญานิพนธ์ รถขนถ่ายอัตโนมัติ

TRANSPORT CAR AUTOMATIC

ชื่อนักศึกษา 1. นายประสิทธิ์ ด่านวิหาร รหัสประจำตัว 37031411

2. นายพงศ์ไทย สัปพันธ์ รหัสประจำตัว 37031414

3. นายวรวิทย์ ใจจักร์ธรรม รหัสประจำตัว 37031419

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

1. อาจารย์สันติ ตันตระกูล
2. อาจารย์กิติพงค์ มะโน
3. อาจารย์อำพล ทองระอา

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือ
1. อาจารย์สันติ	ตันตระกูล	
2. อาจารย์กิติพงค์	มะโน	
3. อาจารย์อำพล	ทองระอา	
4. อาจารย์สุรสิทธิ์	ราตรี	
5. อาจารย์วรวิทย์	สมหา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 11 ธันวาคม พ.ศ.2538 เวลา 23.00 น. ถึงเวลา 01.01 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค303 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(ผศ.ปิยะ ประพฤทธหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

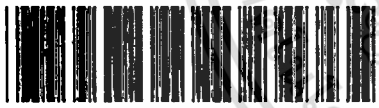
รถขนถ่ายอัตโนมัติ

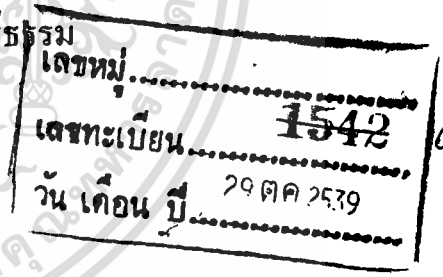
TRANSPORT CAR AUTOMATIC

นายประสิทธิ์ ด่านวิหาร

นายพงศ์ไทย สัปพันธ์

นายวรวิทย์ ใจจักร์ธรรม





ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจาคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง รถขนถ่ายอัตโนมัติ

TRANSPORT CAR AUTOMATIC

ผู้จัดทำ

1. นายประสิทธิ์	ด่านวิหาร	รหัสประจำตัว	37031411
2. นายพงศ์ไทย	สัปพันธ์	รหัสประจำตัว	37031414
3. นายวรวิทย์	ใจจักร์ธรรม	รหัสประจำตัว	37031419

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม.....

(อาจารย์สันติ ตันตระกูล)

ลงนาม.....

(อาจารย์กิติพงค์ มะโน)

ลงนาม.....

(อาจารย์อำพล ทองระอา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง รถขนถ่ายอัตโนมัติ

TRANSPORT CAR AUTOMATIC

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานและหลักการของระบบไมโครโปรเซสเซอร์
2. เพื่อวิเคราะห์และออกแบบระบบไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อควบคุมการทำงาน
3. เพื่อสร้างวงจรควบคุมการทำงานของรถขนถ่ายอัตโนมัติ
4. เพื่อนำไปใช้เป็นรถขนถ่ายอัตโนมัติตามที่ต้องการ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถศึกษาและเข้าใจหลักการของระบบไมโครโปรเซสเซอร์
2. สามารถวิเคราะห์และออกแบบระบบไมโครโปรเซสเซอร์
3. สามารถสร้างวงจรควบคุมการทำงานของรถขนถ่ายอัตโนมัติได้
4. สามารถนำรถขนถ่ายอัตโนมัติไปใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถขนถ่ายอัตโนมัติ

นายประสิทธิ์ ด่านวิหาร
นายพงศ์ไทย สัปพันธ์
นายวรวิทย์ ใจจักร์ธรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา
นายสันติ ตันตระกูล
นายกิติพงค์ มะโน
นายอำพล ทองระอา

ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอรถขนถ่ายอัตโนมัติ โดยรถขนถ่ายอัตโนมัติสามารถวิ่งตามทิศทางที่กำหนดได้ ซึ่งใช้การตรวจจับแถบสี และใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ Z-80 เป็นตัวควบคุมระบบขับเคลื่อน และระบบเซ็นเซอร์ทั้งหมด

รถขนถ่ายอัตโนมัติใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ในการขับเคลื่อน 24 โวลท์ ระบบขับเคลื่อนจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขับเคลื่อนจากล้อหลัง ในส่วนของระบบการเลี้ยวจะใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการควบคุม รถขนถ่ายอัตโนมัตินี้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ไม่เกิน 100 กิโลกรัม ดังนั้นสามารถนำไปใช้ขนถ่ายสิ่งของที่มีขนาดไม่เกิน กว้าง 45 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร เหมาะที่จะใช้ขนถ่ายสิ่งของในโรงงานขนาดเล็ก ที่สำคัญรถขนถ่ายอัตโนมัติไม่เกิดมลพิษทางอากาศและมลพิษทางเสียง เพราะมันใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRANSPORT CAR AUTOMATIC

MR.PRASIT DANWIHAN
MR.PONGTHAI SABPUN
MR.WORAWIT JAIJAKTHAM

ADVISOR

MR.SUNTI TUNTRAKOOL
MR.KITIPONG MANO
MR.AMPHON THONGRA-AR

1995

ABSTRACT

This thesis presents the Transprot Car Automatic . It can be controlled to run in the specific way . It uses color bar sensoring principal and uses the Z80 microprocessor to control driving system and sensor system .

The Transport Car Automatic uses the electical power from battery : 24 volts to drive it . Driving system uses a DC motor to drive the back wheel . The turning system uses a stepping motor to control it . The Transport Car Automatic can not take things that its weight is over 100 kgs . Thus , it can be used to transport things (45 * 50 * 40 cm. in size) in the small factory . Furthermore , it does not get air pollution and sound pollution . Because it uses the electical power to control its operation .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

จากปริญญานิพนธ์นี้ที่สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จากหลาย ๆ ฝ่าย ในด้านการให้คำปรึกษา ต้องขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์สันติ ตันตะกูล อาจารย์กิติพงค์ มะโน อาจารย์อำพล ทองระอา อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศกรรมทุกท่าน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชา รวมถึงอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องของวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำโครงงาน ที่ขาดเสียมิได้ต้องขอขอบพระคุณ คุณลุง สมโภชน์ ไกจะบก ที่ให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือและให้คำปรึกษาต่าง ๆ

ผู้ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของโครงงานนี้ก็คือ คุณพ่อ, คุณแม่ ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้คำแนะนำและให้ยืมทุนในการทำโครงงานจนสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูปภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 Z80 ไมโครโปรเซสเซอร์	2
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)	4
2.2.1 หลักการทำงาน	4
2.2.2 คุณสมบัติของมอเตอร์	7
2.3 ระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์แบบดิจิตอล	10
2.3.1 ผังการทำงาน	10
2.3.2 ไมโครสวิตช์แบบ 8 ตำแหน่ง	10
2.3.3 วงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอก	11
2.3.4 วงจรดีเท็คเออร์เรอร์ (ดิฟเฟอร์เรนเชียลแอมปลิไฟเออร์)	14
2.3.5 ควบคุม (วงจรแปลงโวลท์เตจเป็นความถี่ร่วมกับวงจร One-Shot	14
2.3.6 กระบวนการ (วงจรขับกำลังมอเตอร์และตัวมอเตอร์)	18
2.3.7 วงจรของระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์	21
2.3.8 ระบบควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์	24
2.3.9 ผังงานของระบบควบคุม	24
2.3.10 ข้อกำหนดของระบบ	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) 25
2.4.1 คำจำกัดความ 26
2.4.2 การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 27
2.4.3 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 30
2.4.4 การจำแนกชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ด้วยการพันขดลวด 36
2.4.5 การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 38
2.4.6 การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 40
2.4.7 ระบบควบคุมความเร็วสเต็ปปิ้งมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ 41
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง 43
3.1 การออกแบบตัวถังรถ และเปลือกหุ้มตัวถังรถ 44
3.2 การออกแบบระบบขับเคลื่อน 45
3.2.1 การออกแบบระบบ 46
3.3 ระบบขับเลี้ยว 56
3.3.1 การออกแบบระบบบังคับเลี้ยว 58
3.4 ตัวตรวจจับแถบสี 59
3.5 บอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ 61
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 65
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 66
บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 ผังการทำงานของ Z80	3
รูปที่ 2.2 โครงสร้างเบื้องต้นของมอเตอร์กระแสตรง	6
รูปที่ 2.3 หลักการทำงานอย่างง่ายของมอเตอร์กระแสตรง	7
รูปที่ 2.4 แผนภาพคุณสมบัติของมอเตอร์ขนาด 1 วัตต์ และ 80 วัตต์	8
รูปที่ 2.5 วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง	8
รูปที่ 2.6 แผนภาพค่าแรงดันที่เกิดขึ้นในมอเตอร์กระแสตรงกับความเร็วรอบ	9
รูปที่ 2.7 ผังการทำงานของระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์แบบดิจิตอล	5
รูปที่ 2.8 ไมโครสวิตช์แบบ 8 ตำแหน่งใช้สำหรับตั้งค่าความเร็วของดีซีมอเตอร์ที่ต้องการ	11
รูปที่ 2.9 ไอซี MC 1408 (A) โครงสร้างของขาไอซี (B) ผังของวงจร	13
รูปที่ 2.10 วงจรดีเท็คเออร์เรอร์	14
รูปที่ 2.11 ไอซีเบอร์ LM 331 VFC โครงสร้างขาของไอซีและวงจรที่ใช้งาน	16
รูปที่ 2.12 ไอซีเบอร์ CD 4098B โครงสร้างของขาไอซีและวงจร	17
รูปที่ 2.13 วงจรขับกำลังของดีซีมอเตอร์	19
รูปที่ 2.14 วงจรลอจิกสำหรับขับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์และควบคุมตำแหน่ง	20
รูปที่ 2.15 วงจรแปลงความเร็วเป็นโวลท์เตจ	21
รูปที่ 2.16 ระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์แบบดิจิตอล	22
รูปที่ 2.17 ลูกคลื่นที่จุดต่าง ๆ ในวงจรของรูปที่ 2.16 เมื่อตั้งค่าให้ไบนารี่อินพุตเท่ากับ 0011 0100	23
รูปที่ 2.18 ผังการทำงานของระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์	24
รูปที่ 2.19 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์และความถี่	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.20 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีการต่อวงจรขดลวดภายในเพื่อกระตุ้นให้เกิดขั้วแม่เหล็ก ขึ้น 1 ขั้ว ในทิศทางตรงกันข้าม ส่วนขดลวดอื่น จะไม่ถูกกระตุ้น 29

รูปที่ 2.21 การต่อวงจรขดลวดแบบกระตุ้นให้เกิดขั้วแม่เหล็กพร้อมกัน 2 ขั้วที่อยู่ใกล้กันทำให้โรเตอร์เคลื่อนที่มาหยุดอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กทั้งสอง 30

รูปที่ 2.22 ภาพหน้าตัดและการพันขดลวดของ VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 3 เฟส 31

รูปที่ 2.23 เส้นแรงแม่เหล็กขณะกระตุ้น เฟส 1 32

รูปที่ 2.24 (A) ภาพหน้าตัดของ PM สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 4 เฟส 33
(B) วงจรกระตุ้นเฟสพื้นฐานสำหรับ PM มอเตอร์ 4 เฟส

รูปที่ 2.25 ลำดับขั้นการหมุนในมอเตอร์ 4 เฟส 34

รูปที่ 2.26 โครงสร้างภายในพื้นฐานของชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 35

รูปที่ 2.27 แผนภาพข้อมูลการสูญเสียกำลังไฟฟ้าและความเร็วในการหมุนโดยเปรียบเทียบระหว่างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดไฮบริดและชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต 36

รูปที่ 2.28 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไบโพลาร์ 36

รูปที่ 2.29 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์แบบ 5 สาย และ 6 สาย 4 เฟส 37

รูปที่ 2.30 วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทั้ง 2 แบบ 38

รูปที่ 2.31 แผนภาพช่วงของการหมุนในโหมดการทำงานแบบ 41
(A) หมุนเป็นช่วง
(B) หมุนแบบต่อเนื่อง

รูปที่ 3.1 ลักษณะโครงสร้างของตัวถังรถขนถ่ายอัตโนมัติ 44

รูปที่ 3.2 ระบบขับเคลื่อน 45

รูปที่ 3.3 ไอซี 74LS 138 47
(A) โครงสร้างขาของไอซี
(B) ตารางฟังก์ชั่น $G_2 = G_2A + G_2B$

รูปที่ 3.4 ไอซีแล็ทช์ 74LS373 49
(A) โครงสร้างขาของไอซี
(B) ตารางฟังก์ชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 วงจรถอดรหัสแอดเดรสเพื่อถอดรหัสแอดเดรส 8000H และวงจรแล็คซ์ 8 บิท อินพุทข้อมูลให้กับ DAC 1408 50
รูปที่ 3.6 ไอซี 74LS75 ไบสเตเบิ้ลแล็ทช์ขนาด 4 บิท 51
(A) โครงสร้างขาของไอซี
(B) ตารางฟังก์ชั่น
รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ 52
รูปที่ 3.8 ระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ 53
รูปที่ 3.9 ผังลำดับการทำงานของระบบควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ 55
รูปที่ 3.10 ลูกปืนบังคับล้อหน้า 57
รูปที่ 3.11 คันชักบังคับเลี้ยว 57
รูปที่ 3.12 สายไฟบอกตำแหน่งการต่อใช้งานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 58
รูปที่ 3.13 วงจรขับกำลังของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 59
รูปที่ 3.14 การวางตัวตรวจจับแถบสี 59
รูปที่ 3.15 การต่อขาโฟโต้ทรานซิสเตอร์ 60
รูปที่ 3.16 ลักษณะของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่ใช้งาน 60
รูปที่ 3.17 บอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ Z80V1 61
รูปที่ 3.18 แผนผังของหน่วยความจำของบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ Z80V1 62
รูปที่ 3.19 พอร์ตใช้งานของบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ Z80V1 62
รูปที่ 3.20 บอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ Z80V1 63
รูปที่ 4.1 เส้นทางที่กำหนดให้รถวิ่งแบบที่ 1 64
รูปที่ 4.2 เส้นทางที่กำหนดให้รถวิ่งแบบที่ 2 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ชื่อเรียกและความหมายทางกลและทางไฟฟ้าของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	26
ตารางที่ 2.2 ขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบเวฟ	39
ตารางที่ 2.3 ขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส	39
ตารางที่ 2.4 ขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งช่วง	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ไมโครโปรเซสเซอร์ได้เข้ามามีบทบาทมากในการดำรงชีวิตปัจจุบัน ในด้านการควบคุมอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆตลอดจนเครื่องมือเครื่องจักรกลที่ใช้ภายในโรงงานอุตสาหกรรมสมัยใหม่ ในปัจจุบันแม้แต่ในรถยนต์บางยี่ห้อก็ได้นำเอาไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมระบบการทำงานต่าง ๆ และในการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ในการควบคุมด้านต่าง ๆ นั้นค่อนข้างง่าย ในการนำมาดัดแปลงและการประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่มวลมนุษย์ชาติมากที่สุด จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้จึงเป็นต้นกำเนิดของรถขนถ่ายอัตโนมัติ โดยหลักการทั่วไปแล้วรถขนถ่ายอัตโนมัติจะสมบูรณ์แบบได้ต้องประกอบไปด้วยหลายอย่าง เช่น ระบบแม็คคานิกส์ ระบบขับเคลื่อน หรือระบบควบคุม แต่หัวใจหลักของรถขนถ่ายอัตโนมัติอยู่ที่ระบบควบคุม และหัวใจสำคัญของระบบควบคุมนี้ก็คือไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 ซึ่งผู้จัดทำได้นำมาประยุกต์ใช้กับรถขนถ่ายอัตโนมัติได้อย่างเหมาะสม และเราเลือกใช้ Z80 รุ่น V1 พอร์ทต่าง ๆ พอดีกับการใช้งาน การประยุกต์ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ นั้น ก็ถือได้ว่าทำได้อย่างเหมาะสมเช่นกัน ซึ่งส่วนประกอบต่าง ๆ ยังเหมาะสำหรับผู้ที่สนใจที่จะศึกษาค้นคว้า เพราะโครงงานนี้ได้รวมเอาหลาย ๆ สิ่งหลาย ๆ อย่างมาประกอบกันเป็น "Transport Car Automatic"ดังจะกล่าวถึงรายละเอียดของระบบการทำงานต่าง ๆ ดังนี้

บทที่ 2 เป็นส่วนของทฤษฎีและหลักการต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบ ซึ่งทฤษฎีส่วนใหญ่จะครอบคลุมเกี่ยวกับอุปกรณ์และวัสดุที่นำมาใช้ทำโครงงานค่อนข้างที่จะสมบูรณ์ครบถ้วน

บทที่ 3 เป็นการออกแบบแต่ละส่วนของรถขนถ่ายอัตโนมัติ

บทที่ 4 เป็นส่วนของการทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 เป็นบทวิจารณ์และสรุปผลการดำเนินงานต่าง ๆ รวมถึงปัญหาที่พบเห็นและแนวทางแก้ไข ตลอดจนแนวทางในการพัฒนาโครงงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 Z80 ไมโครโปรเซสเซอร์

การดำรงชีวิตในปัจจุบันอยู่ในสภาวะที่จะขาดเสียซึ่งความสะดวกสบายไม่ได้ ในเมื่อจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุให้ความต้องการในด้านต่างๆ เพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว เพื่อที่จะตอบสนองความต้องการเหล่านี้ จึงจำเป็นที่จะต้องนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ คอมพิวเตอร์เป็นสิ่งหนึ่งที่มีบทบาทอย่างมาก ในการพัฒนาชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์ให้ดีขึ้น

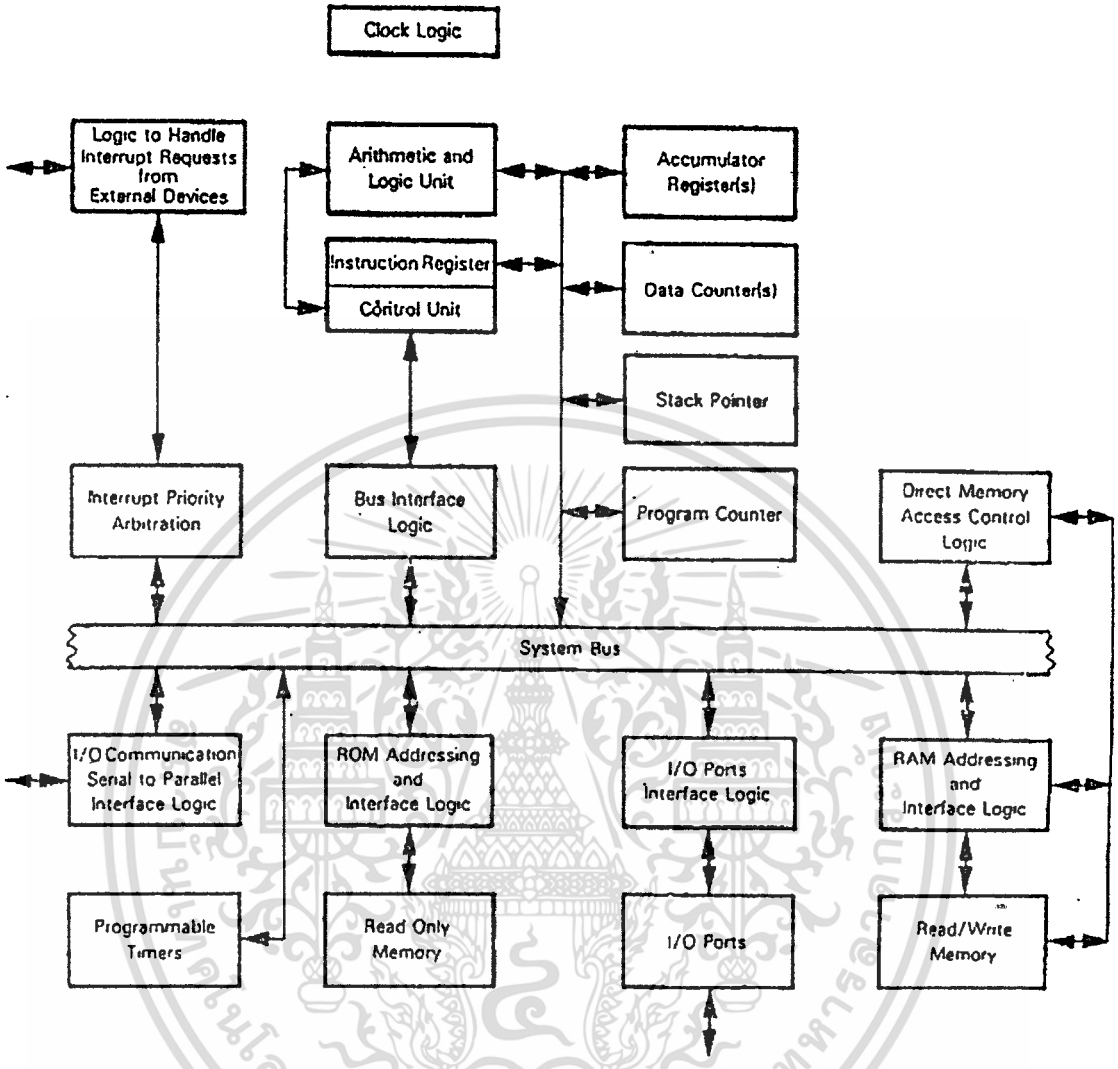
โดยทั่วไปโครงสร้างพื้นฐาน ของคอมพิวเตอร์จะประกอบไปด้วย

หน่วยควบคุม (Control Unit)
หน่วยความจำ (Memory Unit)
หน่วยคำนวณ (Arithmetic Unit)
หน่วยรับและส่งสัญญาณ (I/O Unit)

ด้วยการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นหน่วยย่อยๆ ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์มีขนาดเล็กลง แต่ประสิทธิภาพกลับสูงขึ้นและราคาก็ถูกลงอย่างมาก ทำให้ความต้องการที่จะนำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ในชีวิตประจำวันมีมากขึ้นเป็นลำดับ

ในปัจจุบัน สามารถนำเอาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ยุ่งยากและซับซ้อนมาบรรจุลงบนแผ่นวงจรเดียวที่มีขนาดเล็กมาก ซึ่งเรียกว่า LSI (Large Scale Integrated Ciruit) และบรรจุอยู่ในตัวถัง ซึ่งต่อขาออกมาเพื่อใช้ในการติดต่อกับวงจรภายนอกสิ่งนี้เรียกว่า "ชิพ (Chip)" องค์ประกอบย่อยๆ ในไมโครคอมพิวเตอร์ทั้งหมด จะประกอบขึ้นจากชิพเหล่านี้ เช่น หน่วยความจำประเภท ROM (Read Only Memory), RAM (Random Access Memory) อุปกรณ์สนับสนุน (Chip Support) ต่าง ๆ และสิ่งที่เป็นหัวใจของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ คือ หน่วยประมวลผลกลาง หรือ CPU (Central Processing Unit) ซึ่งภายในประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังผังการทำงานรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ผังการทำงานของ Z80

ซึ่งแต่ละส่วนมีลักษณะการทำงานดังต่อไปนี้

1. Arithmetics Logic Unit (ALU) เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ในการคำนวณฟังก์ชั่นพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และการกระทำฟังก์ชั่นทางลอจิก เช่น AND และ OR , ALU จะสามารถทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบวงจรภายในของ ALU

2. Control Unit เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ ในการส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต่อเชื่อมกับ CPU ให้ทำงานร่วมกันได้อย่างถูกต้อง

3. Data Bus เป็นบัสสองทิศทาง (BI-Directional) ที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง CPU กับอุปกรณ์อื่นๆ ภายในระบบ จำนวนเส้นของบัสข้อมูล (Data Bus) จะขึ้นอยู่กับชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของCPU เช่น ในกรณีของ Z80 CPU จะส่งผ่านข้อมูลทีละ 8 บิท ดังนั้นจะมีจำนวนเส้นของบัสข้อมูล 8 เส้น

4. Control Bus หรือ บัสควบคุม เป็นบัสทางเดียว (Unit Directional Bus) ที่ใช้ในการส่งผ่านสัญญาณควบคุมให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ

5. Address Bus เป็นบัสทางเดียวใช้ส่งผ่านค่าแอดเดรสจาก CPU ไปยังหน่วยความจำเพื่อ ที่จะระบุตำแหน่งที่ต้องการรับหรือส่งข้อมูลหรือใช้เพื่อที่จะระบุตำแหน่งของพอร์ต I/O (Input/Output Port) ที่ CPU ต้องการติดต่อด้วย

ต่อไปนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของ Z80 CPU ซึ่งเป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิท ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

Z80 ไมโครโปรเซสเซอร์เป็น CPU ที่ผลิตจากบริษัท ZILOG INC โดยกลุ่มวิศวกรชุดเดียวกับที่ผลิต 8080 CPU ของบริษัท INTEL CORPERATION Z80 CPU ได้รับการพัฒนาให้มีข้อดีเหนือกว่า 8080 เช่น มีชุดคำสั่งมากถึง 158 คำสั่ง โดยรวมชุดคำสั่งเดิมของ 8080 ไว้ 80 คำสั่ง นอกจากนี้ Z80 ยังมีรีจิสเตอร์มากกว่าใน 8080 ถึง 12 ตัว และ 8080 เพียงตัวเดียวก็ยังไม่สามารถ ที่จะนำไปใช้งานได้ต้องต่อกับอุปกรณ์สนับสนุนภายนอกเพิ่มอีก 2 ตัว คือ ClockGenerator Chip, System Controller Chip รวมกันเรียกว่า Three Chip Processor แต่ใน Z80 CPU และได้รวมเอาลักษณะพื้นฐานเหล่านี้ไว้ในชิพเดียวกัน และได้เพิ่มประสิทธิภาพทาง ฮาร์ดแวร์ (Hardware), ซอฟต์แวร์ (Software) และการอินเตอร์เฟส (Interface) ให้สูงขึ้น

Z80 ไมโครโปรเซสเซอร์เพียงตัวเดียว ไม่สามารถทำงานเป็นระบบคอมพิวเตอร์ได้ ต้องอาศัยอุปกรณ์อื่นๆ อีก 2 ส่วนคือหน่วยความจำ (Memory) และหน่วยรับส่งข้อมูลเข้าออก (I/O Device) ซึ่งในการทำงานตามคำสั่งจากโปรแกรมที่ป้อนเข้ามา Z80 CPU จะต้องทำการโอนย้ายคำสั่ง หรือข้อมูลระหว่างหน่วยความจำกับรีจิสเตอร์ (Register) ก่อนอื่นจะกล่าวถึงรีจิสเตอร์ภายในของ Z80 เสียก่อน

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

2.2.1 หลักการทำงาน

แม้ว่าการใช้งานมีขอบเขตอย่างกว้างขวาง แต่มอเตอร์กระแสตรงทุกชนิดมีหลักการในการทำงานเดียวกัน โดยการผ่านกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดในสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงแม่เหล็ก สัดส่วนของแรงนี้ขึ้นอยู่กับกระแสและกำลังของสนามแม่เหล็ก แรงจะเกิดขึ้นเป็นมุมฉากกับกระแสและสนามแม่เหล็กขณะที่ทิศทางของสนามแม่เหล็กไหลย้อนกลับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กและกระแสก็จะเป็นผลทำให้ทิศทางของแรงเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ด้วยคุณสมบัติเช่นนี้ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลับทิศทางการหมุนได้

มาพิจารณาถึงส่วนของแท่งแม่เหล็กถาวร สนามแม่เหล็กของมอเตอร์ที่กำลังเกิดขึ้นส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนของแท่งแม่เหล็กถาวร ซึ่งจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็กหรือชิ้นส่วนที่เป็นเหล็กกล้าและบางแบบก็จะทำตัวถังเป็นแม่เหล็ก โดยปกติส่วนนี้จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ของมอเตอร์ ขดลวดเหนี่ยวนำจะถูกพันอยู่บนส่วนที่เป็นแกนหมุนของมอเตอร์

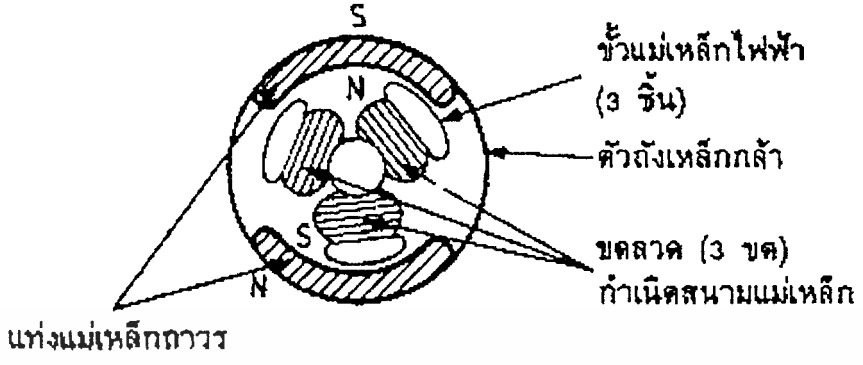
โครงสร้างทั่ว ๆ ไป ของมอเตอร์กระแสตรงแยกได้เป็น 3 ส่วน ดังรูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของมอเตอร์รุ่นเล็ก ๆ ทางเดินของฟลั๊กซ์แม่เหล็กและสนามแม่เหล็กซึ่งเกิดจากแท่งแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ 2 ชิ้น ขึ้นรูปเป็นแบบโค้งยึดกับตัวถังได้พอดี เพื่อให้เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งเข้าสู่ใจกลางของมอเตอร์ ความเข้มของสนามแม่เหล็กนั้นจะขึ้นอยู่กับความหนาของแม่เหล็กด้วย ฟลั๊กแม่เหล็กจะวิ่งไปบนตัวถัง กระแสไฟฟ้าในขดลวดที่พันกับทุ่นโรเตอร์ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต้านกับสนามแม่เหล็กถาวรเกิดเป็นแรงบิดหมุนทุ่นโรเตอร์ไปตามทิศทางเดียวกับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่มีแรงมากกว่า

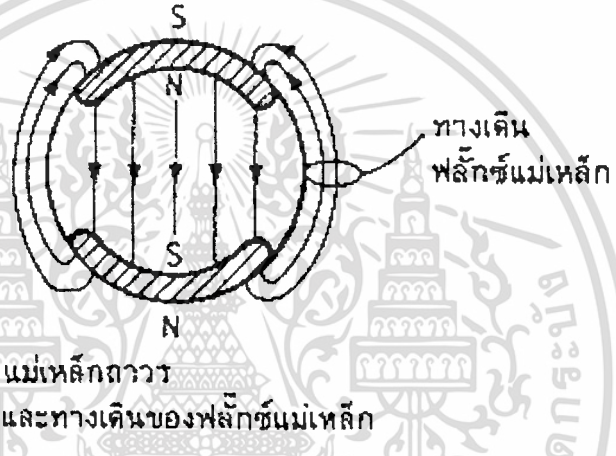
กระแสจะผ่านไปยังทุ่นโรเตอร์โดยผ่านแปรงถ่าน ซึ่งจะสัมผัสกับแหวนตัวนำบนทุ่นโรเตอร์ แหวน (คอมมิวเตเตอร์) ถูกแบ่งเป็น 3 เซ้กเมนต์ ทำหน้าที่นำกระเสเข้าขดลวด

รูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นการทำงานของมอเตอร์ กระแสในขดลวด B จะมีทิศทางตรงข้ามกับกระแสในขดลวด A และ C โดยที่ขดลวดทั้งสามต่อกันในลักษณะอนุกรม

ทิศทางการไหลของกระแสในขดลวด B ทำให้ขั้วแม่เหล็ก B มีสภาพเป็นขั้วเหนือถูกดูดไปทางขั้วใต้ของแม่เหล็กสถิตย์ ส่วนขดลวด A และ C มีสภาพเป็นขั้วใต้จึงถูกดูดไปทางขั้วเหนือ แรงดูดแบบนี้ทำให้ทุ่นโรเตอร์เกิดแรงบิดมีทิศตามเข็มนาฬิกา เมื่อโรเตอร์หมุนไปได้เล็กน้อย แปรงถ่านจะสัมผัสกับเซ็กเมนต์ Z ของคอมมิวเตอร์ เป็นผลให้กระแสในขดลวด A มีทิศทางตรงข้ามกับตอนแรก ส่วนทิศทางของกระแสในขดที่เหลืออีก 2 ขด ไหลทิศทางเดิม ขั้ว A ก็จะกลายเป็นขั้วเหนือและถูกผลักออกจากขั้วเหนือของแม่เหล็กสถิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

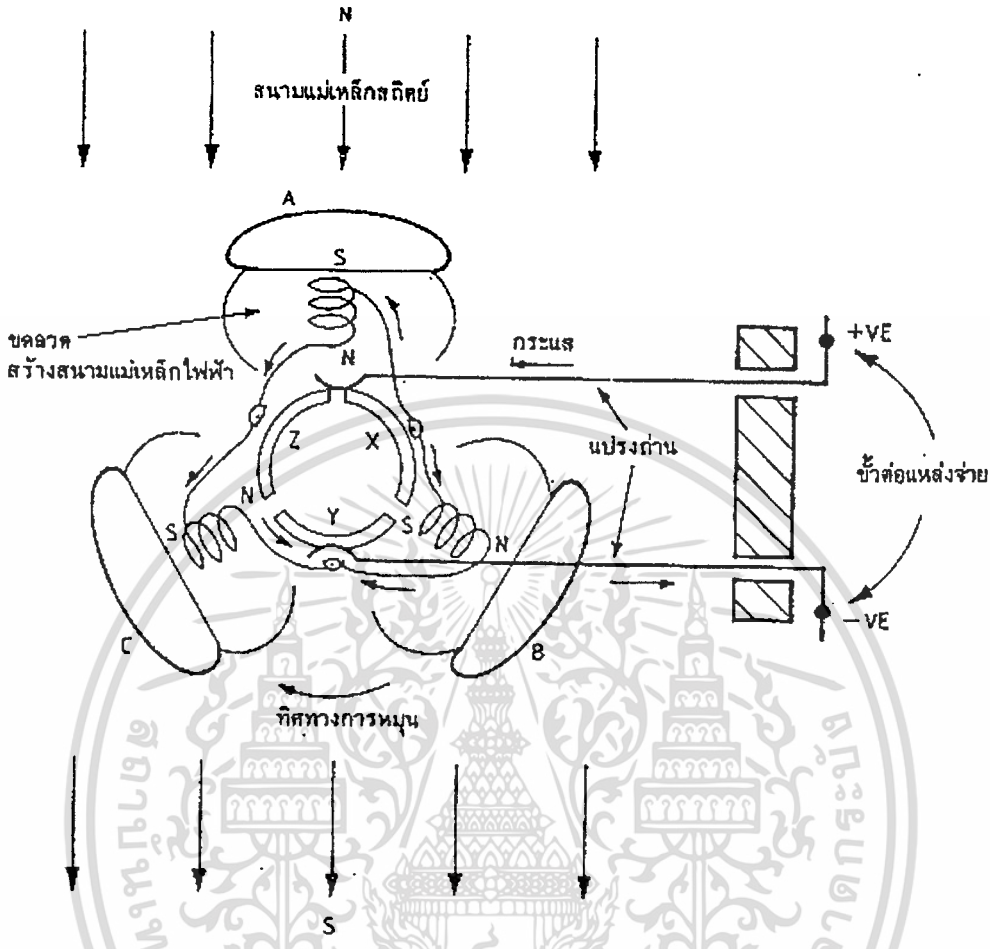




รูปที่ 2.2 โครงสร้างเบื้องต้นของมอเตอร์กระแสตรง

ไปยังขั้วใต้แทน ในลักษณะที่กล่าวมาจึงทำให้มอเตอร์หมุนต่อไปได้ เมื่อขั้ว B อยู่ตรงกับขั้วใต้ของแม่เหล็กสถิตย์ แปรงถ่านขั้วลบจะเปลี่ยนจากอาเมเจอร์เซ็กเมนต์ Y เป็นเซ็กเมนต์ X กระแสในขดลวด B มีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางเดิม และขั้ว B ซึ่งเป็นขั้วใต้จะถูกผลักออกจากขั้วใต้ของแม่เหล็กสถิตย์ การหมุนจะเป็นวัฏจักรในทิศทางนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่ากระแสภายนอกจะกลับทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



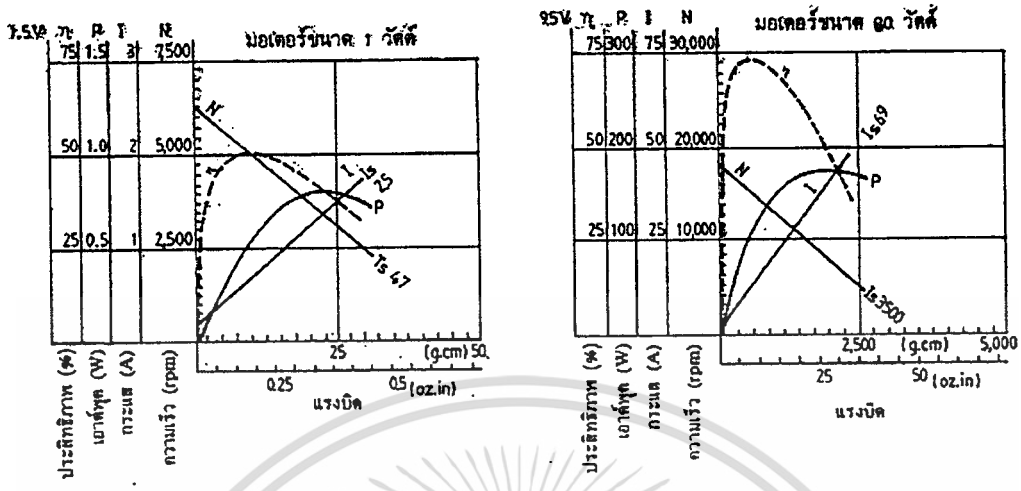
รูปที่ 2.3 หลักการทำงานอย่างง่ายของมอเตอร์กระแสตรง

2.2.2 คุณสมบัติของมอเตอร์

ในหัวข้อที่แล้วกล่าวว่าแรงที่เกิดจากกระแสที่ผ่านตัวนำเข้าไปยังสนามแม่เหล็กต้องมีสภาวะที่เหมาะสมนั้น จะทำให้เกิดข้อจำกัดของแรงบิดในตัวมอเตอร์ รูปที่ 2.4 แสดงแผนภาพคุณสมบัติของมอเตอร์ขนาดเล็กมีกำลังประมาณ 1 วัตต์ และอีกรูปหนึ่งเป็นแผนภาพของมอเตอร์ขนาดใหญ่มีกำลังประมาณ 80 วัตต์ เปรียบเทียบกันโดยให้แรงดันคงที่

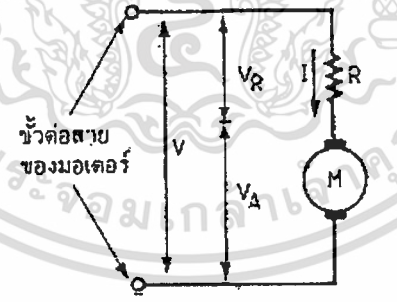
สังเกตได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงบิดเป็นเส้นตรงถ้าไม่คำนึงถึงแรงดันที่ป้อนให้และความเร็วในการหมุน จะพบว่าอัตราส่วนแรงบิดและกระแส (T/I) ทุกจุดจะเท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ, กำลังของแม่เหล็ก, ชนิดและจำนวนของแผ่นเหล็กในทุ่นโรเตอร์ สเตเตอร์และช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แผนภาพคุณสมบัติของมอเตอร์ขนาด 1 วัตต์ และ 80 วัตต์

ความสัมพันธ์ที่สองที่ได้จากแผนภาพคือ ความเร็วเปรียบเทียบกับแรงบิด ซึ่งความเร็วขณะไม่มีโหลดจะมีแผนภาพเป็นเส้นตรง เพื่อที่จะอธิบายคุณสมบัติของมอเตอร์ให้ละเอียดยิ่งขึ้น ต้องพิจารณาแรงดันที่ป้อนและความต้านทานของโรเตอร์ด้วย วงจรภายในมอเตอร์เขียนได้ดังรูปที่ 2.5 โดยสมมติให้ทุ่นโรเตอร์ไม่มีความต้านทานอยู่เลย อนุกรมกับความต้านทาน ซึ่งก็คือความต้านทานของขดลวดนั่นเอง



รูปที่ 2.5 วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง

แรงดันที่ขั้วต่อสายของมอเตอร์คือ ผลบวกระหว่างแรงดันที่ทุ่นโรเตอร์ (V_A) และแรงดันตกคร่อมความต้านทานขดลวด

แรงดัน V_A ถูกเรียกว่า แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำป้อนกลับ (Back Emf) ซึ่งเกิดขึ้นในขดลวดโรเตอร์ขณะที่หมุน แรงดันที่เกิดขึ้นนี้เป็นไปตามกฎของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของตัวนำในสนามแม่เหล็กสัมพันธ์กับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำแม่เหล็ก และ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเคลื่อนที่ของตัวนำในสนามแม่เหล็กสัมพันธ์กับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำแม่เหล็ก และความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวนำ แรงดันที่เกิดขึ้นจะมีขั้วตรงกันข้ามแรงดันที่ป้อนให้มอเตอร์และแปรผันตรงกับความเร็วของการหมุน ผลบวกของแรงดันที่ทุ่นโรเตอร์ (V_A) และแรงดันตกคร่อมขดลวด (V_R) ต้องเท่ากับแรงดันที่ป้อนให้มอเตอร์ (V)

$$V = V_A + V_R \qquad (V)$$

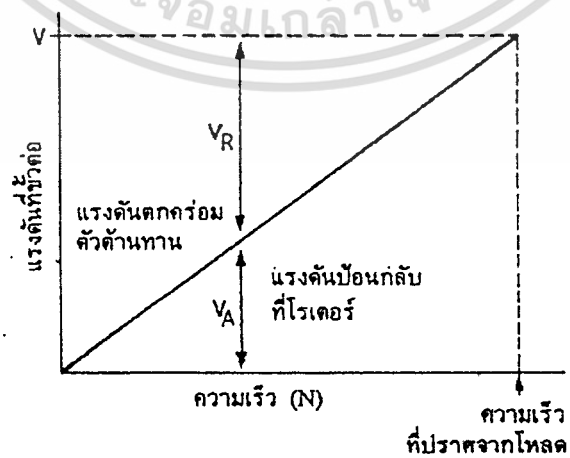
พิจารณาตั้งแต่มอเตอร์หยุดนิ่ง ความเร็วมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น $V_A = 0$ V และ $V_R = V$ กระแสที่ไหลในมอเตอร์หาได้จาก

$$I = V_R / R$$

เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนจะมีความเร็วและ V_A เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามความเร็ว V_R ซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่าง V_A และ V จะเริ่มลดลง กระแส I ก็จะเริ่มลดลงเช่นกัน

ขณะที่มอเตอร์ยังมีความเร่งอยู่ความเร็วจะเพิ่มขึ้น แรงบิดจะลดลงจนกว่าจะถึงจุดซึ่งแรงบิดของมอเตอร์รับภาระโหลดได้สมดุลพอดี ขณะที่มอเตอร์ไม่มีโหลดและหมุนได้อย่างอิสระจะมีเพียงแต่ค่าความฝืดของลูกปืนและแรงต้านของอากาศ ทำให้ค่า V_A เกือบจะเท่ากับค่า V ในรูปที่ 2.6 แรงดันที่ป้อนให้ของมอเตอร์ก็คือผลบวกของ V_A และ V_R ที่ทุก ๆ ความเร็ว และ V_A จะแปรผันตรงกับความเร็ว ส่วนกระแสและแรงบิดจะแปรผันตรงกับ V_R ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ ขณะที่แรงดันจากภายนอกคงที่จะเป็นเส้นตรงเช่นกันสามารถสรุปได้ว่า

ความเร็ว = 1 - แรงบิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 แผนภาพค่าแรงดันที่เกิดขึ้นในมอเตอร์กระแสตรงกับความเร็วรอบ

2.3 ระบบการควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์แบบดิจิตอล

ข้อกำหนดของระบบ

1. ใช้ดิจิตอลเทคนิคสำหรับการควบคุมเพื่อให้ได้ความเร็วตามต้องการ

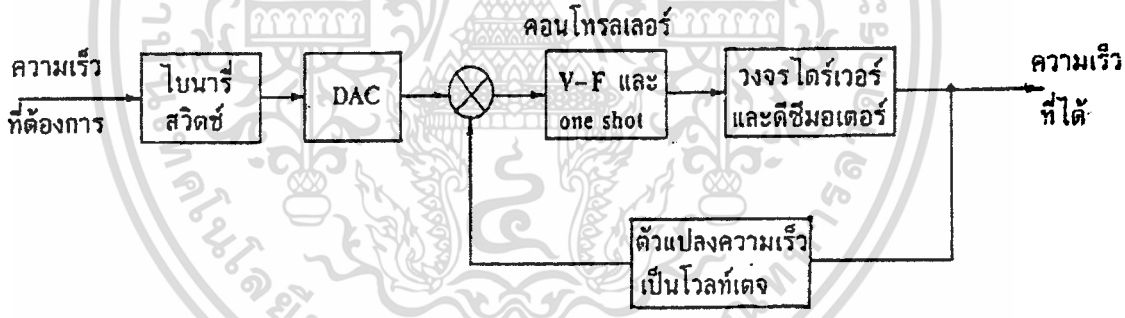
2. ความเร็วของดีซีมอเตอร์จะต้องคงที่ตามที่ต้องการ

3. สามารถปรับความเร็วได้ด้วยไมโครสวิตช์ในช่วงต่ำสุดและสูงสุดตามที่ต้องการ

4. การออกแบบระบบจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติการทำงาน ความเที่ยงตรง และราคาเป็นแฟคเตอร์ที่สำคัญ

2.3.1 ผังการทำงาน

ผังการทำงานของระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์แบบดิจิตอลแสดงได้ดังในรูปที่ 2.7

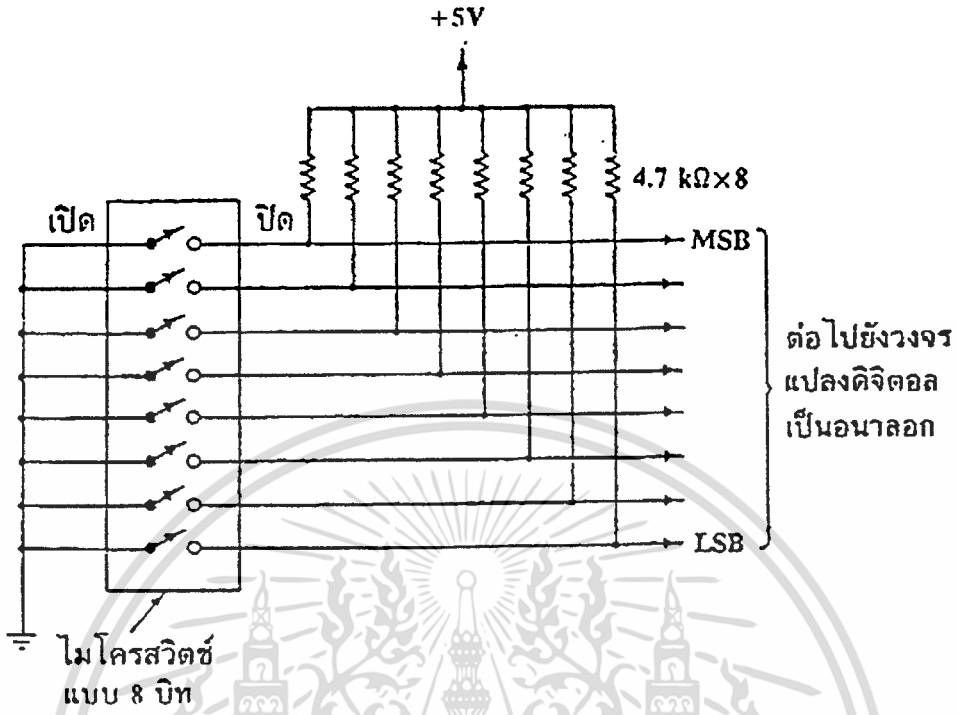


รูปที่ 2.7 ผังการทำงานของระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์แบบดิจิตอล

2.3.2 ไมโครสวิตช์แบบ 8 ตำแหน่ง (ใช้สำหรับตั้งค่าความเร็วอินพุต)

สามารถเปลี่ยนความเร็วของดีซีมอเตอร์ได้ตามการเปลี่ยนตำแหน่งของไมโครสวิตช์ ฟังก์ชั่นของไบนารี่สวิตช์มีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ไมโครสวิตช์แบบ 8 ตำแหน่งใช้สำหรับตั้งค่าความเร็วของดีซีมอเตอร์ที่ต้องการ

สามารถตั้งค่าไบนารี่ของสวิตช์ได้เรียงลำดับจาก 0000 0001_2 ถึงค่า 1111 1111_2 (ค่าไบนารี่ 8 บิท) ความเร็วของมอเตอร์จะเพิ่มจากต่ำสุดถึงค่าสูงสุด คือความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ได้ 256 ช่วง

2.3.3 วงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอก

วงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอก (DAC) ใช้สำหรับแปลงค่าจำนวนไบนารี่ให้เป็นสัญญาณอนาลอก วงจร DAC ที่ใช้กันทั่วไปและราคาไม่แพงได้แก่ไอซีเบอร์ MC 1408 ไอซีเบอร์ MC 1408 นี้มีข้อกำหนดทางไฟฟ้าที่สำคัญดังนี้

กระแสเอาต์พุตเต็มสเกล, I_0 settling time : 300 ns

ความเที่ยงตรง (เออร์เรอร์เทียบกับเต็มสเกล I_0) มีค่ามากกว่า ± 0.19%

กระแสของเพาเวอร์ซัพพลายไม่ขึ้นอยู่กับรหัสบิท

ต่อโดยตรงได้กับ TTL, DTL หรือ CMOS และใช้ DAC 0808 แทนได้

ซัพพลายโวลท์เตจ : +5V และ -5 ถึง -15V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของไอซีและผังการต่อของ MC 1408 แสดงได้ดังในรูปที่ 2.9(A)

ในกรณีนี้ใช้ +Vcc=5V,-Vee=-12V

+Vref=+5V,-Vref=0V

R1=5k,r2=4.7K

C1=0.01uF

สำหรับวงจรในรูปที่2.45 (B) หากระแสเอาต์พุต I_0 ได้

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

$$I_O = \frac{+V\,ref}{R_1}\frac{N}{256}$$

เมื่อ $+V_{ref}$ = +5V.-V โวลท์เตจอ้างอิงเป็นบวก

R_1 = ตัวความต้านทานระหว่างขา 14 และ $+V_{ref}$

N = จำนวนไบนารี่อินพุตที่มีค่าเป็นเลขฐานสิบ

จะต้องแปลงกระแสเอาต์พุต I_0 ให้อยู่ในรูปของโวลท์เตจ ดังนั้นจำเป็นต้องใช้วงจรแปลงกระแสเป็นโวลท์เตจที่เอาต์พุต DAC ดังแสดงในรูปที่ 2.9(B) ดังนั้นเอาต์พุตโวลท์เตจ V_0 เท่ากับ

$$V_O = I_O R_3$$

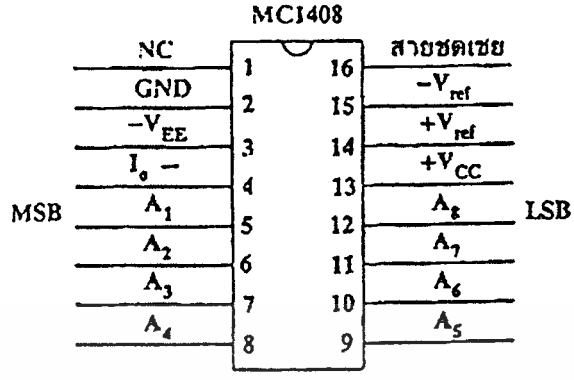
$$= \frac{+V\,ref}{R_1}\frac{N}{256}R_3$$

เมื่อ R_3 เป็นโหลดของวงจร DAC

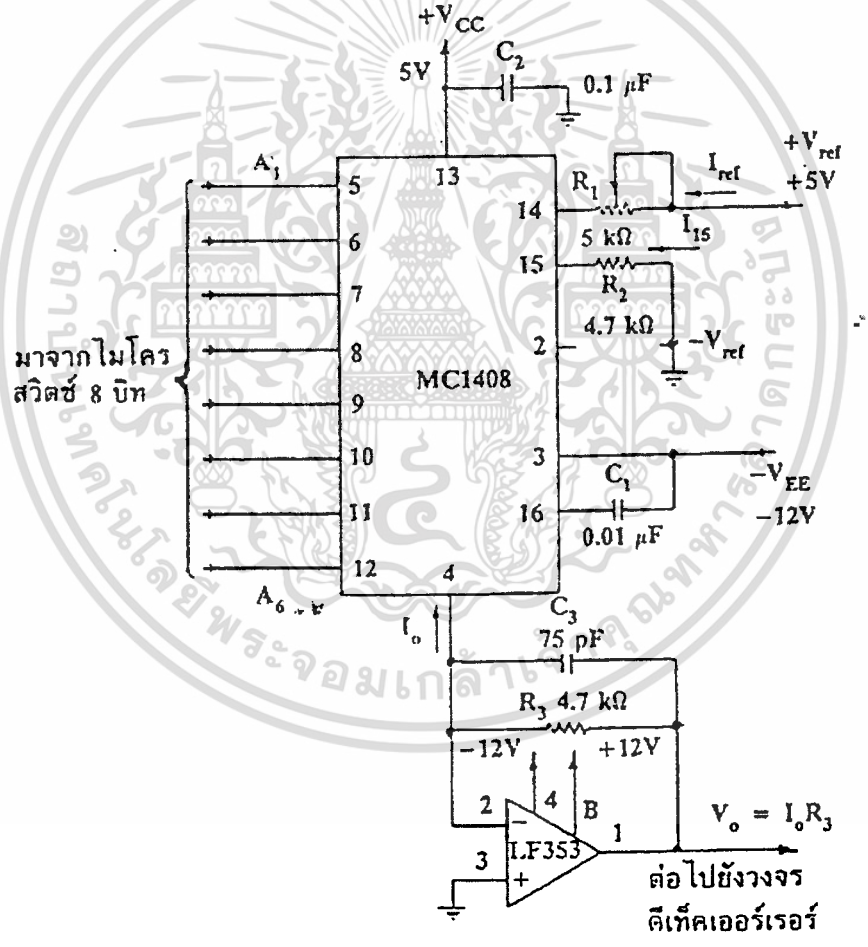
กำหนดให้ R_3 = 4.7 kΩ คาปาซิเตอร์ C_3 ใส่คร่อม R_3 เพื่อลดโอเวอร์ชูทและการออสซิเลทให้ต่ำที่สุด ในรูปที่ 2.45 เมื่อไบนารี่อินพุตลอจิกมีค่าเป็น $1111\ 1111_2$ จะต้องปรับพ็อท R_3 ให้ได้ V_0 = 5V

ดังนั้นเอาต์พุตเต็มสเกลของ DAC เท่ากับ 5V ซึ่งเป็นผลให้ DAC มีความละเอียดเท่ากับ19.5 mV ดังนั้นเอาต์พุตของ DAC จะแปรค่าได้จาก 19.5 mV ถึง 5V เมื่อไบนารี่ อินพุตมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 0000 0000 ถึง $1111_2\ 1111_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(A)



(B)

รูปที่ 2.9 ไอซี MC 1408 (A) โครงสร้างของขาไอซี (B) ผังของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 วงจรดีเท็คเออร์เรอร์ (ดิฟเฟอเรนเชียลแอมปลิไฟเออร์)

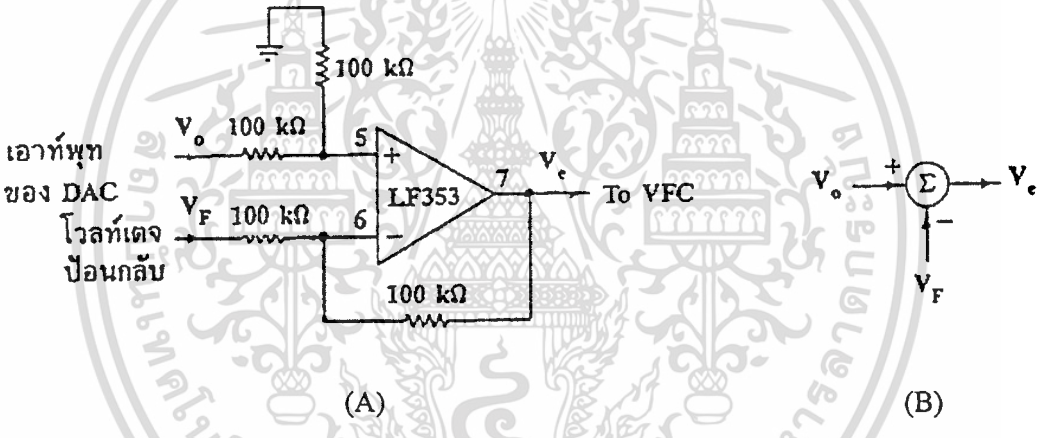
วงจรดีเท็คเออร์เรอร์จะเปรียบเทียบโวลท์เตจจากเอาต์พุต DAC 1408 กับเอาต์พุตของวงจรแปลงความเร็วให้เป็นโวลท์เตจ เพื่อทำให้ได้สัญญาณเออร์เรอร์ ซึ่งมักจะนิยมใช้ดิฟเฟอเรนเชียลแอมปลิไฟเออร์เป็นเออร์เรอร์ดีเท็คเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.10 เอาต์พุตโวลท์เตจ V_e ของวงจรคือ

$V_e = (V_0 - V_F)$

เมื่อ V_0 = เอาต์พุตของ DAC

V_F = โวลท์เตจป้อนกลับที่เป็นสัดส่วนกับความเร็วของมอเตอร์

V_e = เออร์เรอร์โวลท์เตจ



รูปที่ 2.10 วงจรดีเท็คเออร์เรอร์

จากรูปที่ 2.10 เมื่อ V_e มีค่าคงที่ V_0 และ V_F ก็จะมีค่าคงที่ วงจรดีเท็คเออร์เรอร์มักเขียนได้เป็นวงกลมแสดงถึงเป็นจุดรวมของสัญญาณ

2.3.5 ควบคุม (วงจรแปลงโวลท์เตจเป็นความถี่ร่วมกับวงจร One-Shot)

ฟังก์ชั่นของตัวควบคุมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ก.เป็นตัวประมวลสัญญาณเออร์เรอร์เพื่อให้สามารถใช้การควบคุมแบบดิจิตอลเทคนิค

ข. เป็นตัวให้สัญญาณเอาต์พุตเพื่อขับกระบวนการ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปพ.
ป 413 ร 2538

ห้องสมุด
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

15

ให้จำนวนไบนารี่อินพุตมากขึ้น

ให้สัญญาณเอาต์พุตแรงขึ้น

ให้ความเร็วมอเตอร์สูงขึ้น

ฟังก์ชั่นแรกของตัวควบคุมก็คือการแปลงสัญญาณเออร์เรอร์ (อนาลอก) ให้ไปเป็นดิจิตอล (ลูกคลื่นพัลซ์) วิธีที่ง่ายที่สุดใช้วงจรแปลงโวลท์เตจไปเป็นความถี่ (VFC) ไอซี เบอร์ NE/SE 566, LM 331 หรือ 9400 เลือกใช้ LM 331 เพราะหาได้ง่ายและการใช้งานง่ายด้วย

พิจารณาถึงข้อกำหนดที่สำคัญของ LM 331 ในรูปที่ 2.47 ดังนี้

ช่องกว้างความถี่ 1 H_Z ถึง 100 kH_Z

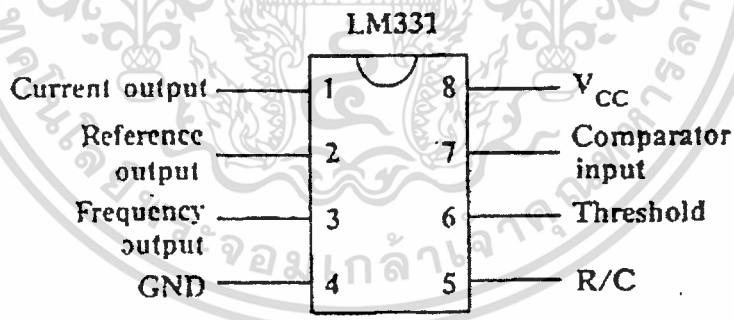
เสถียรภาพของความถี่ต่ออุณหภูมิ 0.01% สูงสุด และ ±50 ppm/ °C

พัลซ์เอาต์พุตเข้ากันได้กับบลอจิกทุกแบบ

ทำงานได้ด้วยซัพพลายขั้วเดียว

ซัพพลายโวลท์เตจสูงสุด V_{CC} = 40V และช่วงอินพุตโวลท์เตจสูงสุด -0.2V ถึง+V_{CC}

ตัวอย่างวงจรการใช้งานของ VFC ไอซีเบอร์ LM 331 ดังแสดงในรูปที่ 2.11

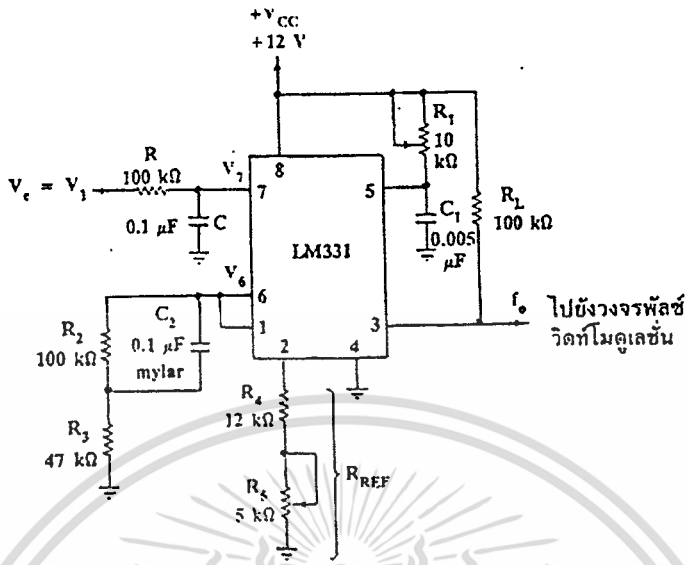


(A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1542

021311



(B)

รูปที่ 2.11 ไอซีเบอร์ LM 331 VFC (A)โครงสร้างขาของไอซี (B) วงจรที่ใช้งาน

ความถี่เอาต์พุตของวงจร $f_o = \dfrac{V_i}{2.09}\dfrac{R_{ref}}{R2}\dfrac{1}{R_1C_1}$

ความถี่เอาต์พุต f_o = 10 kHz เมื่อ V_i = 5V

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

กำหนดให้ C_1 = 0.01 μF ดังนั้น R_1 = 2.4 kΩ

เมื่อ V_i = 20 mV ในกรณีไบนารี่อินพุตเท่ากับ $0000\ 0001_2$ หาความถี่ เอาต์พุตได้

f_o = 40 Hz

ดังนั้นความถี่เอาต์พุต f_o ของ VFC จะแปรค่าจาก 40 Hz ถึง 10 kHz และอินพุตโวลท์เตจจะเปลี่ยนแปลงจาก 20 mV ถึง 5V ตามลำดับ

ฟังก์ชั่นที่สองของตัวควบคุมนี้จะให้เอาต์พุตเป็นอัตราของลูกคลื่นพัลซ์ในหนึ่งหน่วงเวลา (pulse rate) หรือลูกคลื่นของพัลซ์วิดท์กว้างขึ้นเพื่อให้มอเตอร์ทำงาน (ON) ในช่วงระยะเวลายาวนานขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มความเร็วของมอเตอร์นั่นเอง

วงจรที่ทำหน้าที่เป็นฟังก์ชั่นที่สองของตัวควบคุมเหล่านี้ ซึ่งได้แก่ วงจร One-Shot (โมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์) ใช้ไอซีเบอร์ CD 4098B เป็น COM/MOS โมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์สองตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.12 แสดงถึงโครงสร้างขาของไอซี CD 4098B และวงจร คุณลักษณะที่สำคัญของไอซี CD 4098B มีดังต่อไปนี้

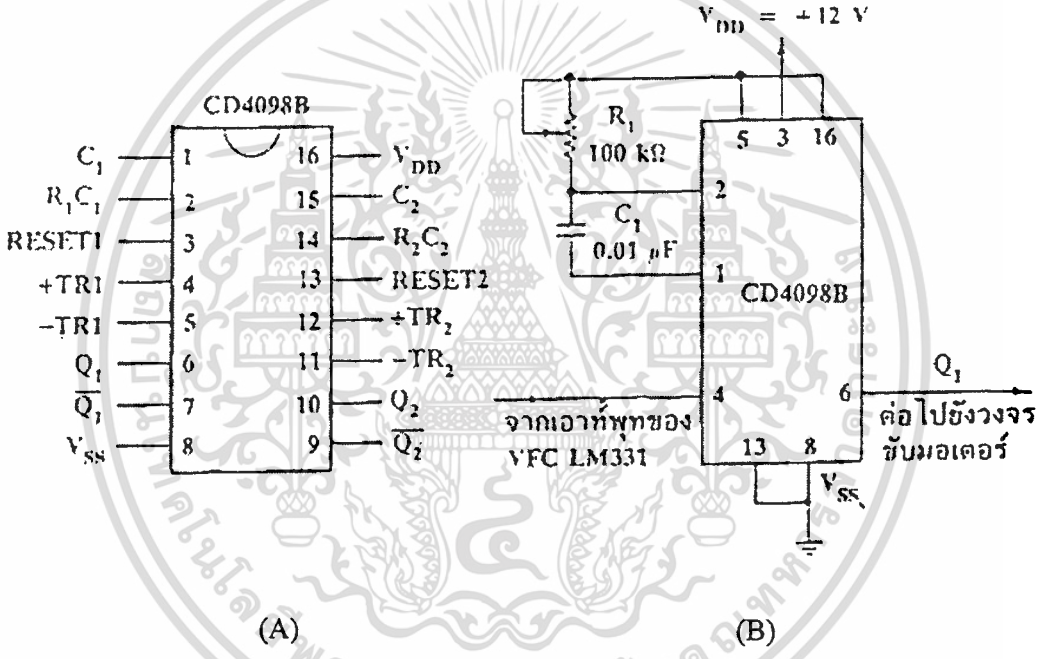
พัลซ์ที่ใช้ทริกจะใช้ขอบขาขึ้นหรือขอบขาลงของพัลซ์ก็ได้

เอาต์พุตพัลซ์วิดท์มีช่วงกว้าง

ซัพพลายโวลท์เตจอยู่ในช่วง +5 ถึง +15V

สามารถกระทำการทริกใหม่ได้

เอาต์พุตมีทั้ง Q และ σ



รูปที่ 2.12 ไอซีเบอร์ CD 4098B (A)โครงสร้างของขาไอซี (B) วงจร

ไอซีเบอร์ CD 4098B เป็นไอซีโมโนสเตเบิ้ลมัลติไบเวเตอร์ที่มี 2 ตัวเหมือนกับ อยู่ในไอซีตัวเดียวนี้

คาบเวลาของเอาต์พุตพัลซ์ ของวงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไบเวเตอร์ สามารถหาได้โดยประมาณดังนี้

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.9 สามารถปรับค่า R_1 เพื่อให้ได้ค่าเอาต์พุตความกว้างของพัลซ์ตามที่ต้องการในช่วงความถี่ 40 Hz ถึง 10 kHz และให้แอมปลิจูดของอินพุตพัลซ์น้อยกว่า12 Vp-p

2.3.6 กระบวนการ (วงจรขับกำลังมอเตอร์และตัวมอเตอร์)

ฟังก์ชั่นของวงจรขับ (Drive) มอเตอร์มีหน้าที่ประมวลสัญญาณเอาต์พุตจากควบคุม

รักษาให้มอเตอร์มีความเร็วตามต้องการ

ควบคุมทิศทางการหมุนของแกนมอเตอร์

เพื่อให้การทำงานของวงจรไดร์เวอร์มีประสิทธิภาพ และสามารถควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ จะต้องจัดวงจรของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ 4 ตัว ให้อยู่ในรูปของ Wheat Stone Bridge ดังแสดงในรูปที่ 2.13

แขนตรงกับข้ามของวงจรบริดจ์ ต้องใช้คู่ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ตรงกันข้ามกัน (pnp-pnp)

นอกจากนั้นแล้วจะใช้วงจรลอจิก เพื่อควบคุมการทำงานของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เพื่อให้การหมุนของมอเตอร์เป็นไปในทิศทางตามที่ต้องการ

การออกแบบวงจรขับเพาเวอร์ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของมอเตอร์ ดังนั้นต้องกำหนดรายละเอียดของมอเตอร์ที่จะใช้ก่อน ข้อกำหนดของมอเตอร์ TRW 405A100 มีดังต่อไปนี้

มอเตอร์มีค่าโวลท์เตจ 12V และกระแสเมื่อไม่มีโหลด 150 mA

ค่าทอร์ค (แรงบิด) 0.5 oz-in ที่ 300 mA

ความต้านทานของอาร์มาเจอร์ 15.3 Ω เมื่อแรงบิดคงที่ 2.6 oz-in-s^2

คู่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ตรงข้ามกันที่ใช้ในวงจรขับเพาเวอร์ของมอเตอร์จะต้องให้มีค่ากระแสและโวลท์เตจที่สูงกว่าค่ากระแสและโวลท์เตจของมอเตอร์ จึงจำเป็นต้องใช้คู่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่ตรงข้าม เป็นเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP29 (npn) และ TIP30 (pnp)

Q_1, Q_3 : TIP30

Q_2, Q_4 : TIP30

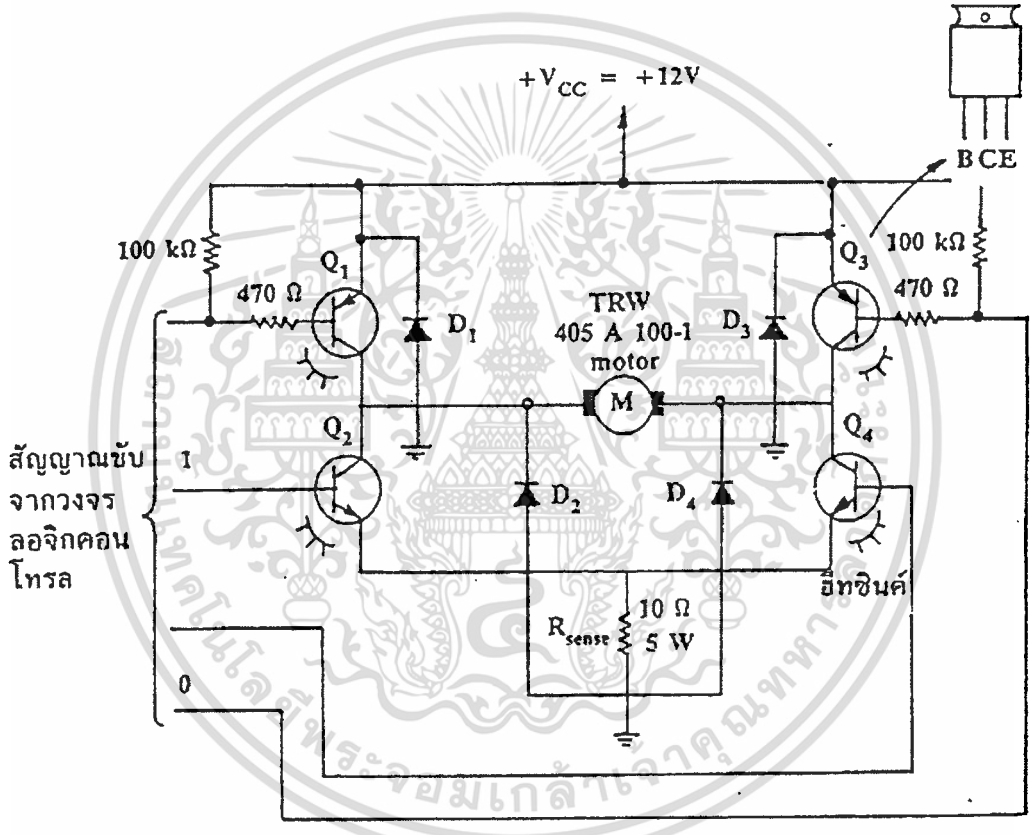
D_1 - D_4 : TIP30

ข้อกำหนดทางไฟฟ้าของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ TIP29 มีดังนี้

- คอลเล็คเตอร์-อีมิตเตอร์ เบร็คดาวน์โวลท์เตจ $V_{CEO}(BR) = 40_{min}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระแสคอลเล็คเตอร์ I_C = IA
- เพาเวอร์สูญเสียที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 °C เท่ากับ 30 W_{max}
- เบส-อีมิตเตอร์โวลท์เตจ V_{BE} = 1.3V
- โวลท์เตจอิ่มตัวระหว่างคอลเล็คเตอร์-อีมิตเตอร์ $V_{BE(SAT)}$ = 0.7V
- สัญญาณต่ำ h_{fe} = 20 ที่ความถี่ 1 kHz, V_{CE} = 10V และ I_C = 0.2A



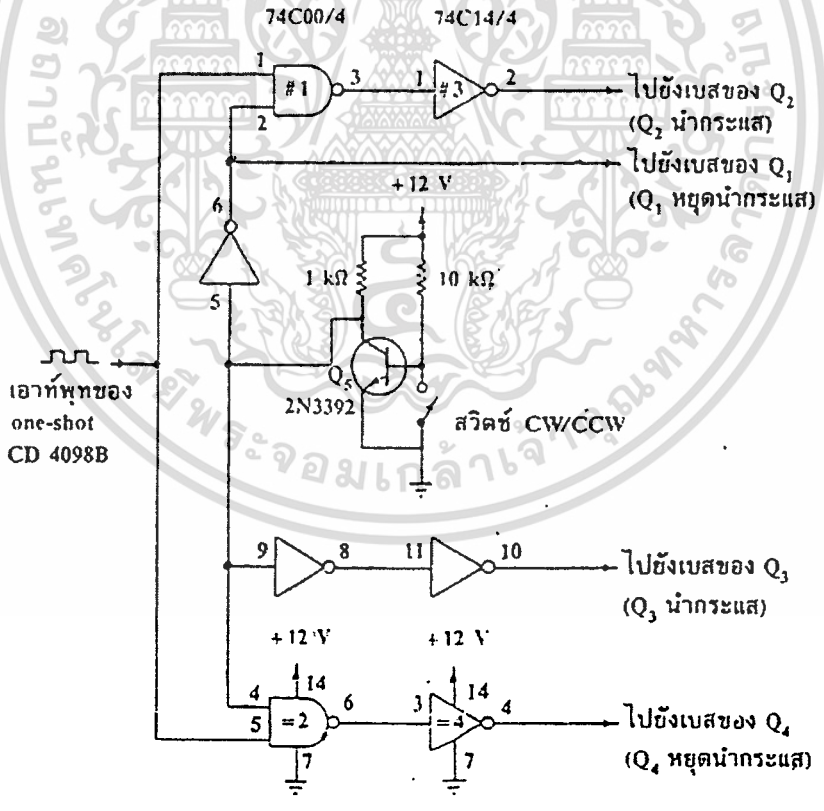
รูปที่ 2.13 วงจรขับกำลังของดีซีมอเตอร์

ในรูปที่ 2.13 ไดโอด D_1 ถึง D_4 ใช้สำหรับป้องกันคอลเล็คเตอร์-อีมิตเตอร์จังก์ชั่นของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จาก inductive kicks และสวิทชิ่งสไปค์ ความต้านทานที่อีมิตเตอร์ R_{sense} ใช้สำหรับดีเท็คความเร็วของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปพิจารณาถึงวงจรลอจิกซึ่งใช้ไปทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_2 และ Q_3 ทำงานเมื่อต้องการให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW) และทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_4 ทำงาน (ON) เมื่อต้องการให้แกนของมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา (CW) วงจรลอจิกดังกล่าวแสดงได้ดังวงจรรูปที่ 2.13 วงจรนี้ใช้ไอซี 74C00 ภายในไอซีเบอร์นี้จะประกอบด้วยสองอินพุต NAND 4 ตัว และไอซี 74C14 ภายในไอซีเบอร์นี้จะประกอบด้วยสมิททริกเกอร์ 6 ตัว

ในรูปที่ 2.13 วงจรทรานซิสเตอร์ Q_5 และสวิตช์ใช้สำหรับควบคุมทิศทางการหมุน เมื่อสวิตช์ CW/CCW เปิด (ไม่ต่อลงกราวด์) ทรานซิสเตอร์ Q_5 จะทำงาน ดังนั้น ทรานซิสเตอร์ Q_3 จะทำงาน (ON) ด้วย และเมื่อเอาต์พุตพัลซ์ของ one-shot ป้อนให้กับเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 ทรานซิสเตอร์ Q_2 ก็จะทำงาน (ON) ซึ่งยังผลให้มอเตอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาในทางตรงกันข้ามเมื่อสวิตช์ CW/CCW ปิด (ต่อลงกราวด์) ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_4 จะทำงาน (ON) และมอเตอร์ก็จะหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา



รูปที่ 2.14 วงจรลอจิกสำหรับขับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์และควบคุมตำแหน่ง

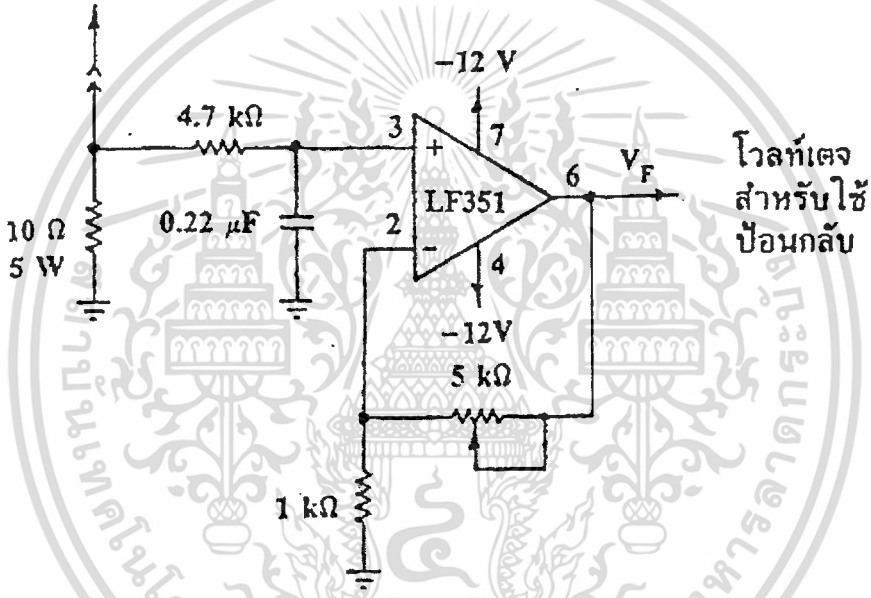
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดความเร็วของมอเตอร์ (วงจรแปลงความเร็วไปเป็นโวลท์เตจ)

มอเตอร์จะดึงกระแสจากวงจรไดร์เวอร์เป็นสัดส่วนกับความเร็วของมอเตอร์ กระแสนี้จะรับรู้ได้ด้วยตัวต้านทาน R_{sense} ต่อกับจุดร่วมของ Q_2 และ Q_4 กับกราวด์ (ดังในรูปที่ 2.13)

ในรูปที่ 2.14 แสดงวงจรนอนอินเวอร์ทแอมปลิไฟเออร์ที่ใช้ขยายโวลท์เตจตกคร่อมความต้านทาน R_{sense} อัตราขยายของนอนอินเวอร์ทแอมป์ขึ้นอยู่กับค่ากระแสของมอเตอร์และช่วงเอาต์พุตโวลท์เตจของ DAC

เมื่อเอาต์พุตโวลท์เตจของ DAC มีค่าสูงสุด gain การขยายของนอนอินเวอร์ทแอมป์นี้จะต้องได้รับการปรับจนกว่าความเร็วของมอเตอร์เข้าสู่ค่าคงที่สูงสุด



รูปที่ 2.15 วงจรแปลงความเร็วเป็นโวลท์เตจ

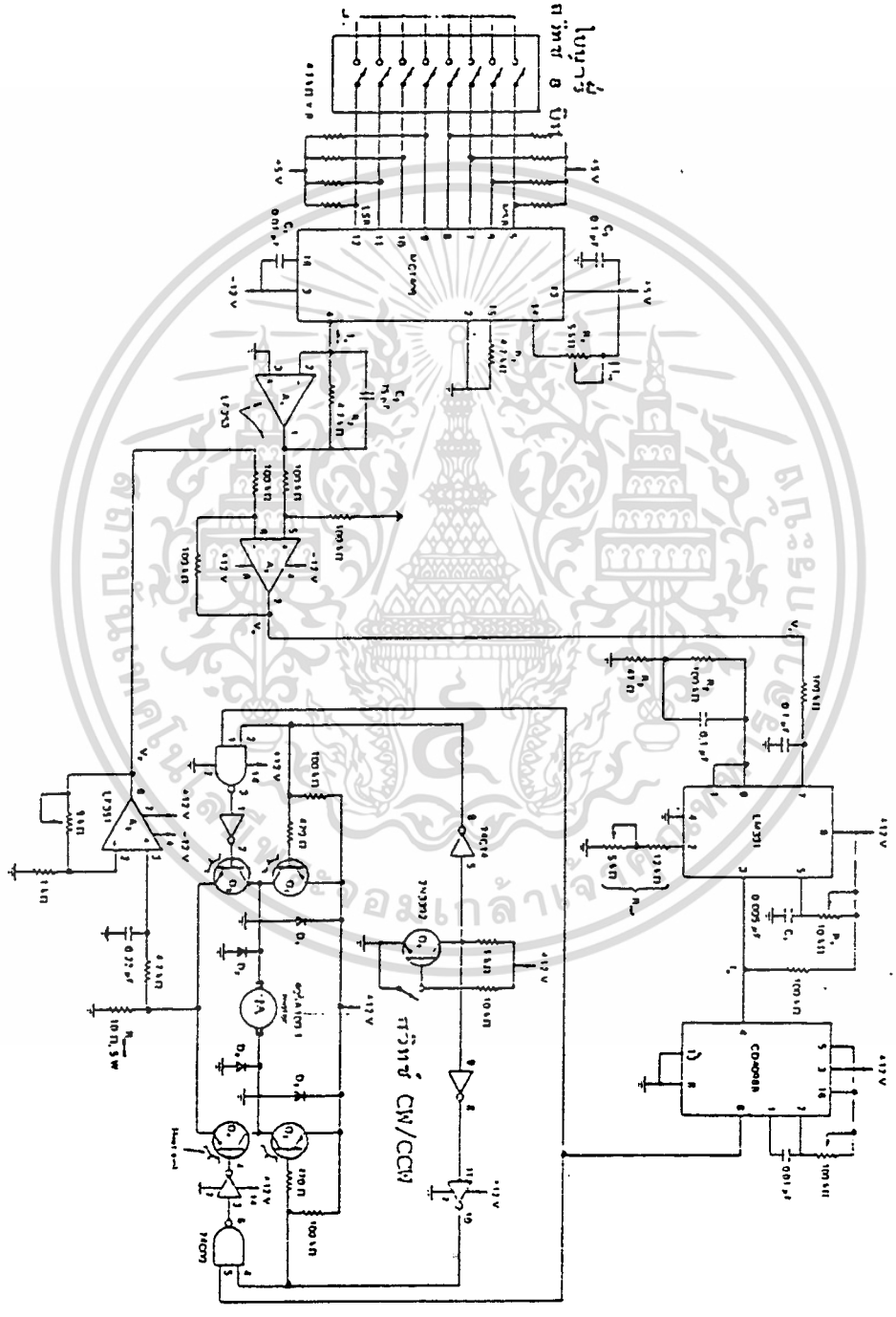
ในวงจรรูปที่ 2.15 เมื่อตั้งค่าให้อินพุตมีค่าสูงสุดแล้ว (ตั้งค่าให้ความเร็วมีค่าสูงสุด) เอาต์พุตของ DAC เท่ากับ 5V มอร์เตอร์ก็ควรจะมีความเร็วสูงสุดที่ค่านี้ด้วย มอร์เตอร์ที่ใช้จะดึงกระแส 150 mA ที่ความเร็วสูงสุด โวลท์เตจตกคร่อม R_{sense} เท่ากับ 10(0.15) = 1.5V ดังนั้น gain การขยายของวงจรแปลงความเร็วเป็นโวลท์เตจ

2.3.7 วงจรของระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์

วงจรสมบูรณ์ของระบบควบคุมความเร็ว ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.16 และลูกคลื่นที่จุดสำคัญ ๆ เมื่อตั้งค่าให้ไบนารี่อินพุตเท่ากับ $0011\ 0100_2$ แสดงได้ในรูปที่ 2.16

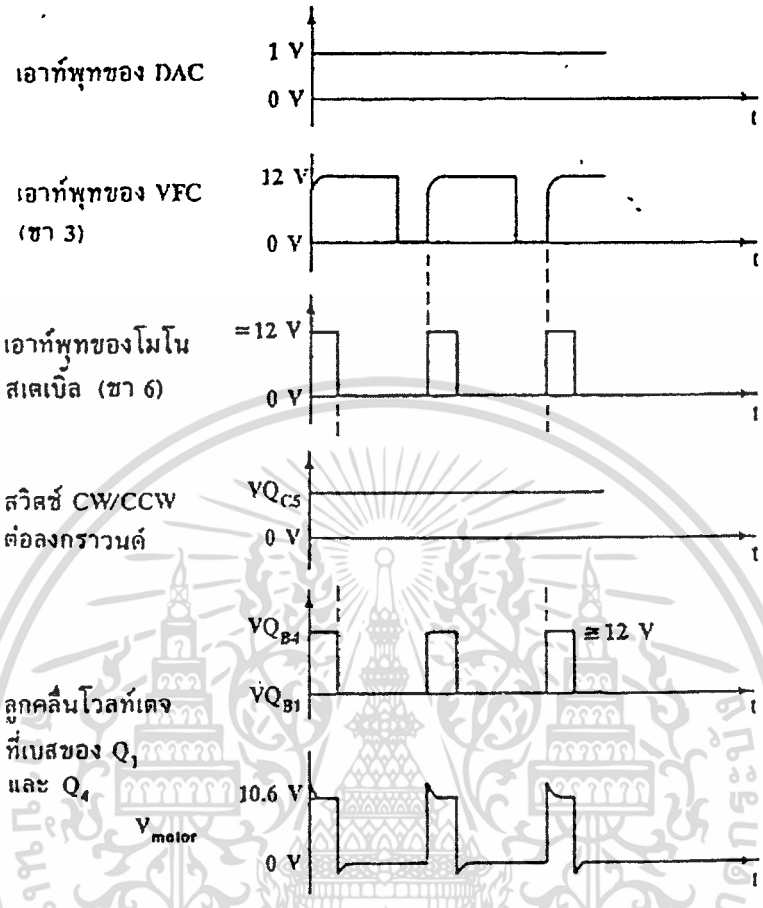
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรในรูปที่ 2.16 ให้คำนวณหาเอาต์พุตโวลท์เตจของ DAC ถ้าหากค่าไบนารี่อินพุตมีค่าเป็น 0011 0100_2 นอกจากนั้นให้วาดลูกคลื่นเอาต์พุตของ VFC ของ one-shot และลูกคลื่นคร่อมดีซีมอเตอร์



รูปที่ 2.16 ระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์แบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 ลูกคลื่นที่จุดต่างๆ ในวงจรของรูปที่ 2.16 เมื่อตั้งค่าให้ไบนารี่อินพุต เท่ากับ 0011 0100

จะต้องพิจารณาว่าสามารถวัดความกว้างของพัลซ์ของ One-Shot ให้กว้างพอเพียงที่ควบคุมให้ความเร็วของมอเตอร์ให้อยู่ในขีดจำกัดความเร็วต่ำสุดและความเร็วสูงสุดได้ สมมติว่าความกว้างของพัลซ์ของเอาต์พุต One-Shot เท่ากับ 0.09 mS เมื่อความถี่อินพุตเท่ากับ 1 kHz ดังนั้นความกว้างของพัลซ์ของ One-Shot เมื่อความถี่อินพุตเท่ากับ 2 kHz มีค่าเท่ากับ

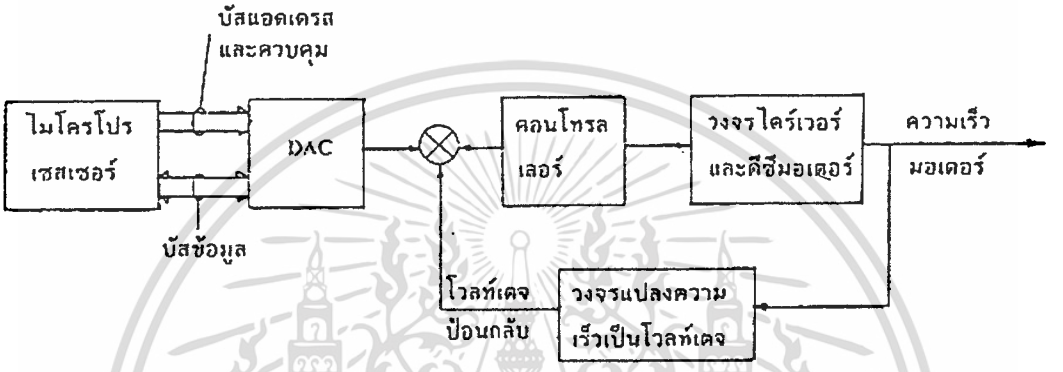
สมมติว่ามอเตอร์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา หมายความว่าทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_4 ทำงาน (ON) และ $V_{CE(sat)}$ = 0.7V สำหรับทรานซิสเตอร์แต่ละตัว ดังนั้นโวลท์เตจตกคร่อมมอเตอร์เท่ากับ 12-(0.7+0.7) = 10.6V ดังนั้นลูกคลื่นเอาต์พุตของ VFC ของโมโนสเตเบิ้ลและตกคร่อมดีซีมอเตอร์จะเหมือนกับในรูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8 ระบบควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

ในตอนนี้จะได้อธิบายถึงการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ได้อย่างไร เริ่มต้นด้วยผังของระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

2.3.9 ผังการทำงานของระบบควบคุม



รูปที่ 2.18 ผังการทำงานของระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

ในรูปที่2.18 ของไมโครโปรเซสเซอร์จะทำหน้าที่ให้ไบนารี่อินพุตที่เป็นข้อมูลให้กับ DAC และส่งแอดเดรสเพื่อถอดรหัสแอดเดรส และควบคุมเพื่อเก็บโปรแกรม สำหรับการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์และแสดงผลความเร็วของมอเตอร์

2.3.10 ข้อกำหนดของระบบ

สามารถโปรแกรมความเร็วของมอเตอร์ที่ต้องการในรูปของเลขฐานสิบหก (hex)และแสดงค่าความเร็วได้เป็นสามช่วงคือ L0, MEDIUM หรือ HI ขึ้นอยู่กับตัวเลขภายในโปรแกรม

ถ้าตัวเลขภายในโปรแกรมมีค่าอยู่ระหว่าง 01H และ 54H ไมโครโปรเซสเซอร์จะแสดงผลของความเร็วเป็น L0

ถ้าตัวเลขอยู่ระหว่าง 55H ถึง A9H ไมโครโปรเซสเซอร์จะแสดงผลของความเร็วเป็น MEDIUM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และถ้าตัวเลขอยู่ระหว่าง AAH ถึง FFH ไมโครโปรโซสเซอร์จะแสดงผลของความเร็วเป็น HI นอกจากนั้นจะสามารถโปรแกรม ให้มอเตอร์หมุนตามเข็มหรือหมุนทวนเข็มได้ตามต้องการอีกด้วย

ในซอฟต์แวร์โปรแกรมความเร็วของมอเตอร์ ความเร็วของมอเตอร์อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ช่วงเวลาที่กำหนด คุณสมบัติการทำงานและความเที่ยงตรงของความเร็วของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับการออกแบบวงจรพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่น วงจรไดร์เวอร์และคุณสมบัติของมอเตอร์

2.4 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (STEPPING MOTOR)

ในหุ่นยนต์หรือเครื่องกลมักมีองค์ประกอบหลักก็คือ มอเตอร์ประกอบอยู่ด้วย และเครื่องที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่มักมีสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน ถ้าจะมองหาตัวอย่างไม่ใกล้ไม่ไกลนี้เอง ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ก็มีแล้วนั่นก็คือฟลอปปี้ และฮาร์ดดิสก์ซึ่งใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ขนาดเล็ก ในการขับเคลื่อนหัวอ่าน/เขียนข้อมูลไปบนพื้นผิวของแผ่นดิสก์ เพื่อให้ตรงกับตำแหน่งของแทร็คที่ถูกต้อง

โดยทั่วไปเมื่อฟลอปปี้ดิสก์เกิดเสียจนใช้งานไม่ได้ บ่อยครั้งปัญหานี้ไม่ได้เกิดขึ้นที่สเต็ปปิ้งมอเตอร์ แต่มักเกิดขึ้นจากความเสียหายของหัวอ่าน/เขียน หรือการหมดอายุของมอเตอร์ขับหมุนแผ่นดิสก์มันจึงเป็นโอกาศที่ดีมากเพราะสเต็ปปิ้งมอเตอร์ขนาดเล็กเหล่านี้ซึ่งมีจำนวนมากพอดูจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ ไม่ว่าจะสร้างเป็นหุ่นยนต์หรือของเล่น และยิ่งถ้าท่านใดมีความชำนาญและประยุกต์ใช้กับงานของตนเองได้ โดยดัดแปลงหรือใช้มอเตอร์ที่มีกำลังมากขึ้น เช่น ควบคุมทิศทางการหมุนของสายอากาศ, สร้างเป็นพล็อตเตอร์, ระบบเซอร์โว จวบจนถึงเครื่องจักรกล โดยไม่มีขอบเขตใดหยุดความคิดได้

โครงงานนี้จะเป็นใบเบิกทางและจุดเริ่มต้นที่ให้เข้าถึงพื้นฐานการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้เป็นอย่างดี ด้วยความหวังที่อยากให้นักอิเล็กทรอนิกส์ไทยมีการ กระตือรือร้นกับการหาสิ่งใหม่ หรือนำกลับมาทำใหม่ จุดเริ่มต้นที่ดีมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 คำจำกัดความ

ลักษณะคุณสมบัติของตัวมอเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 2.1 จะบอกถึงความหมายของข้อมูลแต่ละอย่างของมอเตอร์ แบ่งประเภทของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตามความหมายได้ 2 ประเภท คือ ทางไฟฟ้าและทางกล ทางไฟฟ้าใช้สำหรับในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม

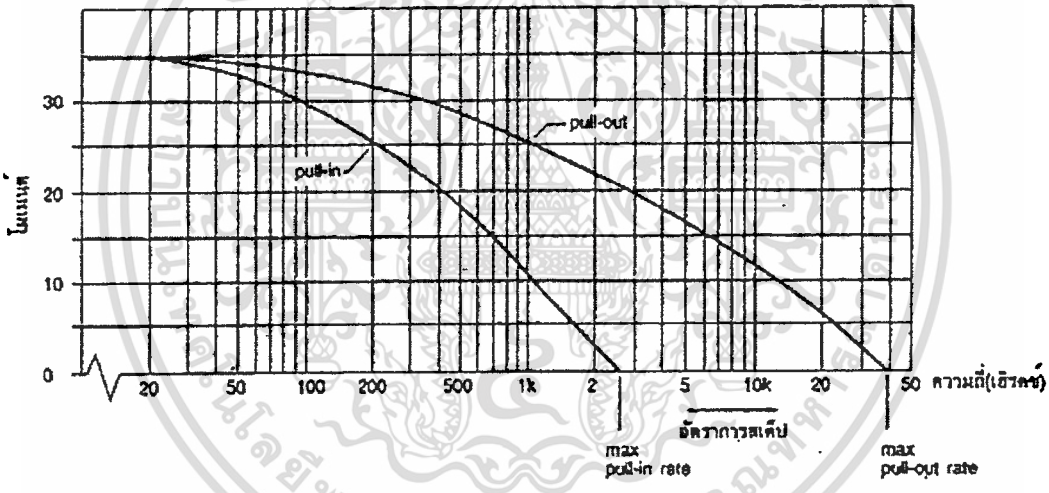
ชื่อทางกล	ความหมาย	ชื่อทางไฟฟ้า	ความหมาย
สเต็ปปิ้งแองเกิล	มุมที่หมุนไปใน 1 ช่วง มีค่า 360/จำนวนช่วงในการหมุนไป 1 รอบ	ยูนิโพลาร์กับไบโพลาร์	เป็นชนิดของการพันขดลวดบนตัวสเตเตอร์
เบรกกิ้งโมเมนต์	เป็นค่าโมเมนต์มากสุดในการบล็อกโรเตอร์ไม่ให้หมุน	ค่าความเหนี่ยวนำ (L)	เป็นตัวกำหนดขนาดของกระแสที่อัตราความเร็วช่วงสูงซึ่งสัมพันธ์กับฟลั๊กซ์แม่เหล็ก
โมเมนต์ (ทอร์ค)	เป็นผลคูณระหว่างระยะทางที่ตั้งฉากกับแรงที่มากระทำ	ค่าความต้านทาน (R)	เป็นตัวจำกัดกระแสที่ขดลวดบนสเตเตอร์กับที่โรเตอร์
pull-in rate	ความถี่ที่เริ่มสตาร์ทโดยที่ยังไม่มีแรงสูญเสีย	กระแสสเตเตอร์มากสุด	ขึ้นอยู่กับขนาดของขดลวดที่พัน
pull-out rate	อัตราของสเต็ปปิ้งเมื่อความเร่งคงที่		
โมเมนต์เฉื่อย (I)	เป็นการวัดแรงต้านของวัตถุต่อความเร่งเชิงมุม		

ตารางที่ 2.1 ชื่อเรียกและความหมายทางกลและทางไฟฟ้าของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ตัวแปรที่มีความสำคัญคือ pull-in rate (เป็นค่ามากสุดที่ยอมให้เกิดอัตราเร่งสเต็ป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของตัวโรเตอร์ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วค่าโมเมนต์ความเฉื่อยจะเพิ่มขึ้นได้ด้วยการถูกหมุนโดยตัวมอเตอร์แล้วผลที่ตามมาก็จะทำให้ pull-in rate ลดลงดังในรูปที่ 2.19 เป็นแผนภาพลักษณะคุณสมบัติระหว่างโมเมนต์กับความถี่ จะเห็นได้ว่าเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นค่าโมเมนต์จะลดลงที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าเมื่อความถี่ที่เข้ามาสูงขึ้น จะทำให้ค่าอินดักแตนซ์ที่ขดลวดสเตเตอร์สูงขึ้น กระแสจะไหลได้น้อยลงและเป็นผลให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยลงด้วยนอกจากนี้ กระแสที่ไหลภายในขดลวดสเตเตอร์ ก็ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจากแผนภาพได้แสดงถึงค่าโมเมนต์ 2 โมเมนต์ คือ แผนภาพ pull-in และแผนภาพ pull-out แผนภาพ pull-in ควรจะใช้เมื่อขับมอเตอร์ด้วยความถี่คงที่ค่าของโมเมนต์ก็จะอยู่ที่ค่าหนึ่ง ส่วนแผนภาพ pull-out ใช้กับการเร่งและการหน่วงความเร็วที่ราบรื่นไม่กระตุก ซึ่งค่าโมเมนต์จะสูงกว่าแผนภาพ pull-in



รูปที่ 2.19 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์และความถี่

2.4.2 การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีความแตกต่างจากมอเตอร์ทั่ว ๆ ไปโดยเมื่อทำการป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับมัน ๆ จะหมุนเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและหยุด ซึ่งแตกต่างจากมอเตอร์ทั่ว ๆ ไป ซึ่งจะหมุนทันทีและตลอดเวลา สเต็ปปิ้งสามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนด้วยตัวเลขได้อย่างละเอียดโดยการใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวกำหนดและจัดเก็บตัวเลขเหล่านั้นไว้

สเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถใช้งานในระบบเปิด (Open Loop System) นั่นก็คือมันทำงานได้โดยไม่ต้องการการป้อนกลับ (Feed Back) แต่ทุกวิธีที่ต้องการกำหนดตำแหน่งได้อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกต้องจำเป็นที่ต้องการการป้อนกลับไปยังระบบให้รับรู้ และอะไรจะเป็นตัวบอกได้ว่าตำแหน่งถูกต้องแล้วหรือเกิดความผิดพลาด (Error)

สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนสัญญาณดิจิตอล (Digital) ไปเป็นการเคลื่อนที่ทางกล ดังนั้นการติดต่อกับอุปกรณ์ดิจิตอลก็เป็นไปได้ง่าย และวงจรขยายกำลังจากสัญญาณดิจิตอล (Digital Power Amplifier) ที่ใช้ก็มีราคาถูกกว่าวงจรขยายกำลังเชิงเส้น (Linear Power Amplifier) อีกด้วย

การออกแบบวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ สามารถทำได้ง่ายกว่าวงจรควบคุมมอเตอร์แบบเซอร์โว และยังสามารถออกแบบวงจรให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำงานหรือหยุดได้แบบทันทีทันใด

วิธีหนึ่งที่ใช้กันโดยทั่วไปกับสเต็ปปิ้งก็คือ การใช้สวิตช์ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งที่ต้องการตรวจจับ (Limit Switch) เมื่อสเต็ปปิ้งมอเตอร์เริ่มหมุนและหมุนจนกระทั่งถึงตำแหน่งของสวิตช์ตรวจจับสัญญาณก็จะถูกป้อนกลับเข้าสู่ระบบและทราบการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้ตลอดเวลาซึ่งโดยปกติในวงจรควบคุมจะมีการกำหนดจุดอ้างอิง (Reference Point) ไว้ด้วย เพื่อให้เริ่มต้นทำงานและอ้างอิงตำแหน่งได้อย่างถูกต้อง

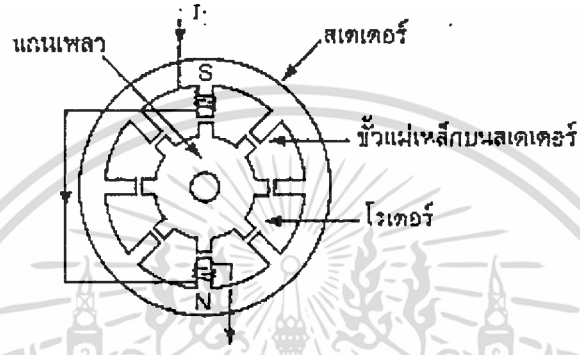
ตัวอย่างง่าย ๆ เช่นถ้าเริ่มจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับฟลอปปี้ดิสค์ขับ ก็จะได้ยินเสียงมันกำลังเคลื่อนที่เพื่อหาจุดอ้างอิงที่กำหนด หลังจากนั้นวงจรขับควบคุมจะเริ่มทำงานได้โดยมันจะทราบถึงทุกๆ ช่วงที่กำลังขับเคลื่อนหัวอ่านหรือเขียนไปยังแต่ละแทร็คบนดิสค์

เช่นเดียวกับมอเตอร์ทั่วไปการที่จะทำให้เกิดการหมุนของโรเตอร์ (Rotor) ได้ต้องมีการกระทำของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์ (Stator) ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดวางขั้วแม่เหล็ก (Pole) การหมุนทำได้ทั้งแบบต่อเนื่องและกลับทิศทางไปมา โดยกระบวนการทางไฟสลับหรือการจัดวางแปรงถ่าน และการจัดแยกคอมมิวเตเตอร์ และทำการสวิตชิ่งกำลังไฟฟ้าให้เกิดแรงดึงดูดของแม่เหล็ก (Magnetic Attraction) ที่ขั้วแม่เหล็กสร้างและหยุดสลับกัน ผลก็คือเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นบนสเตเตอร์โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าทีละคู่ของขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามไปตลอดเวลา และเมื่อต้องการหยุดหมุนทำได้โดยหยุดการเกิดขั้วแม่เหล็กที่จุดหนึ่งโดยหยุดการสวิตชิ่งในลำดับต่อไปเสีย การหมุนกลับทิศทางก็ทำได้เช่นเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้ว เพียงแต่ทำการสวิตชิ่งกำลังไฟฟ้าให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนในทิศทางกลับกัน หรือกลับลำดับการสวิตช์ของมัน

โครงสร้างของขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมา แต่ละซี่เหล่านั้นจะมีคอยส์พันสวมอยู่ ดังนั้นเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าผ่ายคอยล์ทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Eletromagnetic) ขึ้น ด้านตรงข้ามของแต่ละขั้วแม่เหล็กจะได้รับกระแสไฟฟ้าในขณะเดียวกัน แต่ว่าจะไหลวนในทิศทางตรงกันข้ามทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในทิศตรงข้ามขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.20 ดังนั้นถ้าเพิ่มจำนวนของขั้วแม่เหล็กมากขึ้น จะเพิ่มจำนวนของช่วงต่อวงรอบมากขึ้นตามไปด้วย

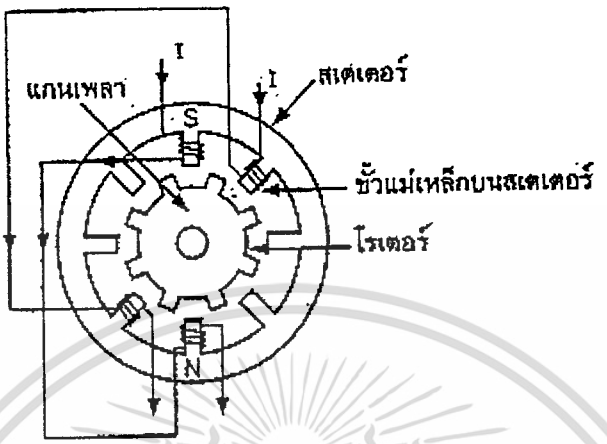


รูปที่ 2.20 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีการต่อวงจรขดลวดภายในเพื่อกระตุ้นให้เกิดขั้วแม่เหล็กขึ้น 1 ขั้ว ในทิศทางตรงกันข้าม ส่วนขดลวดอื่น ๆ จะไม่ถูกกระตุ้น

อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานสามารถเริ่มจำนวนของช่วงได้อีกวิธีหนึ่งโดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างภายใน โดยทำการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้วที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้โรเตอร์หยุดหมุนอยู่ระหว่างกลางของ 2 ขั้วแม่เหล็กนั้น หรือเคลื่อนที่ไปครึ่งช่วงเท่านั้น และวิธีการนี้ยังช่วยให้เกิดแรงบิด (Torque) มากขึ้นด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.21

สเต็ปปิ้งมอเตอร์โดยทั่วไป จะมีจำนวนของขั้วแม่เหล็กหรือจำนวนช่วงต่อรอบเป็นจำนวนมาก ปกติอยู่ที่ประมาณ 100-400 ช่วงต่อรอบ การมีจำนวนช่วงมาก ๆ นี้ไม่ได้เพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่สเตเตอร์ แต่ทำได้โดยเพิ่มจำนวนซี่ขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ จำนวนช่วงต่อรอบทั้งหมดจะได้จาก การคูณจำนวนขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ และจำนวนซี่ที่โรเตอร์ ดังเช่นถ้ามีขั้วแม่เหล็ก 3 ขั้วบนสเตเตอร์ และ 8 ซี่ขั้วแม่เหล็กบนโรเตอร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวนี้จะทำงานที่ 24 ช่วงต่อรอบ หรือหมุนเป็นมุม 15 องศาต่อช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 การต่อวงจรขดลวดแบบกระตุ้นให้เกิดขั้วแม่เหล็กพร้อมกัน 2 ขั้วที่อยู่ใกล้กันทำให้โรเตอร์เคลื่อนที่มาหยุดอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กทั้งสอง

การใช้วงจรดิจิตอลควบคุม กำหนดการจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดสเตเตอร์แบบซีเควนเชียลทำให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ทุกช่วงได้ เช่นเดียวกับการควบคุมในวงจรดีซีเซอร์โว (DC Servo) แต่การควบคุมด้วยดิจิตอลไม่จำเป็นต้องมีการป้อนกลับ การเคลื่อนที่ทุกช่วงได้จากการคำนวณจำนวนรอบหรือมุม ในการหมุนที่ต้องการแล้วจึงส่งข้อมูลที่ได้ไปควบคุมการหมุนของมอเตอร์ พิกัดในการทำงานอาทิความเร็ว, มุมในการเคลื่อนที่, ตำแหน่งของเพลาถูกกำหนดจากข้อมูลที่ส่งมาควบคุม

2.4.3 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

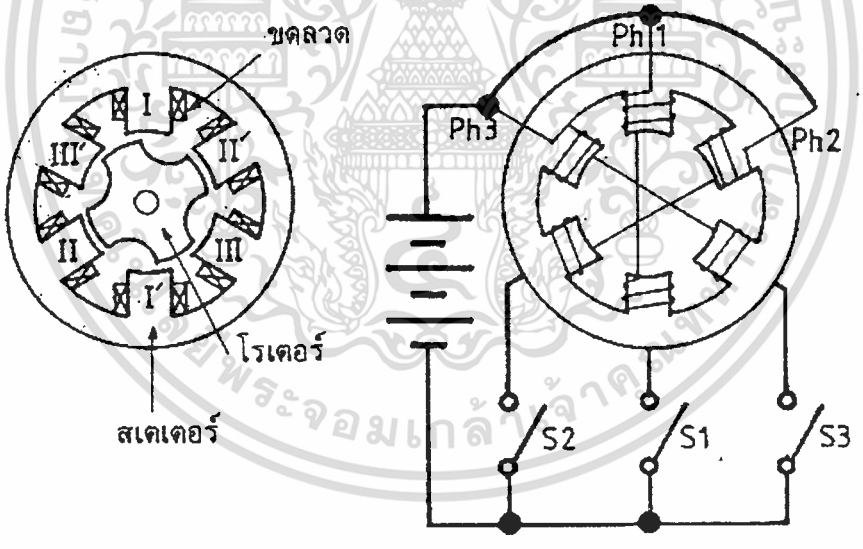
สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบ่งตามพื้นฐานได้เป็น 4 ชนิดคือ วาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable Reluctance:VR), เพอร์มาเนนต์ แมกเน็ต (Permanent Magnet:PM), แบบไฮบริด (Hybrid) และชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (Rare Earth Permanent Magnet)

ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบมัลติทูธ (Multi -Tooth) ทำจากเหล็กอ่อน จะทราบได้ว่าเป็นมอเตอร์ชนิดนี้โดยการทดสอบได้ง่ายมากคือใช้นิ้วหมุนเพลาของมอเตอร์ และสังเกตมอเตอร์ชนิดนี้ ที่โรเตอร์จะไม่เกิดปรากฏการณ์ทางสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Magnetism)มันจึงหมุนได้ตลอดโดยไม่ติดขัดซึ่งแตกต่างจากชนิด PM และชนิดไฮบริด ซึ่งมีสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ เมื่อหมุนจะรู้สึกขัด ๆ เหมือนเป็นฟันเฟืองสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีจุดด้อยในเรื่องของความถูกต้องของตำแหน่ง และทำงานได้ไม่ดีนักเมื่อมีช่วงในการหมุนสูง

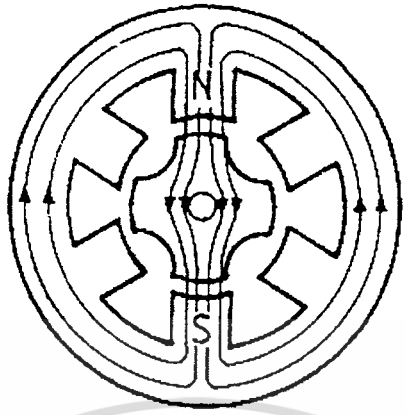
วาริเอเบิลรีลักแตนซ์ หรือเรียกสั้น ๆ ว่า VR มอเตอร์ จะเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะช่วยให้เข้าใจการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดอื่น ๆ ได้ง่าย รูปที่ 2.22 เป็นภาพหน้าตัดและยังแสดงถึงการพันขดลวดของ VR มอเตอร์แบบ 3 เฟส มีขั้วเหนือและใต้อยู่ตรงข้ามกันอยู่ 3 คู่ด้วยกัน โดยจะพันขดลวดแบบอนุกรมกันในแต่ละชุด ถ้ามีการกระตุ้น เฟสเกิดขึ้น ขั้ว I' , II' , III' จะเป็นขั้วใต้ และขั้ว I, II, III จะเป็นขั้วเหนือ ทั้งโรเตอร์และสเตเตอร์เหล่านี้ จะทำจากเหล็กผสมซิลิคอนซึ่งเป็นวัสดุที่มีค่าความซึมซับ (Permeability) สูง สามารถให้เส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านได้มาก



รูปที่ 2.22 ภาพหน้าตัดและการพันขดลวดของ VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 3 เฟส

การทำงานเริ่มจากการกระตุ้นที่เฟส I ก่อน (S_1 "ON") ซึ่งจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นดังรูปที่ 2.23 ตัวโรเตอร์จะพยายามที่จะวางตำแหน่งตัวเองให้อยู่ในทิศทาง ที่ทำให้เกิดค่าความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุด ในแนวขั้ว I-I'

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 เส้นแรงแม่เหล็กขณะกระตุ้น เฟส 1

ในขณะเริ่มต้นที่จะกระตุ้นที่เฟส II (S_1 "OFF", S_2 "ON") ดังรูปที่ 2.24 เส้นแรงแม่เหล็กจะไม่อยู่ในแนวทางเดินที่สะดวก จึงจะทำให้เกิดค่าความต้านทานแม่เหล็กมีค่าสูง ตัวโรเตอร์ก็จะพยายามปรับตัวเองเพื่อให้ค่าความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุด ด้วยการหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งแรงบิดที่ใช้หมุนเกิดจากแรงของเส้นแรงแม่เหล็ก แล้วจะไปหยุดที่ตำแหน่งความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุด นั่นก็คือ จะหมุนไป 1 ช่วง หรือ 30 องศา นั่นเอง ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่วงของการหมุนโรเตอร์ไป 1 รอบ (S) มุมที่เปลี่ยนไปใน1 ช่วง (θ_S) จำนวนเฟสของสเตเตอร์ (m) และจำนวนฟันของโรเตอร์ (N_r) แสดงได้ดังสมการที่ 1

$$S = 360/\theta_S = mN_r \quad .....(1)$$

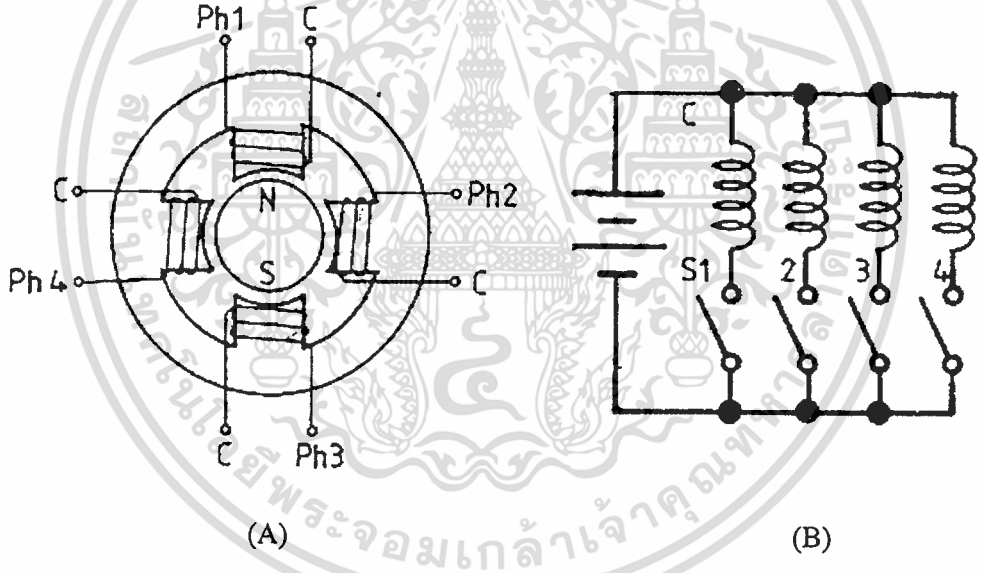
ตัวอย่างเช่น สเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวหนึ่งมี $m = 3$, $N_r = 4$ ก็จะได้ $S = 3 \times 4 = 12$ ช่วง และมุมในการหมุน θ_S ให้น้อยลง อาจทำได้โดยการเพิ่มค่าของ m หรือและ N_r ให้สูงขึ้นและลดช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์ให้มีค่าน้อย ๆ เพื่อให้เกิดแรงบิดสูงสุดและยังมีผลต่อความเที่ยงตรงของตำแหน่งมากยิ่งขึ้นด้วย

ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตมีโครงสร้างของโรเตอร์แบบเรียบไม่มีซี่ขั้วแม่เหล็กและบนโรเตอร์จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวรการควบคุมทำได้โดยป้อนกระแสกระตุ้นที่ขดลวดบนสเตเตอร์ เช่น ถ้าเป็นสเตเตอร์แบบ 4 เฟส จะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ 4 ขั้ว ซึ่งมีคอยล์พันแยกจากกัน ขั้วแม่เหล็กถาวรบนโรเตอร์จะถูกแรงดึงดูดจากขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด และโรเตอร์จะอยู่คงที่ที่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์นั้นถึงแม้ว่าจะไม่ป้อนกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าอีกต่อไป ทำให้เกิดเป็นแรงยึดหน่วงขึ้น สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดีในเรื่องของความถูกต้องของตำแหน่ง และความเร็วมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น ๆ

สำหรับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิด Permanent Magnet หรือเรียกสั้น ๆ ว่า PM มอเตอร์ จะมีข้อแตกต่างที่สำคัญจาก VR มอเตอร์ คือโรเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวรทำให้การพันขดลวดที่สเตเตอร์ต้องแตกต่างไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.24(A) จะเห็นว่าสเตเตอร์ในแต่ละขั้วจะมีขดลวดพันอยู่ซึ่งถือว่าแต่ละขั้วคือหนึ่งเฟส ดังนั้นจากรูปจึงมีทั้งหมด 4 เฟสด้วยกัน สำหรับต่อวงจรกระตุ้นบนเฟสมอเตอร์อย่างง่ายแสดงไว้ในรูปที่ 2.24 (B) จะเห็นว่าปลายขดลวด (C) ของทุกเฟสจะต่อร่วมกันถึงขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ ดังนั้นเมื่อเกิดการกระตุ้นที่เฟสใดแล้วขั้วสเตเตอร์ที่เฟสนั้นก็จะกลายเป็นขั้วเหนือ

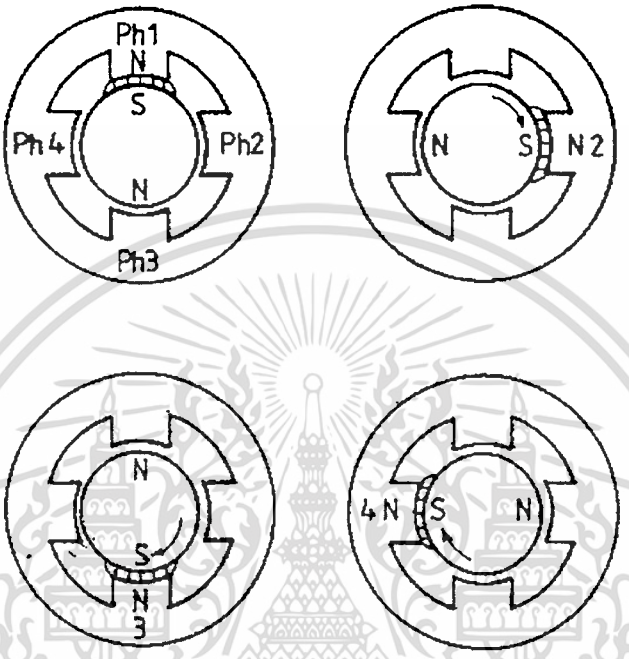


รูปที่ 2.24 (A) ภาพหน้าตัดของ PM สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 4 เฟส
(B) วงจรกระตุ้นเฟสพื้นฐาน สำหรับ PM มอเตอร์ 4 เฟส

รูปที่ 2.25 จะเป็นการแสดงตำแหน่งของโรเตอร์ในแต่ละช่วง หลังจากถูกกระตุ้นที่เฟส 1-2-3-4 ตามลำดับ และโรเตอร์จะหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ทุก 90 องศาต่อช่วง ถ้าต้องการจะให้มุมองศาต่อช่วงมีค่าลดลงหรือมีความละเอียดในตำแหน่งมากขึ้นจะต้องเพิ่มจำนวนเฟสของสเตเตอร์และจำนวนขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์มากขึ้น ข้อเสียของ PM มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ มีราคาแพง และความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กจะถูกจำกัดโดยเส้นแรงแม่เหล็กภายใน (Magnetic Remanence) ของแม่เหล็กถาวรทำให้ไม่สามารถผลิตแรงบิดได้มาก

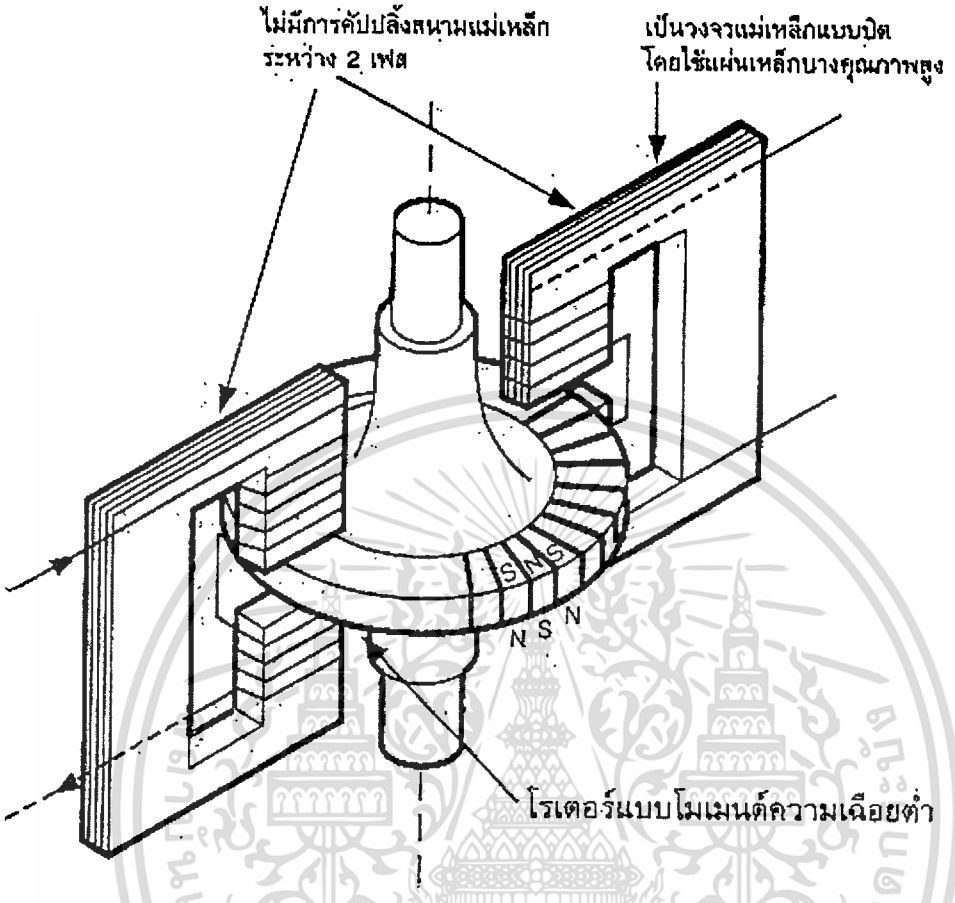


รูปที่ 2.25 ลำดับขั้นการหมุนในมอเตอร์ 4 เฟส

ชนิดไฮบริด เป็นชนิดที่นิยมใช้งานกันมากที่สุด โดยเฉพาะนำมาใช้งานในเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดไฮบริด จะมีโครงสร้างภายในซึ่งได้จากการรวบรวมเอาโครงสร้างของสเตเตอร์ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ และโครงสร้างของโรเตอร์จากชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตมาประกอบเข้าด้วยกัน จึงทำให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีแรงยึดหน่วงสูง, มีแรงบิดดึงและผลักได้ดีซึ่งมีความคงที่และทำงานได้ดี ถึงแม้ว่าจะมีช่วงต่อรอบในการหมุนสูง

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบใหม่อีกชนิดหนึ่ง เป็นชนิดที่ได้ทำการปรับปรุงมาจากชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (Permanent Magnet) นั่นคือ ชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แม็กเน็ต (Rare Earth Permanent Magnet) ดังแสดงโครงสร้างภายในในรูปที่ 2.26 หรือที่เรียกกันว่าดิสค์แมกเน็ตสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Disc Magnet Steppers Motor)

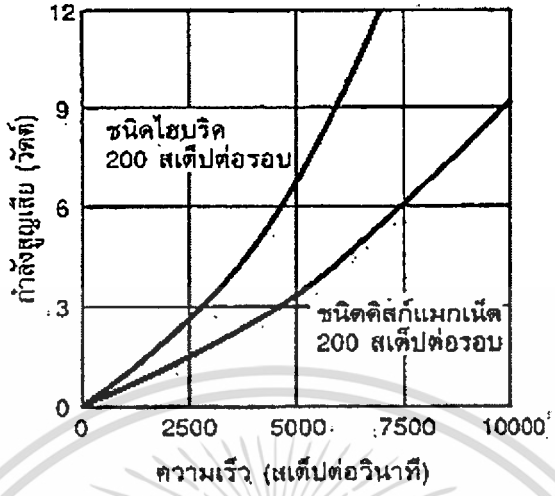
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 โครงสร้างภายในพื้นฐานของชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ตสเต็ปปิ้งมอเตอร์

โครงสร้างของโรเตอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้มีลักษณะเป็นแผ่นซึ่งยึดกับเพลาของมอเตอร์ การทำงานของมอเตอร์ยังคงเป็นเช่นเดิม แต่ด้วยโครงสร้างแบบใหม่นี้ช่วยทำให้เกิดโมเมนต์ของความเฉื่อยต่ำมาก, มีอัตราเร่งสูง มอเตอร์ชนิดนี้จึงจัดเป็นอีกชนิดหนึ่ง และมีประสิทธิภาพสูงอีกหลายด้าน เช่น แรงบิดดึง, กำลังทางกลที่ได้ของมอเตอร์, ความถูกต้องของตำแหน่งสูงมาก และความเร็วในการเริ่มหมุนและหยุดสูง อีกทั้งยังมีความสูญเสียของกำลังงานต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 2.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.27 แผนภาพข้อมูลการสูญเสียกำลังไฟฟ้าและความเร็วในการหมุนโดยเปรียบเทียบระหว่างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดไฮบริดและชนิดแรเอิร์ธเพอร์มอเนนต์แมกเน็ต

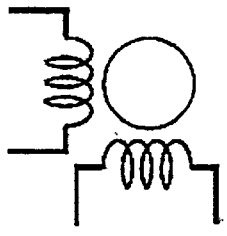
2.4.4 การจำแนกชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ด้วยการพันขดลวด

การพันขดลวดหรือคอยล์บนบนสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีอยู่ 2 วิธีคือ

1. แบบไบโพลาร์ (Bipolar)

2. แบบยูนิโพลาร์ (Unipolar)

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไบโพลาร์ มีการพันขดลวด 1 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนสเตเตอร์ถูกกำหนดโดยทิศทางของกระแสไฟฟ้าสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามได้โดยการกลับทิศการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งการกำหนดทิศการไหลและการกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าทำได้โดยการใช้วงจรสวิตชิ่งกลับขั้วไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 2.28



แบบ 4 สาย 2 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.28 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไบโพลาร์

สำหรับยูนิโพลาร์จะมีการพันขดลวด 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ซึ่งแต่ละขดจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็ก ในทิศทางตรงข้ามกัน การกลับขั้วแม่เหล็กเปลี่ยนไปมาทำได้โดยการสวิตชิ่งกระแสไฟฟ้าจากขดลวดขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่งแทนเท่านั้น โดยปกติขดลวดทั้งสองจะมีการเชื่อมต่อกันหรือมีจุดร่วมเพื่อลดจำนวนของสายไฟที่ต่อจากมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.29

รูปที่ 2.29 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ แบบ 5 สาย และ 6 สาย 4 เฟส

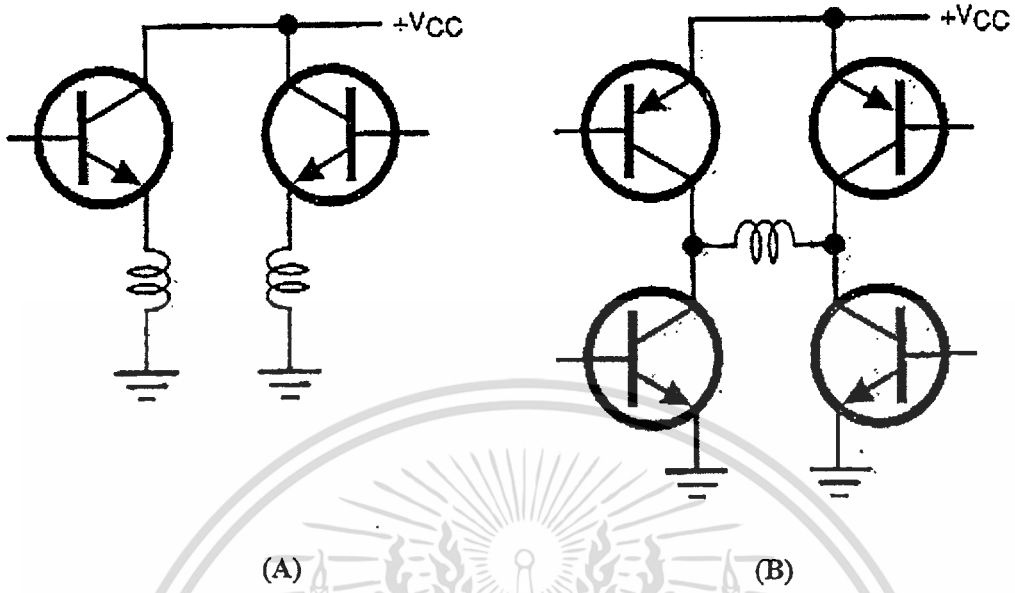
วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์นั้นทำได้ง่ายกว่าชนิดไบโพลาร์ เพราะมันต้องการเพียงสวิตช์ธรรมดาในการเปิดและปิดกำลังไฟฟ้าให้กับขดลวดบนสเตเตอร์ในทิศทางที่ต้องการให้หมุนได้ทันทีรูปที่ 2.30 แสดงวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นตัวสวิตชิ่งให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีการพันขดลวดทั้ง 2 แบบ จะเห็นได้ว่าในแบบของยูนิโพลาร์เป็นวงจรที่ง่ายและไม่มีความซับซ้อนเลย

รูปที่ 2.30(A) สำหรับชนิดยูนิโพลาร์ ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์สวิตช์ 1 ตัว ต่อ 1 คอยล์

รูปที่ 2.30(B) สำหรับชนิดไบโพลาร์ ซึ่งต้องใช้ทรานซิสเตอร์สวิตช์ 4 ตัว ต่อ 1 คอยล์

อย่างไรก็ตามการพันขดลวดแบบยูนิโพลาร์ก็มีจุดด้อยตรงที่การพันแบบนี้จะทำให้เกิดแรงบิดน้อยกว่าแบบไบโพลาร์เพราะจะมีเพียงครึ่งหนึ่งของขดลวดที่ถูกกระตุ้นให้ทำงานเท่านั้นในระยะเวลาหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(A) (B)

รูปที่ 2.30 วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทั้ง 2 แบบ

การพิจารณาว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวใด มีการพันขดลวดแบบใดสังเกตได้ง่ายโดยถ้าเป็นแบบไบโพลาร์จะมีสายไฟต่อออกจากมอเตอร์เพียง 4 สาย และถ้าเป็นแบบยูนิโพลาร์จะมี 5 หรือ 6 หรือทราบได้โดยการอ่านจากป้าย (Name Plate) ที่ติดอยู่กับมอเตอร์ก็ได้

2.4.5 การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละช่วงทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ซึ่งต้องป้อนเป็นแบบซีแควนเชียลในรูปแบบที่ถูกต้องด้วยแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบคือ แบบเวฟ (Wave), แบบ 2 เฟส (Two Phase) และแบบครึ่งช่วง (Half Step) ทั้ง 3 แบบต่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป

แบบเวฟเป็นการกระตุ้นรูปแบบที่ง่ายที่สุด โดยทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งและเรียงถัดกันไป ดังเช่นขดที่ 1,2,3,4,1 หรือ 1,4,3,2,1 ขึ้นอยู่กับทิศทางที่ต้องการให้หมุน ดังนั้นจึงมีขดลวดเพียงขดเดียวในเวลาหนึ่งที่ถูกกระตุ้นเท่านั้น วงจรกระตุ้นแบบเวฟจึงมีราคาถูกและง่าย ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงที่	ขดที่ 1	ขดที่ 2	ขดที่ 3	ขดที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	-	ทำงาน	-	-
3	-	-	ทำงาน	-
4	-	-	-	ทำงาน

ตารางที่ 2.2 ขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบเวฟ

แบบ 2 เฟสเป็นการกระตุ้นอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งคล้ายกับแบบเวฟ แต่การกระตุ้นแบบนี้จะทำการกระตุ้นโดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ขดลวด 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน และเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบเวฟ คือ ขดลวดที่ถูกกระตุ้น 12, 23, 34, 41, 12 หรือ 14, 43, 32, 21, 14 ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุน การเพิ่มจำนวนของขดลวดที่ถูกกระตุ้นนี้ทำให้เพิ่มแรงบิดได้มากว่าแบบเวฟ โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มแรงจาก 2 ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน และต่อไปด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดลวดถัดไป สำหรับข้อเสียก็คือการกระตุ้นแบบนี้ต้องใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ามากขึ้น ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2.3

ช่วงที่	ขดที่ 1	ขดที่ 2	ขดที่ 3	ขดที่ 4
1	ทำงาน	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	ทำงาน	-
3	-	-	ทำงาน	ทำงาน
4	ทำงาน	-	-	ทำงาน

ตารางที่ 2.3 ขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส

แบบครึ่งช่วงเป็นรูปแบบที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟและแบบ 2 เฟส เพื่อเพิ่มจำนวนของช่วงต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเป็นลำดับดังนี้ ขดลวดที่ถูกกระตุ้น 1, 12, 2, 23, 3, 34, 4, 41, 1 หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปดัดแปลง เผยแพร่ หรือใช้

ในการหมุนอีกทิศทางหนึ่งจะได้เป็น 1, 14, 4, 43, 3, 32, 2, 21, 1 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นอีก เพราะช่วงช่วงมีระยะสั้นลงและแต่ละช่วงเกิดแรงดึงจากขดลวด2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งมีเพิ่มมากขึ้น แต่ต้องพึงระวังไว้อีกประการหนึ่งว่าเมื่อกระตุ้นให้ทำงานในรูปแบบนี้จะต้องทำการหมุนถึง 2 ช่วง จึงจะได้เท่ากับ 1 ช่วงเต็มเหมือนกับในการควบคุม 2 แบบแรก สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องใช้เทียบเท่ากับแบบ 2 เฟส จึงจะเพียงพอ ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ช่วงที่	ขดที่ 1	ขดที่ 2	ขดที่ 3	ขดที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	ทำงาน	ทำงาน	-	-
3	-	ทำงาน	-	-
4	-	ทำงาน	ทำงาน	-
5	-	-	ทำงาน	-
6	-	-	ทำงาน	ทำงาน
7	-	-	-	ทำงาน
8	ทำงาน	-	-	ทำงาน

ตารางที่ 2.4 ขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งช่วง

2.4.6 โหมดการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ถ้าจะแบ่งโหมดการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ตามอัตราเร็วของช่วงแต่ละช่วงจะแบ่งออกได้เป็น 2 โหมด คือ หมุนเป็นช่วง (Discrete Stepping Mode) และหมุนแบบต่อเนื่อง (Slewing Mode)

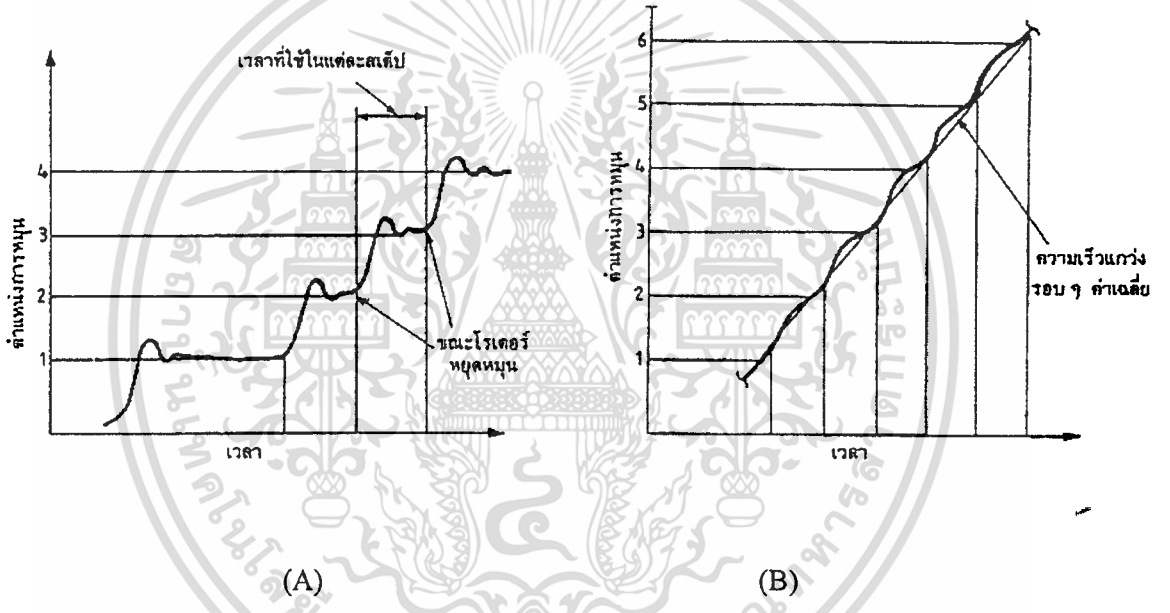
โดยถ้าการหมุนเป็นแบบช่วงและมีเวลาหยุดนิ่งก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นช่วงถัดไปก็จะเรียกการทำงานในโหมดนี้ว่าการหมุนเป็นช่วง ดังแสดงในรูปที่2.31 (A) สำหรับตัวอย่างของเครื่องใช้ที่ทำงานในโหมดนี้คือ เครื่องเจาะบัตร การทำงานคร่าว ๆ ก็คือ สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเป็นตัวส่งแถบกระดาษเข้าไปยังเครื่องปรุกระดาษ เพื่อบันทึกข้อมูลลงในแถบกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะหมุนไปแล้วหยุดชั่วขณะ เพื่อปรุกระดาษให้เรียบร้อยก่อน แล้วจึงค่อยหมุนต่อไปยังตำแหน่งเจาะใหม่

ถ้าเพิ่มอัตราเร็วของในแต่ละช่วงให้เร็วขึ้น และเป็นไปอย่างต่อเนื่องไม่มีการหยุดนิ่ง จะเรียกกำหนดการทำงานนี้ว่า การหมุนแบบต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 2.31 (B)ซึ่งจะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์ (n) กับอัตราความเร็วของช่วง (f) และจำนวนช่วงทั้งหมด (s) ได้ดังสมการ

$$n = 60\ f/s \quad \ldots\ (2)$$



รูปที่ 2.31 แผนภาพช่วงของการหมุนในโหมดการทำงานแบบ
(A) หมุนเป็นช่วง (B)หทุนแบบต่อเนื่อง

2.4.7 ระบบควบคุมความเร็วสเตปปิ้งมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

การใช้งานสเตปปิ้งมอเตอร์แต่ละตัวนั้นสามารถกำหนดรูปแบบการทำงานได้หลายลักษณะ เช่น การเลือกใช้ตารางการขับเฟส การกำหนดความเร็ว ตลอดในการกำหนดจำนวนช่วง หรือลักษณะการทำงานมีลักษณะเป็นการทำงานตามโปรแกรม แต่เดิมมาจะออกแบบวงจรดิจิตอลในลักษณะของวงจรลำดับ ซึ่งสามารถจำตารางการขับเฟสได้ การหมุนของมอเตอร์ในลักษณะทวนเข็ม และตามเข็มจะกำหนดโดยการสับสวิตซ์ ผู้ใช้ก็มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ส่งสัญญาณนาฬิกาให้กับวงจรซึ่งจะกำหนดความเร็วของมอเตอร์ได้ แต่การเปลี่ยนตารางการขับเฟสนั้นจะทำได้ก็ต่อเมื่อต้องเปลี่ยนวงจรนั้นก็คือต้องเปลี่ยนบอร์ดวงจรนั่นเอง ซึ่งต่อมาทางบริษัทผู้ผลิตสเตปปิ้งมอเตอร์ก็ได้ผลิตไอซี ซึ่งในไอซีตัวเดียวนี้สามารถเลือกตารางการขับเฟสและสามารถใช้กับมอเตอร์ทั้งระบบ 3 เฟส และแบบ 4 เฟสโดยการกำหนดค่าให้กับอินพุตของไอซี ส่วนการเลือกการหมุนทวนเข็มและตามเข็มก็ยังใช้การสับสวิตช์ผู้ใช้ก็มีหน้าที่คือ ส่งสัญญาณนาฬิกาให้กับไอซีก็จะกำหนดความเร็วของมอเตอร์เช่นเดียวกันจากที่กล่าวมาในแบบแรก จะเห็นว่ามีความไม่สะดวกในการใช้งานเพราะต้องสับเปลี่ยนบอร์ทวงจรส่วนแบบที่สองนั่นเนื่องจากไอซีดังกล่าวผลิตมาเป็นจำนวนน้อย เพราะผู้ที่จะนำมาใช้ส่วนมากจะเป็นผู้ที่นำมาศึกษา การใช้งานจึงทำให้ราคาของไอซีดังกล่าวมีราคาแพง ดังนั้นจึงมีวิธีการใหม่คือการควบคุมการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ เพราะความสามารถในตัวของมันจึงสามารถกำหนดรูปแบบการทำงานได้อย่างมากมาย โดยที่ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงวงจรที่ใช้เลยจึงมีความสะดวกในการใช้งานและการศึกษาการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์อย่างมาก ดังนั้นโครงงานนี้จะเสนอวิธีการควบคุมการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์ดังนี้ คือ

1. สามารถเลือกตารางการขับเฟส
2. สามารถเลือกความเร็วโดยมีความเที่ยงตรงสูง
3 สามารถเลือกการหมุนในลักษณะทวนเข็มและตามเข็มโดยไม่ต้องสับสวิตช์
4. สามารถกำหนดจำนวนสเตปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

จากหลักการและทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้น ในส่วนต่าง ๆ นั้น จะได้นำมาทำการออกแบบและสร้างเป็นรถขนถ่ายอัตโนมัติ ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คือโครงสร้างตัวถังรถ,ระบบขับเคลื่อน, ระบบบังคับเลี้ยว, ระบบตรวจจับและระบบควบคุมทั้งหมด ในส่วนประกอบเหล่านี้ก็จะมีทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ

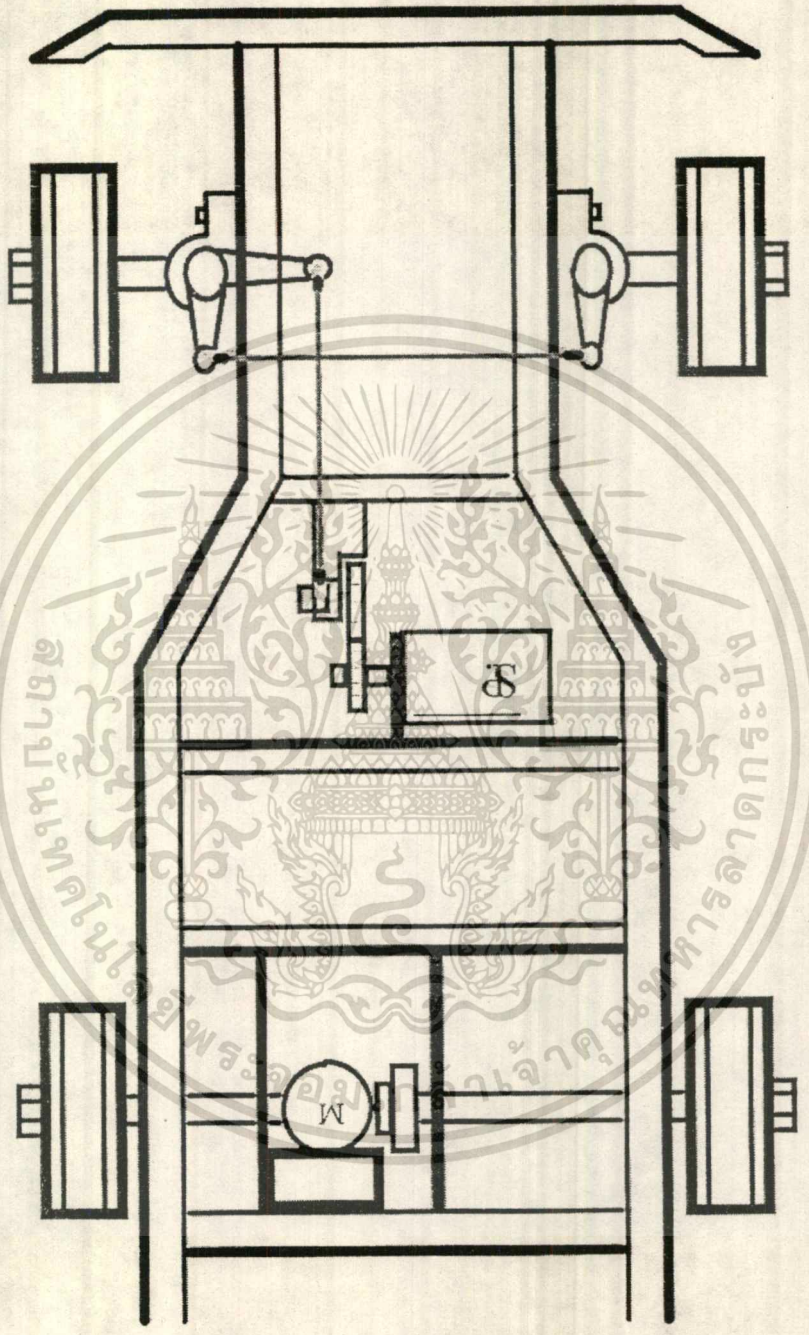
3.1 การออกแบบตัวถังรถ และเปลือกหุ้มตัวถังรถ

ก่อนอื่นในการออกแบบรถขนถ่ายอัตโนมัติ ต้องทราบถึงความกว้างความยาว ความสูง และน้ำหนักของวัสดุที่จะนำมาบรรทุกก่อน เพื่อที่จะเลือกใช้วัสดุที่จะนำมาใช้ทำตัวถังรถได้อย่างเหมาะสม ในที่นี้ ออกแบบมาเพื่อบรรทุกของที่มีน้ำหนักไม่เกิน 100 kg กว้าง 45 cm ยาว 50 cm สูงไม่เกิน 40 cm

การออกแบบรูปร่างลักษณะของตัวถังรถดังรูป 3.1 ส่วนประกอบของตัวถังรถมีดังนี้

1. เหล็กตัว U หน้า 3 นิ้ว หนา 1/2 หุน ยาว 120 cm 2 ท่อน ใช้ทำตัวถัง
2. เหล็กตัน 1 นิ้ว ยาว 65 cm ใช้ทำเพลาและคอม้าบังคับเลี้ยว
3. เหล็กฉาก 1 นิ้วหนา ทำโครง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



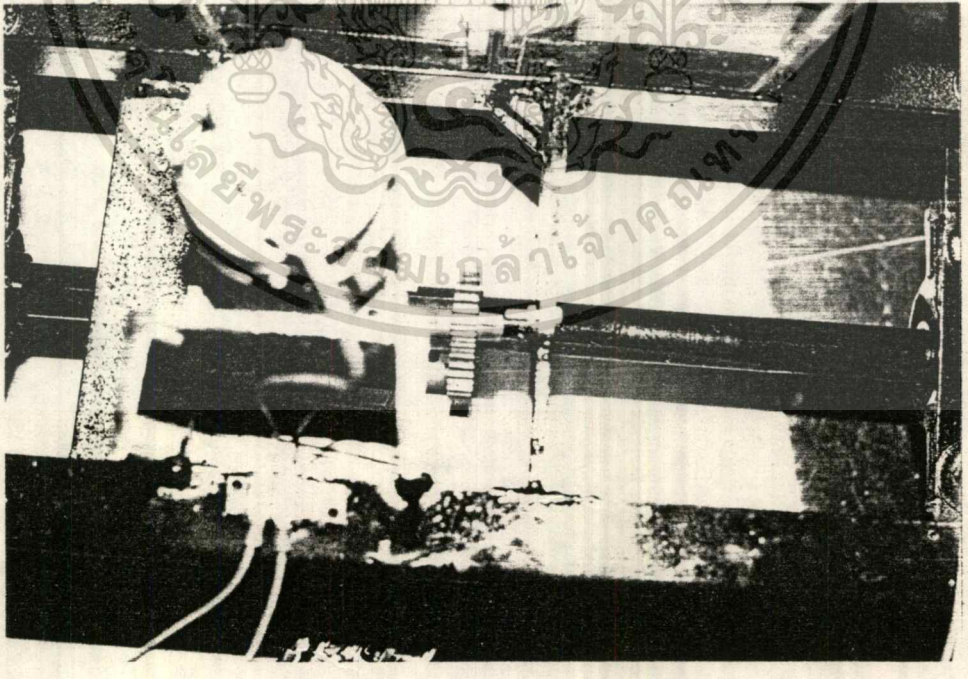
รูปที่ 3.1 ลักษณะโครงสร้างของตัวถังรถขนถ่ายอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบระบบขับเคลื่อน

การออกแบบระบบขับเคลื่อนต้องคำนึงถึงสิ่งที่จะบรรทุกด้วยเพื่อที่จะไม่ได้เกิดปัญหาภายหลังเกี่ยวกับการวางอุปกรณ์ไม่ว่าจะเป็น การเลือกใช้มอเตอร์ เหล็กที่ใช้ทำเพลาและเฟือง แต่ในที่นี้คงไม่มีปัญหาเพราะได้ซื้ออุปกรณ์เหล่านั้นไว้เรียบร้อยแล้ว

การติดตั้งระบบขับเคลื่อน ระบบขับเคลื่อนใช้การขับเคลื่อนล้อหลัง เพราะง่ายต่อการออกแบบและการวางอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมถึงการควบคุม โดยที่ให้มอเตอร์วางตั้งฉากกับแกนเพลาล้อหลัง เพราะดีซีมอเตอร์ที่เลือกใช้ ใช้ต้นกำลังแบบเกลียวถ่ายทอดกำลังสู่เฟืองอีกตัวเพื่อเพิ่มกำลังให้ดีซีมอเตอร์สามารถทำงานในโหลดที่สูงๆได้ แกนเพลาของดีซีมอเตอร์จะตั้งฉากกับตัวมอเตอร์ซึ่งจะขนานกับแกนเพลาพอดี ดังนั้นจึงวางมอเตอร์ให้ตั้งฉากกับเพลาซึ่งแกนดีซีมอเตอร์ที่ยื่นออกมาใช้เฟืองยึดติดแกนของดีซีมอเตอร์ไว้ และ ทำสลักใส่ด้วยเพื่อป้องกันการฟรีของแกนดีซีมอเตอร์ เมื่อใช้กับโหลดหนัก ๆ เฟืองตัวที่ยึดติดกับแกนของดีซีมอเตอร์นี้จะเป็นตัวขับเฟืองตัวที่ยึดติดกับเพลาล้อหลัง ซึ่งเฟืองตัวที่แกนดีซีมอเตอร์จะมีขนาดเล็กกว่าเฟืองที่ติดอยู่กับเพลาล้อหลังเพื่อให้ลดความเร็วรอบของเพลาล้อหลัง



รูปที่ 3.2 ระบบขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีซีมอเตอร์จะทำงานได้นั้นต้องได้รับพลังงานไฟฟ้าจากชุดจ่ายกำลัง (Driver) ซึ่งชุดจ่ายกำลังจะถูกควบคุมจากบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 อีกที ซึ่งหลักการทำงานของชุดจ่ายกำลัง และบอร์ดควบคุมที่จะกล่าวถึงดังต่อไปนี้

3.2.1 การออกแบบระบบ

ระบบที่มีการควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ จะต้องประกอบด้วยการออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ในส่วนของการออกแบบฮาร์ดแวร์ต้องดัดแปลงวงจรเพื่อให้สามารถใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมระบบได้ ขั้นแรกพิจารณาถึงการออกแบบฮาร์ดแวร์กันก่อน

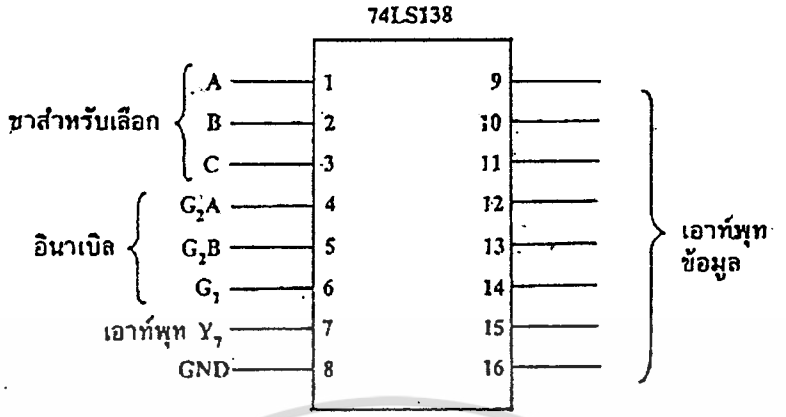
ระบบฮาร์ดแวร์

เพื่อให้สามารถใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในส่วนของฮาร์ดแวร์เข้ากับระบบจำเป็นต้องออกแบบวงจรอินเตอร์เฟสซึ่งประกอบด้วย วงจรถอดรหัสแอดเดรส และวงจรควบคุมทิศทางของมอเตอร์

วงจรถอดรหัสแอดเดรสและวงจรแล็ทช์

รูปที่ 2.17 เป็นไบนารี่อินพุตสวิตช์ สามารถแทนด้วยบัสข้อมูลไมโครโปรเซสเซอร์ในการเขียนข้อมูล ออกไปยังบัสข้อมูลเข้าไปยังอุปกรณ์รอบนอกต้องกำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์รอบนอกเหล่านั้นด้วย อุปกรณ์รอบนอกในที่นี้ได้แก่ DAC 1408 เนื่องจากDAC 1408 ไม่มีส่วนติดต่อแอดเดรสโดยตรงจากไมโครโปรเซสเซอร์ได้ จำเป็นต้องใช้วงจรถอดรหัสแอดเดรสแยกต่างหาก ในที่นี้จะใช้ไอซีเบอร์ 74LS 138 แสดงดังในรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(A)

อินพุท					เอาท์พุท							
อินาเบิล		การเลือก										
G_1	G_2	C	B	A	Y_0	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7
X	H	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
H	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H
H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

(B)

รูปที่ 3.3 ไอซี 74LS 138 (A) โครงสร้างขาของไอซี (B) ตารางฟังก์ชั่น $G_2 = G_2A + G_2B$

กับสัญญาณ R/W ของไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อให้ได้สัญญาณ

สามารถถอดรหัสแอดเดรสเลขฐานสิบหา (hex) 8000H ให้กับ DAC 1408 โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์และวงจรถอดรหัส 74LS 138 จะใช้เส้นแอดเดรส 4 หลักบนคือ $A_{15}, A_{14}, A_{13}, A_{12}$ และ VMA $\emptyset_2$ เป็นสัญญาณอินพุตให้กับวงจรถอดรหัส 74LS 138 โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นแอดเดรส A_{14}, A_{13} และ A_{12} ใช้เป็นอินพุต "sheet" และเส้นแอดเดรส A_{12} และ VMA $\emptyset_2$ เป็นสัญญาณอีนาเบิ้ล สัญญาณ VMA $\emptyset_2$ เป็นสัญญาณสำหรับการทำงานที่ถูกต้องของวงจรอินเตอร์เฟสกับวงจรถอดรหัสแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามตารางฟังก์ชั่นของวงจรถอดรหัส 74LS 138 เมื่อ A_{12} มีค่าเป็น High และ VMA $\varnothing_2$, A_{14}, A_{13} และ A_{12} มีค่าเป็น Low เอาต์พุต Y_0 จะเป็น Low และเอาต์พุต Y_0 จะถูก OR

$A_{15}\,A_{14}\,A_{13}\,A_{12}$ XXXX XXXX XXXX$_2$

I 0 I 0

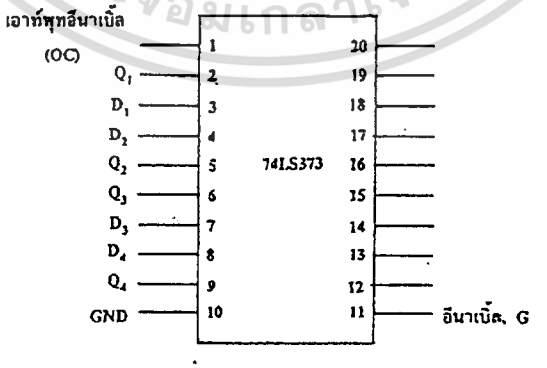
8 0 0 0 (แอดเดรส 80000)

นอกจากการถอดรหัสแอดเดรส 8000 แล้วจะต้องใช้ไอซีแล็ทช์ 8 บิท 74LS 373 เนื่องจากบัสขอมูลไม่สามารถต่อโดยตรงกับ DAC 1408 ได้ ใช้ 8 บิทแล็ทช์สำหรับเก็บข้อมูลไบนารี่ที่ใช้กำหนดความเร็วของมอเตอร์จนกว่าข้อมูลใหม่จะถูกเขียนออกมาใหม่

คุณลักษณะทางไฟฟ้าที่สำคัญของ 74LS 373 (Octal D-type Latches) มีดังต่อไปนี้

- ไอซีนี้มี 20 ขาแต่มีการแล็ทช์ข้อมูลได้ 8 บิท
- การโหลดข้อมูลกระทำได้แบบขนาน
- มีบัฟเฟอร์ควบคุมอินพุต
- มีบัสไทร-สเตทสำหรับขับเอาต์พุต
- อีนาเบิ้ลอินพุตมีฮีสเทเรซีสเพื่อแก้ไขการกำจัดนอยส์ให้ดีขึ้น

ไอซี 74LS 373 มีการทำงานดังนี้ เมื่ออีนาเบิ้ล (G) อินพุตมีค่า High เอาต์พุต Q จะมีค่าเป็นไปตามข้อมูลอินพุต (D) ถ้าหากอินพุตอีนาเบิ้ล (G) มีค่าเป็น Low เอาต์พุต Q จะแล็ทช์ข้อมูลที่ได้ตั้งค่าไว้แล้ว โครงสร้างขาของไอซี 74LS 373 และตารางฟังก์ชั่นแสดงได้ดังในรูปที่ 3.4



(A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output control	Enable G	Input D	Output Q
L	H	H	H
L	H	L	L
L	L	X	Q_c
H	X	X	Z

(B)

รูปที่ 3.4 ไอซีแล็ทช์ 74LS373 (A) โครงสร้างขาของไอซี (B) ตารางฟังก์ชั่น

จะต่อบัสข้อมูลของไมโครโปรเซสเซอร์ เข้ากับอินพุตข้อมูลของ 74LS 373 และเอาต์พุตของแล็ทช์จะถูกต่อเข้ากับอินพุตของ DAC 1408 และจะต่ออินพุต $\overline{OC}$ เข้ากับกราวด์ เพื่อว่าเอาต์พุตของแล็ทช์สามารถมีค่าเป็นได้ทั้ง High หรือ Low ในที่สุดอินพุต G ของ 74LS 373 จะได้จากการ NOR สัญญาณเอาต์พุต Y_0 ของ 74LS 373 กับสัญญาณ R/W ของไมโครโปรเซสเซอร์ วงจรถอดรหัสแอดเดรสและแล็ทช์ที่สมบูรณ์แสดงได้ในรูปที่ 3.5

ในรูปที่ 3.5 เมื่อ Y_0 และ R/W มีค่า Low อินพุต G จะมีค่า High และวงจรแล็ทช์ก็จะถูกอีนาเบิ้ลให้แล็ทช์ข้อมูลบนบัสเข้าไปในไอซี 74LS 373 อย่างไรก็ตามวงจรแล็ทช์นี้จะต้องกำหนดแอดเดรสแยกต่างหาก ดังนั้นกำหนดให้แล็ทช์ 74LS75 นี้มีแอดเดรสเป็น 8000H เพื่อว่ายังคงสามารถใช้วงจรถอดรหัสแอดเดรส 74LS 138 ทำการถอดรหัสแอดเดรส 9000H ได้ดังสถานะต่อไปนี้

จะได้ Y_1 ของไอซี 74LS 138 เป็นลอจิก 0

เมื่อ A_{15} และ A_{12} มีค่าเป็นลอจิก 1

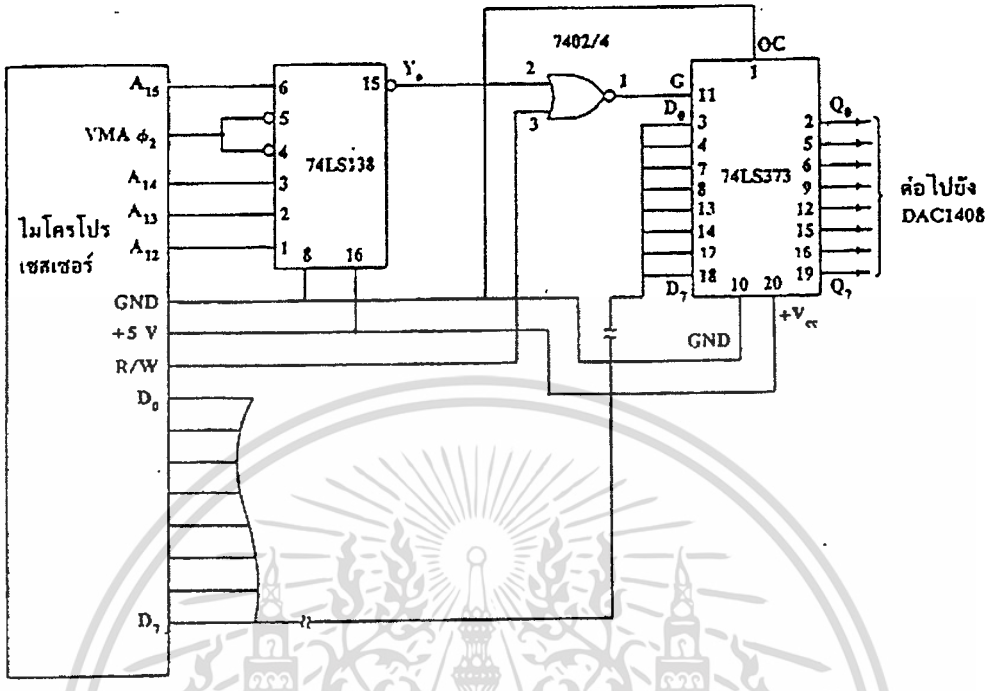
และ A_{14}, A_{13} และ VMA $\emptyset 2$ มีค่าเป็นลอจิก 0

(ดูตารางฟังก์ชั่นของ74LS138 ได้จากรูปที่ 3.3)

$A_{15}\ A_{14}\ A_{13}\ A_{12}$ ..... A_0

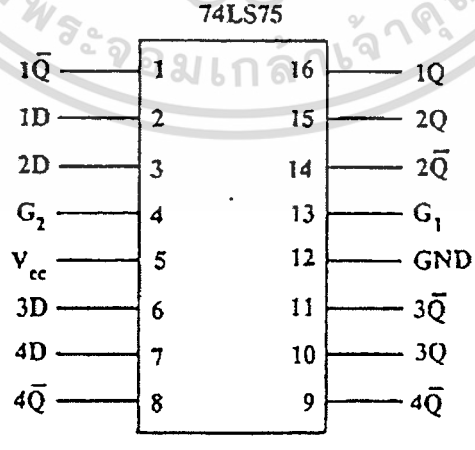
I 0 0 0 XXXX XXXX XXXX = 9000H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรถอดรหัสแอดเดรสเพื่อถอดรหัสแอดเดรส 8000H และวงจรแล็คซ์ 8 บิท อินพุตข้อมูลให้กับ DAC 1408

โครงสร้างขาไอซีไบสเตเบิ้ลแล็ทซ์ 74LS75 และตารางฟังก์ชั่นแสดงได้ในรูปที่ 3.6



(A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Inputs		Outputs	
D	G	Q	$\overline{Q}$
L	H	L	H
H	H	H	L
X	L	Q_0	$\overline{Q_0}$

(B)

รูปที่ 3.6 ไอซี 74LS75 ไบสเตเบิ้ลแล็ทช์ขนาด 4 บิท

(A) โครงสร้างขาของไอซี

(B) ตารางฟังก์ชั่น

จากตารางฟังก์ชั่นจะเห็นได้ว่าข้อมูลส่งไปที่อินพุต D จะส่งผ่านไปยังเอาต์พุต Q เมื่ออีนาเบิ้ลอินพุต G มีค่า High และเอาต์พุต Q จะมีข้อมูลเป็นไปตามข้อมูลอินพุตตราบเท่าที่อีนาเบิ้ลอินพุตยังคงมีค่าเป็น High อยู่

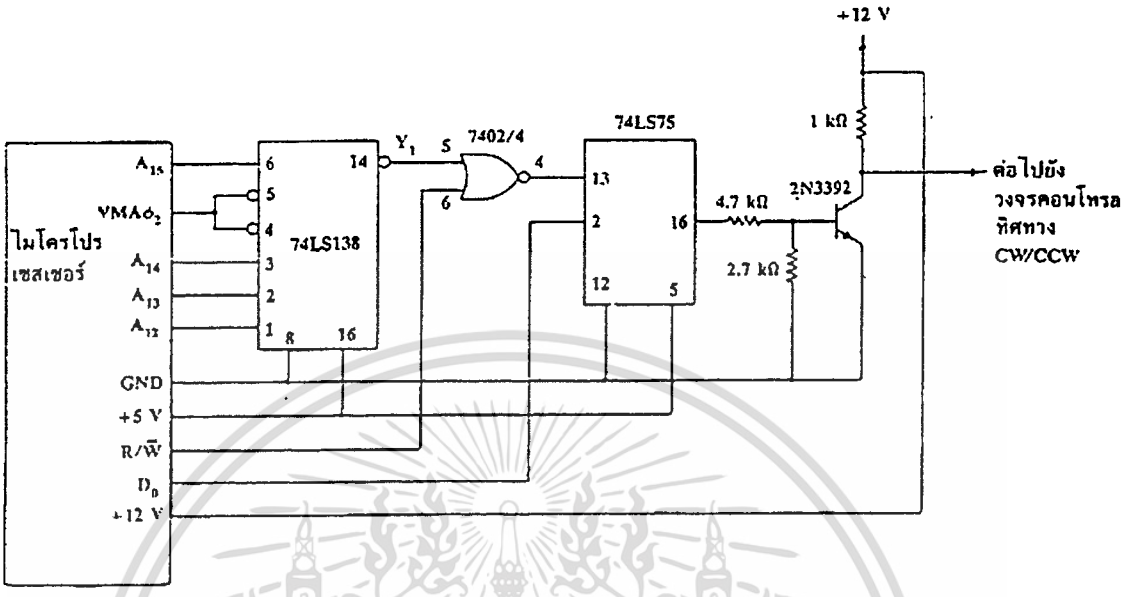
เมื่ออีนาเบิ้ลมีค่าไปเป็น Low ข้อมูลปัจจุบันที่อยู่ที่ข้อมูลอินพุต D จะถูกแล็ทช์ค่าไว้จนกว่า-อีนาเบิ้ลจะมีค่าไปเป็น High อีกครั้งหนึ่ง

การทำงานเพื่อควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไอซี 74LS75 แล็ทช์จะต่อวงจรในลักษณะรูปที่ 3.6

เมื่อแอดเดรส 9000H มาอยู่ที่แอดเดรสบัส เอาต์พุตY_1ของไอซี 74LS138 ถอดรหัสจะมีค่าเป็น Low เอาต์พุตนี้จะถูก NOR กับสัญญาณR/Wของไมโครโปรเซสเซอร์โดยใช้ไอซี 7402 สองอินพุต NOR เกท เอาต์พุตของ NOR เกทจะไปขับอีนาเบิ้ลอินพุตของ 74LS75 แลทช์ 4 บิท เส้นทางข้อมูล D_0 จะเป็นข้อมูลอินพุตให้กับแล็ทช์ เมื่ออีนาเบิ้ลอินพุตของแลทช์มีค่าเป็น High ข้อมูลที่อินพุต D_0 จะถูกแลทช์ไว้ที่เอาต์พุตของมัน เอาต์พุตของแลทช์จะถูกแปลงไปเป็นสัญญาณ 12 V โดยใช้อินเวอร์ทเตอร์ทรานซิสเตอร์ จำเป็นต้องแปลงระดับโวลท์เตจเพราะว่าสัญญาณควบคุมทิศทางเพื่อไปขับ CMOS74C14 เกท ทิศทางการหมุนของมอเตอร์สามารถจะโปรแกรมได้โดยการตั้งค่าหรือรีเซ็ตเส้น D_0 ของบัสข้อมูล

สมมติว่าเมื่อ D_0 เป็นลอจิก 1 ทิศทางการหมุนของแกนมอเตอร์จะหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และเมื่อ D_0 เป็นลอจิก 0 ทิศทางการหมุนของแกนมอเตอร์จะหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ดังนั้นวงจรอินเตอร์เฟสที่ใช้แทนไบนารี่สวิตช์สำหรับตั้งค่าดิจิตอลอินพุตและแทนสวิตช์เปลี่ยนทิศทางการหมุน CW/CCW แสดงได้ในรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น พร้อมทั้งห้ามมิให้ลบข้อความนี้ออกจากเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



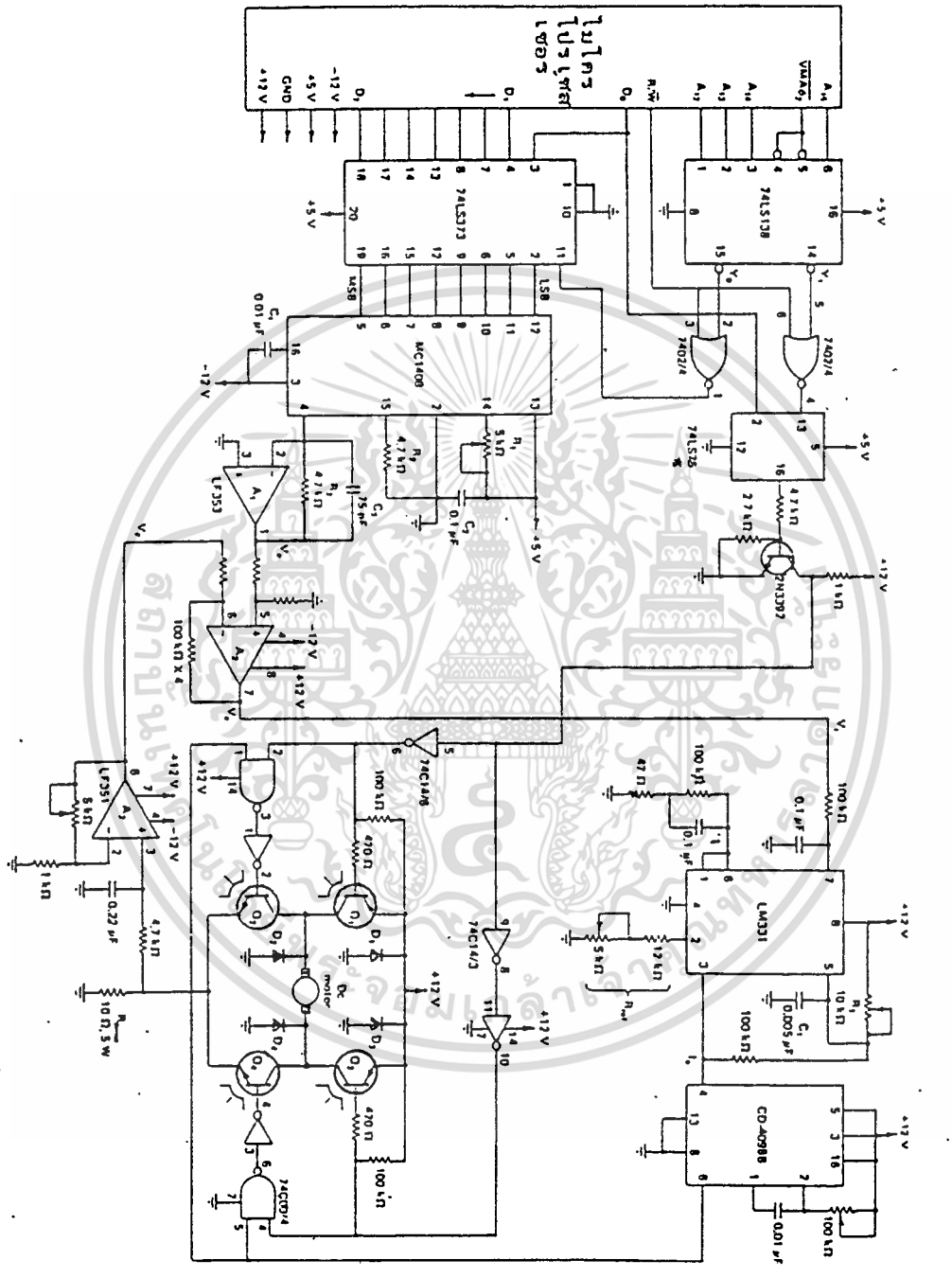
รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

กลับไปดูรูปที่ 2.17 วงจรควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์สามารถใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมให้มันทำงานได้ โดยใช้วงจรแอดเดรสถอดรหัสเดอร์และวงจรแลทช์ 8 บิทแทนไบนารี่สวิตช์ 8 บิท เพื่อให้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถเขียนจำนวนไบนารี่ที่ต้องการไปให้ยัง DAC 1408 (รูปที่ 3.7) และแทนสวิตช์ CW/CCW ได้ด้วย วงจรแลทช์ 74-LS75 ดังแสดงในรูปที่ 3.6 นอกจากนั้นแล้วส่วนอื่น ๆ ของระบบในรูปที่ 2.53 ไม่ต้องเปลี่ยนแปลง ดังนั้นวงจรระบบการควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์แสดงได้ในรูปที่ 3.8 แสดงให้เห็นถึงการออกแบบฮาร์ดแวร์ของระบบได้สมบูรณ์แล้ว ต่อไปต้องศึกษาถึงซอฟต์แวร์ที่จำเป็นของระบบซอฟต์แวร์ของระบบ

ในระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ สามารถเลือกใช้โปรแกรมได้ดังนี้

- สามารถโปรแกรมกำหนดความเร็วของมอเตอร์ที่ต้องการได้ด้วยเลขฐานสิบหก
- โปรแกรมการแสดงผลค่าความเร็วเป็น
- สามารถโปรแกรมให้มอเตอร์หมุนในทิศทาง CW หรือ CCW ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ระบบการควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังการงานระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์แสดงได้ในรูปที่ 3.9

เริ่มต้นโปรแกรมด้วยการโหลดความเร็วของมอเตอร์ และทิศทางการหมุนที่ต้องการเข้าในไมโครโปรเซสเซอร์

จำนวนเลขฐานสิบหก (Hex) จะถูกเก็บเข้าไปใน DAC 1408 และแลทช์ 74LS75 ที่ตำแหน่งแอดเดรส 8000H และ 9000H ตามลำดับ ต่อจากนั้นทิศทางการหมุนของมอเตอร์ที่เก็บไว้ในแลทช์จะถูกตรวจสอบและแสดงผลเป็น C เมื่อหมุนตามเข็มนาฬิกาและแสดงผลเป็น CC เมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกา

ใช้ลูปไทม์ดีเลย์เพื่อยืดเวลาให้การแสดงผลของทิศทางการหมุนของมอเตอร์มีค่าคงที่อยู่ในช่วงเวลาหนึ่งก่อนที่โปรแกรมจะกระโดดไปตรวจสอบความเร็วของมอเตอร์

ต่อไปจำนวนค่าไบนารี่ที่ใช้แทนความเร็วของมอเตอร์ จะถูกเปรียบเทียบกับขีดจำกัดของความเร็ว 54H และ A9H สำหรับ Low และ Medium ตามลำดับดังนี้

ถ้า จำนวนค่าไบนารี่ที่โหลด $\leq$ 54H มันจะแสดงผล LO อยู่ในโปรแกรม

ถ้า จำนวนค่าไบนารี่ที่โหลด $\leq$ A9H มันจะแสดงผล MEDIUM อยู่ในโปรแกรม

จำนวนค่าไบนารี่ที่โหลดอยู่ในโปรแกรมมีค่าอื่น ๆ มันจะแสดงผล HI

ต่อจากนั้นต้องใช้ลูปไทม์ดีเลย์ เพื่อแสดงผลของความเร็วของมอเตอร์ ที่ต้องการก่อนที่โปรแกรมจะกระโดดไปยังจุดเริ่มต้นเพื่อทำงานซ้ำเติมใหม่ ดังนั้นโปรแกรมจะแสดงค่าของทิศทางการหมุนและความเร็วของมอเตอร์สลับกัน

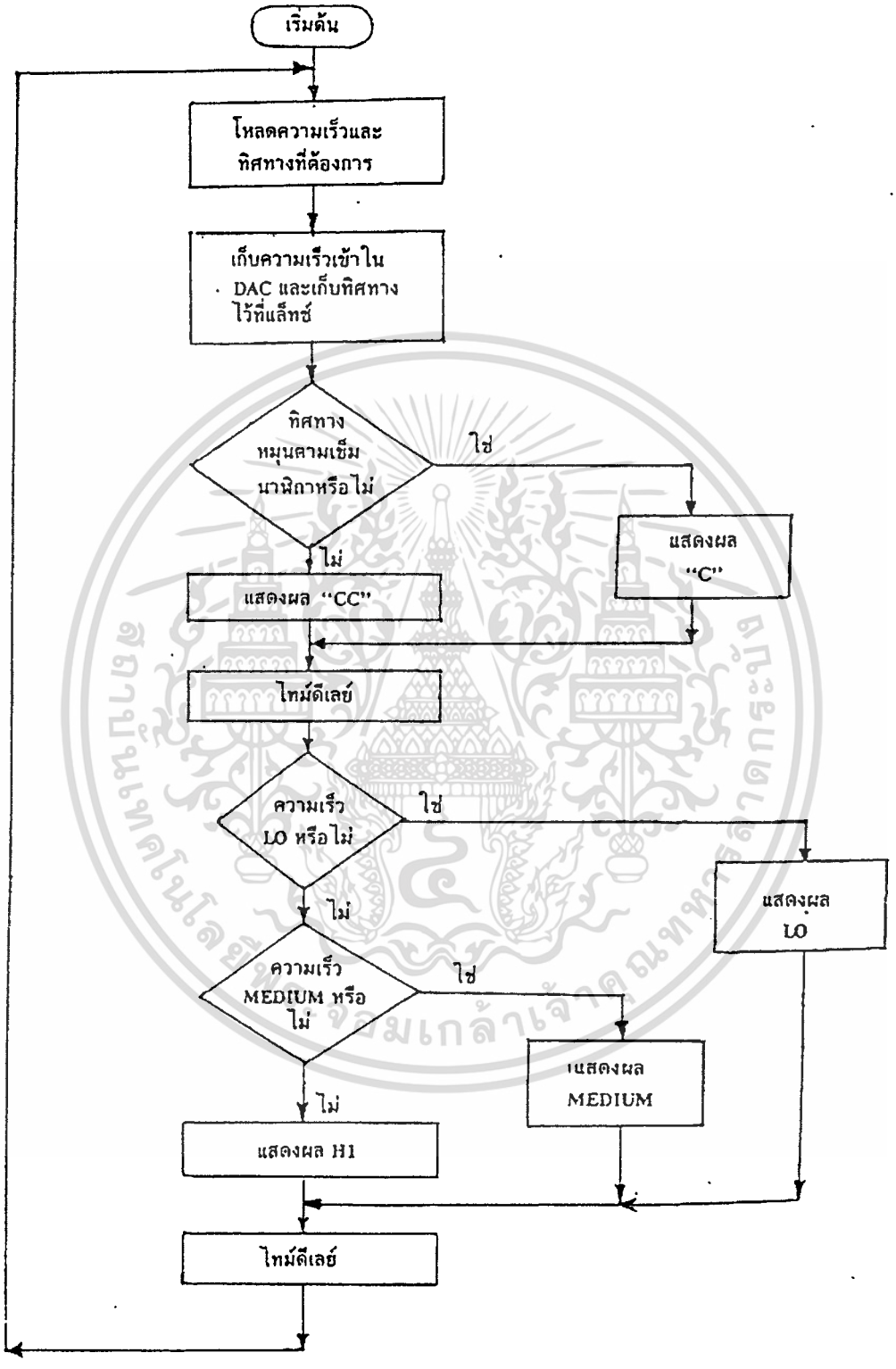
อาจจะหยุดช่วงการทำงานดังกล่าวได้ เพื่อใส่ค่าความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ค่าใหม่เข้าไปในโปรแกรม

เมื่อได้ดังแผนงานในรูปที่ 3.9 แล้ว สามารถที่จะเขียนโปรแกรมได้โดยตรงตามแผนการทำงานดังกล่าว

ในที่สุดก็จะได้ระบบการควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ที่ค่าใด ๆ ก็ได้จาก 01H ถึง FFH และเลือกทิศทางการหมุนได้เช่นกัน

นอกจากนั้นระบบสามารถแสดงผลของทิศทางการหมุนและความเร็วปัจจุบันของมอเตอร์ที่ได้เลือกเอาไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ผังลำดับการทำงานของระบบควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบมีความคล่องตัวพอสมควร ในกรณีต้องการใช้ดีซีมอเตอร์ที่มีขนาดแตกต่างกัน จะต้องปรับแต่งวงจร VFC, One Shot, และวงจรแปลงความเร็วเป็นโวลท์เตจใหม่ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์

ส่วนของซอฟต์แวร์ก็สามารถดัดแปลงได้ง่าย คือ เมื่อมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกาอยู่ในช่วงเวลาหนึ่งและต่อจากนั้นก็สามารถกลับทิศทางการหมุนของมันได้ หรืออาจจะเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ที่อัตราความเร็วหนึ่งไปยังค่าความเร็วที่ต้องการ ดังนั้นระบบควบคุมความเร็วของดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ในรูปที่ 3.9 จึงมีข้อกำหนดในการออกแบบทั้งหมดเป็นไปตามที่ต้องการ

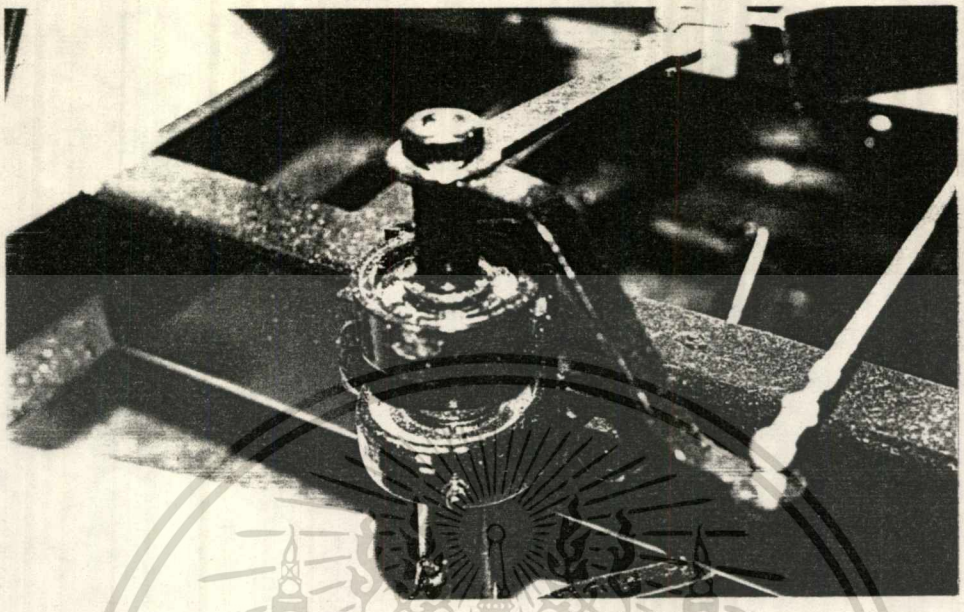
3.3 ระบบขับเลี้ยว

การที่รถขนถ่ายอัตโนมัติวิ่งเป็นเส้นตรงคงไม่มีปัญหา เพราะล็อคล้อเป็นเส้นตรงรถก็สามารถวิ่งไปได้ แต่โครงงานนี้ทำมาเพื่อรถขนถ่ายอัตโนมัติไปได้ในทุก ๆ ที่ ที่ทำแถบสีเอาไว้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการบังคับเลี้ยว การเลี้ยวของรถขนถ่ายอัตโนมัติก็คงจะเลี้ยวเป็นเส้นโค้ง รัศมีแคบสุดที่เลี้ยวได้ 3 เมตร ใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นตัวบังคับเลี้ยวเพื่อความง่ายในการกำหนดมุมในการเลี้ยวและง่ายต่อการออกแบบระบบควบคุม

การติดตั้งระบบบังคับเลี้ยวทำได้โดย วางสเต็ปปิ้งมอเตอร์ขนานกับล้อหน้า ทำการยึดมอเตอร์ให้แน่นที่แกนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะมีเฟืองยึดติดไว้แน่นเพื่อถ่ายทอดกำลังไปสู่เฟืองอีกตัวที่ไปยึดติดกับแกนดันชัก ก่อนจะทราบถึงการทำงานการบังคับเลี้ยวต้องขอกล่าวถึงการติดตั้งล้อหน้าก่อนเพื่อง่ายต่อการอธิบายเกี่ยวกับระบบบังคับเลี้ยว

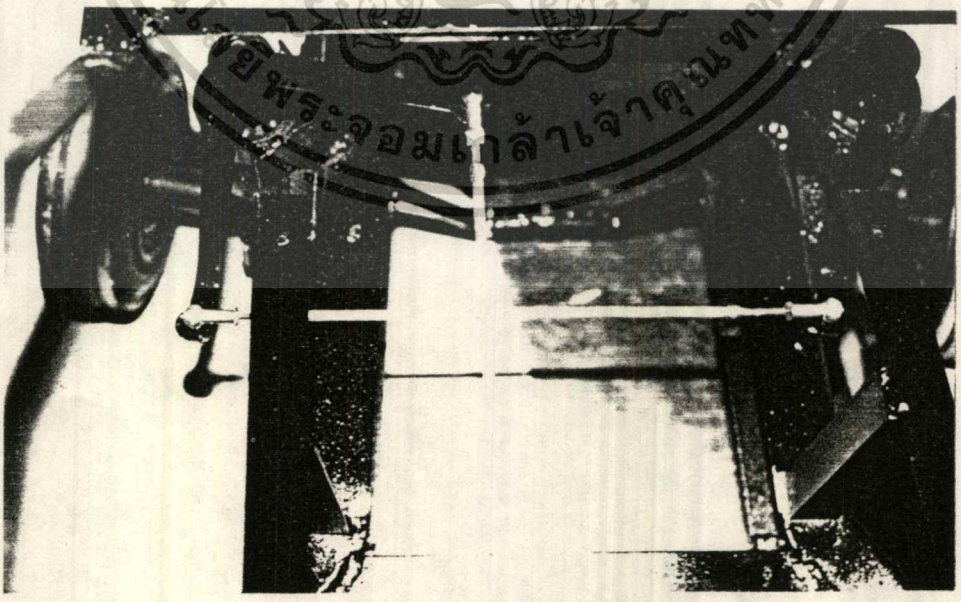
การติดตั้งล้อหน้านั้น ใช้ระบบเดียวกันกับรถแทรกเตอร์ ซึ่งใช้ระบบคอม้าและใช้แกนดันชัก ซึ่งแกนของคอม้านี้จะมีลูกปืน (Bearing) ประคองไว้ 2 ลูกต่อข้าง ลูกปืนตัวรับน้ำหนักเป็นแบบตุ๊กตา และลูกปืนอีกลูกทำหน้าที่ประคองเพื่อไม่ให้ล้อหน้าแยกออกจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ลูกปืนบังคับล้อหน้า

เมื่อทราบถึงการติดตั้งล้อหน้าแล้ว ต่อไปมาดูหลักการทำงานทั้งหมดของระบบบังคับเลี้ยวเริ่มที่สเต็ปปิ้งมอเตอร์ จะมีเฟืองติดอยู่ 1 ตัว และถ่ายทอดกำลังมาสู่เฟืองอีกตัวที่ยึดติดกับแกนคันชัก เฟืองดึงคันชักจะยึดติดกับเพลาคอม้าด้านขวา ต้องวัดความกว้างของ



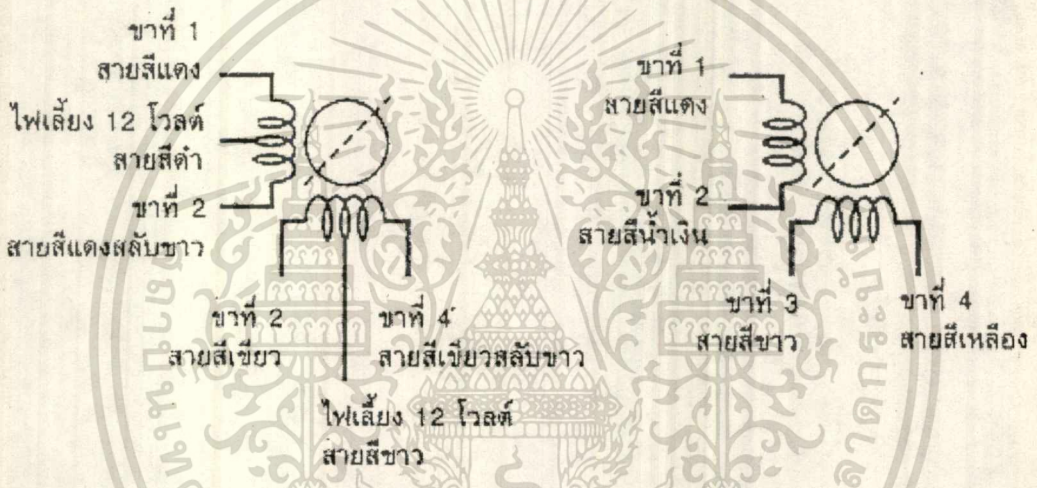
รูปที่ 3.11 คันชักบังคับเลี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล้อหน้าด้านหน้าของล้อหน้าและด้านหลังของล้อหน้าให้เท่ากัน เพื่อป้องกันแรงต้านและเพื่อให้รถขนถ่ายอัตโนมัติเคลื่อนตัวได้สะดวก การทำงานของระบบบังคับเลี้ยว แสดงดังรูป 3.11

3.3.1 การออกแบบระบบบังคับเลี้ยว

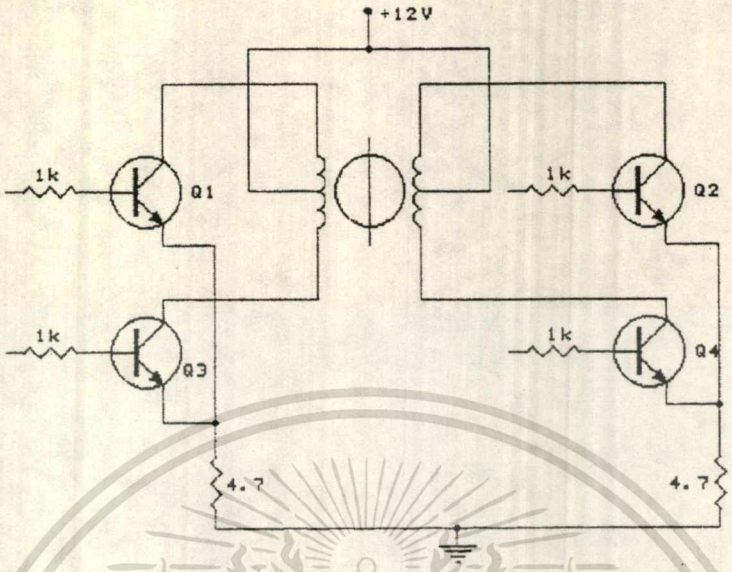
ในการควบคุมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ทำได้ง่ายมากโดยเฉพาะสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่เลือกใช้เป็นแบบยูนิโพลาร์ 6 สาย 4 เฟส สายที่ต่อออกมาใช้งานดูได้ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 สายไฟบอกตำแหน่งการต่อใช้งานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

วงจรจ่ายกำลังให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ก็ทำได้ง่ายใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เป็นตัวจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ลักษณะการทำงานดูเปรียบเทียบเทียบจากรูปที่ 3.13 ขาคอลเล็คเตอร์ ของทรานซิสเตอร์แต่ละตัวจะต่อเข้ากับขดลวดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แต่ละขด สเต็ปปิ้งมอเตอร์มี 4 ขด จึงใช้ทรานซิสเตอร์ 4 ตัว ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์แต่ละตัวจะมีตัวต้านทานลงอยู่กับกราวด์ ส่วนขาเบสของทรานซิสเตอร์นั้นจะเป็นขาควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จะมีรีซิสเตอร์ 1k ต่ออยู่สายควบคุมจะต่อเข้ากับชุดไมโครโปรเซสเซอร์

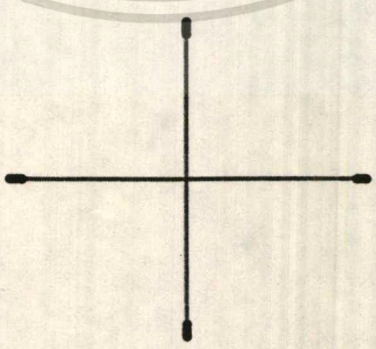
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 วงจรขับกำลังของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

3.4 ตัวตรวจจับแถบสี

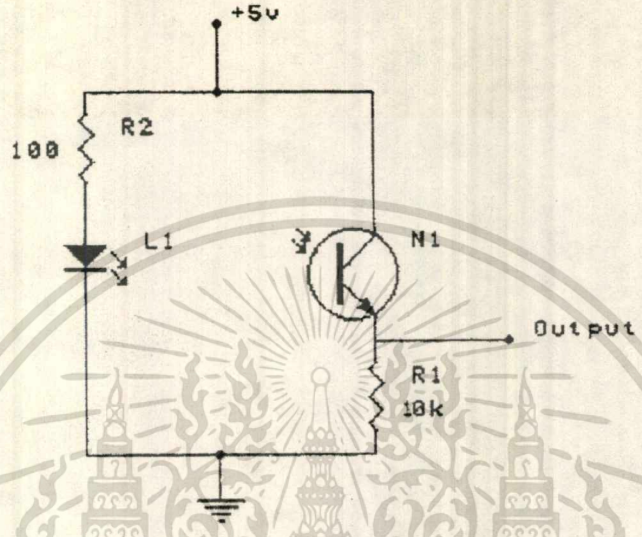
การที่รถจะวิ่งไปตามเส้นทางที่กำหนดให้ได้นั้นนอกจากจะมีแถบสีเป็นเส้นทางแล้ว จะต้องมีตัวตรวจจับแถบสีด้วย โครงงานนี้เลือกใช้โฟโต้ทรานซิสเตอร์ต่อวางไว้ 4 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.14



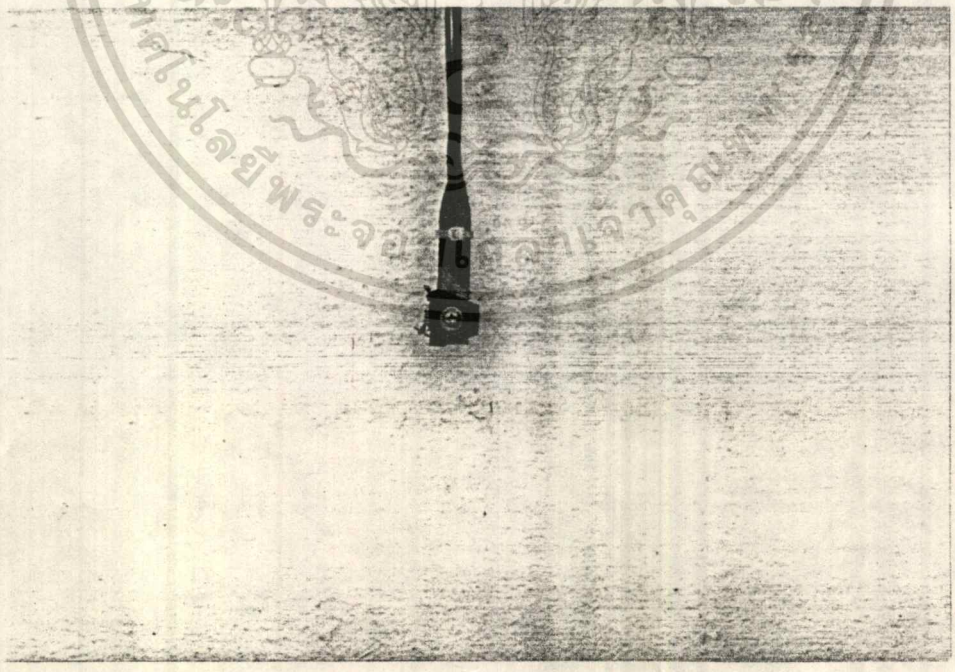
รูปที่ 3.14 การวางตัวตรวจจับแถบสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งวงจรที่ใช้สำหรับตรวจจับแถบสีดังแสดงในรูปที่ 3.15 และลักษณะการใช้งานของตัวตรวจจับที่สร้างขึ้น ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.15 การต่อขาโฟโต้ทรานซิสเตอร์

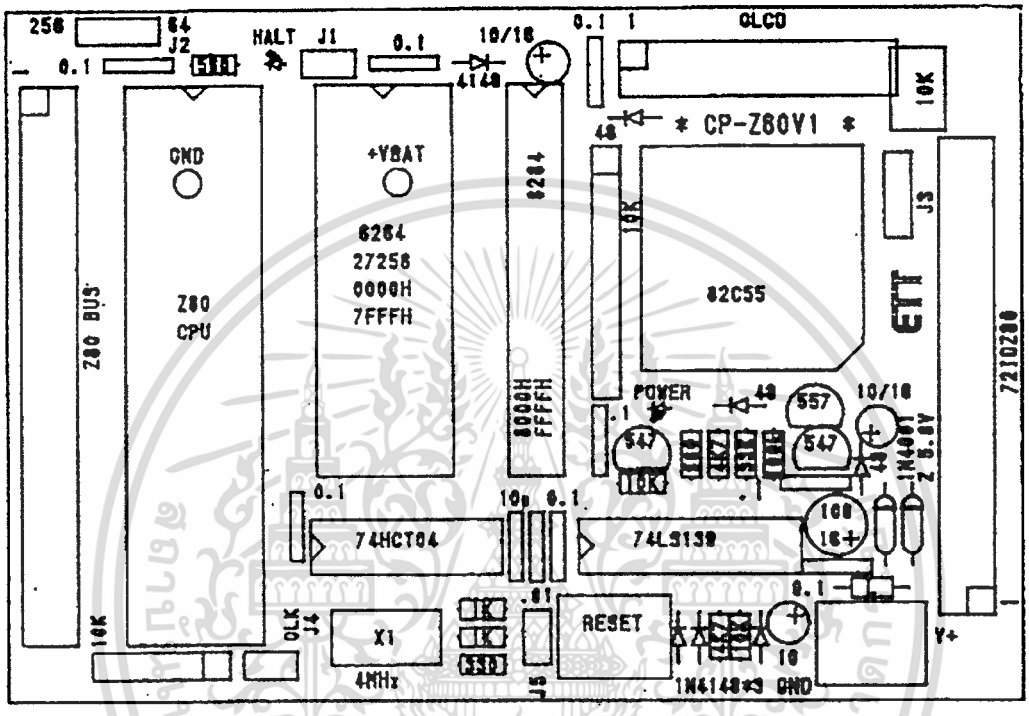


รูปที่ 3.16 ลักษณะการต่อโฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 บอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์

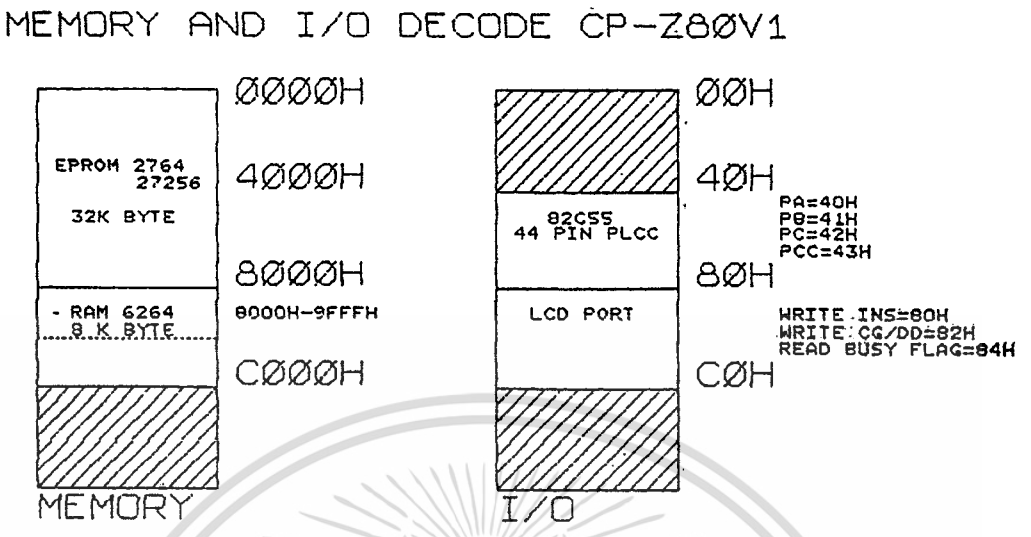
บอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ Z80V1 ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 3.17



รูปที่3.17 ส่วนประกอบต่างๆของบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ Z80V1

โดยบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ Z80V1 สำเร็จรูปดังกล่าวมีแผนผังของหน่วยความจำดังแสดงในรูปที่ 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แผนผังหน่วยความจำของบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ Z80V1

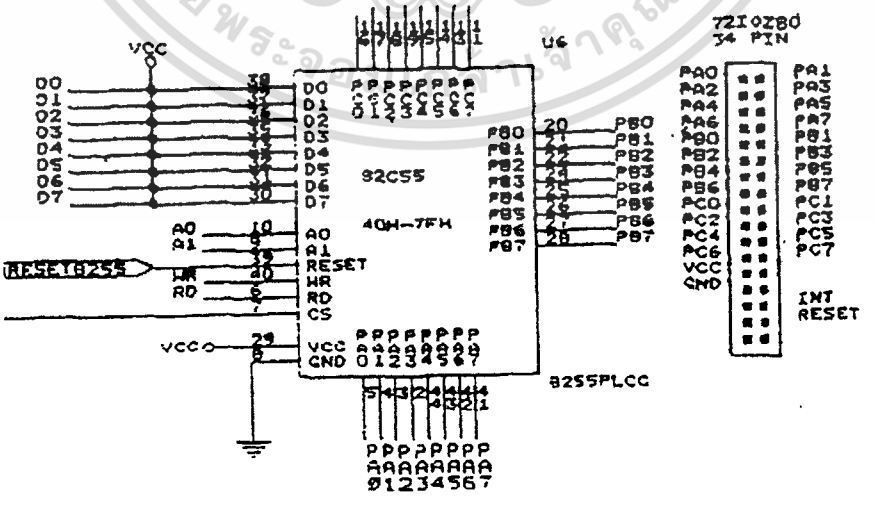
จากรูปที่ 3.17 ในบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ Z80V1 มีพอร์ตสำหรับใช้งานดังแสดงในรูปที่ 3.19

PORT A = 40H

PORT B = 41H

PORT C = 42H

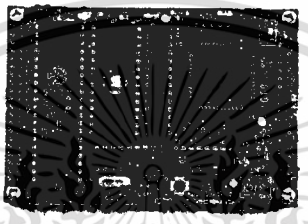
CONTROL PORT = 43H



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19 พอร์ตใช้งานของบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ Z80V1

จากรูปที่ 3.17 เมื่อเป็นบอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ Z80V1 ลักษณะใช้งานจริงแสดงดังในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 บอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ Z80V1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

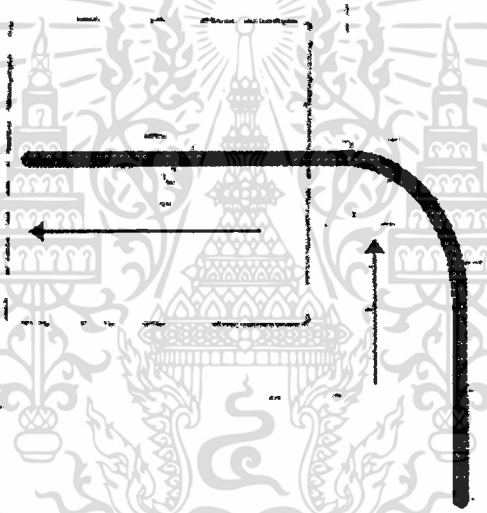
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองโครงงานของเริ่มต้นตั้งแต่ประกอบจนถึงขั้นตอนสุดท้าย ถ้าจะกล่าวพอสังเขปจึงขอยกตัวอย่างดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองให้รถวิ่งตามเส้นทางที่กำหนดไว้ ลักษณะของเส้นทาง ดังแสดงในรูปที่ 4.1

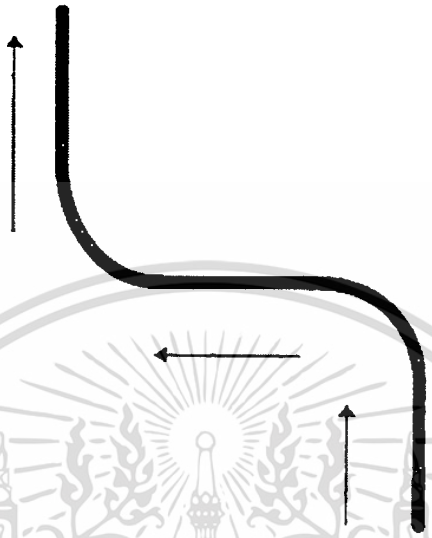


รูปที่ 4.1 เส้นทางที่กำหนดให้รถวิ่ง

เมื่อเริ่มปล่อยให้รถวิ่งไปตามเส้นทางที่ได้กำหนดไว้ ผลปรากฏว่ารถวิ่งไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้อง

4.2 หลังจากที่ทดลองให้รถวิ่งในทิศทางที่ง่ายแล้ว ในตอนนี้จะให้รถวิ่งในเส้นทางที่สับสนยิ่งขึ้น ลักษณะเส้นทางดังแสดงในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ลักษณะเส้นทางที่กำหนดให้รถวิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 บทสรุป

โครงงานรถขนถ่ายอัตโนมัตินี้ ได้สร้างขึ้นเพื่อขนถ่ายวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เพื่อประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายและที่สำคัญเพื่อเอื้ออำนวยความสะดวกสบายให้แก่มนุษย์

5.2 ปัญหาและการแก้ปัญหา

5.2.1ปัญหา

1. เนื่องจากโครงงานรถขนถ่ายอัตโนมัตินี้ ผู้รับผิดชอบไม่ได้ทำการศึกษามาก่อน เพราะเป็นโครงงานที่ทางภาควิชาเสนอมา จึงทำให้การเตรียมตัวด้านต่าง ๆ ไม่พร้อมเท่าที่ควร

2.ในการออกแบบทำโครงงาน มีเวลาน้อย อีกอย่างผู้รับผิดชอบโครงงานทำงานประจำด้วยจึงทำให้โครงงานเสร็จล่าช้า

3. เนื่องจากโครงงานนี้ใช้ทุนสูง และผู้รวมงานมีน้อยคนจึงเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้โครงงานดำเนินไปไม่ต่อเนื่อง

4. หลังจากที่ได้ทำการติดตั้งดีซีมอเตอร์เสร็จ ได้ทำการทดลองให้รถวิ่งโดยบรรทุกคนหนึ่งคนแล้ววิ่งดู ผลปรากฏว่าไม่มีปัญหาอะไร แต่พอใกล้ถึงวันสอบโครงงานเพียง 1 วัน ขณะที่นำรถขึ้นไปบนภาควิชา ผลปรากฏว่าเฟืองเกียร์ดีซีมอเตอร์ลูด

5. ในโครงงานนี้ทำการทดลองโดยใช้งานได้เฉพาะระบบบังคับด้วยมือเท่านั้น ไม่สามารถบังคับได้โดยระบบอัตโนมัติ เนื่องจากมีปัญหาในเรื่องของระบบควบคุมและการโปรแกรม

5.2.2 การแก้ปัญหา

1. พยายามศึกษาค้นคว้าและรวบรวมเอกสารให้ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.แบ่งเวลาและใช้เวลาว่าง ทำโครงงาน

3.พยายามหาทุนมาทำโครงงานเพื่อที่จะให้บรรลุวัตถุประสงค์ เท่าที่จะหามาได้

4. ทำการติดตั้งดีซีมอเตอร์ตัวใหม่

5.2.3 แนวทางการพัฒนา

1.ถ้านำไปใช้งานกลางแจ้สามารถนำไปติดตั้งเป็นรถขนถ่ายเซลแสงอาทิตย์ได้

2.ทำการเปลี่ยนล้อใหม่และใส่พวงมาลัยสามารถนำไปวิ่งบนท้องถนนได้

3.สามารถติดตั้งระบบควบคุมระยะใกลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรรม

1. ศูนย์ภาษาคอมพิวเตอร์, การใช้งาน Z80, กรุงเทพมหานคร, ฟิสิกส์เซ็นเตอร์
2. วิบูรณ์ ชื่นแขก, ไมโครโปรเซสเซอร์, กรุงเทพมหานคร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
3. ไชยยันต์ สุวรรณชีวะศิริ. "เจาะกึ๋นหุ่นยนต์" ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน). กรุงเทพฯ. 2535, ฉบับที่ 115, หน้า 96
4. ประมวล หนูราช, "มอเตอร์กระแสตรง" ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน). กรุงเทพฯ 2535, ฉบับที่ 104, หน้า 265
5. สุพันธ์ อมรเชิดชูกิจ, "สเต็ปเปอร์มอเตอร์" ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน). กรุงเทพฯ 2535, ฉบับที่ 126, หน้า 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้