สำนักหอสมุดกลาง _พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ภาควิชาครุศาตร์วิศวกรรม

คณะครุศาตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ รถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น 2

AUTOMATIC TRANSPORT CAR VERSION 2

ชื่อนักศึกษา

1. นายจงเจริญ	คุ้มบุญ	รหัสประจำตัว	39031104
2. นายธีระศักดิ์	เกตุอ่อน	รหัสประจำตัว	39031114
3. นายสมเกียรติ	แก้วคง	รหัสประจำตัว	39031134
4. นายสุวิท	กมลกลาง	รหัสประจำตัว	39031140

หลักสูตร ครุศาตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

1. อาจารย์ โกศล ตราชู
2. อาจารย์ ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์
3. อาจารย์ กิติพงค์ มะโน

T030126

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ โกศล ตราชู	
2. อาจารย์ ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์	
3. อาจารย์ กิติพงค์ มะโน	
4. อาจารย์ ประเสริฐ เคนพันค้อ	
5. อาจารย์ พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล	

วันเดือนปีที่สอบ วันที่ 27 เมษายน 2541 เวลา 17.00 น ถึง 18.00 น

สถานที่สอบ ห้อง ค 310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....30126
วัน, เดือน, ปี- 8 ธ.ค. 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

รถขนถ่ายอัตโนมัติ รุ่น 2

AUTOMATIC TRANSPORT CAR VERSION 2

นายจงเจริญ คุ้มบุญ

นายธีระศักดิ์ เกตุอ่อน

นายสมเกียรติ แก้วคง

นายสุวิท กมลกลาง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง รถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น 2

AUTOMATIC TRANSPORT CAR VERSION 2

ผู้จัดทำ

1. นายจงเจริญ คุ้มบุญ
2. นายธีระศักดิ์ เกตุอ่อน
3. นายสมเกียรติ แก้วคง
4. นายสุวิท กมลกลาง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม.....

(อาจารย์โกศล ตราชู)

ลงนาม.....

(อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์)

ลงนาม.....

(อาจารย์กิติพงค์ มะโน)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง รถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น 2

AUTOMATIC TRANSPORT CAR VERSION 2

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของระบบไมโครโปรเซสเซอร์, อุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์, อุปกรณ์ส่งสัญญาณภาพ, ระบบควบคุมมอเตอร์, และระบบควบคุมระยะไกล
2. เพื่อวิเคราะห์ออกแบบวงจรควบคุมตามที่ศึกษาไว้
3. เพื่อสร้างวงจรตรวจจับ, วงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง, วงจรควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์, วงจรควบคุมระยะไกล
4. เพื่อสร้างรถขนถ่ายอัตโนมัติต้นแบบขึ้นมาใช้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจการทำงานของระบบไมโครโปรเซสเซอร์, อุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์, อุปกรณ์ส่งสัญญาณภาพ, ระบบควบคุมมอเตอร์, และระบบควบคุมระยะไกล
2. ได้วงจรต้นแบบคือ วงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง, วงจรควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์, วงจรตรวจจับ, วงจรควบคุมระยะไกล
3. ได้วงจรต้นแบบคือ วงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง, วงจรควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์, วงจรตรวจจับ, วงจรควบคุมระยะไกลที่ใช้งานจริงได้
4. ได้รถขนถ่ายอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถขนถ่ายอัตโนมัติ รุ่น 2

นายจงเจริญ คุ้มบุญ
นายธีระศักดิ์ เกตุอ่อน
นายสมเกียรติ แก้วคง
นายสุวิท กมลกลาง

อาจารย์ที่ปรึกษา
นายโกศล ตราชู
นายปิยะ ศุภวราสุวัฒน์
นายกิติพงค์ มะโน

ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอรถขนถ่ายอัตโนมัติ รุ่น 2 ซึ่งพัฒนามาจากรถขนถ่ายอัตโนมัติโดยรถขนถ่ายอัตโนมัติ รุ่น 2 สามารถวิ่งตามทิศทางที่กำหนดได้ โดยใช้การตรวจจับแถบสีขาว , สีดำ และสามารถควบคุมจากระยะไกล ตลอดจนส่งภาพ ณ ตำแหน่งที่รถอยู่มายังผู้ควบคุมได้

รถขนถ่ายอัตโนมัติ รุ่น 2 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS- 51 ควบคุมระบบขับเคลื่อน และระบบการตรวจจับทั้งหมด ระบบขับเคลื่อนจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขับเคลื่อนจากล้อหลัง ในส่วนของระบบควบคุมการเลี้ยวจะใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ รถขนถ่ายอัตโนมัติ รุ่น 2 นี้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ไม่เกิน 100 กิโลกรัม เหมาะที่จะใช้ขนถ่ายสิ่งของในโรงงานขนาดเล็ก และรถขนถ่ายอัตโนมัติไม่เกิดมลพิษทางอากาศและมลพิษทางเสียง เนื่องจากใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC TRANSPORT CAR VERSION 2

MR.JONGCHAREON KUMBUN
MR.TEERASAK KET- ON
MR.SOMKIAT KAEWKONG
MR.SUWIT GAMOLGLANG

ADVISORS

MR.KOSON TRACHU
MR.PIYA SUPAVARASUWAT
MR.KITIPONG MANO

1997

ABSTRACT

This thesis presents an Automatic Transport Car Version 2 developed from Transport Car Automatic. It can be controlled to run in the specific way. It can be control by black and white color bar sensoring principle and remote control and sends the position of the car to the control monitor.

The Automatic Transport Car Version 2 uses the microcontroller to control driving system and sensor system. Driving system uses a DC motor to drive the back wheel. The turning control system uses stepping motor. The Automatic Transport Car Version 2 cannot take things that their weight is over 100 kgs in the small factory. The Automatic transport Car Version 2 dose not have effect for air and voice because it uses 24 volt DC battery.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากเพื่อนและความร่วมมือจากสมาชิกในกลุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสามท่านจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์โกศล ตราชู และอาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ทางด้านข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้าย ขอกราบขอบพระคุณ บิดาและมารดา ผู้เป็นแรงกำลังอันยิ่งใหญ่ ทั้งกำลังใจ กำลังทรัพย์ และเป็นผู้ให้ตลอดมา

อนึ่ง ประโยชน์ และความดีใดๆ ก็ตามที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้แด่ บิดา มารดา และ อาจารย์ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชามาตั้งแต่ต้น จนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของเนื้อหา	2
บทที่ 2. ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 มอเตอร์กระแสตรง	4
2.1.1 หลักการทำงาน	4
2.1.2 คุณสมบัติของมอเตอร์	6
2.2 สเตปปิ้งมอเตอร์	9
2.2.1 ชนิดของสเตปปิ้งมอเตอร์	10
2.2.2 ระบบสเตปปิ้งมอเตอร์	17
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	27
2.4 อุปกรณ์ตรวจจับ	30
2.4.1 โฟโต้ทรานซิสเตอร์	30
2.4.2 อินฟาเรด แอลอีดี	32
บทที่ 3. การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	34
3.1 ส่วนควบคุมกลาง	34
3.2 ตัวตรวจจับ	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.1 ส่วนควบคุมมอเตอร์กระแสตรง	39
3.3.1 ระบบการควบคุมแบบ PWM	39
3.3.2 ส่วนควบคุมมอเตอร์	41
3.4 ส่วนควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์	42
3.5 การควบคุมระยะไกล	43
3.6 ส่วนส่งสัญญาณภาพ	45
3.7 ภาคจ่ายไฟฟ้า	49
3.8 โครงรถ	50
บทที่ 4. การทดลอง และผลการทดลอง	53
4.1 การทดลองภาคต่างๆ ของรถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น 2	53
4.1.1 การทดลองภาคขับมอเตอร์	53
4.1.2 การทดลองภาคตรวจจับ	54
4.1.3 การทดลองภาคควบคุมระยะไกล	55
4.1.4 การทดสอบวัดสัญญาณ ณ ตำแหน่งจุดต่างๆ	60
บทที่ 5. บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและพัฒนา	62
5.1 บทสรุป	62
5.2 ปัญหาในการทำงาน	62
5.3 แนวทางแก้ไขและพัฒนา	63
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	64
ภาคผนวก ข โปรแกรมใช้งาน	68
ภาคผนวก ค วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	86
ภาคผนวก ง รายละเอียดอุปกรณ์	95
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	102
บรรณานุกรม	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ประวัติผู้แต่ง	112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างเบื้องต้นของมอเตอร์กระแสตรง	5
รูปที่ 2.2 หลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์กระแสตรง	5
รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรงทั้งส่วนเคลื่อนที่ได้และเคลื่อนที่ไม่ได้	6
รูปที่ 2.4 แผนภาพแสดงคุณสมบัติของมอเตอร์ขนาด 1 วัตต์และ 80 วัตต์	7
รูปที่ 2.5 วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง	8
รูปที่ 2.6 แผนภาพค่าแรงดันที่เกิดขึ้นในมอเตอร์กระแสตรงกับความเร็วรอบ	9
รูปที่ 2.7 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะต่างๆ	10
รูปที่ 2.8 มอเตอร์ 4 เฟสแบบขั้วเดียว	12
รูปที่ 2.9 การขับแบบขั้วเดียว(ก) วงจรขับมอเตอร์(ข) สัญญาณควบคุม	13
รูปที่ 2.10 มอเตอร์ 4 เฟสแบบ 2 ขั้ว	14
รูปที่ 2.11 การขับมอเตอร์ แบบ 2 ขั้ว	16
2.11.(ก) วงจรขับมอเตอร์	16
2.11 (ข) สัญญาณควบคุม	16
รูปที่ 2.12 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและอัตราการหมุน	17
(ก) มอเตอร์แบบขั้วเดียว (ข) มอเตอร์แบบสองขั้ว	17
รูปที่ 2.13 แผนผังระบบสเตปปิ้งมอเตอร์	17
รูปที่ 2.14 ผลการตอบสนองในการเข้าสู่สภาวะคงตัว	20
2.14 (ก) ผลการตอบสนองเมื่อการหน่วงเวลาน้อย	20
2.15 (ข) ผลการตอบสนองเมื่อการหน่วงเวลาทางไฟฟ้า	20
รูปที่ 2.15 โค้งช่วงเวลาการเพิ่มความเร็วและลดความเร็วมอเตอร์	20
รูปที่ 2.16 ลำดับการส่งสัญญาณควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟส ที่มีวงจรขับ 2 ขั้ว แบบเฟสเดียว	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.17 ลำดับการส่งสัญญาณควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟส ที่มีวงจรขับ 2 ขั้ว แบบ 1 เฟสและ 2 เฟส	22
รูปที่ 2.18 วิธีการกำจัดสไปค์ (ก) กำจัดด้วยไดโอด (ข) กำจัดด้วยไดโอด และความต้านทาน (ค) กำจัดด้วยไดโอดและซีเนอร์ไดโอด	23
รูปที่ 2.19 ตัวอย่างวงจรกำจัดแรงดันสไปค์	24
รูปที่ 2.20 (ก) แสดงวงจรเทียบเคียงขดลวดของสเตปปิ้งมอเตอร์ (ข) แสดงวงจรขับที่มี Forcing Resistance	25
รูปที่ 2.21 วงจรขับแบบสองสถานะ	26
รูปที่ 2.22 วงจรขับแบบชอปเปอร์	27
รูปที่ 2.23 การจัดวางขาของ 8051	28
รูปที่ 2.24 (ก) 8051 บล็อกไดอะแกรมของ MCS-51	29
(ข) ตำแหน่งต่างๆ ของรีจีสเตอร์ต่างๆ และหน่วยความจำเพื่อใช้ ประกอบในการเขียนโปรแกรม	29
รูปที่ 2.25 วงจรสมมูลย์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์	31
รูปที่ 2.26 สัญญาณของโฟโต้ทรานซิสเตอร์	32
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของรถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น2	34
รูปที่ 3.2 วงจรส่วนควบคุมกลาง	35
รูปที่ 3.3 วงจรตรวจจับ	36
รูปที่ 3.4 วงจรตรวจจับที่ใช้งานจริง	37
รูปที่ 3.5 การวางตัวเซนเซอร์ในลักษณะต่างๆ	38
รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมแบบ PWM	39
รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมมอเตอร์	41
รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์	43
รูปที่ 3.9 วงจรเครื่องส่ง	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.10 วงจรเครื่องรับ	45
รูปที่ 3.11 วงจรเครื่องส่งสัญญาณภาพ	47
รูปที่ 3.12 วงจรภาคจ่ายไฟฟ้า	49
รูปที่ 3.13 โครงสร้างของรถ	50
รูปที่ 4.1 สัญญาณ อินพุต ต่อ เอาต์พุต ของภาคส่ง	56
รูปที่ 4.2 สัญญาณที่ภาครับ	56
รูปที่ 4.3 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับน้ำหนัก	59
รูปที่ 4.4 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับ ระยะเวลาที่ใช้งาน	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของมุมสเตป	18
ตารางที่ 4.1 การทดลองกระแสและแรงดันที่มีผลต่อมอเตอร์	54
ตารางที่ 4.2 การทดลองผลตอบสนองพื้นสีกับอุปกรณ์ตรวจจับ	54
ตารางที่ 4.3 การทดลองระยะห่างจากพื้นของอุปกรณ์ตรวจจับ	55
ตารางที่ 4.4 ความเร็วที่วัดได้เมื่อไม่รับน้ำหนัก	57
ตารางที่ 4.5 ความเร็วที่วัดได้เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 50 กิโลกรัม	57
ตารางที่ 4.6 ความเร็วที่วัดได้เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 80 กิโลกรัม	58
ตารางที่ 4.7 ความเร็วที่วัดได้เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 100 กิโลกรัม	58
ตารางที่ 4.8 ความเร็วที่วัดได้เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 120 กิโลกรัม	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันเทคโนโลยีและสิ่งอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก ซึ่งทำให้เกิดความคล่องตัวในการทำงาน ตลอดจนการดำเนินธุรกิจ และการคมนาคมขนส่ง ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้จะเป็นตัวตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ได้อย่างรวดเร็ว ประหยัดเวลา และที่สำคัญมนุษย์เองก็ใช้เทคโนโลยีเหล่านี้เป็นเครื่องทุ่นแรง ในการทำงาน ทั้งนี้ เพื่อความสะดวกในการขนถ่ายวัสดุในโรงงาน ขนาดเล็กที่ไม่ต้องการให้คนงานเข้ามาในพื้นที่ที่เครื่องจักรกำลังทำงานหรือไม่สะดวกที่จะให้คนงานเป็นผู้ขนย้ายสิ่งของและอุปกรณ์ต่างๆ เพราะฉะนั้นจึงต้องใช้ยานพาหนะในการขนถ่ายวัสดุหรืออุปกรณ์จากจุดหนึ่ง ไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่เป็นไปอย่างอัตโนมัติในเส้นทางที่ต้องการ

รถขนถ่ายอัตโนมัติ รุ่น 2 สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงาน เป็นการอาศัยพลังงานเครื่องจักรแทนพลังงานคน นอกจากนี้ในขณะที่รถขนถ่ายอัตโนมัติกำลังทำงานอยู่จะไม่มีเสียงดังรบกวน และไม่มีควันพิษที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศและที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งปริญญานิพนธ์ชุดนี้ได้มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไข และเพิ่มเติมจากปริญญานิพนธ์ชุดเดิม ให้มีขีดความสามารถของโครงงานที่ดีกว่าและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

การทำงานของรถขนถ่ายอัตโนมัติ รุ่น 2 สามารถเคลื่อนที่ได้เองโดยอัตโนมัติตามเส้นทางที่กำหนด ซึ่งมีชุดตรวจจับโดยใช้อินฟาเรดสร้างขึ้นเป็นวงจรใช้สำหรับตรวจจับแถบสีขาวและสีดำที่สร้างเป็นเส้นทางวิ่งของรถ และในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนแปลงการวิ่งในเส้นทางที่ไม่มีแถบสีหรือต้องการควบคุมรถก็สามารถเปลี่ยนมาใช้การควบคุมจากสวิตช์ที่ติดตั้งอยู่ที่รถเพื่อควบคุมการทำงาน ซึ่งไม่ว่าจะเป็นการ เลี้ยวซ้าย, เลี้ยวขวา, เดินหน้า, ถอยหลัง หรือหยุดรถ ส่วนอีกระบบหนึ่งคือการควบคุมจากระยะไกลโดยใช้การบังคับแบบใช้คลื่นความถี่วิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในขณะที่รถกำลังเคลื่อนที่อยู่นั้นก็สามารถที่จะรู้ตำแหน่งที่อยู่ และเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถโดยดูจากจอมอนิเตอร์ซึ่งจะรับภาพที่ส่งมาจากเครื่องส่งที่ติดตั้งไว้ที่ด้านหน้าของรถ

รถขนถ่ายอัตโนมัติ รุ่น 2 สามารถรับน้ำหนักในการบรรทุกได้ 100 กิโลกรัม ซึ่งเหมาะที่จะใช้งานในโรงงานขนาดเล็กเพื่อใช้ขนถ่ายวัสดุหรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ไม่ต้องการใช้แรงคนในการขนย้ายและเนื่องจากรถขนถ่ายอัตโนมัติ รุ่น 2 ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จึงไม่เกิดมลพิษทางอากาศและไม่มีมลพิษทางเสียงด้วย

1.3 ขอบเขตของเนื้อหา

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับบนี้ แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อช่วยให้สะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังต่อไปนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ประกอบด้วยเนื้อในทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้ผู้อ่านได้มีความรู้ความเข้าใจที่เป็นพื้นฐานเสียก่อน จะเป็นประโยชน์ต่อความเข้าใจกับวงจรที่จะใช้งานจริงซึ่งจะกล่าวต่อไป ได้แก่ มอเตอร์กระแสตรง,ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51,สเตปปิ้งมอเตอร์, และอุปกรณ์รับแสง

บทที่ 3 การออกแบบการสร้างและการทำงาน โดยกล่าวถึงการสร้างและการออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ รวมทั้งหลักการทำงานในส่วนต่างๆ ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านมีความเข้าใจการทำงานโดยรวมของโครงงานนี้มากขึ้น โดยเนื้อหาในส่วนนี้ได้แก่ การออกแบบส่วนตัวตรวจจับ, ส่วนควบคุมมอเตอร์กระแสตรง, ส่วนควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์, การควบคุมระยะไกล, โครงสร้างของรถ และผังการทำงานของโปรแกรม

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงขั้นตอนการทดลอง และการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของโครงงาน เพื่อตรวจสอบว่าโครงงานนี้สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่ ซึ่งประกอบด้วยการทดลองโดยใช้การควบคุมโดยกดปุ่มสวิตช์, การทดลองโดยใช้การควบคุมระบบอัตโนมัติ, ทดลองโดยใช้การควบคุมจากระยะไกล และสัญญาณ ณ ตำแหน่งจุดต่างๆ

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและพัฒนา เป็นการสรุปผลการทำงาน และได้เสนอแนะแนวทางในการแก้ไข และแนวทางในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพ และการใช้งานอย่างกว้างขวางมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในภาคผนวกแสดงรายละเอียดของโปรแกรม และรายการอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้จัดทำโครงงานนี้

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ, รถขนถ่ายอัตโนมัติ, การวางอุปกรณ์ภายใน และ ชุดควบคุมระยะไกล

ภาคผนวก ข โปรแกรมใช้งาน, โปรแกรมควบคุมชุด PWM, โปรแกรมหลัก

ภาคผนวก ค วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์, วงจรตรวจจับ, วงจร PWM, วงจรควบคุมระยะไกลและวงจรแสดงผล

ภาคผนวก ง รายละเอียดอุปกรณ์, วงจร PWM, วงจรตรวจจับ, วงจรควบคุมระยะไกล

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน, การใช้งานใน Manual Mode, การใช้งานใน Remote Control Modeและการใช้งานใน Automatic Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 มอเตอร์กระแสตรง

2.1.1 หลักการทำงาน

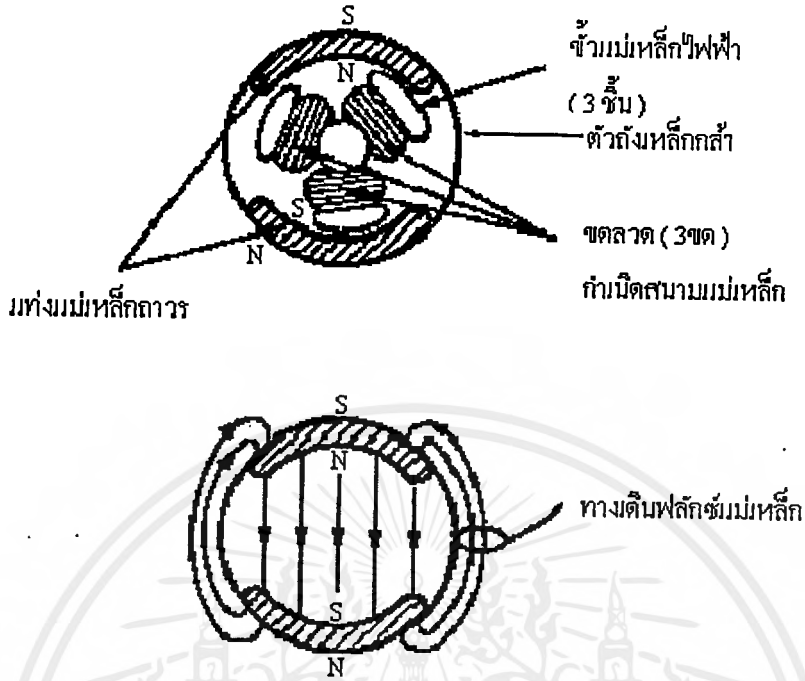
แม้ว่ามอเตอร์กระแสตรงมีหลายชนิดและมีขอบเขตการใช้งานอย่างกว้างขวางแต่มอเตอร์กระแสตรงทุกชนิดมีหลักการในการทำงานเช่นเดียวกัน คือการผ่านกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดในสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็ก สัดส่วนของแรงนี้ขึ้นอยู่กับกระแสและกำลังของสนามแม่เหล็ก แรงจะเกิดขึ้นเป็นมุมฉากกับกระแสและสนามแม่เหล็กขณะที่ทิศทางของแรงจะกลับตรงกันข้ามถ้ากระแสของสนามแม่เหล็กไหลย้อนกลับ การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กและกระแสจะเป็นผลทำให้ทิศทางของแรงเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ด้วยคุณสมบัติเช่นนี้ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลับทิศทางการหมุนได้

มาพิจารณาถึงส่วนของแท่งแม่เหล็กถาวร สนามแม่เหล็กของมอเตอร์ที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนของแท่งแม่เหล็กถาวร ซึ่งจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็กหรือชิ้นส่วนที่เป็นเหล็กกล้าและบางแบบที่ทำตัวถังเป็นแม่เหล็ก โดยปกติส่วนนี้จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ของมอเตอร์ ขดลวดเหนี่ยวนำจะถูกพันอยู่บนส่วนที่เป็นแกนหมุนของมอเตอร์

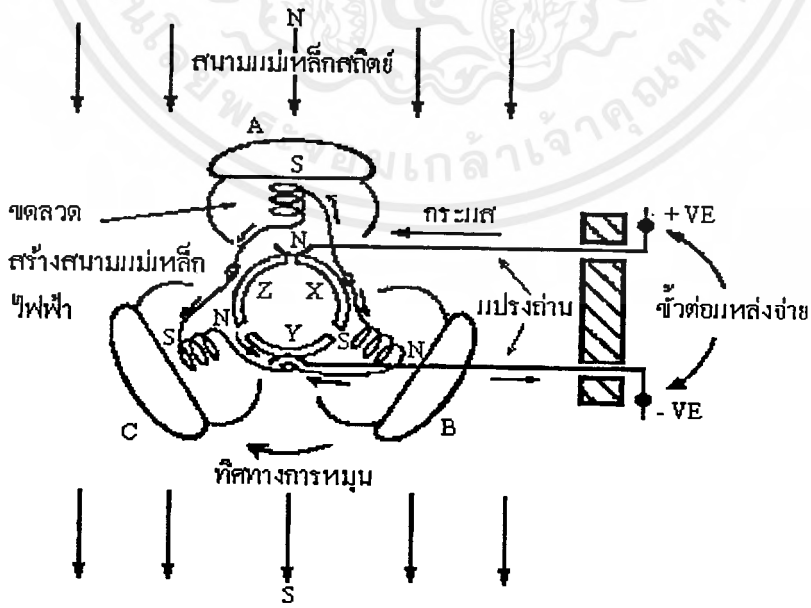
โครงสร้างทั่วๆ ไปของมอเตอร์กระแสตรงแยกเป็น 3 ส่วน ดังรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของมอเตอร์รุ่นเล็กๆ ทางเดินของฟลั๊กซ์แม่เหล็กและสนามแม่เหล็กซึ่งเกิดจากแท่งแม่เหล็กเฟอร์ไรต์สองชิ้นขึ้นรูป เป็นแบบโค้งยึดติดกับตัวถังได้พอดี เพื่อที่จะให้เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งเข้าสู่ใจกลางของมอเตอร์ ความเข้มของสนามแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับความหนาของแม่เหล็กด้วย ฟลั๊กซ์แม่เหล็กจะวิ่งไปบนตัวถัง กระแสไฟฟ้าในขดลวดที่พันอยู่กับทุ่นโรเตอร์จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต้านกับแม่เหล็กถาวร เกิดเป็นแรงบิดหมุนแท่งโรเตอร์ไปตามทิศทางเดียวกับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่มีแรงมากกว่า

กระแสจะไหลผ่านไปยังทุ่นโรเตอร์ โดยผ่านแปรงถ่าน ซึ่งสัมผัสกับ แหวนตัวนำบนทุ่นโรเตอร์ แหวน(คอมมิวเตเตอร์) ถูกแบ่งเป็น 3 ส่วน ทำหน้าที่นำกระแสเข้าขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างเบื้องต้นของมอเตอร์กระแสตรง

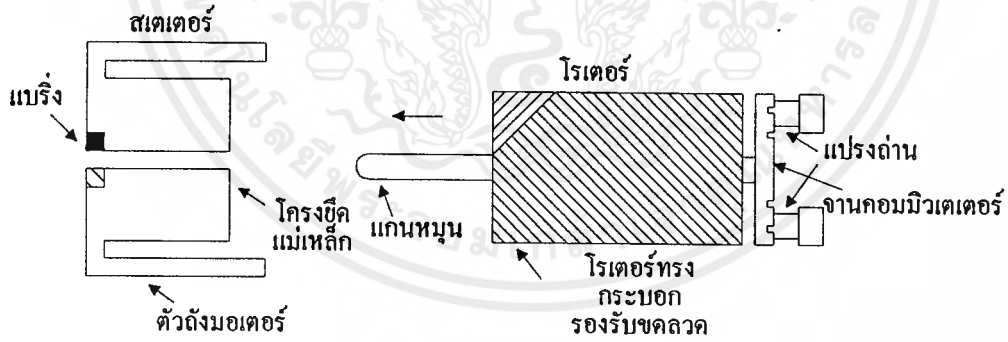


รูปที่ 2.2 หลักการทำงานอย่างง่ายของมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นการทำงานของมอเตอร์ กระแสในขดลวด B จะมีทิศทางตรงข้ามกับกระแสในขดลวด A และ C โดยที่ขดลวดทั้ง 3 ต่อกันในลักษณะอนุกรม

ทิศทางการไหลของกระแสในขดลวด B ทำให้ขั้วแม่เหล็ก B มีสภาพเป็นขั้วเหนือถูกดูดไปทางขั้วใต้ของแม่เหล็กสถิตย์ ส่วนขดลวด A และ C มีสภาพเป็นขั้วใต้ จึงถูกดูดไปทางขั้วเหนือ แรงดูดแบบนี้ทำให้ทุ่นโรเตอร์เกิดแรงบิดมีทิศทางตามเข็มนาฬิกาเมื่อโรเตอร์หมุนไปได้เล็กน้อย แปรงถ่านจะสัมผัสกับส่วนของ Z ของคอมมิวเตเตอร์เป็นผลให้กระแสในขดลวด A มีทิศทางตรงข้ามกับตอนแรก ส่วนทิศทางของกระแสในขดที่เหลืออีก 2 ขดไหลทิศทางเดิม ขั้ว A ก็จะกลายเป็นขั้วเหนือและถูกหักออกจากขั้วเหนือของแม่เหล็กสถิตย์ไปยังขั้วใต้แทน ในลักษณะที่กล่าวมา จึงทำให้มอเตอร์หมุนต่อไปได้ เมื่อขั้ว B อยู่ตรงกับขั้วใต้ของแม่เหล็กสถิตย์ แปรงถ่านขั้วลบจะเปลี่ยนจากอาเมเจอร์ส่วนของ Y และส่วนของ Z กระแสในขดลวด B มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางเดิม และขั้ว B ซึ่งเป็นขั้วใต้จะถูกผลักออกจากขั้วใต้ของแม่เหล็กสถิตย์ การหมุนจะเป็นวัฏจักรในทิศทางนี้ตลอดไปเรื่อยๆ จนกว่ากระแสภายนอกจะกลับทิศทาง



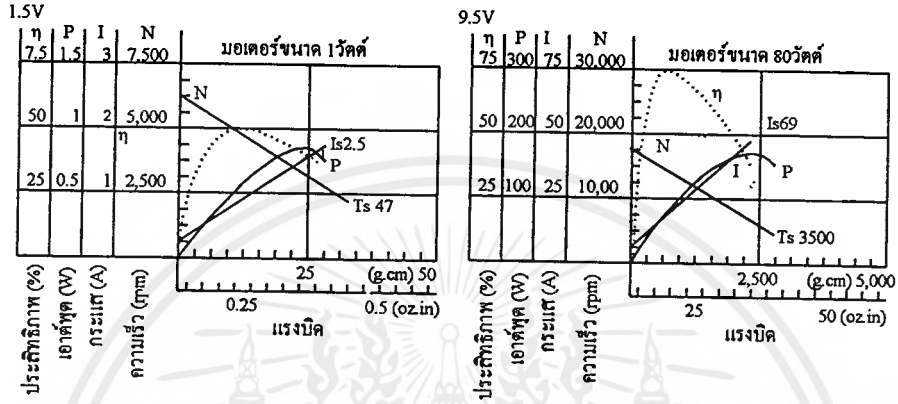
รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรงทั้งส่วนที่เคลื่อนที่ได้และเคลื่อนที่ไม่ได้

2.1.2 คุณสมบัติของมอเตอร์

ในหัวข้อที่กล่าวมาแล้วกล่าวว่า แรงที่เกิดจากกระแสที่ผ่านตัวนำเข้าไปยังสนามแม่เหล็กต้องมีสภาวะที่เหมาะสมนั้นทำให้เกิดข้อจำกัดของแรงบิดในตัวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 แสดงแผนภาพคุณสมบัติของมอเตอร์ขนาดเล็กที่มีขนาดกำลังประมาณ 1 วัตต์ และอีกรูปหนึ่งแสดงแผนภาพของมอเตอร์ขนาดใหญ่มีกำลังประมาณ 80 วัตต์ เปรียบเทียบโดย ให้แรงดันคงที่



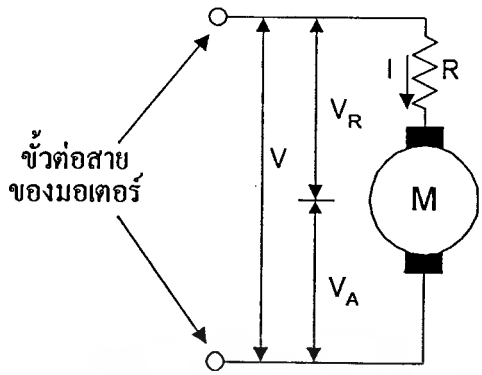
รูปที่ 2.4 แผนภาพคุณสมบัติของมอเตอร์ ขนาด 1 วัตต์ และ 80 วัตต์

สังเกตได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงบิดเป็นเส้นตรงถ้าไม่คำนึงถึงแรงดันที่ป้อนให้ และความเร็วในการหมุน จะพบว่าอัตราส่วนแรงบิด และกระแส (T/I) ทุกจุดจะเท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ, กำลังของแม่เหล็ก, ชนิด และจำนวนของแผ่นเหล็กในทุ่นโรเตอร์สเตเตอร์และช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์

ความสัมพันธ์ที่สองที่ได้จากแผนภาพคือความเร็วเปรียบเทียบกับแรงบิด ซึ่งความเร็วขณะไม่มีโหลดจะมีแผนภาพเป็นเส้นตรง เพื่อที่จะอธิบายคุณสมบัติของมอเตอร์ให้ละเอียดมากยิ่งขึ้น ต้องพิจารณาแรงดันที่ป้อนและความต้านทานของโรเตอร์ด้วย วงจรภายในมอเตอร์เขียนได้ดังรูปที่ 2.5 โดยสมมติให้ทุ่นโรเตอร์ไม่มีความต้านทานอยู่เลย อนุกรมกับความต้านทาน ซึ่งก็คือความต้านทานของขดลวดนั่นเอง

แรงดันที่ขั้วต่อสายของมอเตอร์คือผลบวกระหว่างแรงดันที่ทุ่นโรเตอร์ (V_A) และแรงดันตกคร่อมความต้านทานขดลวด (V_R)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง

แรงดัน V_A ถูกเรียกว่าแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำป้อนกลับ (BACK EMF) ซึ่งเกิดขึ้นในขดลวดโรเตอร์ขณะที่หมุน แรงดันที่เกิดขึ้นนี้เป็นไปตามกฎของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของตัวนำ ในสนามแม่เหล็กสัมพันธ์กับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำแม่เหล็ก และความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวนำ แรงดันที่เกิดขึ้นจะมีขั้วตรงข้ามกับแรงดันที่ป้อนให้มอเตอร์และแปรผันตรงกับความเร็วของการหมุนของผลบวกของแรงดันที่ทุ่นโรเตอร์ (V_A) และแรงดันตกคร่อมขดลวด (V_R) ต้องเท่ากับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ (V)

$$V = V_A + V_R \quad (V) \tag{2.1}$$

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

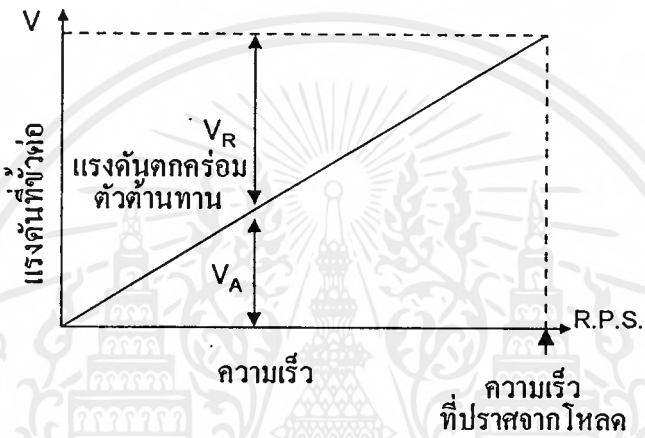
$$I = V_R / R \quad (A) \tag{2.2}$$

เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนจะมีความเร็วและ V_A เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามความเร็ว V_R ซึ่งมีค่าเท่ากับ ความแตกต่างระหว่าง V_A และ V จะเริ่มลดลง กระแส (I) จะเริ่มลดลง เช่นกัน ขณะที่มอเตอร์ยังมีความเร่งอยู่ความเร็วจะเพิ่มขึ้น แรงบิดจะลดลงจนกว่าจะถึงจุดซึ่งแรงบิดของมอเตอร์รับภาระโหลดได้สมดุลย์พอดี ขณะที่มอเตอร์ไม่มีโหลดและหมุนได้อย่างอิสระจะมีเพียงแต่ค่าความฝืดของลูกปืนและแรงต้านของอากาศ ทำให้ค่า V_A เกือบจะเท่ากับค่า V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.6 แรงดันที่ป้อนให้ของมอเตอร์ก็คือผลบวกของ V_A และ V_R ที่ทุกๆ ความเร็ว ส่วนกระแสและแรงบิดจะแปรผันตรงกับ V_R ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วเมื่อเทียบกับเปอร์เซนต์ ขณะที่แรงดันจากภายนอกคงที่จะเป็นเส้นตรงเช่นกันสามารถสรุปได้ว่า

ความเร็ว = 1 - แรงบิด (2.3)



รูปที่ 2.6 แผนภาพค่าแรงดันที่เกิดขึ้นในมอเตอร์กระแสตรงกับความเร็วรอบ

2.2 สเตปปิ้งมอเตอร์

สเตปปิ้งมอเตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตอล ไปสู่การเคลื่อนที่ทางกลอย่างได้สัดส่วนกัน โดยที่แกนหรือโรเตอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้มักถูกควบคุมให้หมุนเป็นลำดับขั้น

ประโยชน์จากการใช้งานสเตปปิ้งมอเตอร์ที่มีการควบคุมโดยใช้สัญญาณดิจิตอลคือ มีความถูกต้องเที่ยงตรงและสามารถเปลี่ยนตำแหน่งของโหลด ได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากแต่ละอินพุตพัลซ์ จะทำให้สเตปปิ้งมอเตอร์เคลื่อนที่ไปหนึ่งสเตป อย่างเที่ยงตรง

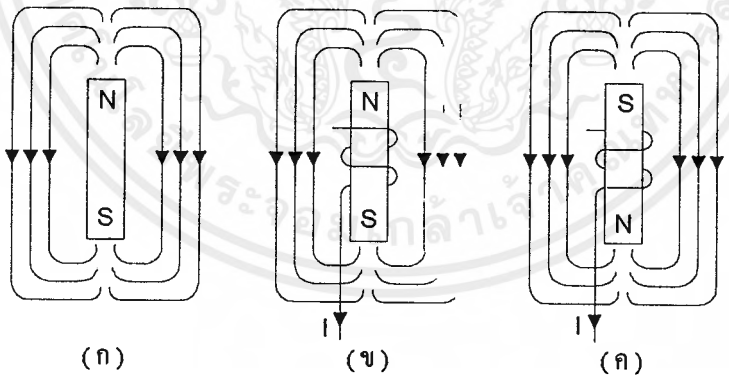
เมื่อพิจารณาในแง่ทางกลจะพบว่าสเตปปิ้งมอเตอร์มีความเที่ยงตรงที่ยอมรับได้ ซึ่งในการเปลี่ยนตำแหน่งอย่างง่ายอาจใช้สวิตช์ ในการควบคุมมอเตอร์ นั่นคือ สร้างวงจรควบคุมมอเตอร์ได้ง่าย ถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิภาพของส่วนควบคุมให้ดีขึ้น อาจใช้ไอซีที่มีความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงเนื่องจากประกอบด้วยมอสเฟตอยู่ภายใน จึงได้กำลังงานสูง ความเร็วสูง และต้นทุนต่ำ ความสะดวกในการใช้งานนี้เองจึงทำให้นำไปสู่การใช้งานอย่างแพร่หลาย

การได้รับประโยชน์จากการใช้สเตปปิ้งมอเตอร์อย่างเต็มที่นั้นขึ้นอยู่กับการขับอย่างถูกต้องเหมาะสม ซึ่งภาคขับนี้จะต้องประกอบไปด้วย แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ โดยอาจจะเป็นทรานซิสเตอร์หรือมอสเฟต และแหล่งจ่ายสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตอล ซึ่งมีลักษณะเป็นพัลซ์ เพื่อใช้ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

ทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่สเตปปิ้งมอเตอร์ถูกควบคุมโดยการทำงานของอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ ดังนั้นสเตปปิ้งมอเตอร์จะหมุนไปหนึ่งช่วงในแต่ละอินพุตพัลซ์ที่ป้อนเข้าสู่วงจรอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ ซึ่งขนาดมุมที่หมุนไป จะขึ้นอยู่กับการออกแบบสเตปปิ้งมอเตอร์ โดยมีค่าตั้งแต่ 1.8° ถึง 15° ถ้าส่งสัญญาณไปยังวงจรสวิตช์ชิ่ง 24 พัลซ์ โดยมีค่าของหนึ่งช่วงการหมุนเท่ากับ 15° สเตปปิ้งมอเตอร์ก็จะหมุนไปครบ 1 รอบพอดี เวลาที่ใช้ในการหมุนครบ 1 รอบ ขึ้นอยู่กับอัตราการจ่ายสัญญาณพัลซ์ควบคุมโดยสัญญาณนี้อาจถูกผลิตโดยวงจรกำเนิดสัญญาณ ที่ปรับความถี่ได้หรือจากไอซีควบคุม



รูปที่ 2.7 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะต่างๆ

(ก) สนามแม่เหล็กที่เกิดจากแม่เหล็กถาวรมีทิศทางพุ่งจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้

(ข) สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแส (I)

(ค) ขั้วแม่เหล็กกลับทิศทางเมื่อขดลวดถูกพันกลับทิศทาง และทิศทางการไหลของกระแสไม่เปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ชนิดของสเตปปิ้งมอเตอร์

สเตปปิ้งมอเตอร์ แบ่งออกได้ 3 ชนิด คือ

- สเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร
- สเตปปิ้งมอเตอร์แบบค่ารีลัคแตนซ์แปรค่าได้
- สเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริด

ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

สเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

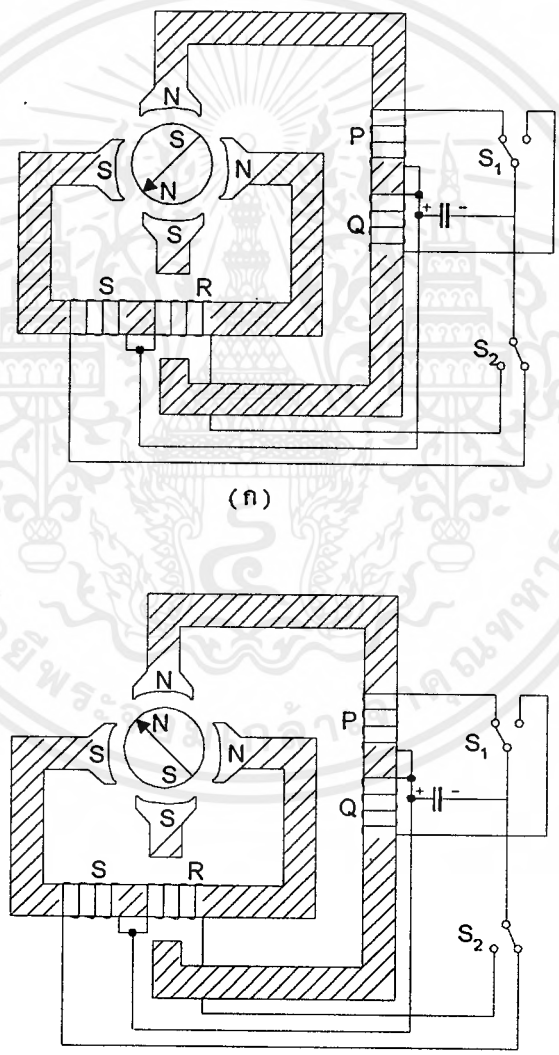
มุมการหมุน (Step angle) ของมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนขั้วแม่เหล็กบนส่วนที่อยู่กับที่หรือเรียกว่า สเตเตอร์และจำนวนขั้วแม่เหล็กบนส่วนเคลื่อนที่หรือที่เรียกว่าโรเตอร์ เนื่องจากโรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรรูปทรงกระบอกจำนวนขั้วแม่เหล็กจึงถูกจำกัดสูงสุดที่ค่าหนึ่ง การเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโรเตอร์จะทำให้ได้จำนวนขั้วแม่เหล็กบนโรเตอร์เพิ่มมากขึ้น แต่มีข้อเสียคือเกิดแรงเฉื่อยเพิ่มมากตามไปด้วย ซึ่งจะลดประสิทธิภาพขณะเริ่มต้นการหมุนของมอเตอร์ สเตปปิ้งมอเตอร์แบบนี้มีขนาดความกว้างของมุมหนึ่งช่วงการหมุนมาก แต่สามารถลดลงได้โดยการทำให้มีสแต็ค มากกว่าหนึ่งสแต็คขึ้นไป ตามแนวความยาวของมอเตอร์ (สแต็คในที่นี้หมายถึงเฟส ซึ่งประกอบด้วยโรเตอร์ที่เป็นซี่ฟัน และโครงร่างของสเตเตอร์อยู่รอบนอก)

โครงร่างสเตเตอร์ อาจจะประกอบด้วยสองสเตเตอร์หรือมากกว่า โดยในแต่ละขั้วของสเตเตอร์จะมีขดลวดพันอยู่ กระแสที่ไหลผ่านขดลวดจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก โดยมีขั้วเป็นขั้วเหนือหรือขั้วใต้ขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดสเตเตอร์อย่างต่อเนื่องนี้จะสร้างสนามแม่เหล็กหมุน (Rotating magnaticfield) ซึ่งมีผลทำให้โรเตอร์แม่เหล็กถาวรถูกดึงดูดให้หมุนตาม โดยความเร็วการหมุนขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดสเตเตอร์ และจำนวนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ สามารถควบคุมได้ โดยการจัดลำดับการขับเฟสของมอเตอร์ การควบคุมทิศทางของกระแสในขดลวดสเตเตอร์อาจทำได้สองวิธีคือ การขับมอเตอร์แบบขั้วเดียวและการขับมอเตอร์แบบสองขั้วพิจารณาสเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร ซึ่งมี 2 ขั้วที่โรเตอร์ (โดยอันที่จริงอาจมีถึง 24 ขั้ว)

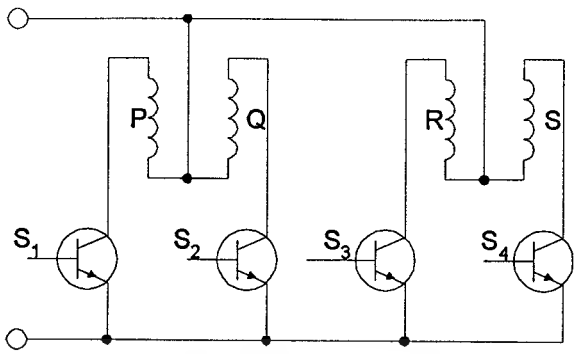
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขับมอเตอร์แบบขั้วเดียว สำหรับการขับมอเตอร์แบบขั้วเดียวนั้น ขดลวดสเตเตอร์ถูกออกแบบให้มีจุดแบ่งกึ่งกลางบนขดลวด จุดนี้จะต่อไปยังขั้วใดขั้วหนึ่งของแหล่งจ่ายไฟ ทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดจะถูกกำหนดโดยการต่อปลายขดลวดเข้ากับขั้วใดขั้วหนึ่งที่เหลืออยู่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า โดยใช้อุปกรณ์ประเภทสวิตช์ชิ่งในการตัดต่อวงจร เช่น ทรานซิสเตอร์ดังรูปที่ 2.9 และการสลับกันทำงานระหว่างขดลวดมีผลทำให้ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์เปลี่ยนแปลง ดังรูปที่ 2.8

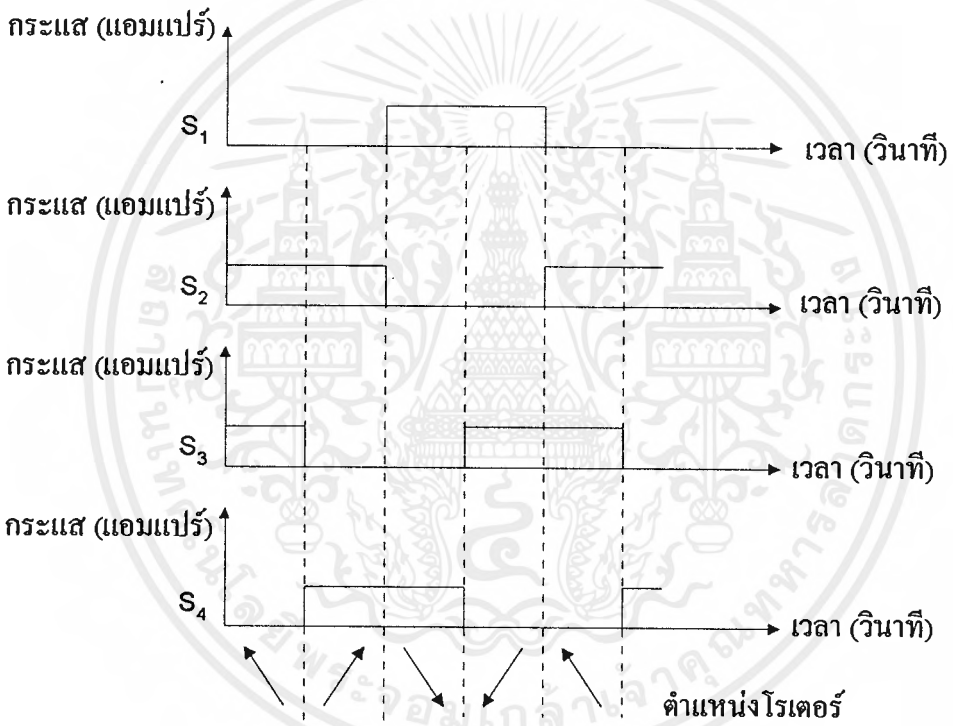


รูปที่ 2.8. มอเตอร์ 4 เฟส แบบขั้วเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจรขับมอเตอร์



(ข) สัญญาณควบคุม

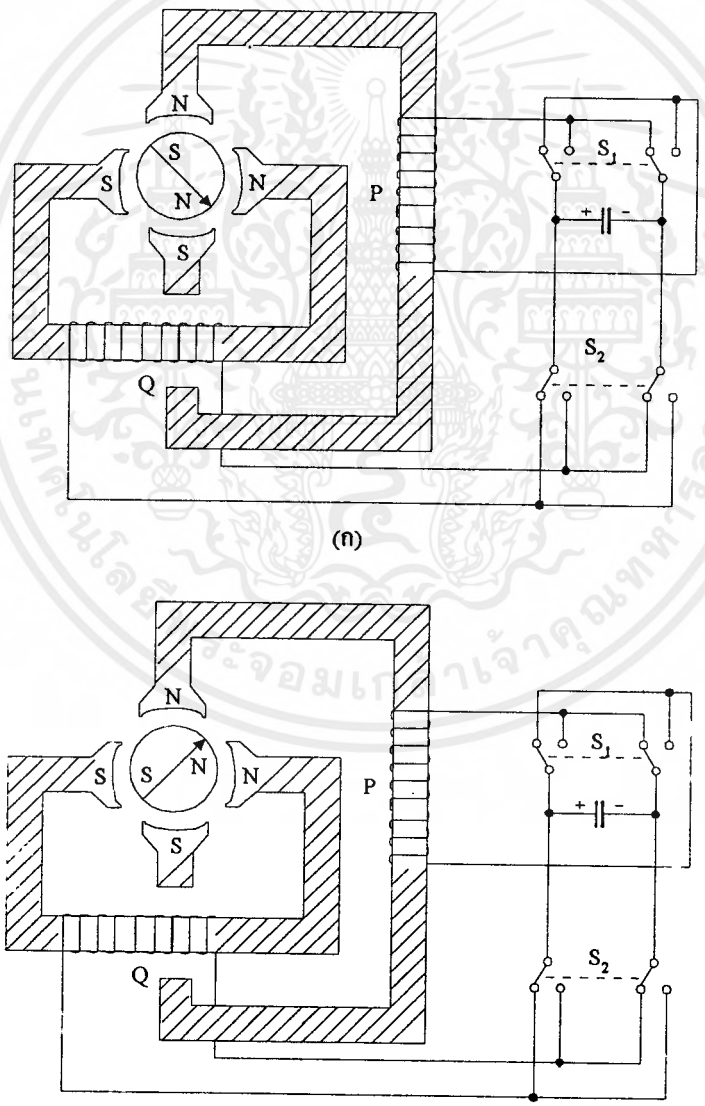
รูปที่ 2.9. การขับแบบขั้วเดียว

รูปที่ 2.8. (ก) สเตปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟส โดยกระแสไฟฟ้าเข้าเฟส P และ S ดังนั้นจะเกิดขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ซึ่งจะดึงดูดให้มอเตอร์หมุนมาอยู่ ณ ตำแหน่งการวางตัวดังรูปที่2.8(ก) ต่อมาเมื่อสวิตช์ S_1 เปลี่ยนตำแหน่ง ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลในเฟส Q และ S ซึ่งจะทำให้สนามแม่เหล็กบนสเตเตอร์กลับทิศทาง ทำให้ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์กลับกันด้วย โรเตอร์จึงหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาอีกตำแหน่งหนึ่งดังรูปที่ 2.8 (ข) แนวลูกศรที่แสดงบนโรเตอร์จะมีทิศทางเดียวกับเส้นแรงแม่เหล็กรวมที่พุ่งออกมาจากสเตเตอร์ จากหลักการทำงานที่กล่าวมา ทำให้สามารถกลับทางหมุนของมอเตอร์ได้โดยการเปลี่ยนลำดับการทำงานของสวิตช์ S_1 และ S_2

รูปที่ 2.9.(ก) วงจรขับมอเตอร์ 4 เฟส แบบขั้วเดียว และรูปที่ 2.9. (ข) สัญญาณควบคุมวงจรสวิตช์ชิ่ง โดยให้สัญญาณพัลซ์ป้อนไปยังขา B ของทรานซิสเตอร์แต่ละตัว จะเห็นว่าที่เวลาใดเวลาหนึ่งจะมีขดลวด 2 เฟส ที่ได้รับกระแสไฟฟ้าในเวลาที่ต่อเนื่องกัน นั่นคือจะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนที่สเตเตอร์เหนี่ยวนำให้มอเตอร์หมุนเคลื่อนที่เป็นลำดับได้



รูปที่ 2.10 มอเตอร์ 4 เฟสแบบ 2 ขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขับมอเตอร์แบบสองขั้ว

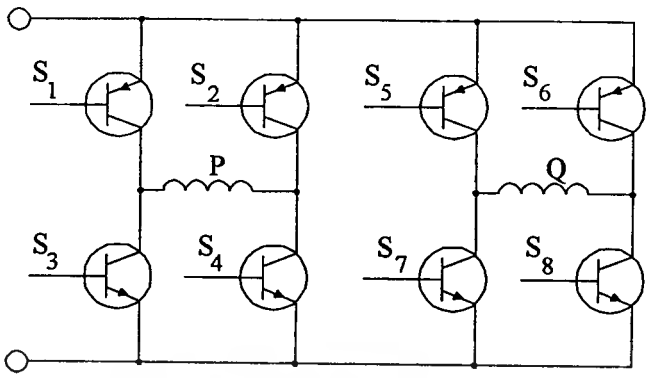
ขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์ที่ออกแบบมาสำหรับการขับแบบสองขั้วนั้นจะไม่มีจุดแบ่งกึ่งกลาง หลักการทำงานของมอเตอร์ที่ขับแบบสองขั้วมีลักษณะเช่นเดียวกับการขับมอเตอร์แบบขั้วเดียวดังรูปที่ 2.10 นั่นคือเมื่อกระแสในเฟส P เปลี่ยนทิศทางโดยการสับสวิตช์ S_1 สนามแม่เหล็กในสเตเตอร์ก็จะเปลี่ยนทิศทาง และโรเตอร์จะมีการเคลื่อนที่ไปหนึ่งลำดับ รูปที่ 2.11 (ก) วงจรขับมอเตอร์ 4 เฟส แบบสองขั้วทรานซิสเตอร์ในวงจรจะทำงานพร้อมกันเป็นคู่ เช่น S_1 กับ S_4 ทำงาน กระแสจะไหลจากขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟไปเข้าทางปลายขดลวด P หรือ S_6 กับ S_7 ทำงาน กระแสจะกลับทิศทางการไหลคือไหลจากขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟมาเข้าขดลวดและออกทางปลาย P เป็นต้น

รูปที่ 2.11 (ข) ลักษณะสัญญาณควบคุมที่ป้อนให้กับวงจรขับมอเตอร์ช่วงเวลาการทำงานของทรานซิสเตอร์ (Switching time) ในวงจรขับแบบสองขั้ว จะต้องมีความเที่ยงตรงกว่าการขับแบบขั้วเดียวมิฉะนั้นอาจจะทำให้เกิดการลัดวงจรแหล่งจ่ายไฟ เพราะทรานซิสเตอร์ตัวบนและล่าง (เช่น S_1 กับ S_2) นำกระแสพร้อมกัน

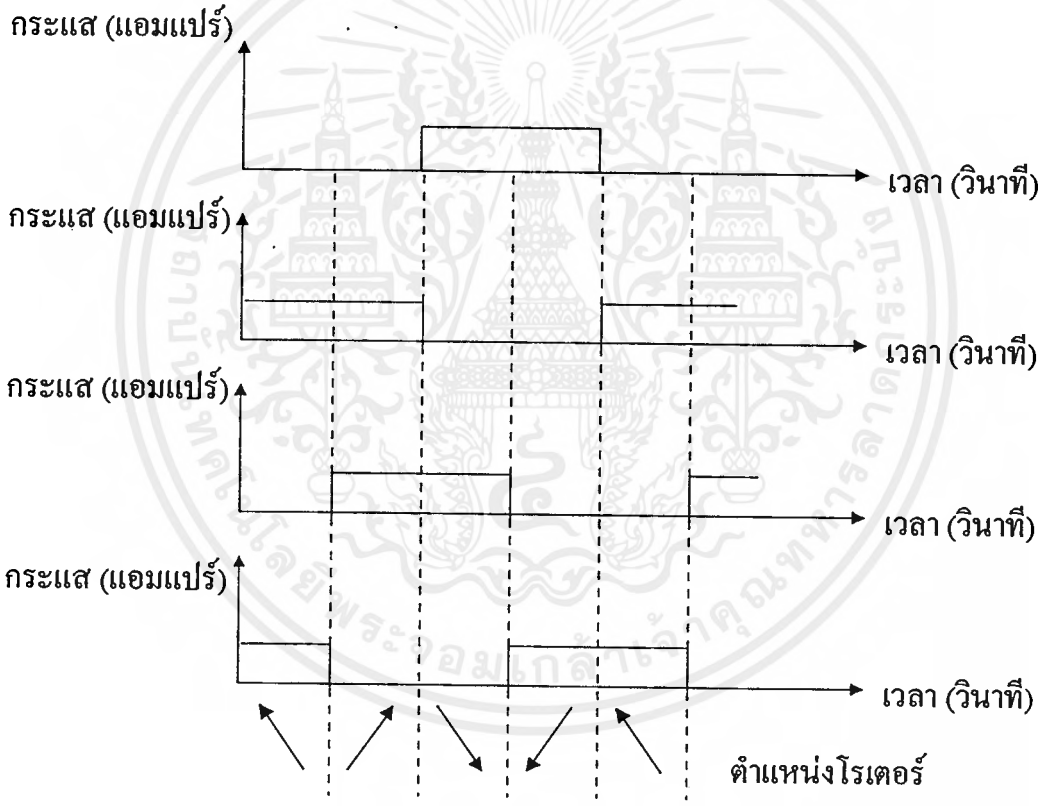
มอเตอร์ที่ขับแบบขั้วเดียวในรูปที่ 2.8 อาจใช้ 2 ขดพันบนบอบบิ้น (Bobbin) ในแต่ละสเตเตอร์ซึ่งเรียกว่าการพันแบบสองแถวสลับกัน (Bifilar winding) ดังนั้นจึงมี 2 ขดที่ถูกยึดบนบอบบิ้นอันเดียวกัน หลักการทำงานจึงเป็นแบบเดียวกับการพันขดลวดขดเดียวในมอเตอร์แบบสองขั้ว แต่มีขนาดลวดเล็กกว่าและความต้านทานสูงกว่า

ประโยชน์จากการขับมอเตอร์แบบสองขั้วแสดงดังรูปที่ 2.12 กล่าวคือ การขับแบบสองขั้วจะสร้างแรงบิดหรือทอร์ค (Torque) ได้มากกว่าการขับแบบขั้วเดียว ที่อัตราช่วงการหมุนต่ำๆ แต่จะมีค่าของแรงบิดใกล้เคียงกัน ที่อัตราช่วงการหมุนสูงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจรขับมอเตอร์

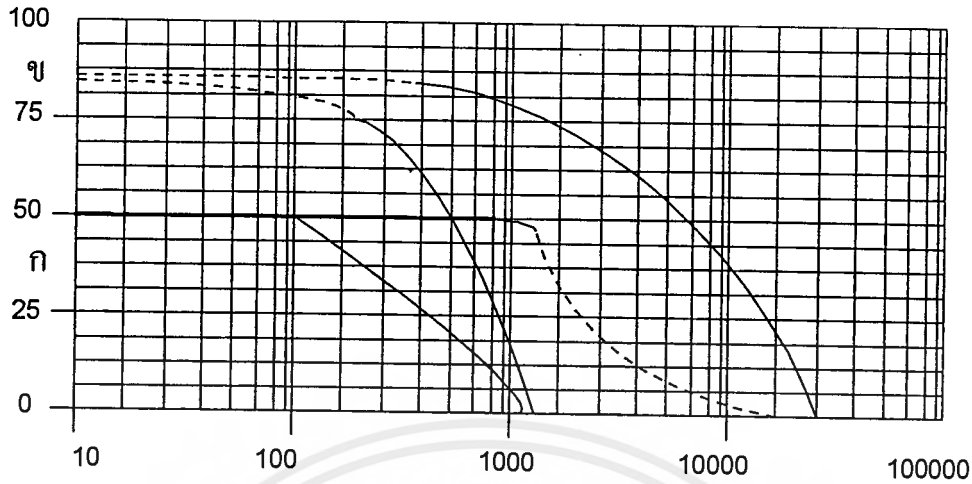


(ข) สัญญาณควบคุม

รูปที่ 2.11 การขับแบบสองขั้ว (ก) วงจรขับมอเตอร์ (ข) สัญญาณควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

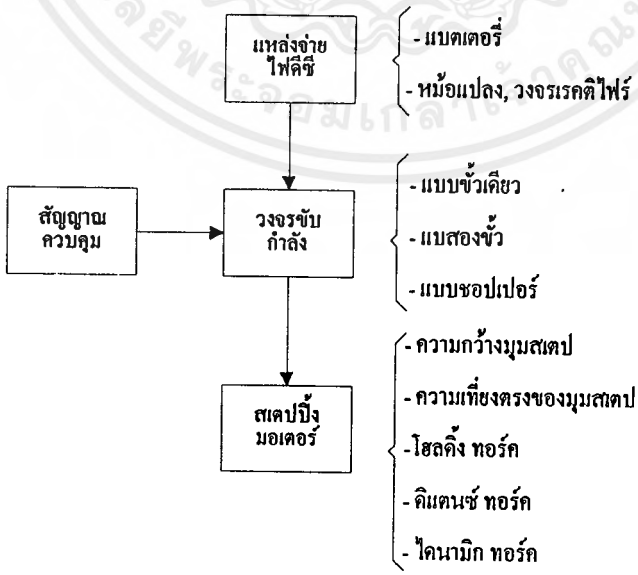


(ก) มอเตอร์แบบขั้วเดียว (ข) มอเตอร์แบบสองขั้ว

รูปที่ 2.12 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและอัตราการหมุน

2.2.2 ระบบสเตปปิ้งมอเตอร์

การเลือกใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในงานบางอย่างนั้น จะต้องมีความเข้าใจคุณลักษณะของมอเตอร์และวงจรที่ใช้ขับมอเตอร์ในรูปที่ 2.13 แผนผังของระบบสเตปปิ้งมอเตอร์



รูปที่ 2.13 แผนผังระบบสเตปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30126

ความถูกต้องเที่ยงตรง ของมุมสเตปขณะที่ไม่มีโหลด จะถูกระบุสำหรับมอเตอร์แต่ละชนิด เช่น มอเตอร์ที่มีสเตป 7.5° ความผิดพลาด ± 10 ลิปดา ขณะเคลื่อนที่ไป หนึ่งสเตป เป็นต้น มอเตอร์ที่มีจำนวนสเตปต่อรอบเท่ากับ 4 จะมีค่าผิดพลาดเป็นศูนย์ เมื่อหมุนครบ1 รอบ เพราะขณะที่หมุนมา ณ ตำแหน่งเดิมขณะเริ่มต้นขั้วแม่เหล็ก และทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กวงเดิม ด้วยเหตุนี้การเปลี่ยนตำแหน่งของสเตปปิ้งมอเตอร์ที่ต้องการความถูกต้องสูงๆ จะต้องแบ่งจำนวนสเตปต่อรอบเป็นจำนวนเท่าของ สี่สเตป เพื่อลดการสะสมของค่าผิดพลาด (Step angle error) ซึ่งเป็นรูปแบบการทำงานแบบสี่สเตปตัวอย่างของมุมสเตป แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของมุมสเตป

มุมสเตป	จำนวนสเตปต่อรอบ
0.9°	400
1.8°	200
3.6°	100
3.75°	96
7.5°	48
15.0°	24

แรงบิด (Torque)

การทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์มีแรงบิดเกี่ยวข้องอยู่ 3 ชนิดคือ

โฮลดิ้งทอร์ค (Holding torque) คือแรงบิดที่ทำให้สเตปปิ้งมอเตอร์เริ่มหมุนไป สองสเตป ขณะหยุดนิ่ง ถ้าแรงบิดที่ทำให้สเตปปิ้งมอเตอร์มีขนาดมากกว่าโฮลดิ้งทอร์ค จะทำให้มอเตอร์สูญเสียการหมุนแบบสเตปกลายเป็นการหมุนแบบต่อเนื่องโดยปกติแรงบิดขณะทำงานของมอเตอร์จะน้อยกว่าระดับโฮลดิ้ง

ดิเตนซ์ทอร์ค (Detent torque) ซึ่งเป็นสเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดและแบบแม่เหล็กถาวรจะมีส่วนประกอบของโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรจะสร้างแรงบิดมาหยุดการหมุนของมอเตอร์อย่างสม่ำเสมอในขณะที่ไม่มีการป้อนกระแสเข้าขดสเตเตอร์ แรงบิดดังกล่าวนี้เรียกว่าดิเตนซ์ทอร์ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดนามิกทอร์ค (Dynamic or working torque) คือแรงบิดขณะทำงานซึ่งอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องมาจากการปรับเปลี่ยนอัตราเร็วของมอเตอร์ โดยปกติการเปลี่ยนอัตราเร็วของมอเตอร์จะอยู่ในย่านระหว่างเส้นโค้งพูลอิน (Pull-in curve) และเส้นโค้งพูลเอ้าต์ (Pull-out corve) เพราะถ้าปรับอัตราเร็ว ณ จุดนอกโค้งพูลเอ้าต์มอเตอร์จะสูญเสียการหมุนแบบเป็นสเตปได้หรือเกิดการหมุนแบบต่อเนื่องนั่นเอง

การแกว่งเข้าสู่สภาวะคงตัว (Over shoot) ขณะที่มอเตอร์ไปในแต่ละสเตป และหยุด ณ สเตปใดๆ จะเกิดการแกว่งหรือสั่นของโรเตอร์ เข้าสู่ตำแหน่งสุดท้ายนั้นๆ และใช้เวลาช่วงหนึ่งในการเข้าสู่สภาวะคงตัว แสดงเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 2.14 (ก) ซึ่งเป็นพฤติกรรมปกติของระบบที่ใช้สัญญาณพัลซ์ โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโหลดและกำลังงานที่ได้รับจากภาคขับมอเตอร์ ผลตอบสนองที่เกิดขึ้นนี้สามารถเปลี่ยนแปลงคือลดเวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัวได้โดยการเพิ่มโหลดที่เป็นแรงเสียดทานเข้าไปในระบบ ซึ่งเป็นลักษณะการแก้ไขทางกล เช่น การใช้เครื่องต่อกำลังไปเพลาโดยใช้ความฝืดไม่ใช่เฟือง

วิธีการแก้ไขทางไฟฟ้า ทำได้โดยหน่วงสัญญาณพัลซ์ลูกสุดท้ายในขบวนพัลซ์ทั้งหมดโดยอาจถูกเปลี่ยนเป็น 3 ส่วนด้วยกัน ดังรูปที่ 2.14 (ข) โดยส่วนแรกที่เวลา t_0 จะเป็นการฟอร์เวิร์ดพัลซ์เวลา t_1 จะป้อนเป็นรีเวิร์สพัลซ์เพื่อชะลอการหมุนของโรเตอร์ ส่วนสุดท้ายที่เวลา t_2 จะเป็นฟอร์เวิร์สพัลซ์ป้อนเพื่อให้โรเตอร์หยุด ณ ตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งวิธีการนี้จะสร้างแรงบิดน้อยกว่าปกติ ดังนั้นจึงลดการสั่นหรือแกว่งของเพลาได้

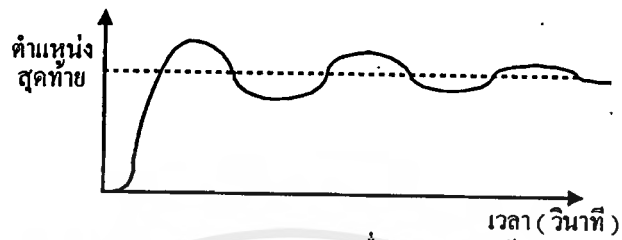
การสเตปที่แตกต่างกัน

มีหลายวิธีด้วยกันในการกำหนดจำนวนสเตปที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง เช่น หมุนไป 90° อาจใช้ทั้งหมด 6 สเตปๆ ละ 15° 12 สเตปๆ ละ 7.5° หรือ 50 สเตปๆ ละ 1.8°โดยทั่วไปแล้วมอเตอร์ที่มีความกว้างของมุมสเตปน้อยจะลดการแกว่งหรือออสซิเลต และจะความมีความแม่นยำดีกว่ามอเตอร์ที่มีความกว้างของมุมสเตปมาก

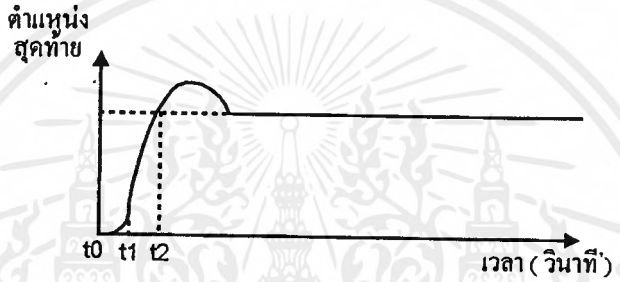
อัตราเร่งของมอเตอร์จะถูกควบคุมโดยวงจร VCO (Voltage controlled oscillator) และช่วงเวลาในการเก็บประจุ (RC time constant) ของคาปาซิเตอร์จะกำหนดอัตราเร่งที่แตกต่างกัน ในรูปที่ 2.15 แสดงอัตราสเตปต่อเวลาซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงคือ ขณะสตาร์ทช่วงแรกความเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มอัตราสเตปอย่างต่อเนื่อง ช่วงที่สองเป็นอัตราสเตปขณะใช้งานสูงสุด และช่วงสุดท้ายเกิดความหน่วง (Deceleration) ลดความเร็วของมอเตอร์ลงมาจนกระทั่งหยุดนิ่ง

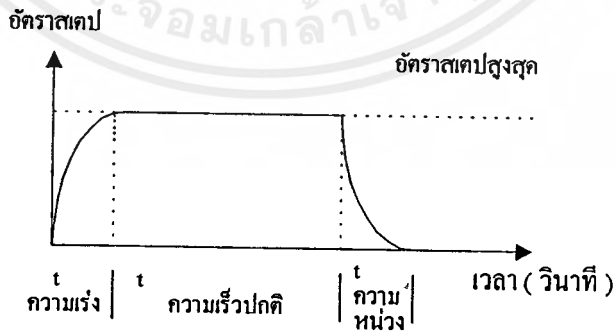


(ก) ผลตอบสนองเมื่อการหน่วงน้อย



(ข) ผลตอบสนองเมื่อมีการหน่วงทางไฟฟ้า

รูปที่ 2.14 ผลตอบสนองในการเข้าสู่สภาวะคงตัว



รูปที่ 2.15 โค้งช่วงเวลาการเพิ่มความเร็วและลดความเร็วของมอเตอร์

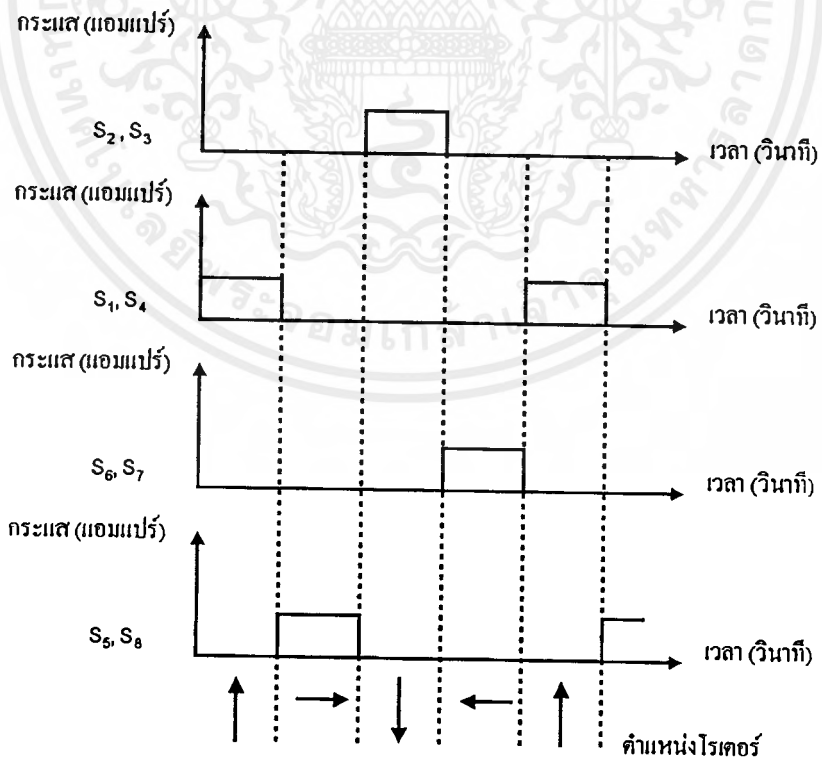
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีโซแนนซ์ (Resonance) สเตปปิ้งมอเตอร์ขณะทำงานไม่มีโหลด โดยการเปลี่ยนความถี่ใช้งานไปในช่วงหนึ่งๆ จะมีความถี่ค่าหนึ่งที่ทำให้เกิดการรีโซแนนซ์ ซึ่งจะเกิดเสียงรบกวนหรือสามารถตรวจสอบได้ด้วยการตรวจจับการสั่นสะเทือน ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการใช้งาน ณ ความถี่เรโซแนนซ์

วิธีขับเฟสสเตปปิ้งมอเตอร์

วิธีที่ใช้ในการขับเฟสสเตปปิ้งมอเตอร์ขึ้นอยู่กับลักษณะการพันของขดลวดและรูปแบบของวงจรขับมอเตอร์

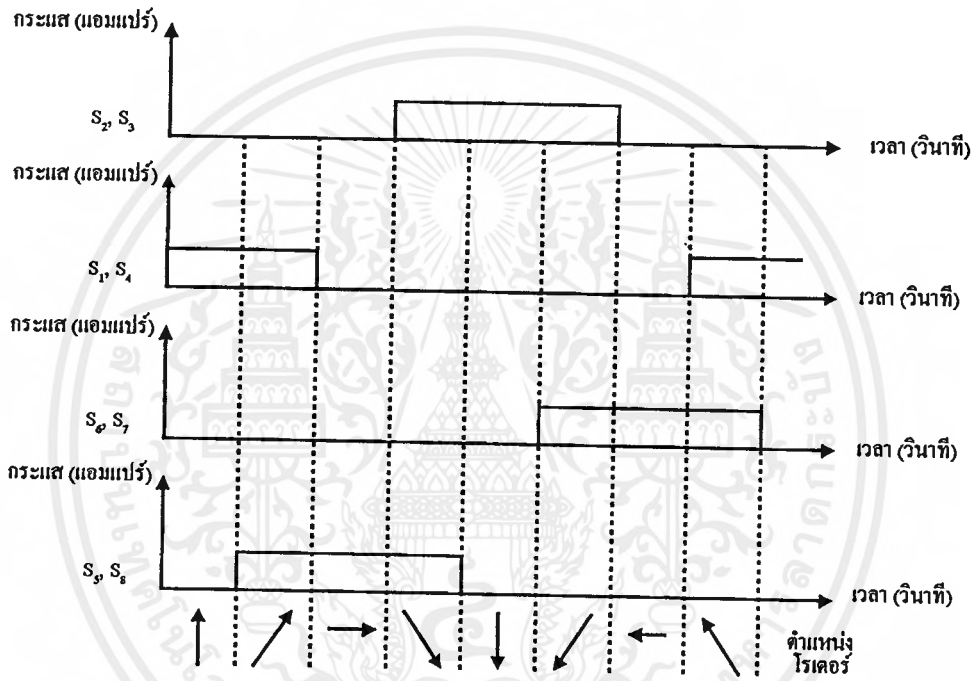
วิธีขับแบบเฟสเดียว (Wave drive) คือ วิธีการขับที่เฟสใดเฟสหนึ่งของมอเตอร์ได้รับกระแสไฟฟ้าที่เวลาใดๆ รูปที่2.16 ลำดับการส่งสัญญาณควบคุมของสเตปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟส ซึ่งมีเฟสเดียวที่ถูกขับ ดังนั้นค่าโฮลดิ้งและไดนามิกทอร์คจะลดลง 30% แต่สามารถชดเชยค่าแรงบิดให้เพิ่มขึ้นได้โดยเพิ่มแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพ สูง แต่มีความแม่นยำของสเตปน้อย



รูปที่ 2.16 สัญญาณควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟสที่มีวงจรขับสองขั้วแบบเฟสดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีขับแบบหนึ่งและสองเฟส (Half-step mode) คือวิธีการขับแบบครึ่งสเตป เช่น ความกว้าง 1 สเตป เท่ากับ 7.5° แต่การขับวิธีนี้จะหมุนไปครั้งละครึ่งสเตป เท่ากับ 3.75° ผลที่ได้รับขณะใช้งานคือโฮลดิ้งทอร์คจะมากและน้อยสลับกันไป เพราะถูกขับ 2 เฟส และ 1 เฟส สลับกัน ดังนั้นค่าแรงบิดเฉลี่ยจะสูงกว่าวิธีขับเฟสเดียว แต่จะมีความแม่นยำน้อยลงขณะที่หมุนครบสเตปลำดับการส่งสัญญาณควบคุม ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 สัญญาณควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟส ที่มีวงจรขับสองขั้วแบบ 1 และ 2 เฟส

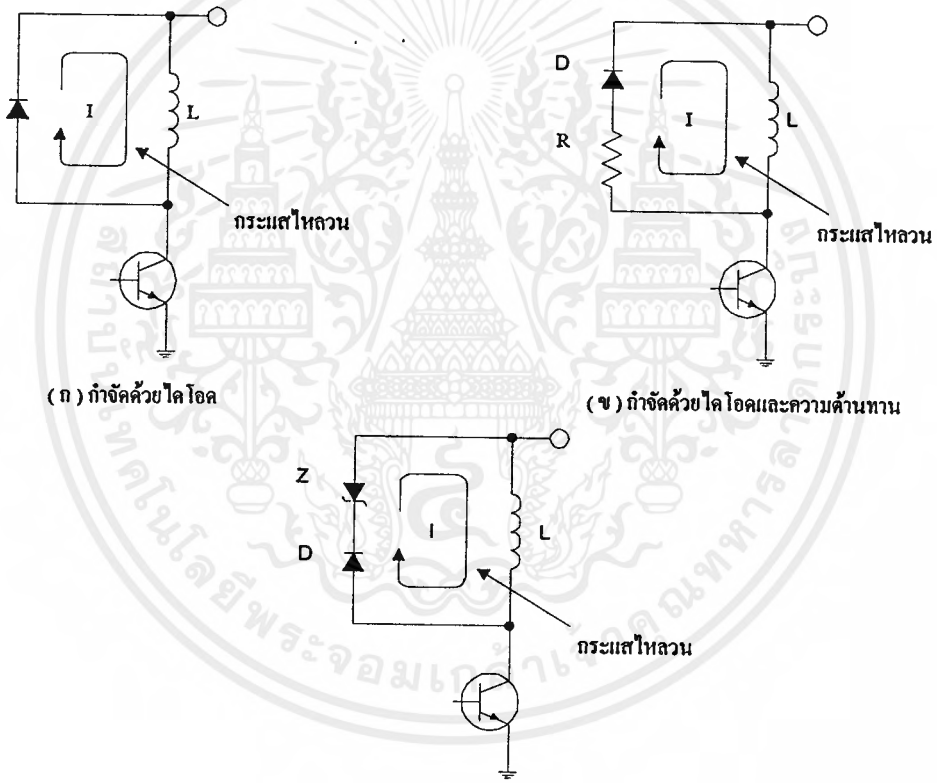
การกำจัดสไปค์ (Spike suppression)

ขณะที่ทรานซิสเตอร์ในวงจรขับมอเตอร์หยุดนำกระแสจะทำให้เกิดค่าแรงดันสูง ซึ่งเกิดการยุบตัวของสนามแม่เหล็กในขดลวด ตามสมการ $V = L\ di/dt$ แรงดันที่เกิดขึ้นนี้ อาจทำให้รอยต่อของทรานซิสเตอร์เสียหายได้ ถ้าไม่กำจัดออกไป ซึ่งปัญหาเหล่านี้แก้โดยใช้วงจรฟรีวิลลิ่ง (Freewheeling circuit) เป็นทางผ่านของกระแส จากขดลวดขณะที่ทรานซิสเตอร์หยุดทำงาน ซึ่งมีรูปแบบดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำจัดโดยใช้ไดโอด (Diode suppression) คือการนำไดโอดมาต่อขนานกับขดลวด ดังรูปที่ 2.18 (ก) หลังจากที่ทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส จะเกิดกระแสไหลวนอยู่เป็นวงกลมรอบขดลวดและไดโอด กระแสนี้จะลดค่าลงตามเวลา วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดแต่การทำให้กระแสไหลวนหมดต้องใช้เวลานาน

การกำจัดโดยใช้ไดโอดและความต้านทาน (Diode and resistor suppression) คือการนำค่าความต้านทานมาอนุกรมกับไดโอด ดังรูป 2.18 (ข) ค่าความต้านทานช่วยให้กระแสไหลวนลดค่าลงเร็วขึ้นเพราะมีค่าเวลาคงตัว (Time constant = L/R) น้อยลง

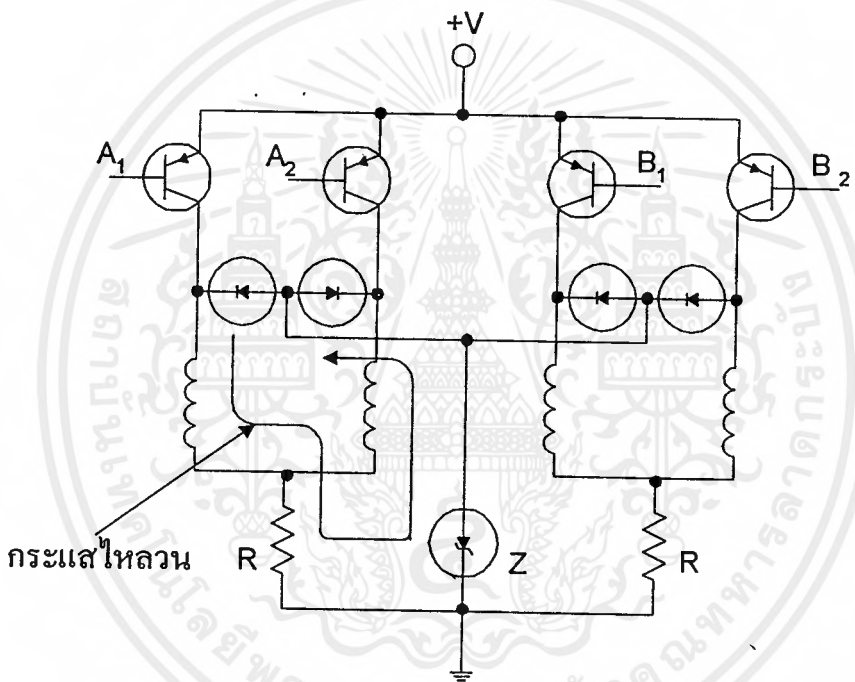


รูปที่ 2.18 วิธีการกำจัดสไปค์

การกำจัดโดยใช้ไดโอดและซีเนอร์ไดโอด (Zener diode and diode suppression) การใช้ไดโอดเพียงอย่างเดียวในการกำจัดแรงดันสไปค์มีข้อเสียคือ แรงบิดที่ได้รับจะลดน้อยลงไป นอกเสียจากว่าแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า ของแหล่งจ่ายแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดัน ซึ่งแรงดันที่สูงขึ้นนี้จะทำให้สนามแม่เหล็กและกระแสไหลวนลดค่าลงอย่างรวดเร็ว ทำให้แรงบิดจึงดีขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงใช้ความต้านทานต่ออนุกรมกันกับไดโอดหรือซีเนอร์ไดโอดต่ออนุกรมกับไดโอดแทน ดังรูปที่ 2.18 (ค) ซึ่งวิธีการใช้ซีเนอร์ไดโอดจะให้ผลดีที่สุด โดยเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการลดค่ากระแสไหลวน และรูปที่ 2.19 ตัวอย่างวงจรที่ใช้ซีเนอร์ไดโอดและไดโอดต่ออนุกรมเพื่อลดแรงดันสไปค์ สำหรับความต้านทาน R ในวงจรใช้สำหรับสร้างกระแสกระตุ้นขดลวดให้เร็วขึ้น



รูปที่ 2.19 ตัวอย่างวงจรกำจัดแรงดันสไปค์

การพิจารณาวงจรขับมอเตอร์

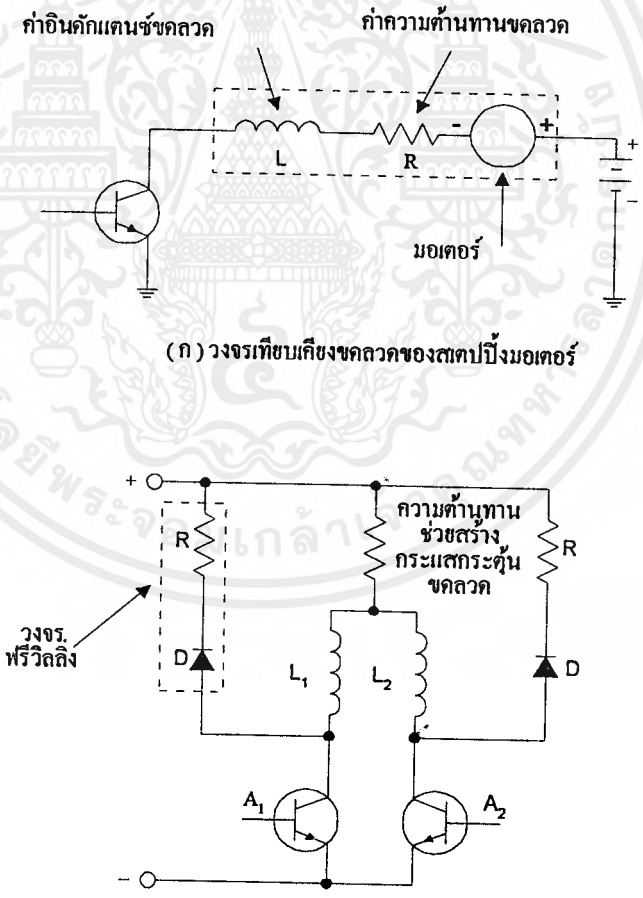
ในสภาวะที่มอเตอร์ทำงานด้วยระดับแรงดันคงที่ค่าหนึ่งแรงบิดที่ได้จะลดลงถ้ามีการเพิ่มอัตราสเตปเนื่องมาจากการเพิ่มค่าของแรงดันต้านกลับ (Back EMF) และช่วงเวลาขาขึ้น (Rise time) ของกระแสในขดลวดถูกจำกัดหรือจะมีค่ามีค่ามากวงจรเทียบเคียงของสเตปปิ้งมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.20 (ก) ซึ่งวิธีแก้ไขให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสในขดลวดเร็วขึ้นทำได้โดยเพิ่มแรงดันของแหล่งจ่ายไฟให้สูงขึ้นเพื่อรักษาระดับกระแสให้คงที่และขณะทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานที่อัตราสเตปสูงๆ หรืออาจคงค่าของแรงดันเอาไว้ด้วย แต่เพิ่มค่าความต้านทานอนุกรมเข้าไปในวงจรดังรูปที่ 2.20 (ข) ค่าความต้านทานนี้เรียกว่า Forcing resistance

ค่าความต้านทานที่ต่อเพิ่มนี้จะลดค่าเวลาคงตัว (t = L/R)ทำให้ใช้งานที่ความเร็วสูงได้ดี ดังนั้นถ้าเพิ่มความต้านทานมีค่า 3 เท่าของความต้านทานขดลวด จะทำให้มีค่าเวลาคงตัวเท่ากับ L/4R และควรเพิ่มขนาดแรงดัน แหล่งจ่ายไฟเป็น 4 เท่าด้วย เพื่อรักษาระดับกระแสผ่านขดลวดให้คงที่ซึ่งในกรณีนี้อาจมีปัญหาในเรื่องแหล่งจ่ายไฟ หรือเกิดการสูญเสียที่ Forcing resistance ในรูปของความร้อน ดังนั้นที่ความเร็วต่ำๆ จึงไม่เหมาะที่จะนำวิธีการนี้มาใช้

ในการออกแบบวงจรขับมอเตอร์ ควรให้มีกำลังงานสูญเสีย จากค่า Forcing resistance น้อยที่สุด วงจรขับที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะแก้ปัญหาเหล่านี้ได้



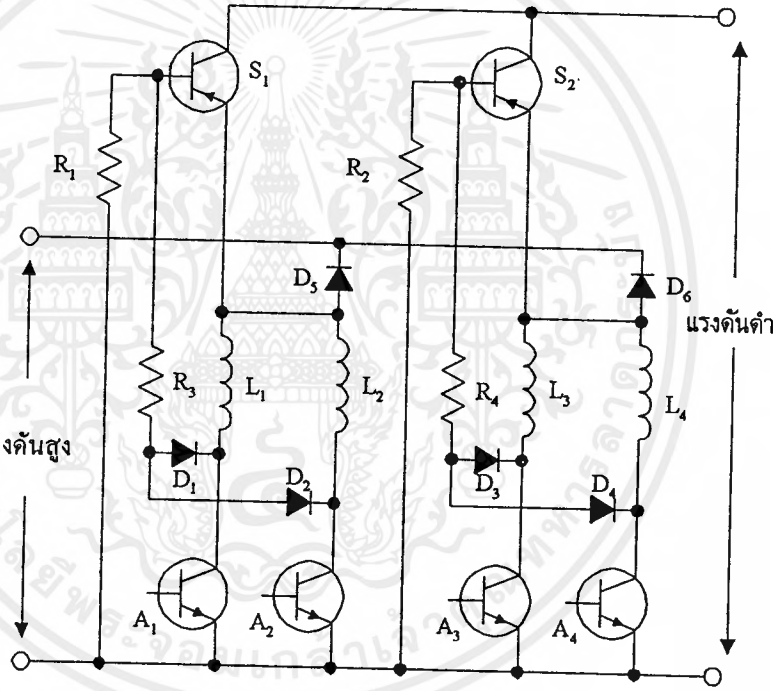
(ก) วงจรเทียบเคียงขดลวดของสเตปปิ้งมอเตอร์

(ข) วงจรขับที่มี Forcing resistance

รูปที่ 2.20 วงจรเทียบเคียงขดลวดของสเตปปิ้งมอเตอร์ และวงจรขับที่มี Forcing resistance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรขับแบบสองสถานะ (Bi-level drive) วงจรขับแบบสองสถานะ มีแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ 2 ค่า คือค่าสูงและต่ำขณะอัตราสเตปเป็นศูนย์จะรับแรงดันต่ำกว่าขีดจำกัดของมอเตอร์และเมื่อ อัตราสเตปเพิ่มจากค่าศูนย์ มอเตอร์จะทำงานที่ระดับแรงดันสูงกว่าขีดจำกัด จากวงจรขับแบบสถานะที่แสดงดังรูปที่ 2.21 แรงดันค่าต่ำถูกใช้ช่วงอัตราสเตปเป็นศูนย์จนกระทั่งระดับกระแสในขดลวดมีค่าระดับหนึ่งจึงต่อแรงดันค่าสูงเข้าไปแทนและแรงดันค่าต่ำถูกตัดออกไปโดยการหยุดนำกระแส (Cut off) ของ D_5 หรือ D_6, D_1, D_2, D_3, D_4 เป็น ฟรีวิลลิ่งไดโอดและ R เป็นฟรีวิลลิ่ง รีซิสแตนซ์

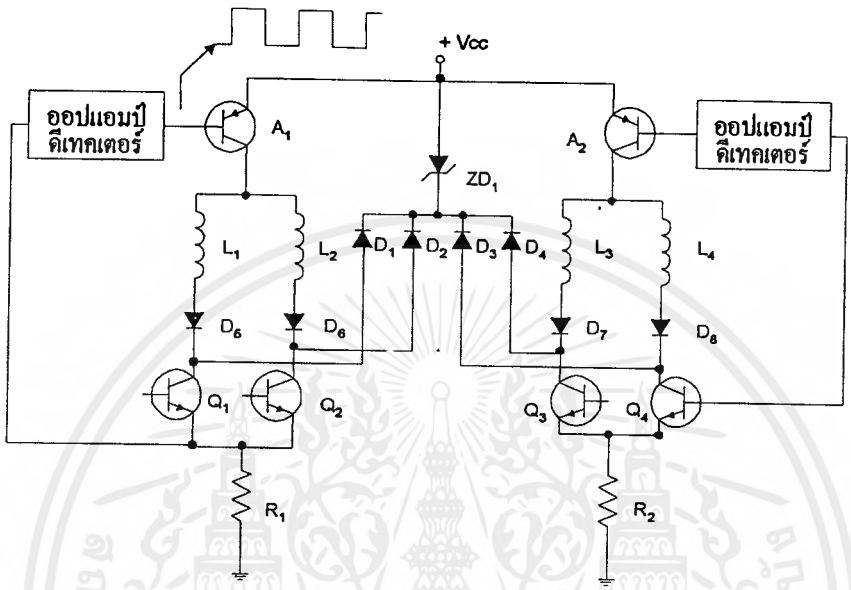


รูปที่ 2.21 วงจรขับแบบสองสถานะ

วงจรขับแบบชอปเปอร์ (Chopper drive) วงจรขับแบบนี้ใช้ระดับแรงดันจากแหล่งจ่ายเพียงค่าเดียว จ่ายให้กับขดลวด ดังในรูปที่ 2.22 โดยกระแสที่จ่ายเข้ามอเตอร์จะถูกรักษาระดับที่ค่าเฉลี่ยค่าหนึ่ง ด้วยวิธีการควบคุมระดับกระแสนั่นคือ วงจรออปแอมป์ดีเทคเตอร์จะตรวจสอบค่าของกระแสโดยเปรียบเทียบจากแรงดันที่ตกคร่อม R เมื่อกระแสสูงกว่าระดับเฉลี่ย วงจรออปแอมป์ดีเทคเตอร์จะหยุดขับทรานซิสเตอร์ กระแสที่ไหลผ่านขดลวดจึงลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อลดลงมาต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ทรานซิสเตอร์ก็จะถูกขับให้นำกระแสเพื่อให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดเพิ่มขึ้น และจะทำงานสลับกันไปเพื่อให้ได้ระดับกระแสเฉลี่ยค่าหนึ่ง



รูปที่ 2.22 วงจรขับแบบชอปเปอร์

ลักษณะของสัญญาณที่ขับขา B ของทรานซิสเตอร์ A_1 หรือ A_2 จึงเป็นลักษณะไฟกระแสตรงที่ถูกชอปแรงดัน +V มีค่าประมาณ 5 ถึง 10 เท่าของระดับแรงดันปกติของมอเตอร์ D_1, D_2, D_3, และ D_4 เป็นฟรีวิลลิ่งไดโอด ต่ออนุกรมกับซีเนอร์ไดโอด Z วงจรขับแบบนี้เหมาะสำหรับการใช้งานที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร่งอย่างรวดเร็ว

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5V. ชุดเดียว

- มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์ สำหรับเบอร์ 8051 และ 8031, 8032 ไม่มีหน่วยความจำชุดนี้ ส่วน 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์ มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) ขนาด 128 ไบต์สำรับ 8052 มีถึง 256 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและข้อมูล (Program Memory และ Data Memory แยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์)

- คำสั่งที่ใช้เวลาน้อยที่สุดประมาณ 1 ไมโครวินาทีเมื่อทำงานที่ความถี่ 12 เมกะเฮิรตซ์

- มี Timer/Counter ขนาด 16 บิต 2 ชุด (สำหรับ 8052 มี 3 ชุด) ทำงานได้ 4 โหมด

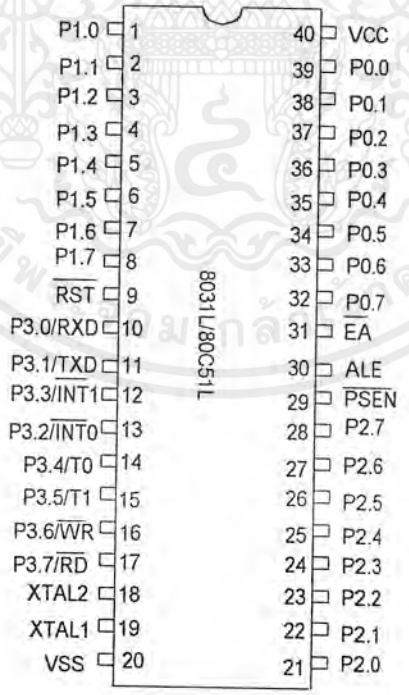
- รับอินเตอร์รับได้ 6 แหล่ง 5 เวคเตอร์

- มีพอร์ทรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม (UART) 2 พอร์ท ทั้งรับและส่งในเวลาเดียวกัน (Full Duplex) เลือกรูปแบบการส่งข้อมูลได้ 4 โหมด

- มีคำสั่งในการทำ AND, OR หรือ COMPLEMENT ได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 1 บิต

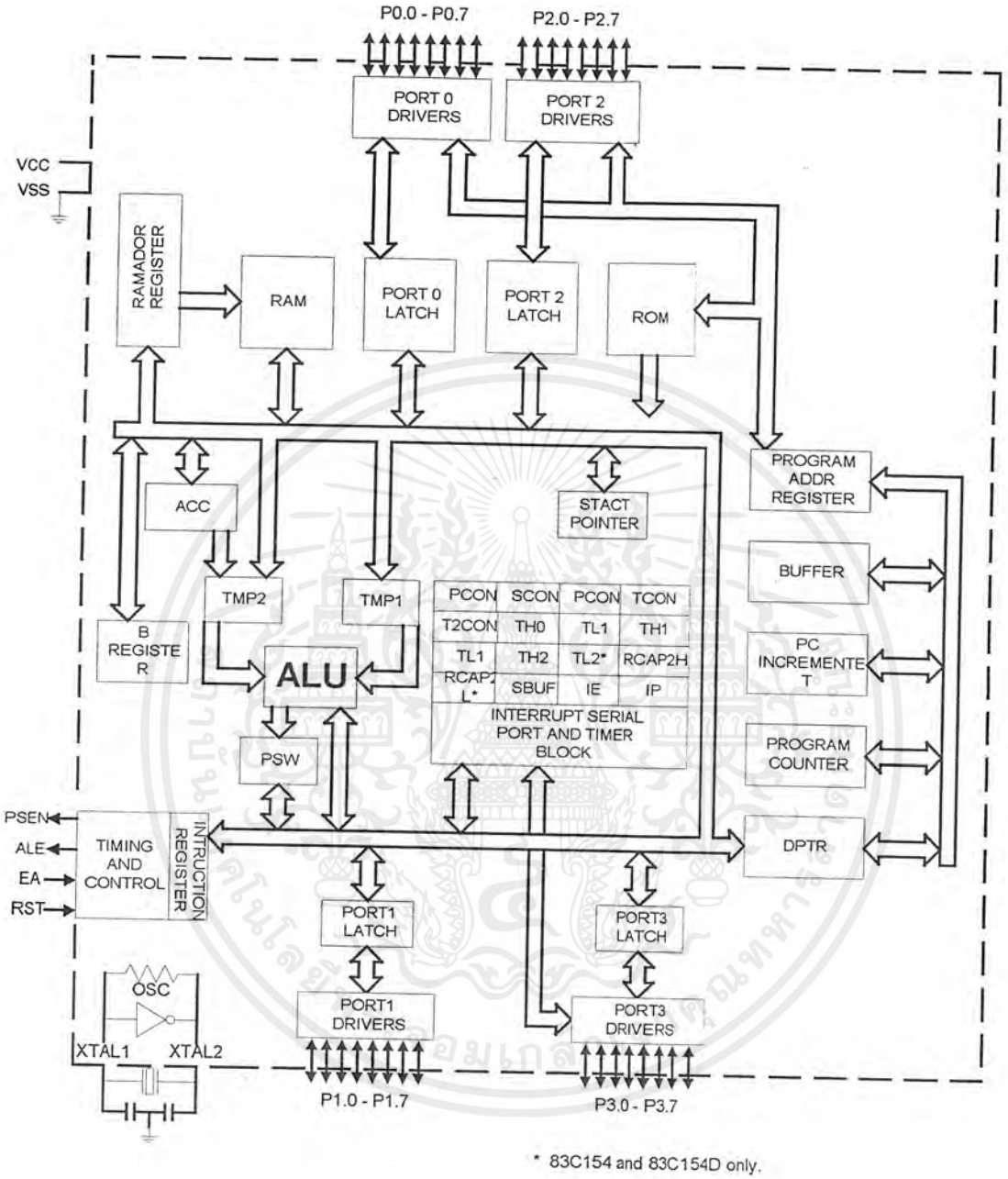
โครงสร้างของ MCS-51

MCS-51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตเป็นแบบ NMOS และ CMOS เบอร์ 8032 และ 8052 จะมี ROM BASIC อยู่ภายในจึงสะดวก สำหรับผู้เขียนโปรแกรมที่จะเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิกโครงสร้างภายในสำหรับเบอร์ 8051 ดังในรูป 2.24 และ 2.25



รูปที่ 2.23 การจัดวางขาของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 8051ผังการทำงานของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 อุปกรณ์ตรวจจับ

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนนำสัญญาณเข้าที่ทำหน้าที่เป็นส่วนรับรู้ความรู้สึกต่างๆ เราเรียกว่า ตัวตรวจจับ (Sensor) ซึ่งจะทำการเปลี่ยนแปลงความรู้สึกต่างๆ ที่ได้รับเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าซึ่งอาจจะเป็นแรงดันหรือกระแสก็ได้ และส่งให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อตีความหมาย และเอาผลดังกล่าวไปใช้งานได้ตามต้องการ

ตัวตรวจจับแบบพื้นฐานที่เราคุ้นเคยกันอย่างดี เช่น สวิตช์กลไก, โฟโตทรานซิสเตอร์, สวิตช์แม่เหล็ก, เซลล์รับแสง, ออปโต้คัปเปลอร์, ตัวตรวจจับตำแหน่ง, ตัวตรวจจับแรงดัน, ตัวตรวจจับอุณหภูมิ, ตัวตรวจจับเสียง เป็นต้น ตัวตรวจจับต่างๆ เหล่านี้ จะทำหน้าที่เปลี่ยนสถานภาพทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ

2.4.1 โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor)

โดยภาวะปกติสารกึ่งตัวนำจะมีคุณสมบัติที่ไวต่อแสงเมื่อมีการนำเอาสารกึ่งตัวนำมาสร้างเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โปรตอนจากแสงจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้น เป็นผลทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ ดังนั้นโฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวตรวจจับแสงชนิดหนึ่งซึ่งถูกออกแบบขึ้นมาจากการเกิดประสบการณ์อย่างหนึ่งของสารกึ่งตัวนำ และมีรอยต่อ P-N ระหว่างสารสองชนิดของโฟโตทรานซิสเตอร์ ซึ่งรอยต่อนี้มีขนาดใหญ่กว่ารอยต่อ P-N ของทรานซิสเตอร์โดยทั่วไป ความแตกต่างจากทรานซิสเตอร์ทั่วไปคือที่ตัวถัง (Case) ด้านบนของโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะมีช่องสำหรับรับแสงเพื่อส่งไปยังรอยต่อ P-N โดยช่องรับแสงนี้จะมีวัสดุเคลียร์ไมก้า (Clear Mica) หรือควอตซ์เลนซ์ (Quartz Lenz) ติดอยู่บนช่องรับแสงดังกล่าว

วงจรสมมูลย์และการทำงาน

วงจรสมมูลย์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ดังในรูปที่ 2.26 ซึ่งก็คือการนำทรานซิสเตอร์มาต่อร่วมกับโฟโต้ไดโอด โดยตัวโฟโต้ไดโอดจะเป็นตัวควบคุมการจัดแรงดันให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน เมื่อเกิดแสงมาตกกระทบที่ตัวโฟโต้ไดโอด จะทำให้เกิดแรงดันไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์ก่อให้เกิดกระแสเบสขึ้น ส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในที่สุด

ตามปกติการคำนวณหาค่าของกระแสอิมิตเตอร์จะใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_E = I_B . (h_{FE} + 1) \quad (2.4)$$

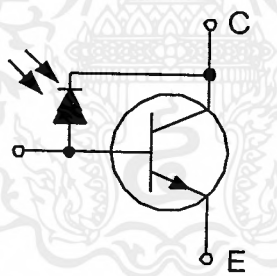
แต่ในกรณีของโฟโต้ทรานซิสเตอร์และเนื่องจากที่ขาเบสและคอลเลคเตอร์มีโฟโต้ไดโอดต่อคร่อมอยู่ดังนั้นเมื่อโฟโต้ทรานซิสเตอร์ทำงานกระแสที่ไหลผ่านตัวโฟโต้ไดโอดต้องพิจารณาเป็นกระแสไหลเข้าร่วมกับกระแสเบสจะทำให้สมการของกระแสที่ขาอิมิตเตอร์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์จึงกลายเป็น

$$I_E = (I_P + I_B) . (h_{FE} + 1) \quad (2.5)$$

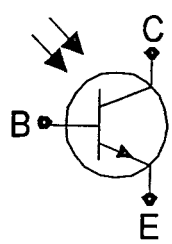
โดยที่ h_{FE} คือ อัตราการขยายกระแสของตัวโฟโต้ทรานซิสเตอร์

I_P คือ กระแสที่ไหลผ่านตัวโฟโต้ไดโอด

I_B คือ กระแสเบสของโฟโต้ทรานซิสเตอร์



รูปที่ 2.25 วงจรสมมูลย์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์



รูปที่ 2.26 สัญลักษณ์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเครื่องหมายบวกและลบของ I_B ในสมการเป็นตัวบ่งบอกถึงชนิดของทรานซิสเตอร์ หากเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็นค่าของ I_B จะเป็นบวก แต่ถ้าเป็นชนิดพีเอ็นพีค่าของ I_B จะเป็นลบ

สำหรับความต้านทานด้านไฟฟ้ากระแสสลับของส่วนรับของโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะมีค่าเท่ากับ $R_{in} \times h_{FE}$ ในภาวะที่โฟโต้ทรานซิสเตอร์ยังไม่ทำงานค่าความต้านทานภายใน (R_{in}) ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะสูงมาก เนื่องจากการที่โฟโต้ไดโอดภายในโฟโต้ทรานซิสเตอร์ถูกไบแอสกลับไว้ ทำให้เกิดค่าความต้านทานสูงมากขึ้น ซึ่งค่าความต้านทานอินพุทนี้เองจะเป็นตัวที่กำหนดความเร็วในการทำงานของตัวโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ดังนั้นหากต้องการนำโฟโต้ทรานซิสเตอร์ไปใช้ในงานที่มีการสวิตช์ความเร็วสูงต้องพิจารณาถึงพารามิเตอร์ตัวนี้ด้วย สำหรับสัญลักษณ์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ดังในรูปที่ 2.26

พารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญคือ ค่าของกระแสรั่วไหลที่เกิดขึ้นภายในตัวโฟโต้ทรานซิสเตอร์ในขณะที่ยังไม่ทำงาน นั่นคือกระแสรั่วไหลระหว่างขาคอลเล็กเตอร์และอิมิตเตอร์ซึ่งจะเกิดขึ้นในขณะที่โฟโต้ทรานซิสเตอร์ยังไม่มีแสงมาตกกระทบให้ตัวมันทำงาน หรือ $I_{CEO(dark)}$ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$I_{CEO(dark)} = h_{FE} \times I_{CBO} \qquad (2.6)$$

โดยที่ I_{CBO} คือ ค่าของกระแสรั่วไหลที่ขาคอลเล็กเตอร์และเบส ซึ่งก็คือกระแสรั่วไหลของตัวโฟโต้ไดโอดนั่นเองปกติในโฟโต้ทรานซิสเตอร์ทั่วๆไปค่าของกระแสรั่วไหลนี้จะต่ำมากๆ อยู่ระหว่าง 4-8 ไมโครแอมป์แปร์ที่อุณหภูมิห้อง

2.4.2 อินฟาเรด แอลอีดี (Infrared LED)

อินฟาเรด แอลอีดี ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อกำเนิดแสงในย่านอินฟาเรด เมื่อตัวมันนำกระแสอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษ และเกิดพลังงานจากโฟตอน การเกิดพลังงานดังกล่าวเป็นไปในทันที ที่มีกระแสไหลผ่าน

อินฟาเรด แอลอีดี สามารถกำเนิดแสงอินฟาเรดได้ในช่วงสองความยาวคลื่นดังนี้คือ อินฟาเรดแอลอีดีที่สร้างจากสารแกลเลี่ยมอาเซไนต์ (Gallium Arsenide:GaAs) จะให้ความยาว

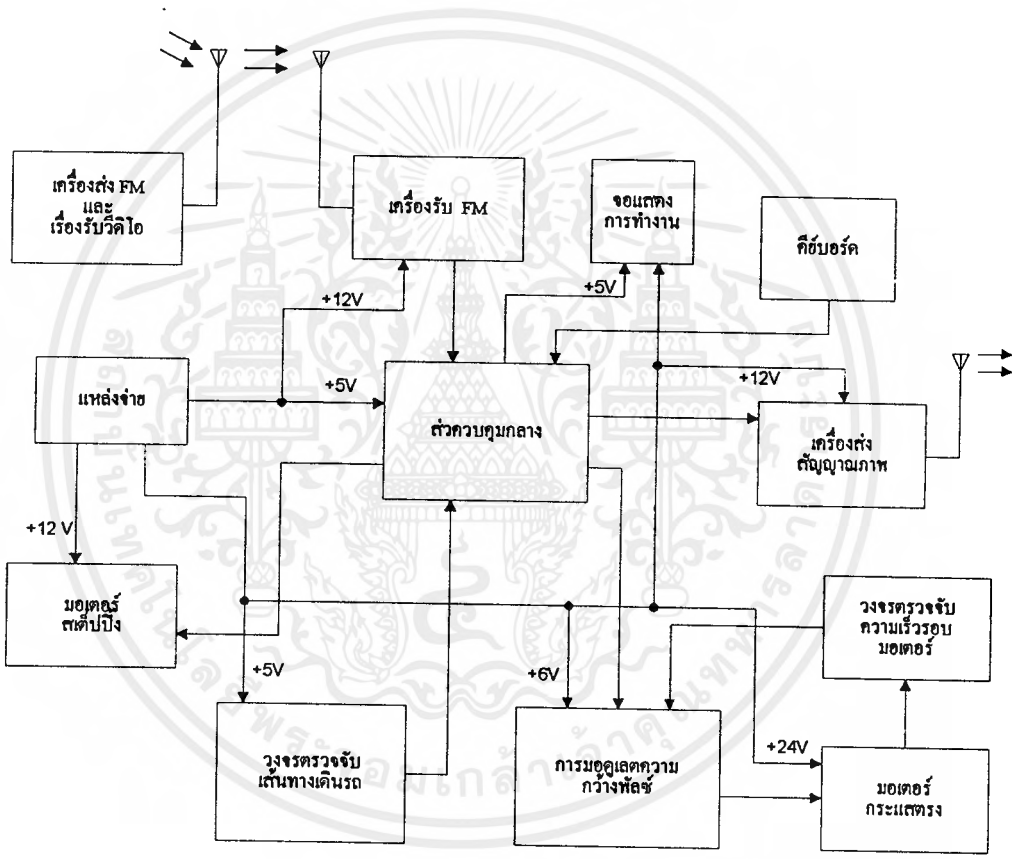
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นประมาณ 940 นาโนเมตร และอินฟาแรดแอลอีดีที่สามารถสร้างจากสารอีกชนิดหนึ่งที่เรียกว่า แกลเลี่ยมอลูมินั่มอาเซไนต์ (Gallium Aluminum Arsenied : GaAlAs) ซึ่งจะกำเนิดแสงอินฟาเรดที่มีความยาวคลื่นประมาณ 880 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

ผังการทำงานของรถขนถ่ายอัตโนมัติประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของรถขนถ่ายอัตโนมัติ

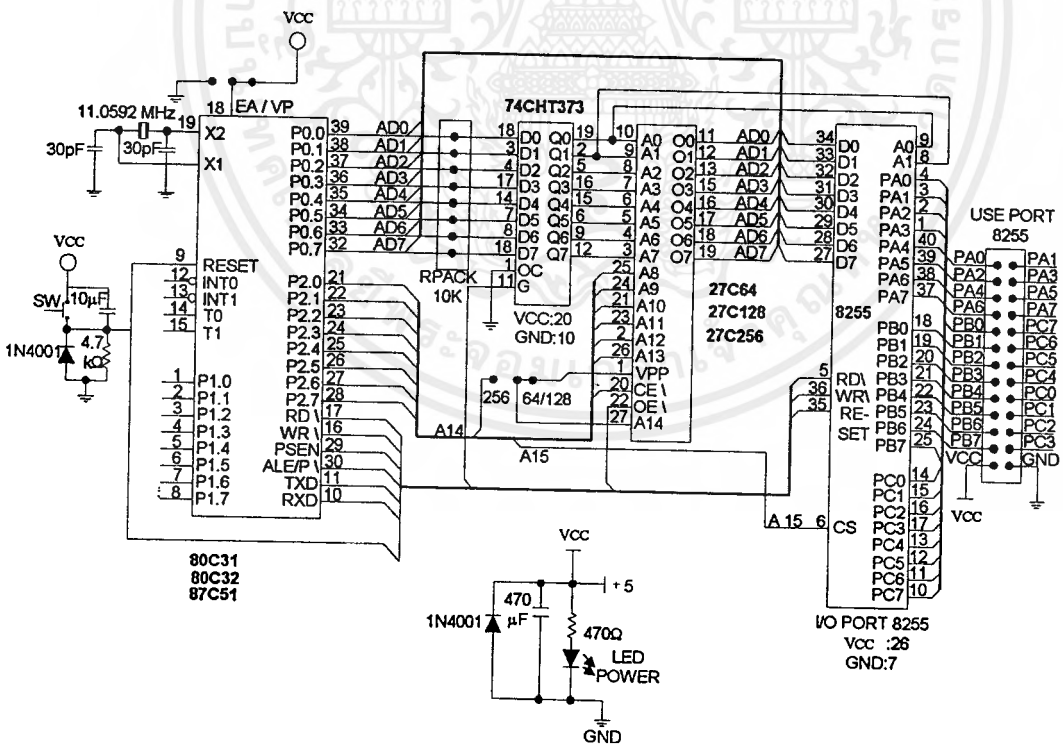
3.1 ส่วนควบคุมกลาง

ใช้ไมโครคอนโทลเลอร์เบอร์ 80C31 เป็นหลักแต่อย่างไรก็ตามผู้ใช้สามารถใช้กับไมโครคอนโทลเลอร์เบอร์ต่างๆ ในตระกูล MCS-51 ที่เป็นแบบ 40-PIN DIP ได้ทั้งหมด เช่น 8032, 8751, 8752 ซึ่งจะทำให้ได้คุณสมบัติเป็นไปตามโครงสร้างของเบอร์นั้นๆ การเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตซ์เลือก (JUMPER) /EA จะใช้เพื่อการเลือกให้ทำงานจาก ROM หรือ EPROM โดยที่ภายในตัวไมโครคอนโทลเลอร์ (INT) หรือเลือกจาก EPROM ภายนอก (EXIT) ทั้งนี้การเลือก /EA ในตำแหน่ง INT จะใช้กับไมโครที่มีโปรแกรมอยู่ภายในเท่านั้น ซึ่งปกติจะเป็น 8751 หรือ 8752 (กรณี 8051 หรือ 8052 มี ROM ภายในอยู่ก็จริง แต่ในทางปฏิบัติการโปรแกรม ROM ภายในของ 8051 หรือ 8052 จะทำได้จากโรงงานผู้ผลิตเท่านั้นและทำครั้งละจำนวนมากๆ เพราะฉะนั้นในทางปฏิบัติไม่ควรจะมีเบอร์ 8051 หรือ 8052 ขายอยู่ในตลาดเลย แต่สำหรับบ้านเราอาจจะเป็นไปได้ ทั้งนี้อาจจะเป็นการแกะมาจากเบอร์อื่นๆ)

ก่อนที่จะใช้งานพอร์ต 8255 ผู้ใช้ต้องทำการกำหนดโหมดการทำงาน (Configulation) ของพอร์ต A, B และ C ให้เป็นพอร์ตอินพุทหรือเอ้าท์พุท โดยทำการเขียนค่า Control Code ไปที่ Mode Port ซึ่ง Mode Port นี้สามารถเขียนได้เท่านั้นไม่สามารถอ่านได้ซึ่งในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการทำงานในโหมด 0 ซึ่งเป็นโหมดที่ใช้งานได้สะดวกและ ง่ายต่อการทำความเข้าใจ



รูปที่ 3.2 วงจรส่วนควบคุมกลาง

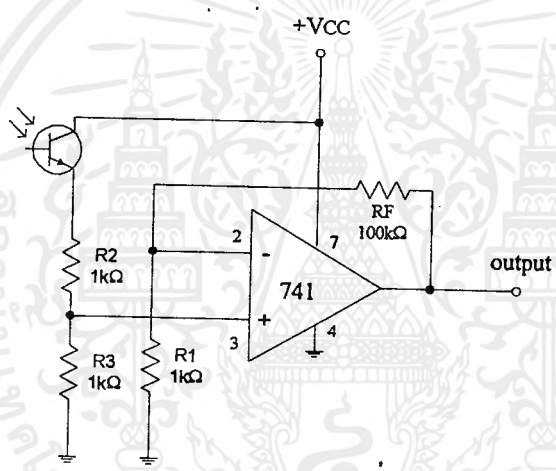
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ตัวตรวจจับ

หลักการ

ใช้ออปแอมป์มาทำการขยายกระแสจากโฟโต้ทรานซิสเตอร์โดยจัดวงจรแบบไม่กลับเฟส (Non inverting) มีตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม เป็นตัวต้านทานป้อนกลับเพื่อกำหนดอัตราการขยาย

$$\text{อัตราการขยาย} = (RF / R1) + 1 = 10 \text{ เท่า} \quad (3.1)$$



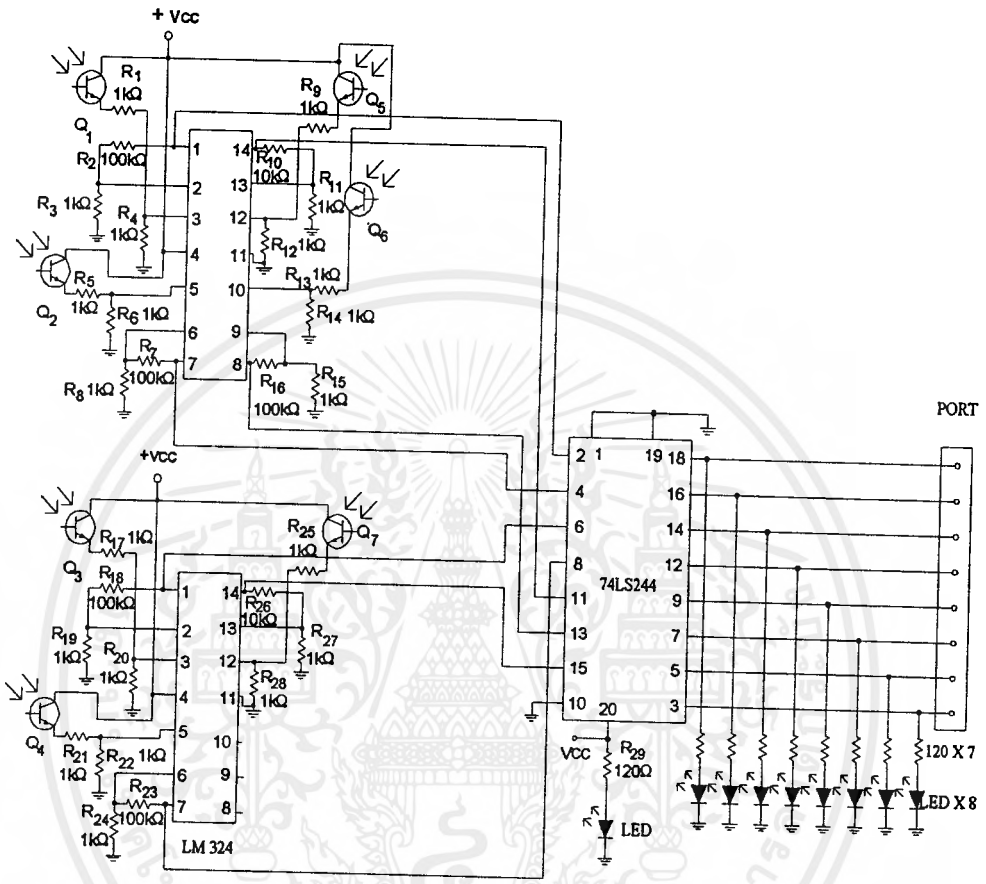
รูปที่ 3.3 วงจรตรวจจับ

ส่วน R_2 และ R_3 ใช้เป็นโหลดให้กับโฟโต้ทรานซิสเตอร์และจัดแรงดันให้เหมาะสมกับอัตราการขยาย โฟโต้ทรานซิสเตอร์จะรับแสงสะท้อนจากสีขาวเข้ามา เมื่อได้รับแสงทำให้โฟโต้ทรานซิสเตอร์นำกระแสปรากฏเป็นแรงดันตกคร่อม R_2 และ R_3 จากนั้นออปแอมป์จะทำการขยายแรงดันนี้ให้เป็น ลอจิก “0” และ “1” ต่อไป

วงจรใช้งานจริง วงจรใช้งานจริงได้นำเอาวงจรต้นแบบมาใช้ทั้งหมด 7 วงจร โดยใช้ไอซีเบอร์ LM 324 ซึ่งมีออปแอมป์ภายใน 4 ตัว มาประกอบเป็นวงจรโดยใช้ LM 324 จำนวน 2 ตัว ทางด้านเอ้าต์พุต ได้นำไปต่อกับ 74LS244 ซึ่งเป็นบัฟเฟอร์ที่มีชมิตทริกเกอร์อยู่ภายใน

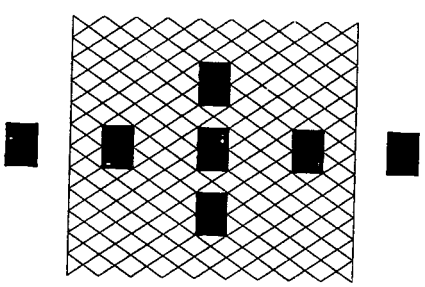
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อตัดสินระดับ “ 0 ” และ “ 1 ” ที่แน่นอนเพื่อนำไปเข้ากับ Port P1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมี แอลอีดี แสดงสถานะต่อขนานอยู่กับ Port



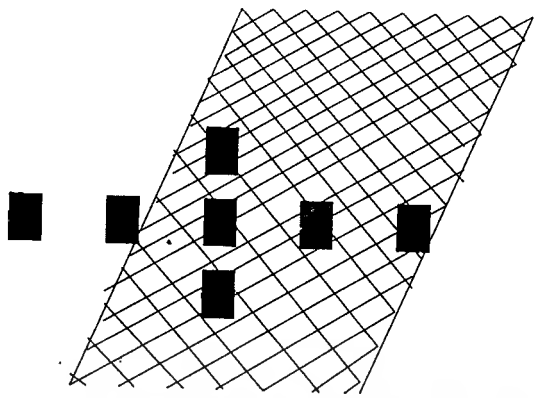
รูปที่ 3.4 วงจรตรวจจับที่ใช้งานจริง

การวางตำแหน่งของตัวเซนเซอร์

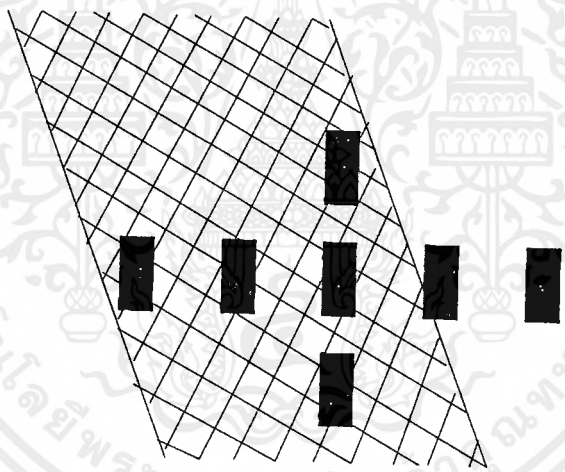


(ก) ลักษณะของตัวเซนเซอร์ในกรณีที่วิ่งตรงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) ลักษณะตัวเซนเซอร์ในกรณีทีมีทางเลี้ยวขวา



(ค) ลักษณะตัวเซนเซอร์ในกรณีที่มีทางเลี้ยวซ้าย

รูปที่ 3.5 แสดงการวางตัวเซนเซอร์ ในลักษณะต่างๆ

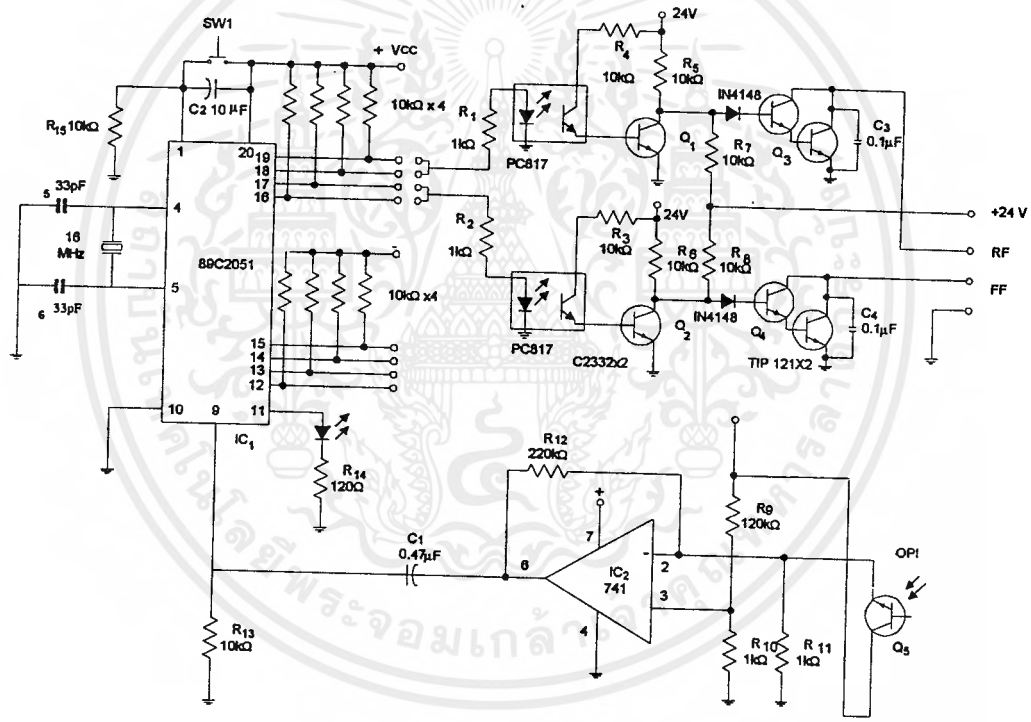
การใช้งานจริง เราจะพิจารณาตัวเซนเซอร์เพียงแค่สองตัวริม โดยจะพิจารณว่าตัวใดตัวหนึ่งมีสถานะเป็นลอจิก " 0 " ซึ่งจะเป็นได้ก็คือ ตัวเซนเซอร์ตัวนั้นได้ลำเส้นสีดำเข้าไป ถ้าหาก รถวิ่งอยู่ทางตรงอยู่ก่อน ก็จะสามารถรู้ได้ว่าเส้นมีลักษณะโค้งทางด้านที่ตัวเซนเซอร์เป็นลอจิก " 0 " ดังนั้เราจึงสามารถควบคุมให้รถวิ่งตามเส้นได้จากหลักการดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

3.3.1 ระบบการควบคุมแบบ PWM

หลักการเบื้องต้น ระบบการควบคุมแบบ PWM มีลักษณะสำคัญคือจ่ายพัลซ์สี่เหลี่ยมซึ่งมีความกว้างของพัลซ์ที่แตกต่างกันในระดับความเร็วต่างๆ ซึ่งสามารถควบคุมให้มีความเร็วคงที่ได้โดยอาศัยการป้อนกลับมาควบคุม ในระบบจึงใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาเป็นตัวผลิตพัลซ์และรับสัญญาณป้อนกลับมาคำนวณหาความกว้างพัลซ์เพื่อควบคุมความเร็วให้ได้คงที่



รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมแบบ PWM

การทำงานของวงจร

การทำงานจะเริ่มจาก IC_1 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลิตพัลซ์ออกมาที่ขา 19, 18, 17 และ 16 ในกรณีควบคุมให้หมุนตามทิศทางที่กำหนดทิศทางใดทิศทางหนึ่งจะมีพัลซ์ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาที่ขาคู่ใดคู่หนึ่ง 19, 18 หรือ 17, 16 เช่นกรณีตามเข็มนาฬิกา จะมีพัลซ์ออกที่ขา 19 และ 18 โดย 2 ขานี้จะมีเฟสต่างกัน 180 องศา เมื่อมีพัลซ์ถูกส่งผ่าน R_1 เพื่อให้ไบอัสแก่ทรานซิสเตอร์ Q_1 ซึ่งทรานซิสเตอร์ Q_1ได้รับแรงไฟที่ขาคอลเลคเตอร์ โดยมี R_4 เป็นตัวจัดไบอัสอยู่ก่อนแล้ว ดังนั้น Q_1 จะ ON - OFF ตามสัญญาณพัลซ์ที่เข้ามายังขาเบส สัญญาณเอ้าต์พุตที่ถูกขยายแล้วออกที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q_1 ไปเข้าขาเบสของ Q_3 ถูกจัดวงจรให้ทำงานที่จุดอิ่มตัว ดังนั้นเมื่อมีสัญญาณพัลซ์เข้ามาที่ขาเบสของ Q_3 ก็เปรียบเสมือนลัดวงจรลงกราวด์ ทำให้ขาคอลเลคเตอร์มีสภาวะเป็น " 0"

ส่วนในกรณีที่มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา การทำงานก็เหมือนกับกรณีหมุนตามเข็มนาฬิกา ต่างกันตรงที่สัญญาณพัลซ์ออกมาจากขา 17, 16 แทน ผลที่ได้คือที่จุด FF (เดินหน้า) จะมีสภาวะเป็น "0" และ "1" ตามสัญญาณพัลซ์ ที่เข้ามาเหมือนกับที่จุด RF (ถอยหลัง)

ในส่วนของพัลซ์ป้อนกลับจะได้จากจานตัดแสงที่ติดกับเพลาของมอเตอร์ซึ่งจะตัดแสงให้กับ Opto Isolalate เกิดเป็นพัลซ์ขึ้นที่ Q_5 จากนั้นจึงถูกขยายโดย IC_2 ซึ่งเป็นออปแแอมป์เบอร์ 741 โดยจัดวงจรแบบกลับเฟส และมีแหล่งจ่ายบวกกับกราวด์โดยมี R_9 และ R_{10} เป็นตัวกำหนดอัตราขยาย ส่วน R_7 และ R_8 เป็นตัวสร้างแรงดันอ้างอิงให้กับขา 3 ของไอซี พัลซ์ที่ได้จาก Q_5 เข้าที่ขา 2 ของออปแแอมป์ และเอาต์พุตออกที่ขา 6 จากนั้นพัลซ์จะผ่านเข้าวงจรอินทริเกรเตอร์โดยมี C_1 และ R_{11} เป็นอุปกรณ์จัดวงจรเพื่อสร้างพัลซ์ยอดแหลมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขา 9 เพื่อใช้ควบคุมความเร็วมอเตอร์

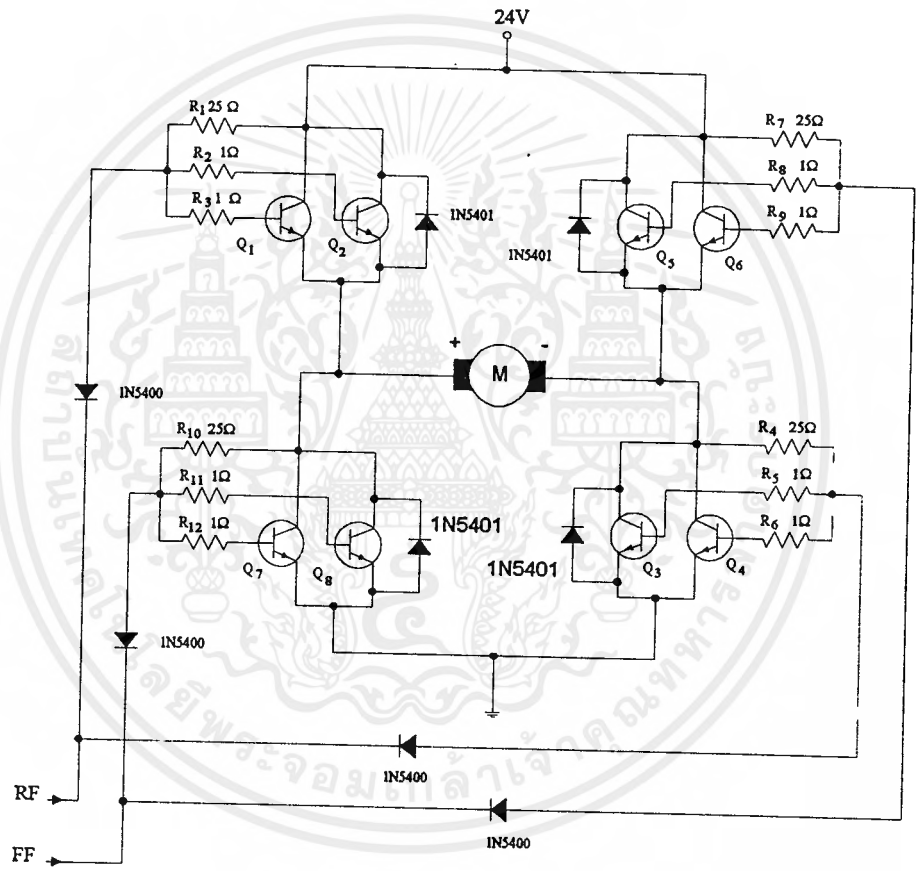
สำหรับ C_2, R_{12} และ SW_1 เป็นวงจรรีเซ็ตให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในขณะเปิดเครื่อง X-tal$_1$, C_3 และ C_4 เป็นชุดผลิตความถี่ที่จ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ LED_1 และ R_{13} เป็นชุดแสดงสภาวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งต่ออยู่กับขา 11 ของ IC_1 Rpeak 10KΩ× 8 ทำหน้าที่รักษาสภาวะของขาสัญญาณทางด้าน เอาต์พุตและอินพุตให้มีสภาวะคงที่ โดยที่ขา 15, 14, 13 และ 12 เป็นขาที่รับคำสั่งในการทำงานของตัวไมโครคอลโทรลเลอร์จากภายนอก ซึ่งทำหน้าที่ต่างๆรวมถึงคำสั่งซึ่งจะกล่าวถึงการทำงานของโปรแกรมต่อไป

3.3.2 ส่วนควบคุมมอเตอร์

จากวงจร ในสภาวะปกติมอเตอร์จะไม่หมุน ที่จุด RF และ FF มีสถานะเป็น "0" ทั้งคู่ เมื่อมีสภาวะเป็นศูนย์ก็เปรียบเสมือนขาคาโถดของไดโอด 1N5400 เป็นกราวด์ ในขณะที่ขาอาโนดได้รับแรงดันไฟที่ผ่านตัวต้านทาน 25 โอห์มทำให้ไดโอดทำงานเปรียบเสมือนลัด วงจรลงกราวด์ ดังนั้นที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ทุกตัวในวงจรจึงไม่ได้รับแรงดันไบอัสทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน มอเตอร์ก็ไม่หมุนด้วย ในกรณีที่ต้องการให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา ที่จุด RF ต้องมีสภาวะเป็น "1" เมื่อจุด RF มีสภาวะเป็น "1" ทำให้ไดโอดถูกไบอัสกลับจึงไม่ทำงาน ดังนั้นแรงดันไฟที่ผ่านตัวต้านทาน 25 โอห์มจะเข้ายังขาเบสของ Q_1 และ Q_2 โดยมีตัวต้านทาน 1 โอห์มเป็นตัวจัดแรงดันไบอัสให้แก่ Q_1 และ Q_2 ตามลำดับ เมื่อมีกระแสไหลเข้าขาเบสของ Q_1 และ Q_2 Q_1 และ Q_2 ก็จะทำงานทันที



รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมมอเตอร์

เพราะที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวได้รับการไบอัสไว้ก่อนแล้ว Q_1 และ Q_2 ถูกไบอัสให้ทำงานที่จุดอิ่มตัว ดังนั้นเมื่อ Q_1 และ Q_2 ทำงานก็เปรียบเสมือนตัวมันลัดวงจร ทำให้กระแสไหลผ่านตัวทรานซิสเตอร์ไปยังขั้วบวกของมอเตอร์ผ่านมอเตอร์มายังขาคอลเลคเตอร์ของ Q_3 และ Q_4 ขาคอลเลคเตอร์จะมีตัวต้านทานไบอัสให้แก่ขาเบส คือ ตัวต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25 โอห์ม ดังนั้น Q_3 และ Q_4 ก็จะทำงานที่จุดอิ่มตัวเช่นกันเนื่องจากจัดวงจรไบอัสเหมือนกัน ดังนั้นจึงเปรียบเสมือน Q_3 และ Q_4 ก็จะลัดวงจรลงกราวด์เช่นเดียวกับ Q_1 และ Q_2 มอเตอร์ก็จะหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ส่วนในกรณีที่มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา ที่จุด FF ต้องมีสภาวะเป็น "1" เมื่อจุด FF มีสภาวะเป็น "1" ทำให้ไดโอดถูกไบอัสกลับจึงไม่ทำงาน ดังนั้นแรงดันไฟที่ผ่านตัวต้านทาน 25 โอห์มจะเข้ายังขาเบสของ Q_5 และ Q_6 โดยมีตัวต้านทาน 1 โอห์มเป็นตัวจัดแรงดันไบอัสให้แก่ Q5 และ Q6 ตามลำดับ เมื่อมีกระแสไหลเข้าขาเบสของ Q_5 และ Q_6 Q_5 และ Q_6 ก็จะทำงานทันทีเพราะที่ขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวได้รับการไบอัสไว้ก่อนแล้ว Q_5 และ Q_6 ถูกไบอัสให้ทำงานที่จุดอิ่มตัว ดังนั้นเมื่อ Q_5 และ Q_6 ทำงานก็เปรียบเสมือนตัวมันลัดวงจร ทำให้กระแสไหลผ่านตัวมันไปยังขั้วบวกของมอเตอร์ผ่านมอเตอร์มายังขาคอลเลคเตอร์ของ Q_7 และ Q_8 ที่ขาคอลเลคเตอร์จะมีตัวต้านทานไบอัสให้แก่ขาเบส คือ ตัวต้านทาน 25 โอห์ม ดังนั้น Q_7 และ Q_8 ก็จะทำงานที่จุดอิ่มตัวเช่นกันเนื่องจากจัดวงจรไบอัสเหมือนกัน ดังนั้นจึงเปรียบเสมือน Q_7 และ Q_8 ก็จะลัดวงจรลงกราวด์เช่นเดียวกับ Q_5 และ Q_6 มอเตอร์ก็จะหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

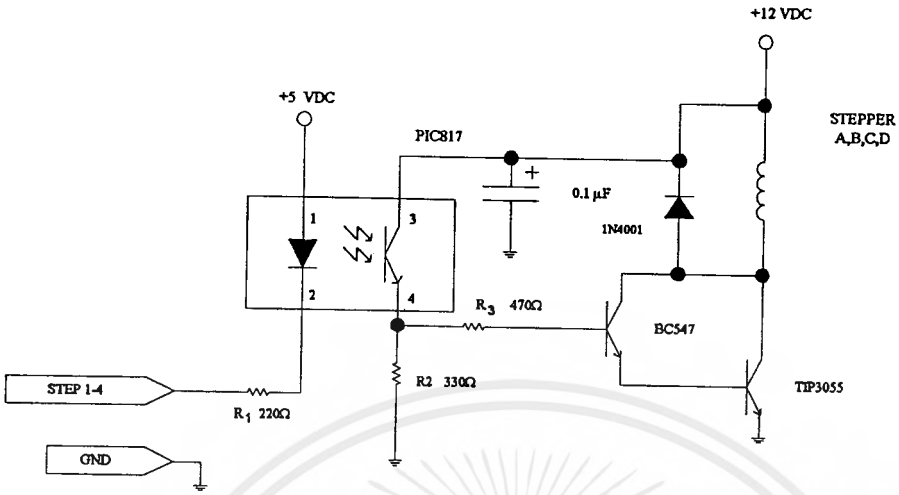
ส่วนไดโอด 1N5401 ทั้ง 4 ตัวที่ต่อคร่อมระหว่างขาคอลเลคเตอร์และขาอิมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ เป็นตัวป้องกันกระแสกระชากในขณะที่มอเตอร์หยุดหมุนเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายแก่ทรานซิสเตอร์

3.4 ส่วนควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์

การนำไปใช้งาน

EX-STEPM เป็นบอร์ดสเตปปิ้งมอเตอร์ สามารถใช้งานกับมอเตอร์ที่ต้องการกระแสสูงสุดถึง 5 แอมแปร์ ภายในบอร์ดมีขั้วต่อสำหรับสเตปปิ้งมอเตอร์ทั้ง 4 จุด (4 PHASE) และที่ขั้วไฟบวกของสเตปปิ้งมอเตอร์ นอกจากนี้ยังมีขั้วอินพุตอีก 4 จุดพร้อมทั้งไฟบวกลบของชุดอินพุต สำหรับชุดจ่ายไฟของสเตปปิ้งมอเตอร์กับชุดจ่ายไฟของสวิตช์อินพุตจะแยกอิสระจากกันจึงช่วยตัดปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวน และปัญหาอื่นๆ ที่จะเข้ามากวนกับระบบควบคุมของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

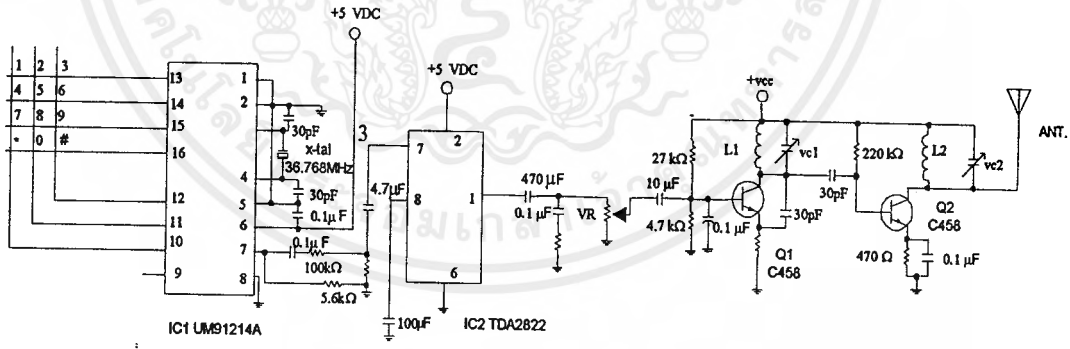
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์

3.5 การควบคุมระยะไกล

วงจรเครื่องส่ง



รูปที่ 3.9 วงจรเครื่องส่ง

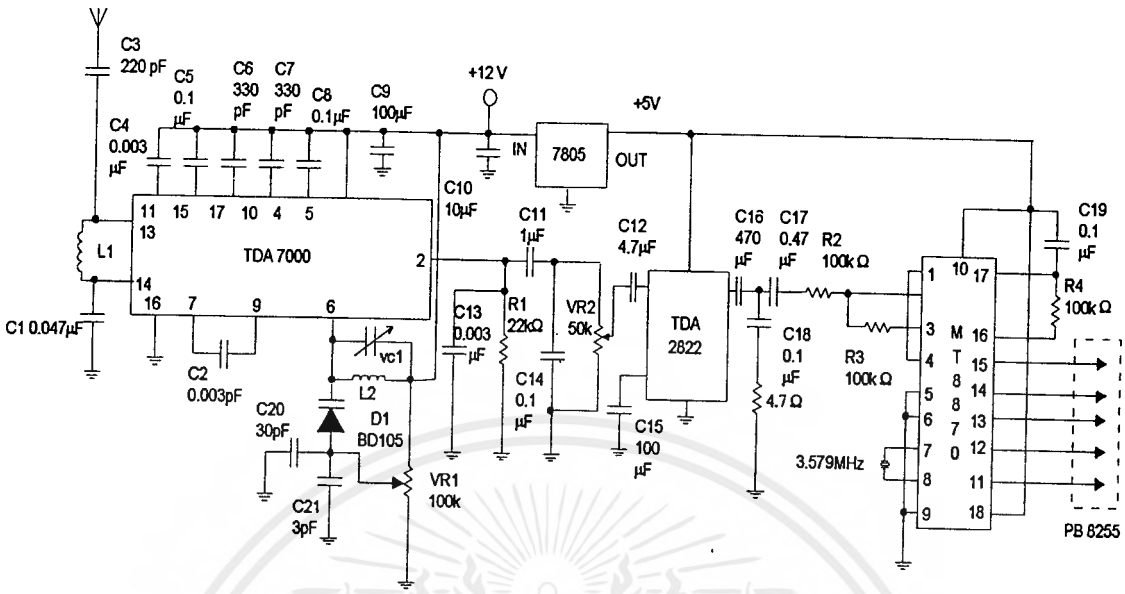
การทำงานของวงจรเริ่มจากไอซีเบอร์ UM91214A ซึ่งเป็นไอซีเข้ารหัสสัญญาณ DTMF ซึ่งรับมาจากแมทริกสวิตช์มาทำการเข้ารหัส โดยมีคริสตอลค่า 3.579 เมกะเฮิรตซ์ เป็นตัวกำเนิดความถี่ให้แก่ไอซีเข้ารหัส สัญญาณเอ้าต์พุตจะออกที่ขา 7 ของไอซีผ่าน C ค่า 0.1µF ซึ่งเป็นตัวเก็บประจุคัปปลิ้งสัญญาณผ่าน R 100 kΩ แล้วผ่าน VR 100kΩ เพื่อปรับระดับความแรงของสัญญาณ ส่วน R 5.6kΩ เป็นตัวต้านทานที่ทำหน้าที่กรองสัญญาณความถี่ต่ำลงกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเอ้าต์พุตที่ได้จากไอซีเข้ารหัสจะมีความแรงของสัญญาณต่ำมาก ดังนั้นจึงนำมาขยายสัญญาณให้มีความแรงมากขึ้นโดยใช้ IC #TDA2822 ไอซีขยายตัวนี้ถูกจัดวงจรให้มีเกณฑ์การขยายประมาน 100 เท่า เมื่อสัญญาณที่มีขนาดเล็กเข้าที่ขา 7 ของไอซี ไอซีก็ทำการขยายและส่งสัญญาณเอ้าต์พุตออกที่ขา 1 สัญญาณที่ได้จะมีความแรงของสัญญาณมากขึ้นแต่ความถี่ยังคงเดิม สัญญาณเอ้าต์พุตจะคัปปลิ้งผ่านตัวเก็บประจุค่า 470μF ไปเข้าเครื่องส่ง ส่วนตัวเก็บประจุค่า 0.1μF และตัวต้านทาน 4.7 โอห์ม เป็นวงจรกันการเกิดออสซิเลตทางด้านเอ้าต์พุต เครื่องส่งของวงจรนี้ใช้การส่งแบบระบบ FM สัญญาณที่ผ่านการขยายจากไอซีจะเข้าที่เบสของ Q_1 ซึ่งใช้เบอร์ BC458 ขยายให้มีความแรงขึ้นอีก สัญญาณที่ได้รับการมอดูเลตจะออกที่ขาคอลเลคเตอร์ของ Q_1 และที่จุดนี้สัญญาณอินพุตที่ได้จากการเข้ารหัสจะถูกผสมเข้ากับความถี่พาหะซึ่งสร้างมาจาก L_1 และ VC_1 สัญญาณที่ผสมกันแล้วจะคัปปลิ้งผ่าน ตัวเก็บประจุค่า 3pF เข้าขาเบสของ Q_2 ซึ่งใช้เบอร์ BC485 เช่นเดียวกัน สัญญาณเอ้าต์พุตที่ได้รับการขยายออกทางขาคอลเลคเตอร์จะมีความแรงของสัญญาณเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย ในขณะนี้สัญญาณที่ออกทางขาคอลเลคเตอร์จะมีความถี่คลื่นพาหะอยู่ด้วย และจะผ่านการปรับความถี่อีกครั้งโดย L_2, VC_2 ซึ่งจะต่อเป็นวงจรรีโซแนนท์ เพื่อปรับความถี่ในย่าน FM อีกครั้งก่อนส่งผ่านสายอากาศไปยังเครื่องรับต่อไป ส่วนตัวต้านทาน 470 โอห์มและตัวเก็บประจุค่า 0.01μF ที่ขาอิมิตเตอร์ของ Q_2 ซึ่งจะเป็นวงจรกรองความถี่สัญญาณรบกวนลงกราวด์

วงจรเครื่องรับ วงจรเครื่องรับใช้ไอซีเบอร์ TDA7000 ซึ่งเป็นไอซีสำเร็จในตัวเอง การทำงานของวงจรเริ่มจากสัญญาณที่รับได้จากสายอากาศ ผ่านตัวเก็บประจุค่า 0.047μF ซึ่งต่ออยู่กับ L_1 เป็นวงจรกรองสัญญาณรบกวนที่ไม่ใช่ความถี่ย่าน FM ลงกราวด์ สัญญาณที่ได้จะเข้าขา 13 และ 14 ของไอซี ไอซีจะทำการกรองความถี่คลื่นพาหะทิ้ง โดยนำความถี่อ้างอิงจาก VC_1, L_2 และ BD105 ซึ่งเป็นวงจรปรับความถี่ย่าน FM เพื่อนำสัญญาณความถี่ที่ได้ไปหักล้างบคลื่นพาหะที่รับได้ เพราะฉนั้นสัญญาณข่าวสารซึ่งเป็นความถี่ของตัวเลขที่ผ่านการเข้ารหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 วงจรเครื่องรับ

จากไอซีเข้ารหัส (UM 91214A) จะออกที่ขา 2 ของไอซีเบอร์ TDA7000 โดยมีตัวเก็บประจุค่า 0.003μF และตัวต้านทาน 22 kΩ เป็นตัวกรองความถี่ของสัญญาณรบกวนซึ่งอาจปะปนมา สัญญาณเอ้าต์พุตที่ได้จะถูกปรับระดับความแรงด้วย VR 100 kΩ ก่อนเข้าวงจรขยายโดยใช้ไอซีเบอร์ TDA 2822 อีกครั้งเพื่อให้ความแรงของสัญญาณมีขนาดพอเหมาะในการนำไปถอดรหัส สัญญาณเอ้าต์พุตที่ได้จากวงจรขยายจะออกที่ขา 1 และเข้าขา 2 และ 3 ของไอซีถอดรหัส (เบอร์ MT8870) ไอซีถอดรหัสเบอร์นี้ใช้คริสตอลค่า 3.579 เมกะเฮิรตซ์ เช่นเดียวกับไอซีเข้ารหัส เพื่อที่จะได้ถอดรหัสออกมาถูกต้อง สัญญาณที่ถูกถอดรหัสจะแสดงเป็นเลข BCD โดยออกที่ขา 11, 12, 13, และ 14 ส่วนขา 15 เป็นไฟสโตรบเพื่อบ่งบอกว่าในขณะนี้มีการถอดรหัสหรือไม่ สัญญาณที่ได้จากการถอดรหัสจะเป็นเหมือนกับสัญญาณอินพุตที่ส่งมาทุกประการ

3.6 ส่วนส่งสัญญาณภาพ

การทำงานของวงจร

วงจรเครื่องส่งสัญญาณวีดีโอที่สมบูรณ์ดังในรูปที่ 3.10 การทำงานจะเริ่มจากทรานซิสเตอร์ Q_1 ถูกจัดวงจรในลักษณะเบสร่วม (Common base) เพื่อทำหน้าที่กำเนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ออสซิลเลเตอร์ร่วมกับ C_1, C_2, C_6 และ L_3 ประกอบเป็นวงจรจูนเพื่อผลิตความถี่ให้ ได้เท่ากับ 62.5 เมกะเฮิรตซ์ โดยมี R_1, R_2 และ R_3 เป็นตัวต้านทานไบแอสให้กับ Q_1 ความสามารถที่จะทำการขยายความถี่ออสซิลเลเตอร์ให้มีประสิทธภาพพอนั้น ก็อาศัยอัตราส่วนขยายแรงดันระหว่าง C_6 และ C_7 ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการขยายของ Q_1 ทางขาคอลเลคเตอร์มีมากกว่าหนึ่ง

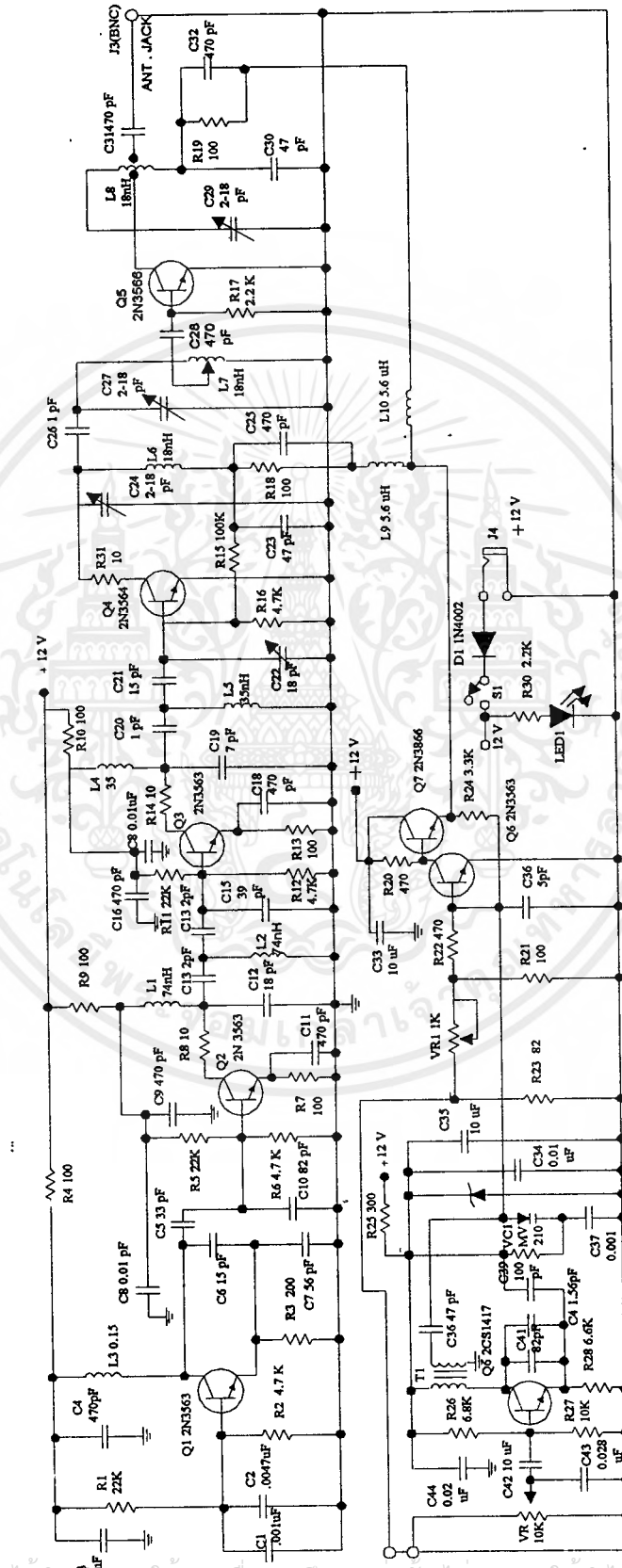
ตัวเก็บประจุ C_5 และ C_{10} ประกอบเป็นวงจรจูนเช่นเดียวกัน นอกจากจะคัปปลิ้งสัญญาณความถี่แล้วยังทำหน้าที่เป็นวงจรแบ่งแรงดันเพื่อจ่ายให้กับขาเบสของ Q_2 มีขนาดแรงดัน 1 โวลต์ของสัญญาณความถี่จากขาคอลเลคเตอร์ Q_1 ทรานซิสเตอร์ Q_2 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายเกินขอบเขต (Overdrive Amplifier) ทำให้การขยายสัญญาณทางอินพุตออกมามีความเพี้ยนเกิดขึ้น และนั่นก็คือการทำให้เกิดเป็นความถี่ฮาร์มอนิกของสัญญาณทางอินพุตขึ้นอย่างมากมาย แต่สำหรับในส่วนนี้ต้องการเพียงความถี่ฮาร์มอนิกที่สองของสัญญาณอินพุตเท่านั้น ซึ่งจะมีความถี่เป็นสองเท่าของสัญญาณเดิม

L_1 และ L_{12} ทำหน้าที่เป็นวงจรจูนเพื่อจูนให้ความถี่ที่ออกมาทางขาคอลเลคเตอร์ของ Q_2 มีความถี่เท่ากับ 125 เมกะเฮิรตซ์ ที่ขาเบสของ Q_2 จะสังเกตเห็นตัวเก็บประจุ C_{10} ต่อในลักษณะเรโซแนนซ์แบบอนุกรม (Series Resonant) ที่ความถี่มูลฐาน โดยตัวเก็บประจุ C_{10} จ่ายกระแสให้ขาเบส Q_2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการขยายสัญญาณความถี่ออสซิลเลเตอร์ให้C_{13}, C_{14}, C_{15} และตัวเหนี่ยวนำ L_2 ประกอบเป็นวงจรจูนสองชั้น (Double Tuned) ทำหน้าที่กรองความถี่ฮาร์มอนิกที่สูงกว่าฮาร์มอนิกที่สองออกไป ส่วนความถี่มูลฐานเท่ากับ 62.5 เมกะเฮิรตซ์

ทรานซิสเตอร์ Q_3 ทำหน้าที่เหมือนกับ Q_2 ทุกประการ คือขยายสัญญาณเกินขอบเขตต่างกันที่ค่าความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรจูนทางอินพุตขาเบสของ Q_3 นั้น จะเรโซแนนซ์ที่ความถี่ 125 เมกะเฮิรตซ์ เอาต์พุตฮาร์มอนิกที่สองของ Q_3 มีความถี่ประมาณ 250 เมกะ เฮิรตซ์โดยที่ C_{19} และ L_4 ทำหน้าที่เป็นวงจรจูนในขณะที่ C_{20} , C_{21} , C_{22} และ L_5 ทำหน้าที่กรองความถี่ฮาร์มอนิกที่สูงกว่าความถี่ 250 เมกะเฮิรตซ์ออกไป

ทรานซิสเตอร์ Q_4 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายเกินขอบเขตเช่นเดียวกันกับ Q_3 โดยมี C21 และ C_{22} เป็นชุดแบ่งแรงดันไบแอสให้กับขาเบสของ Q_4 วงจรจูนความถี่ประกอบด้วย C_{24} และ L_6 ในส่วนของวงจรขยาย Q_4 จะสังเกตเห็นว่าที่ขาอิมิเตอร์ของ Q_4 ไม่มีตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 เครื่องส่งสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือตัวต้านทานบายพาสเลย ทั้งนี้ก็เนื่องมาจาก เป็นเรื่องยากที่จะหาค่าความต้านทานหรือตัวเก็บประจุบายพาส มาไบแอสให้กับขาอิมิเตอร์ที่ใช้งานในย่านความถี่สูงประมาณ 430 - 520 เมกะเฮิรตซ์ และที่ความถี่สูง ๆ นั้นค่าความต้านทานที่ขาอิมิเตอร์ควรมีค่าน้อยมาก เพราะมันมีผลต่ออัตราการขยายกำลังของ Q_4 ถ้าหากค่าความต้านทานมาก จะทำให้อัตราการขยายของ Q_4 ลดลง ดังนั้นการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด คือการต่อขาอิมิเตอร์ของ Q_4 ลงกราวด์แทน ภาคขยายความถี่วิทยุออกสายอากาศประกอบด้วย Q_5 ทำหน้าที่ขยายกำลังโดยมี Q_4 เป็นตัวขับและทำหน้าที่เป็นวงจรจูนสองชั้นให้กับ Q_5 ไปในตัวด้วย วงจรจูนสองชั้นประกอบด้วย C_{24} , C_{26} , C_{27} , L_6 , L_7 , Q_4 และ Q_5 จะสามารถทำงานได้ก็ต้องอาศัยแรงดันที่ผ่านการสวิตซ์ทำงานจากทรานซีสเตอร์ Q_7 ซึ่งผ่านแรงดันบวก 4.5 - 6.5 โวลต์ ผ่าน L_9 และ L_{10} ไปไบแอสให้กับ Q_4, Q_5 โดยในขณะที่ไม่มีสัญญาณเสียงและสัญญาณภาพป้อนเข้ามาที่อินพุตของวงจร จะทำให้ขาอิมิเตอร์ของ Q_7 มีแรงดันตกคร่อมอยู่ประมาณตั้งแต่บวก4.5 - 6.5 โวลต์ซึ่งเป็นแรงดันจุดทำงานของ Q_7 ขณะทำงานปกติ

ทรานซิสเตอร์ Q_7 ทำหน้าที่เป็นวงจรมอดูเลเตอร์สัญญาณภาพด้วย โดยมีทรานซิสเตอร์ Q_6 เป็นตัวขยายสัญญาณก่อน อัตราการขยายสัญญาณก็กำหนดได้ที่ Q_6 ซึ่งมีอัตราการขยายประมาณ 8 เท่า มีแบนด์วิดธ์มากกว่า 10 เมกะเฮิรตซ์ สามารถขับโหลดได้เต็มที่ที่ 75 โอห์ม ที่ระดับความแรงสัญญาณ 10 โวลต์พีคทูพีค สัญญาณภาพที่เข้ามาทางอินพุตไม่ว่าจะมาจากกล้องถ่ายวีดีโอหรือจากเครื่องเล่นวีดีโอ จะถูกคัปปลิ้งโดยตรงมาเข้าสู่จุดต่อ R_{22}, R_{21} โดยผ่าน VR1 เป็นตัวปรับอัตราการขยายสัญญาณภาพ ตัวต้านทาน R_{24} เป็นตัวช่วยในการกำหนดอัตราการขยายและกำหนดการทำงานของ Q_6 ส่วน R_{23} เป็นตัวรักษาระดับความต้านทานทางอินพุตให้มีค่าเท่ากับ 75 โอหม์

ส่วนการมอดูเลเตอร์สัญญาณเสียงโดย Q_8 จะต่อวงจรร่วมกับ C_{37} , C_{41}, R_{29}, VC_1 และ T_1 ในส่วนที่จะทำหน้าที่กำเนิดความถี่ออสซิลเลเตอร์ ซึ่งเป็นความถี่คลื่นเสียงความถี่ 5.5 เมกะเฮิรตซ์ โดยมีลักษณะการทำงานแบบควบคุมความถี่ด้วยแรงดัน (Voltage Control Oscillator) ตัวต้านทาน R_{26} , R_{27} , R_{28} เป็นตัวไบแอส Q_8 ตัวเก็บประจุจูนความถี่ C_{40} ใช้ปรับความถี่ออสซิลเลเตอร์ให้ได้ค่าที่แน่นอน ขณะเดียวกัน Q_8 ก็ทำหน้าที่เป็นตัวมอดูเลเตอร์ของสัญญาณเสียงด้วย เมื่อมีความถี่เสียงเข้ามาทางอินพุตมี VR_2 เป็นตัวปรับระดับความแรงของสัญญาณ สัญญาณที่ถูกขยายด้วย Q_8 จะทำให้วาริแคป VC_1 เกิดการเปลี่ยนแปลงความจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

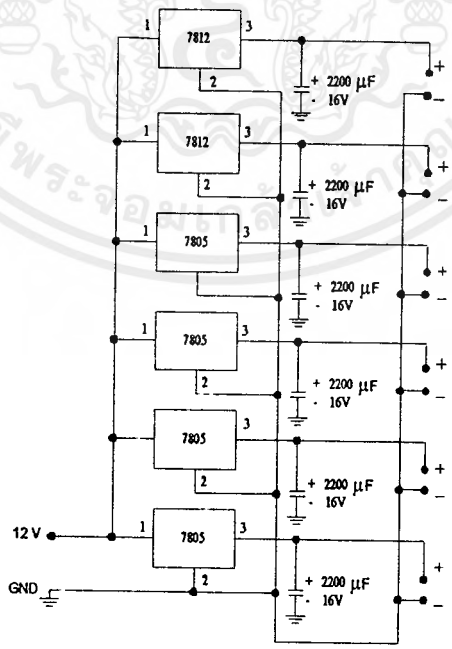
ตามสัญญาณความถี่เสียง ทำให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ลักษณะนี้เรียกว่าการมอดูเลทแบบเอฟเอ็ม

วาริแคป VC_1 จะถูกไบแอสด้วยแรงดัน +9 โวลต์ ซึ่งจะได้จากซีเนอร์ไดโอด D_1, ตัวต้านทาน R_{25} และ R_{29} แรงดันนี้ยังใช้เป็นแรงดันไบแอสแก่ Q_8 ด้วยสัญญาณคลื่นพาห์ของเสียงจะไปรวมกับสัญญาณภาพที่ขาเบสของ Q_6 แหล่งจ่ายแรงดันทั้งหมดของวงจรนี้อาจมาจากตัวกล้องถ่ายวีดีโอหรือมาจากแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ก็ได้

3.7 ภาคจ่ายไฟ

การทำงาน

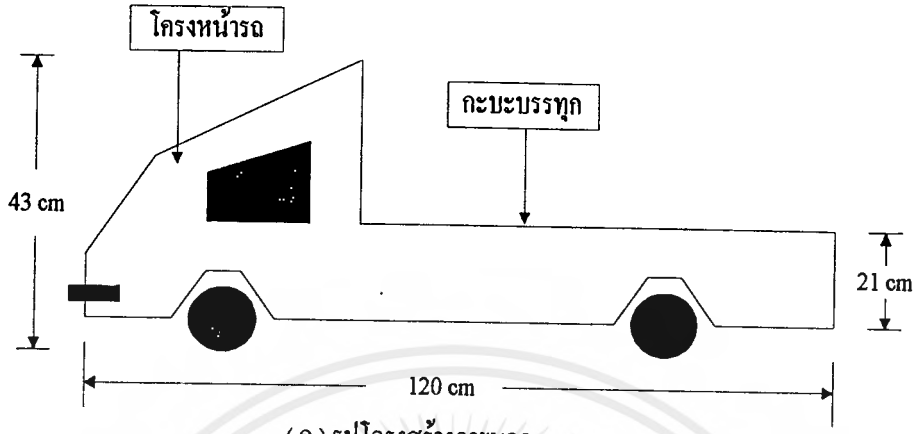
วงจรแหล่งจ่ายไฟจะนำแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์จากแบตเตอรี่ เพื่อนำมาเร็กกูเลตเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 V. และ 5V. ตามวงจร โดยใช้ไอซีเร็กกูเลตเบอร์ 7812 และ 7805 ตามลำดับ ไอซีเร็คกูเลททั้งสองเบอร์นี้จะให้แรงไฟเอ้าต์พุตเป็นจะมีแรงดันไฟบวก 12V. และ 5V. ตามลำดับ ส่วนตัวเก็บประจุค่า 2200uF/16V. เป็นตัวเก็บประจุกรองความถี่ลงกราวด์เพื่อให้แรงดันไฟที่ออกจากเอ้าต์พุตของไอซีเร็กกูเลตเป็นแรงดันไฟตรงมาก



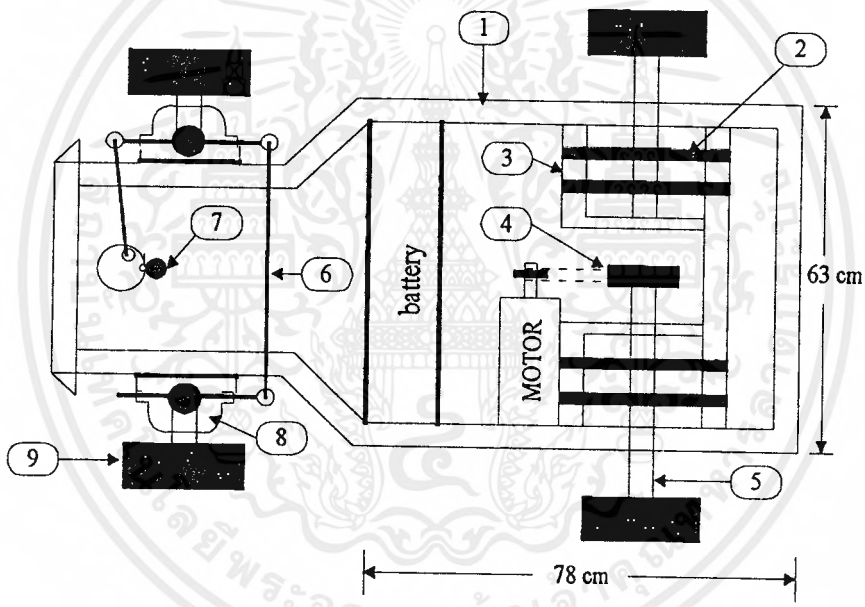
รูปที่ 3.12 วงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

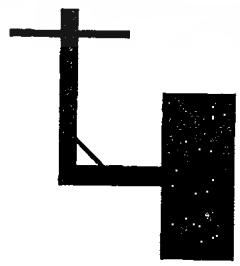
3.8 โครงสร้างรถ



(ก) รูปโครงสร้างภายนอก



(ข) รูปโครงสร้างภายใน



(ค) รูปโครงสร้างล้อหน้า

รูปที่ 3.13 โครงสร้างของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบภายในโครงรถ

1. โครงรถ
2. ลูกปืนเพลา
3. ฐานรับเพลา
4. เฟืองขับ
5. เพลา
6. คานดึง
7. สเตปปิ้งมอเตอร์
8. ลูกปืนเพลาล้อหน้า
9. ล้อ

การออกแบบ

ตัวถังรถ ได้ขึ้นรูปจากการนำเอาเหล็กตัว " U " ขนาด 2 นิ้ว มาต่อเชื่อมกันมีรูปร่างและขนาดตามรูปที่3.12 (ข)

ชุดขับเคลื่อนด้านหลัง ประกอบขึ้นจากเหล็กฉากขนาด 2 นิ้วหนา เป็นฐานรองรับลูกปืนเพลาโดยลูกปืนเพลาใช้ขนาด 1 นิ้ว ขันยึดด้วยน็อต 3/8 นิ้ว ยาว 1 นิ้ว ที่ฐานของลูกปืนเพลาเข้ากับฐานรองรับ แกนเพลาออกแบบโดยใช้เหล็กตันนำมากลึงให้มีขนาด 1นิ้วและทำการแยกออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนของชุดขับซึ่งจะติดตั้งเฟืองเพื่อต่อกับมอเตอร์มีความยาว 14 นิ้ว ส่วนที่สองยาว 11 นิ้วจะถูกยึดเข้ากับลูกปืนเพลาปลอยให้หมุนได้อย่างอิสระ การแยกเพลาออกจากกันก็เพื่อทำให้รัศมีในการเลี้ยวของรถแคบลง และยังทำให้สามารถควบคุมรถได้ง่ายอีกด้วย

เฟืองขับ ได้ใช้เฟืองหลังของรถมอเตอร์ไซ รุ่น RX-100 ขนาด 30 ฟันเฟือง มาเชื่อมต่อกับเพลาโดยการขันน็อตยึกกับหน้าแปลน ซึ่งสามารถถอดออกได้

ล้อ รัศมีของล้อหลังและหน้าจะใช้ล้อที่มีขนาดรัศมี 3 นิ้ว

ชุดควบคุมด้านหน้า ออกแบบโดยใช้เหล็กกลมขนาด 5/8 นิ้วมาต่อตามรูปที่ 3.12 (ค) เพื่อนำมาเป็นเพลาส่วนหน้า มีลูกปืนเพลาขนาด 5/8 นิ้วรองรับ และยึดติดกับตัวถังรถ ด้านบนของเพลาหน้าติดตั้งคานดึง เพื่อใช้บังคับการเลี้ยวของรถ โดยระหว่างล้อซ้ายและขวาจะถูกยึด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยคานส่งขนาด 1/8 นิ้ว และยึดระหว่างคานกับเฟืองของสเตปปิ้ง ซึ่งจะเป็นตัวขับให้เลี้ยวซ้ายเลี้ยวขวา

แท่นวางแบตเตอรี่ ประกอบจากเหล็กฉากขนาด 1 นิ้วหนาสองฝั่งห่างกัน 27 เซนติเมตร

โครงสร้างภายนอก ประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นกะบะบรรทุกประกอบจากไม้อัดหนา 2/8 นิ้ว ประกอบดังแสดงรูปที่ 3.12 (ก) ส่วนที่สองจะเป็นโครงส่วนหน้าใช้แผ่นพลาสติกอะครีลิค ประกอบ และติดตั้ง ตัวกล้องรับภาพไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงการทดสอบการใช้งานรถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น 2 โดยจะทำการทดสอบวงจรส่วนต่างๆ ทีละส่วนแล้วนำมาประกอบร่วมกันและทดสอบระบบทั้งหมดอีกครั้ง เพื่อให้ทราบสมรรถนะและคุณสมบัติทางเทคนิคต่างๆตลอดจนความเป็นไปได้ของรถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น 2 ว่ามีคุณภาพและประสิทธิภาพอยู่ในระดับใด ตรงตามวัตถุประสงค์และขอบเขตหรือไม่ซึ่งจะทำการทดสอบทั้งหมด 4 การทดลองโดยจะทำการทดลองทีละภาคซึ่งก็เป็นการเพียงพอต่อการทราบขอบเขตการทำงานทั้งหมดของรถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น 2

4.1 การทดลองภาคต่าง ๆ ของรถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น 2

ในการทดลองภาคต่าง ๆ ของรถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น 2 จะมีการทดลองอยู่ 4 การทดลองดังนี้

1. ทดลองควบคุมจากสวิตซ์กดที่ติดตั้งกับตัวเครื่อง
   - การทดลองภาค Drive Motor
2. ทดลองโดยใช้การควบคุมระบบอัตโนมัติ
   - การทดลองภาค Sensor
3. ทดลองโดยใช้การควบคุมระยะไกล
   - การทดลองภาค Remote
4. ทดลองสัญญาณ ณ ตำแหน่งจุดต่างๆ

4.1.1 การทดลองภาค Drive Motor

การทำงานของภาค Drive Motor กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 เราจึงนำเอาหลักการมาทำการทดลองขับมอเตอร์จริ้ง โดยทำการทดลองดังนี้

กระแส I_B และแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์มีผลต่อมอเตอร์ในลักษณะต่าง ๆดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.1 การทดลองกระแสและแรงดันที่มีผลต่อมอเตอร์

I_B	แรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์	ผลต่อมอเตอร์
0.5	20 V	แรงบิดมอเตอร์ต่ำ
0.75	20 V	ใช้งานได้ปกติ
0.85	20 V	ใช้งานได้ปกติ
1.00	22 V	ใช้งานได้ปกติ

ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อเพิ่มกระแส I_B เพิ่มขึ้นเรื่อยๆแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์จะยังคงที่แรงบิดของมอเตอร์จะต่ำจนถึงจุดหนึ่งของกระแส I_B แรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์จะเพิ่มขึ้น ทำให้มอเตอร์ใช้งานได้ปกติ จากการทดลอง I_B = 0.75 mA - 1.00 mA มอเตอร์จะใช้งานได้ปกติ

4.1.2 การทดลองภาค Sensor

การทำงานของภาค Sensor กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 เรานำเอาหลักการมาประยุกต์และทำการทดลองใช้งานจริงได้ดังนี้

ความต่างของพื้นสีในการตรวจจับ

ตารางที่ 4.2 การทดลองผลตอบสนองพื้นสีต่ออุปกรณ์ตรวจจับ

สี	ผลตอบสนอง
ดำ	ชุดตรวจจับจะตรวจจับเป็นระดับลอจิก 0
เหลือง	ชุดตรวจจับจะตรวจจับเป็นระดับลอจิก 1
ขาว	ชุดตรวจจับจะตรวจจับเป็นระดับลอจิก 1
พื้นทั่วไป	ชุดตรวจจับจะตรวจจับเป็นระดับลอจิก 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะห่างจากพื้นในการ Sensor

ตาราง 4.3 ทดลองระยะห่างจากพื้นของอุปกรณ์ตรวจจับ

ระยะห่าง (cm)	ผลที่ได้
3 เซนติเมตร	สามารถตรวจจับความแตกต่างได้ดี
ในกรณีที่ต่ำกว่า (1 เซนติเมตร)	จะตรวจจับเป็นระดับลอจิก 1 ทั้งหมด
ในกรณีที่สูงกว่า	จะตรวจจับเป็นระดับลอจิก 1 ทั้งหมด

อุปกรณ์ที่ใช้ Sensor

เป็นอุปกรณ์อินฟาเรดมีตัวส่ง และตัวรับอยู่ในตัวเดียวกัน

ผลการทดลอง

จากการทดลองสีที่อินฟาเรดสามารถตรวจจับได้ดีคือสีดำ สูงจากพื้นเป็นระยะใช้งาน 3 เซนติเมตร

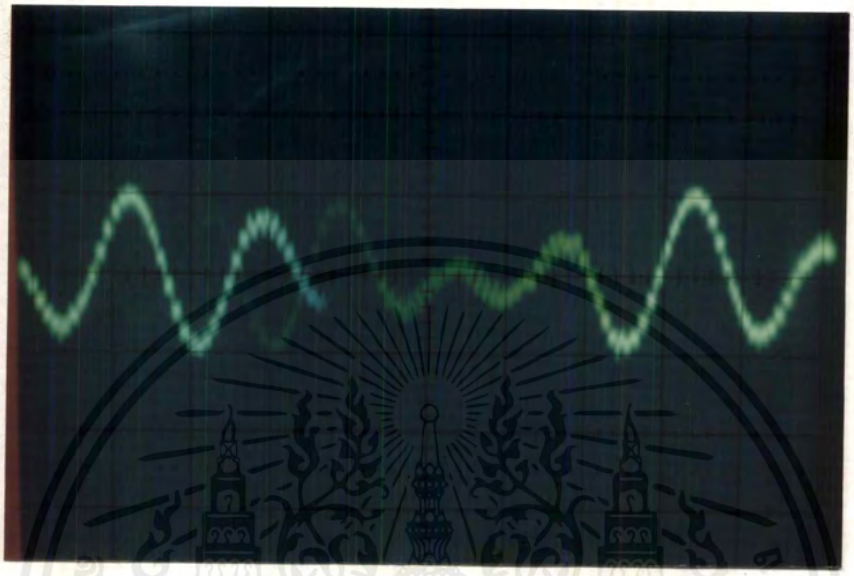
4.1.3 การทดลองภาค Remote

การทำงานของภาค Remote จะประกอบไปด้วยภาคส่งและภาครับ ซึ่งวงจรและหลักการทำงานได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 จึงนำเอามาทำการทดลองได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคส่ง

1. วัดสัญญาณ Input ได้ดังนี้

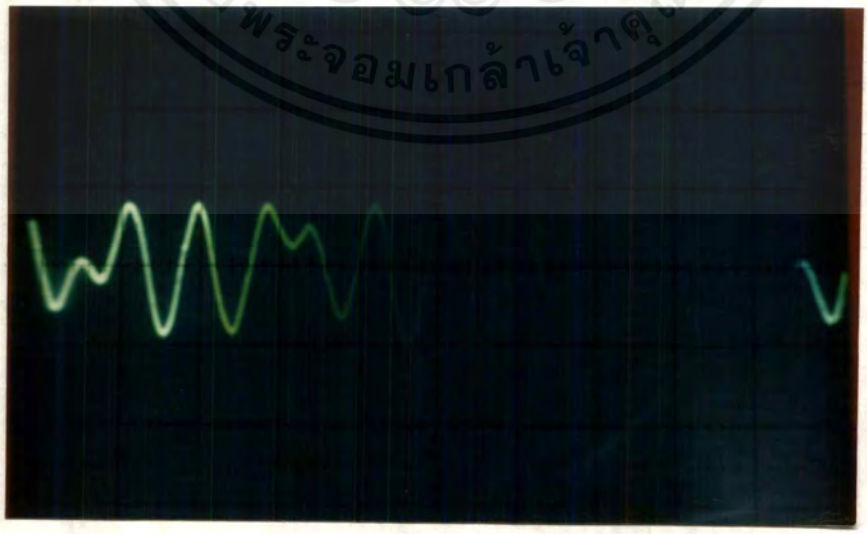


รูปที่ 4.1 สัญญาณ Input ของภาคส่ง

2. ระยะความไกลที่สุดที่สามารถใช้งานได้ = 10 เมตร

ภาครับ

1. ความชัดของสัญญาณภาพที่รับได้



รูปที่ 4.2 สัญญาณที่ภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบโดยรวมของการรับน้ำหนัก

1. เมื่อไม่รับน้ำหนักบรรทุก

ตารางที่ 4.4 ความเร็วที่วัดได้เมื่อไม่รับน้ำหนัก

ระดับความเร็ว	ความเร็วที่วัดได้ (Km/hr)
1	1
2	3
3	4.5

2. เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 50 กิโลกรัม

ตารางที่ 4.5 ความเร็วที่วัดได้เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 50 กิโลกรัม

ระดับความเร็ว	ความเร็วที่วัดได้ (Km/hr)
1	1
2	3
3	4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 80 กิโลกรัม

ตารางที่ 4.6 ความเร็วที่วัดได้เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 80 กิโลกรัม

ระดับความเร็ว	ความเร็วที่วัดได้ (Km/hr)
1	1
2	3
3	4.5

4. เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 100 กิโลกรัม

ตารางที่ 4.7 ความเร็วที่วัดได้เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 100 กิโลกรัม

ระดับความเร็ว	ความเร็วที่วัดได้ (Km/hr)
1	1
2	3
3	4.5

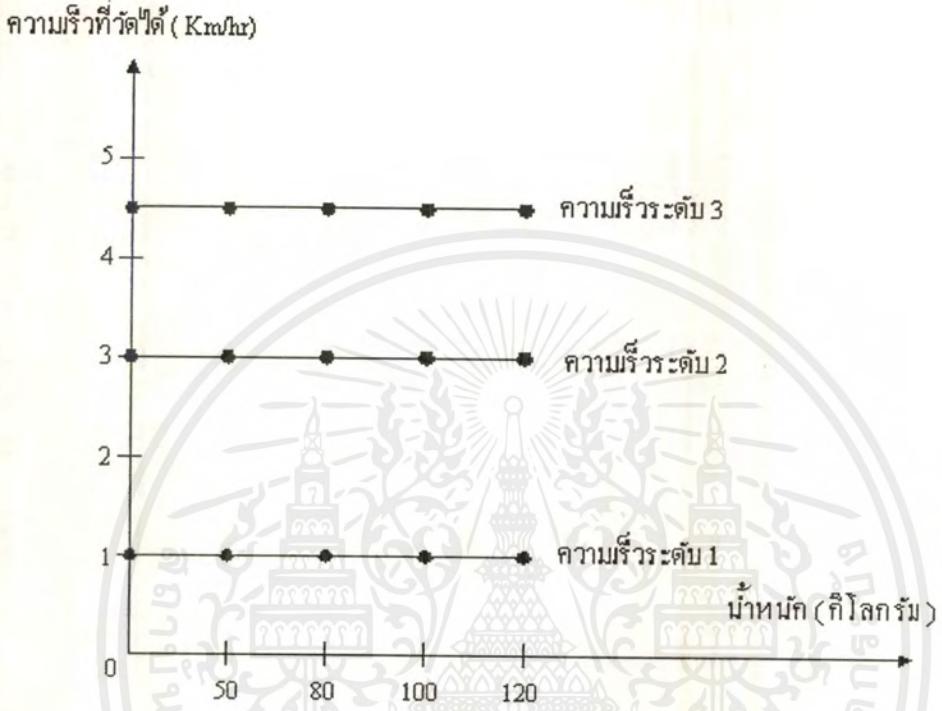
5. เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 120 กิโลกรัม

ตารางที่ 4.8 ความเร็วที่วัดได้เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก 120 กิโลกรัม

ระดับความเร็ว	ความเร็วที่วัดได้ (Km/hr)
1	1
2	3
3	4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

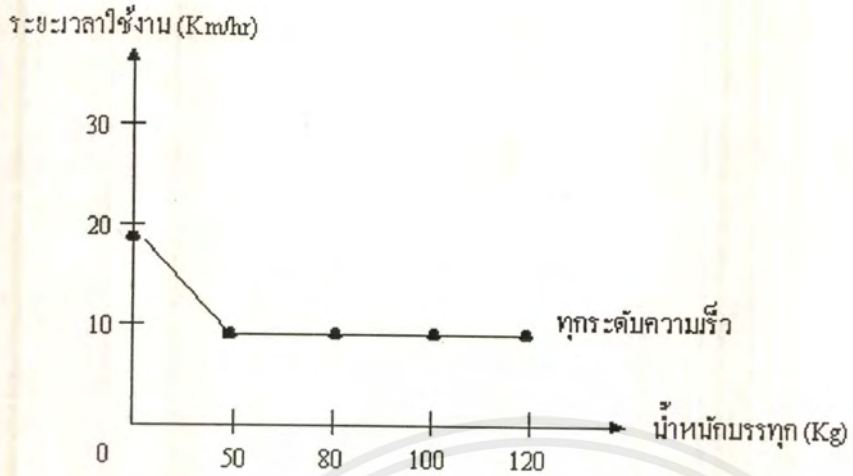


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับน้ำหนัก

จากกราฟสรุปได้ว่ารถจะวิ่งความเร็วคงที่ที่น้ำหนัก 100 กิโลกรัม
ขนาดแรงดันที่ยังสามารถใช้งานได้ต่ำสุด = 18 โวลต์
ระยะเวลาใช้งานที่ระดับแบตเตอรี่ประจุไฟเต็ม

1. ไม่รับน้ำหนักบรรทุก	18	ชั่วโมง
2. รับน้ำหนักบรรทุก 50 กิโลกรัม	9	ชั่วโมง
3. รับน้ำหนักบรรทุกมากกว่า 50 กิโลกรัม	9	ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะเวลาที่ใช้งาน

หมายเหตุ ผลการทดลองเกิดจากการใช้งานอย่างไม่ต่อเนื่อง หากใช้งานต่อเนื่องจะใช้งานได้ไม่เกิน 2 ชั่วโมง สาเหตุเพราะอุปกรณ์ขับกำลังเกิดความร้อนสะสมสูง

4.1.4 การทดลองสัญญาณ ณ ตำแหน่งจุดต่าง

ทดสอบการวิ่งอัตโนมัติ

1. ลักษณะแถบแบบต่างๆ โดยจะทดลองใช้อุปกรณ์ตรวจจับเส้นแบบคู่และเส้นเดี่ยว ทั้งเส้นทางตรงและเส้นทางโค้ง

แบบเส้นคู่ :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้

: สามารถวิ่งได้ระยะทางประมาณ 5 เมตร

: ไม่สามารถทำงานได้

แบบเส้นเดี่ยว :

ผลที่ได้

: สามารถใช้งานได้ดี

: สามารถใช้งานได้ดีพอสมคาร

2. การใช้งานจริง

ได้ใช้งานเส้นเดี่ยวโดยมีรัศมีโค้งไม่ต่ำกว่า 150 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

จากการทำงานของรถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น 2 จะพบว่าตัวรถสามารถถูกสั่งงานให้ทำงานได้ด้วยกัน 3 ระบบ คือ ระบบทำงานอัตโนมัติ ระบบบังคับระยะไกล และระบบบังคับที่ตัวรถ ซึ่งจะมีความสะดวก และความคล่องตัวกว่ารถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น 1 ที่มีการใช้งานแค่ระบบเดียว คือระบบควบคุมด้วยมือทำให้ไม่สะดวกในการใช้งานเท่าที่ควร

ข้อดีของรถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น 2 คือ การขับเคลื่อนใช้พลังงานจากแบตเตอรี่จึงไม่มีปัญหาเรื่องมลภาวะ อีกทั้งได้นำเอาอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีขายในท้องตลาด มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบจึงไม่ต้องเกรงว่าอุปกรณ์จะหาไม่ได้ ตลอดจนการใช้งานก็สะดวก เพราะมีระบบสั่งงานได้ 3 ระบบ ให้เลือกใช้

ขีดจำกัด ของรถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น 2 คือ ไม่สามารถเคลื่อนที่บนทางที่มีความลาดชันมาก เนื่องจากกำลังของมอเตอร์มีขีดจำกัด เพราะว่าป้อนไฟฟ้าให้มอเตอร์แค่ 24 โวลต์ โดยปกติมอเตอร์จะรับไฟฟ้าได้ถึง 48-60 โวลต์ และไม่เหมาะสมที่จะใช้งาน ที่พื้นที่ที่มีผิวขรุขระ เพราะจะทำให้อุปกรณ์เซนเซอร์เกิดความเสียหายได้ เนื่องจากติดตั้งห่างจากพื้นเป็นระยะ 1.5 นิ้ว

5.2 ปัญหาในการทำงาน

5.2.1 ในการใช้งานที่พื้นที่ลาดชันมากไม่ดี เพราะรถไม่สามารถขึ้นบนทางลาดชันมากๆ ได้

5.2.2 ในกรณีที่มืด ไม่สามารถใช้ระบบรีโมทได้ดี เพราะกล้อง CCD ไม่สามารถ รับได้ในสภาพแสงน้อย

5.2.3 ในสภาพทางที่ขรุขระไม่สามารถวิ่งได้เพราะไม่มีระบบโชคอัพ

5.2.4 ระบบกล้อง CCD ไม่สามารถใช้เครื่องรับ LCD รับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางในการพัฒนา

5.3.1 ติดตั้งระบบช่วยมองในที่มืด

5.3.2 เพิ่มกำลังขับให้รับน้ำหนักได้มากขึ้น

5.3.3 เพิ่มระบบเตือนในกรณีที่เกิข้อผิดพลาดของเครื่องผ่านระบบควบคุมระยะไกล

5.2.4 เพิ่มเติมระบบประจุแบตเตอรี่ที่ติดตั้งอยู่กับตัวรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

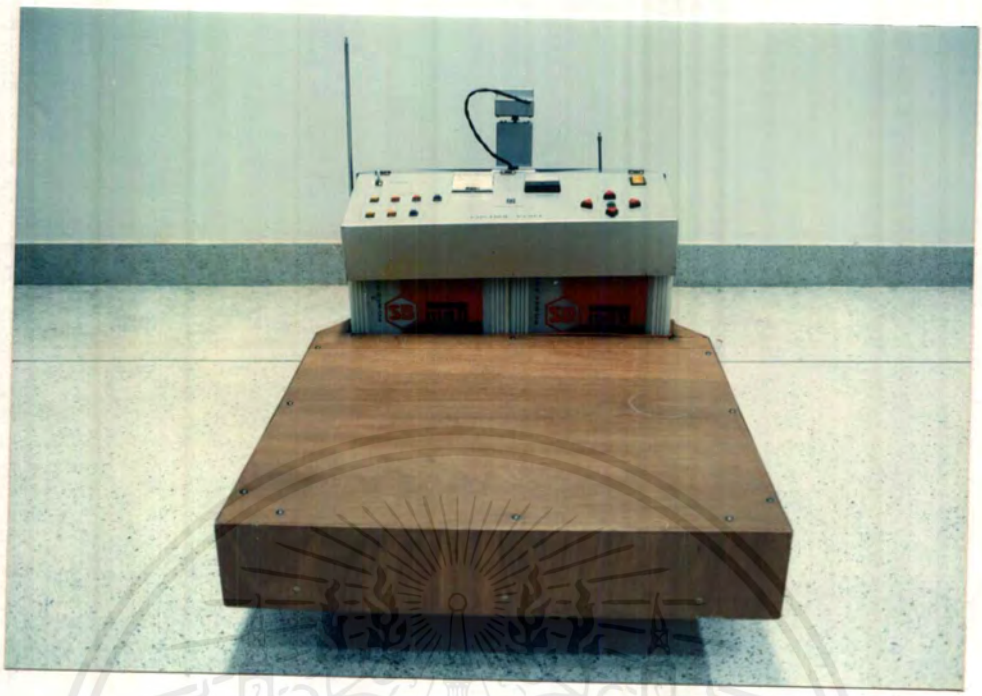
ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

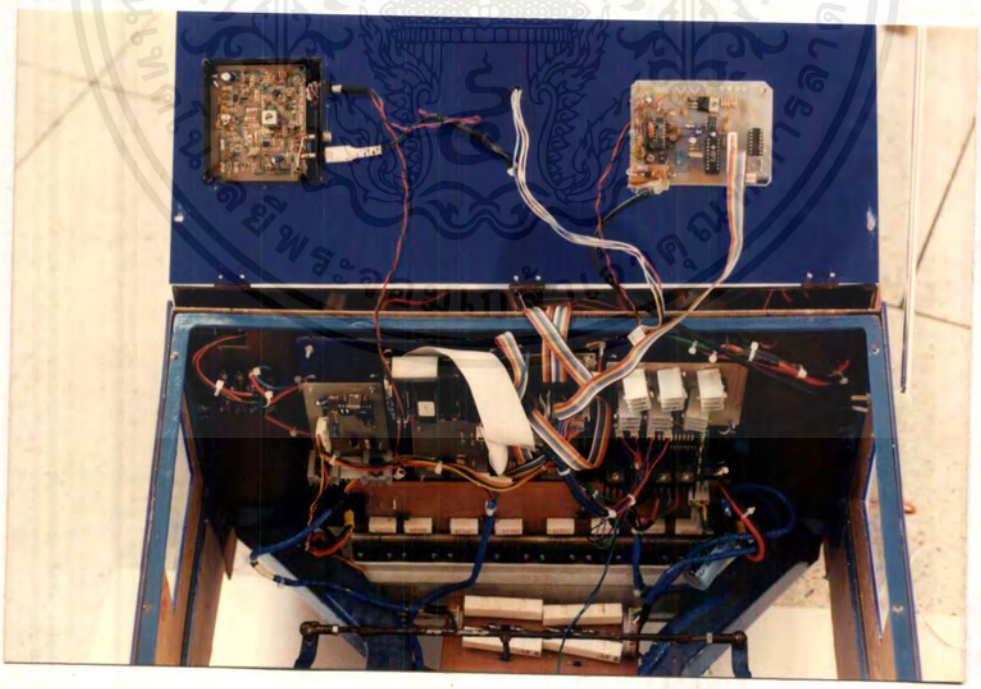
รูปที่ ก.1 รถขนถ่ายอัตโนมัติ

รูปที่ ก.2 ด้านหน้ารถขนถ่ายอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ด้านหลังรถขนถ่ายอัตโนมัติ



รูปที่ ก.4 การวางอุปกรณ์ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

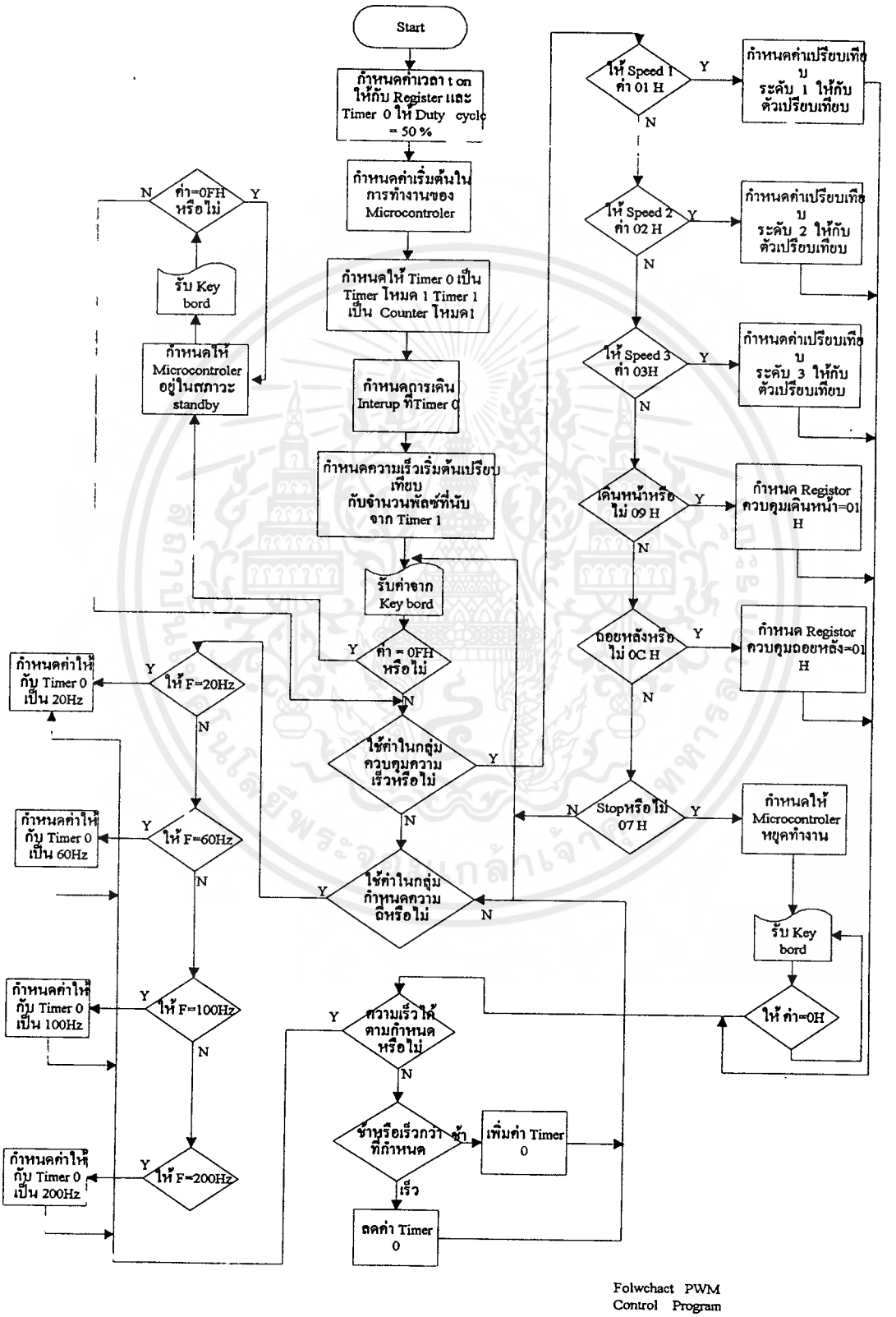
รูปที่ ก.5 ชุดควบคุมระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
โปรแกรมและการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังการทำงานของโปรแกรม PWM.



Folwchact PWM Control Program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ควบคุม ชุด PWM

```
;/ Program PWM Control with 89c2051 CPU at CLOCK
16.65 MHz/;

            ORG 0000H
            MOV   R0,#00H
            DJNZ  R0,$
            AJMP  MAIN
        ORG 000BH
            INC   20H
            CLR   TF0
            AJMP  SET_TT
      ;/ Main  Program /
MAIN:       MOV   TMOD,#051H
            MOV   25H,#00H  ;Data before push switch
            MOV   R7,#0EDH  ;T-on data
            MOV   R6,#00H
            MOV   R5,#0EDH  ;T-off data
            MOV   R4,#00H
            MOV   21H,#01H  ;Reward or Forward "0"= REF ,"1"= FF
            MOV   27H,#0FH  ;Total of pulse per seconds
            MOV   20H,#00H  ;Total pulse for counter
            MOV   2AH,#0DBH ;Data for detect dutycycle
            MOV   26H,#04H  ;Data for speed  turning equal 20h pulse
            MOV   23H,#03H  ;Data for step control speed
            MOV   TH0,R7
            MOV   TL0,R6
            MOV   A,P1
            ANL   A,#0FH
            CJNE  A,#00H,START
            AJMP  STAN_B
START:
            SETB  EA
            SETB  ET0
            SETB  P3.7
            SETB  TR0
            SETB  TR1
VON_S:      MOV   A,P1
            ANL   A,#0FH
            CJNE  A,25H,KEY1
            MOV   A,20H
            CJNE  A,27H,VON_S
            ACALL CON_T
            AJMP  VON_S

 KEY1:      MOV   25H,A
            CJNE  A,#00H,KEY2
            AJMP  VON_S

 KEY2:      CJNE  A,#01H,KEY3
 KEY:       MOV   26H,#02H  ;SP1
            AJMP  START

 KEY3:      CJNE  A,#02H,KEY4
            MOV   26H,#06H  ;SP2
            AJMP  START

 KEY4:      CJNE  A,#04H,KEY5
            MOV   26H,#3FH  ;SP3
            AJMP  START

 KEY5:      CJNE  A,#06H,KEY6
            MOV   21H,#01H ;FF "1" FORWARD
            AJMP  KEY

 KEY6:      CJNE  A,#05H,KEY7
 F60:       MOV   R7,#0D2H ;F60
            MOV   R6,#00H
            MOV   R5,#0D2H
            MOV   R4,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   27H,#08H
                MOV   2AH,#0A5H
                MOV   23H,#03H
                AJMP  VON_S

KEY7:           CJNE  A,#07H,KEY8
F150:           MOV   R7,#0EDH   ;F150
                MOV   R6,#00H
                MOV   R5,#0EDH
                MOV   R4,#00H
                MOV   27H,#0FH
                MOV   2AH,#0DBH
                MOV   23H,#02H
                AJMP  VON_S

KEY8:           CJNE  A,#0AH,KEY9
F300:           MOV   R7,#0F6H  ;F300
                MOV   R6,#00H
                MOV   R5,#0F6H
                MOV   R4,#00H
                MOV   27H,#14H
                MOV   2AH,#0EDH
                MOV   23H,#02H
                AJMP  VON_S

KEY9:           CJNE  A,#09H,KEY10
                MOV   21H,#00H   ; "0" REWARD
                AJMP  KEY

KEY10:          CJNE  A,#08H,KEY11
                MOV   A,P1
                ANL   A,#0FH
                CJNE  A,#00H,KEY10
                AJMP  STOP
KEY11:          AJMP  VON_S

  ;*/ Program Control dutyclycle ...

CON_T:          MOV   20H,#00H
                CLR   TR1
                MOV   A,TL1
                MOV   28H,A
                MOV   A,26H
                CJNE  A,28H,FIND
                MOV   TL1,#00H
                MOV   TH1,#00H
                SETB  TR1
                RET

FIND:           CLR   CY
                MOV   A,26H
                SUBB  A,28H
                JB    CY,INC_T
                AJMP  DEC_T
                RET

INC_T:          MOV   R0,23H
NC_T:           MOV   A,R7
                CJNE  A,2AH,IN_T1
                MOV   TL1,#00H
                SETB  TR1
                RET

IN_T1:          MOV   A,R7
                SUBB  A,23H
                MOV   R7,A
                MOV   A,R5
                ADD   A,23H
                MOV   R5,A
                MOV   TL1,#00H
                DJNZ  R0,NC_T
                SETB  TR1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET

DEC_T:      LCALL  STA
 EC_T:      MOV    A,R5
            CJNE   A,2AH,DEC_T1
            MOV    TL1,#00H
            SETB   TR1
            RET

DEC_T1:     MOV    A,R7
            ADD    A,23H
            MOV    R7,A
            MOV    A,R5
            SUBB   A,23H
            MOV    R5,A
            MOV    TL1,#00H
            SETB   TR1
            RET

            ;/ Sub Program /

SET_TT:     MOV    A,#00H
            JNB    08H,SETR_T1
            JNB    00,T2
            CLR    P1.7
            SETB   P1.6
            CLR    P1.5
            SETB   P1.4
            MOV    TH0,R7
            MOV    TL0,R6
            SETB   TR0
            RETI
 T2:        SETB   P1.7
            CLR    P1.6
            CLR    P1.5
            SETB   P1.4
            MOV    TH0,R5
            MOV    TL0,R4
            SETB   TR0
            RETI

SETR_T1:    JNB    00,R_T2
            CLR    P1.7
            SETB   P1.6
            CLR    P1.5
            SETB   P1.4
            MOV    TH0,R7
            MOV    TL0,R6
            SETB   TR0
            RETI
 R_T2:      CLR    P1.7
            SETB   P1.6
            SETB   P1.5
            CLR    P1.4
            MOV    TH0,R5
            MOV    TL0,R4
            SETB   TR0
            RETI

STOP:       MOV    R0,#00H
            MOV    R1,#0FH
            CLR    EA
            CLR    TR0
            CLR    P3.7
            JB     08H,NE_XT
            AJMP   NE_XTR

LOOP_S:     MOV    TH0,R7
            MOV    TL0,R6
            INC    R0
            CJNE   R0,#00,NE_XT
            DJNZ   R1,LOOP_S
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

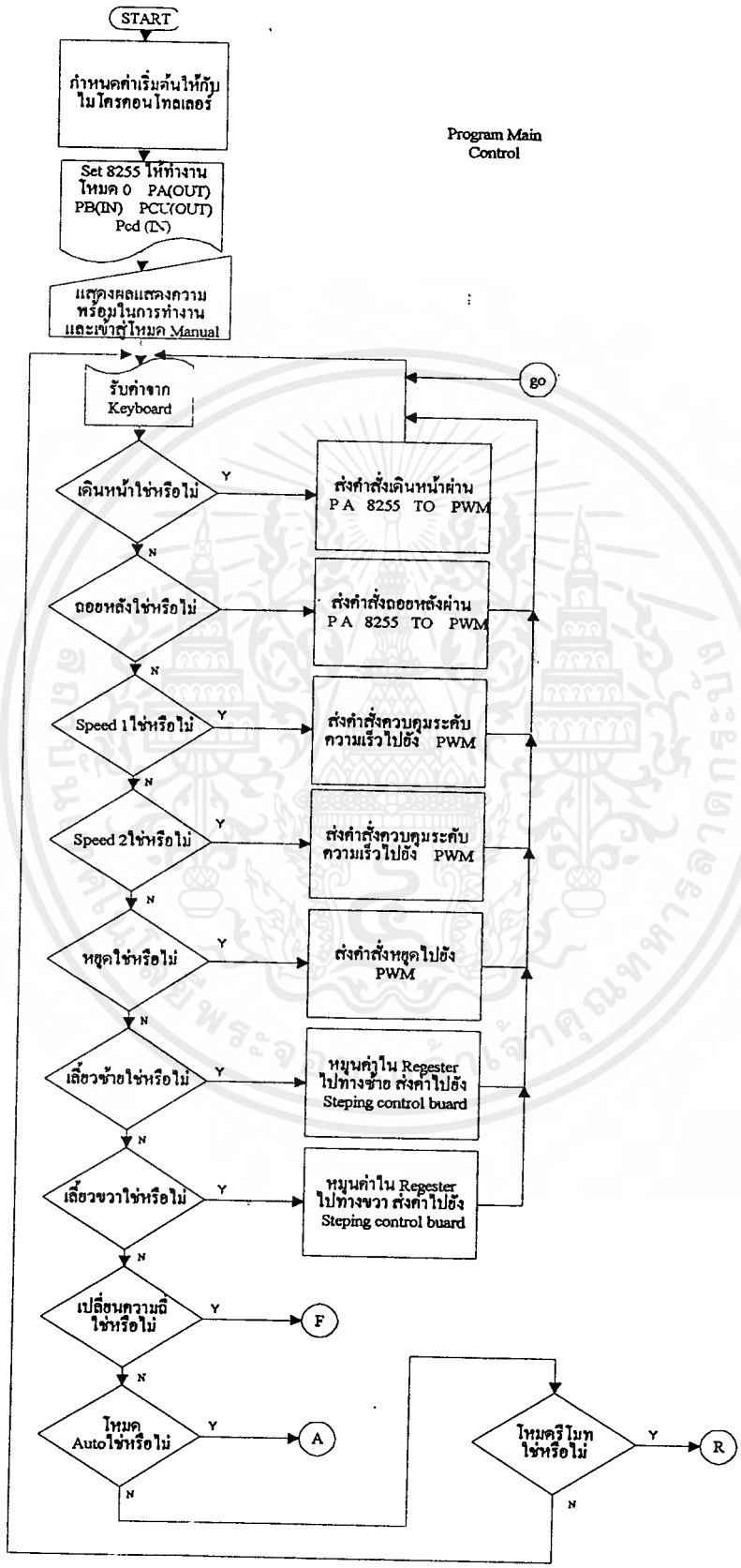
```
                AJMP   STAN_B

NE_XT:          MOV    TL1,#00H
                SETB   TR0
                JNB    TF0,$
                CLR    TR0
                CLR    P1.7
                SETB   P1.6
                SETB   P1.5
                CLR    P1.4
                MOV    TH0,R5
                MOV    TL0,R4
                SETB   TR0
                JNB    TF0,$
                CLR    TR0
                CLR    P1.7
                SETB   P1.6
                CLR    P1.5
                SETB   P1.4
                SJMP   LOOP_S

LOOP_SR:        MOV    TH0,R7
                MOV    TL0,R6
                INC    R0
                CJNE   R0,#00H,NE_XTR
                DJNZ   R1,LOOP_SR
                AJMP   STAN_B

NE_XTR:         MOV    TL1,#00H
                SETB   TR0
                JNB    TF0,$
                CLR    TR0
                SETB   P1.7
                CLR    P1.6
                CLR    P1.5
                SETB   P1.4
                MOV    TH0,R5
                MOV    TL0,R4
                SETB   TR0
                JNB    TF0,$
                CLR    TR0
                CLR    P1.7
                SETB   P1.6
                CLR    P1.5
                SETB   P1.4
                SJMP   LOOP_SR

STAN_B:         CLR    ET0
                CLR    P1.7
                SETB   P1.6
                CLR    P1.5
                SETB   P1.4
DIS_S:          MOV    R3,#00H
DIS_P:          MOV    R2,#01H
LOOP2_P:        MOV    R1,#00H
LOOP1_P:        MOV    R0,#00H
LOOP_P:         DJNZ   R0,LOOP_P
                DJNZ   R1,LOOP1_P
                DJNZ   R2,LOOP2_P
                CJNE   R3,#01H,ON
                CLR    P3.7
                SJMP   DIS_S
ON:             SETB   P3.7
                MOV    R3,#01H
                MOV    A,P1
                MOV    R0,#00
                DJNZ   R0,$
                MOV    A,P1
                ANL    A,#0FH
                CJNE   A,#00H,ST
                AJMP   DIS_P
ST:             LJMP   VON_S
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; ~~~~~~~~~~ Program improve statictoag~~~~~~~~~~~~~~~~

STA:      MOV   R0,#0FH
          CLR   EA
          CLR   TR0
          SETB  P3.7
          JB    08H,NE_XST
          AJMP  NE_XSTR
LOOP_ST:  MOV   TH0,#0F6H
          MOV   TL0,#00H
          DJNZ  R0,NE_XST
          SETB  EA
          RET

NE_XST:   SETB  TR0
          JNB   TF0,$
          CLR   TR0
          CLR   P1.7
          SETB  P1.6
          SETB  P1.5
          CLR   P1.4
          MOV   TH0,#0F6H
          MOV   TL0,#00H
          SETB  TR0
          JNB   TF0,$
          CLR   TR0
          CLR   P1.7
          SETB  P1.6
          CLR   P1.5
          SETB  P1.4
          SJMP  LOOP_ST
LOOP_STR: MOV   TH0,#0F6H
          MOV   TL0,#00H
          DJNZ  R0,NE_XSTR
          SETB  EA
          RET
NE_XSTR:  MOV   TL1,#00H
          SETB  TR0
          JNB   TF0,$
          CLR   TR0
          SETB  P1.7
          CLR   P1.6
          CLR   P1.5
          SETB  P1.4
          MOV   TH0,#0F6H
          MOV   TL0,#00H
          SETB  TR0
          JNB   TF0,$
          CLR   TR0
          CLR   P1.7
          SETB  P1.6
          CLR   P1.5
          SETB  P1.4
          SJMP  LOOP_STR

          END
```

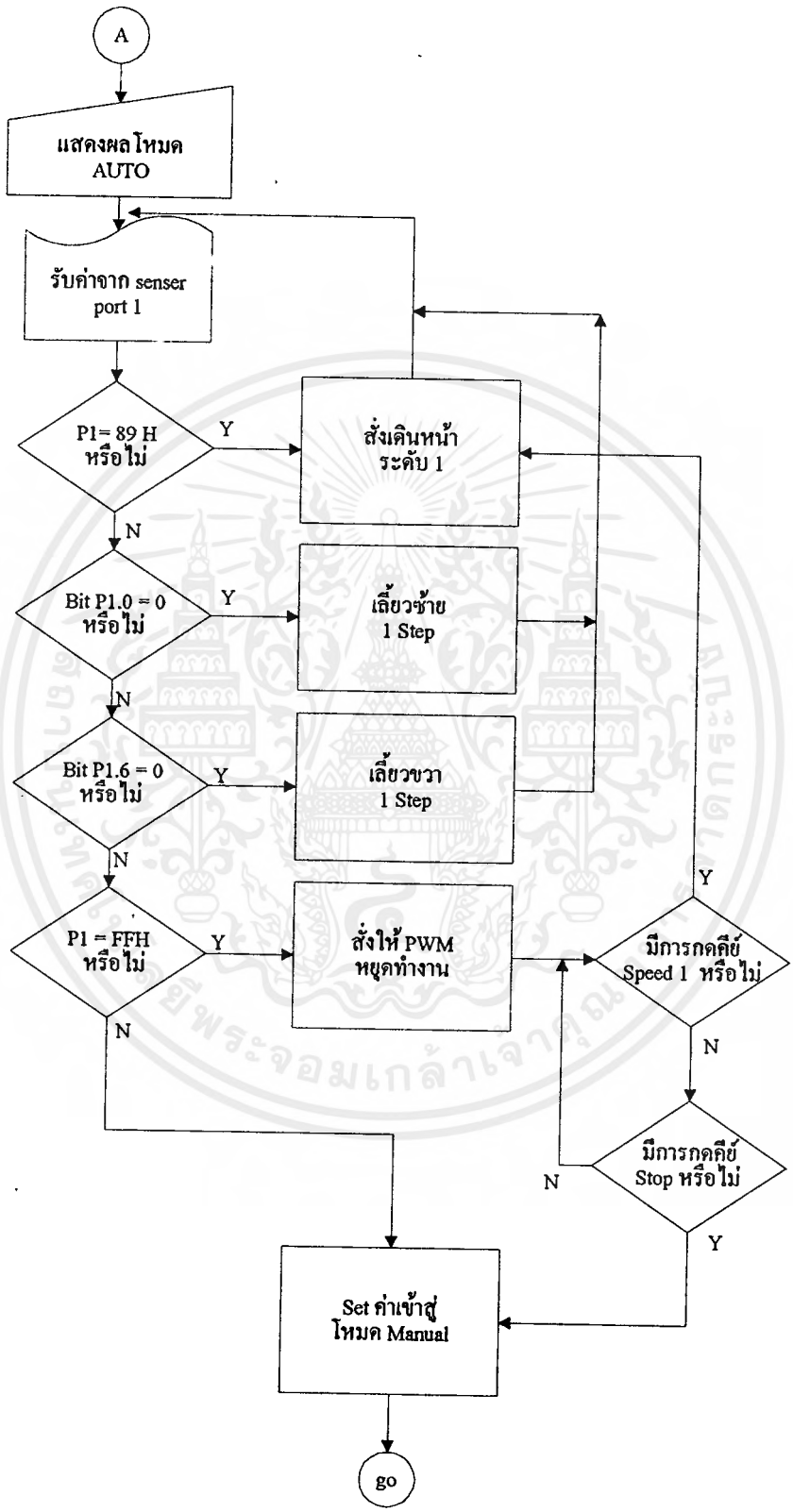
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังการทำงานของโปรแกรมหลัก



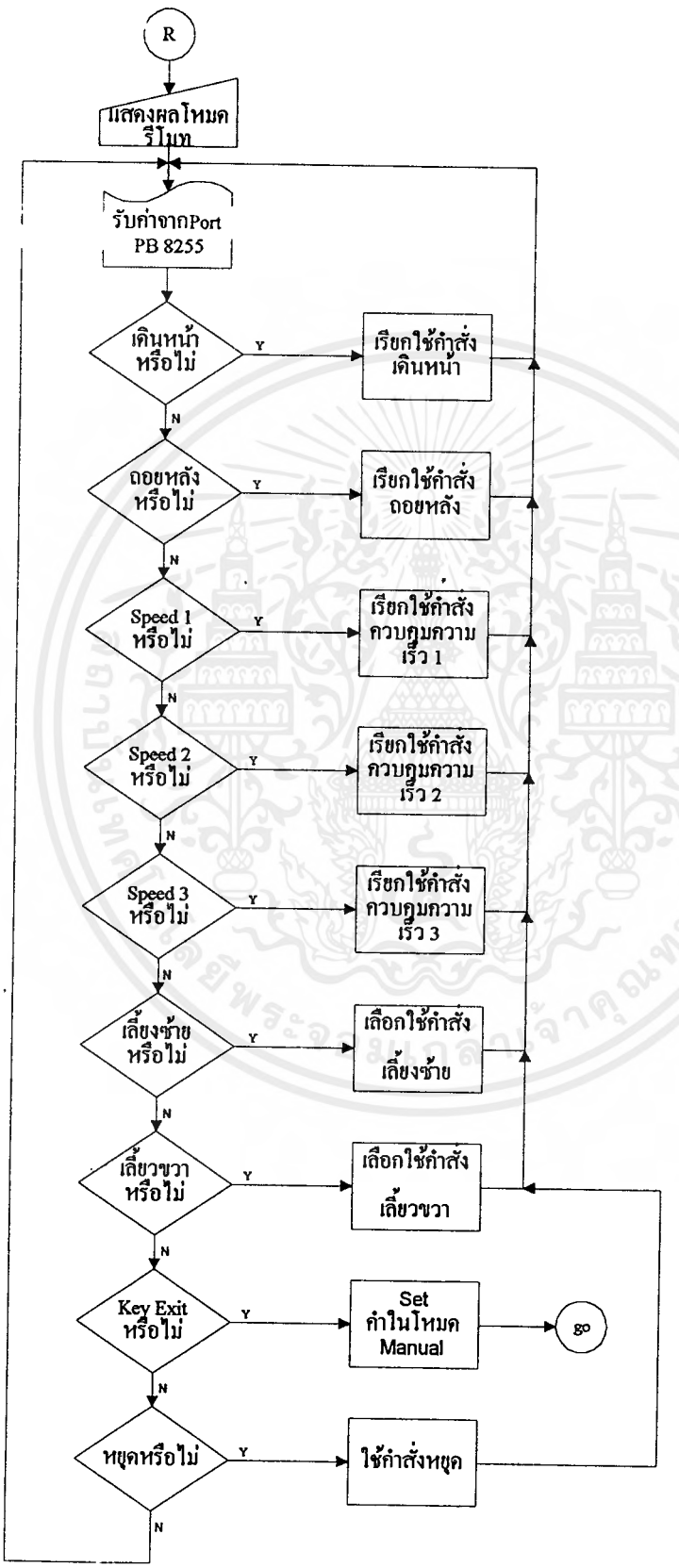
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังการทำงานของโปรแกรมหลักส่วน Automatic Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังการทำงานของโปรแกรมหลักส่วน Remote Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมหน่วยควบคุมกลาง

```
        ORG 0000H
;=============================================================
        ;/ CPU MCS51 Series  by 8031 at 12MHz clock
        ;/ * Main Program  for TRANSPORT AUTOCAR  Version 2.0
;=============================================================

        PA      EQU   0000H
        PB      EQU   0001H
        P_C     EQU   0002H
        PCC     EQU   0003H
        LED     EQU   81H
        P_M     EQU   83H
        C_d     EQU   0DEH
        C_A     EQU   0F7H
        C_S     EQU   0EDH
        C_M     EQU   37H
        C_P     EQU   0F3H
        C_F     EQU   0F1H
        C_B     EQU   0EH
        C_G     EQU   07H
        C2      EQU   05BH
        C6      EQU   0FDH
        C1      EQU   06H
        C200    EQU   49H
        Ca      EQU   5CH
        C3      EQU   4FH

MAIN:   MOV   R1,#00H
LOOP:   MOV   R0,#00H
        DJNZ  R0,$
        DJNZ  R1,LOOP
        MOV   DPTR,#PCC
        MOV   A,#P_M
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   R7,#0EEH
        MOV   R6,#00H
        MOV   21H,R7
RE_TRY: MOV   25H,#C_d
        ACALL  DISPLAY
        ACALL  DELAY_L
        LCALL  F8
        ACALL  DELAY_L
        LCALL  FF9
 ST:    LCALL  SCAN_K
          SJMP  ST
 ;~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
 ; Sub Program scan keyboard
 ;~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~

SCAN_K: MOV   DPTR,#P_C
        MOV   A,#40H
        MOVX  @DPTR,A
       MOVX   A,@DPTR
        ANL   A,#0FH
        CJNE  A,#00H,FIND1
        MOV   A,#20H
        MOVX  @DPTR,A
        MOVX  A,@DPTR
        ANL   A,#0FH
        CJNE  A,#00H,FIND2
        MOV   A,#10H
        MOVX  @DPTR,A
        MOVX  A,@DPTR
        ANL   A,#0FH
        CJNE  A,#00H,FIND3
        RET

FIND1:  CJNE  A,#01H,KE1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ACALL  F1
            RET
      KE1:  CJNE   A,#02H,KE2
            ACALL  F2
            RET
      KE2:  CJNE   A,#04H,KE3
            ACALL  F3
            RET
 KE3:       ACALL  F4
            RET

FIND2:      CJNE   A,#01H,KE21
            ACALL  F5
            RET
 KE21:      CJNE   A,#02H,KE22
            ACALL  F6
            RET
 KE22:      CJNE   A,#04H,KE23
            ACALL  F7
            RET
 KE23:      ACALL  F8
            RET

FIND3:      CJNE   A,#01H,KE31
            ACALL  F9
            RET
 KE31:      CJNE   A,#02H,KE32
            ACALL  F10
            RET
 KE32:      CJNE   A,#04H,KE33
            ACALL  F11
            RET
 KE33:      ACALL  F12
            RET
```

; Sub Program for REWARD control

```
      F1:  ACALL  S_DELAY  ;REWARD
           MOVX   A,@DPTR
           ANL    A,#0FH
           CJNE   A,#00H,F1
     FF1:  MOV    R6,#09H
           ACALL  OUT_SP
           MOV    25H,#08H
           LCALL  DISPLAY
           RET
```

; Sub Program for LIFE control

```
       F2:  JNB    P3.4,L_G
            MOV    R7,21H
            MOV    A,R7  ;LIFE
            RR     A
            MOV    R7,A
            MOV    21H,A
            LCALL  OUT_SP
            MOV    25H,#46H
            LCALL  DISPLAY
            RET
      L_G:  MOV    25H,#3FH
            LCALL  DISPLAY
            RET
```

; Sub Program for RIGHT control

```
       F3:  JNB    P3.5,L_G
            MOV    R7,21H
            MOV    A,R7 ;RIGHT
            RL     A
            MOV    R7,A
            MOV    21H,A
            LCALL  OUT_SP
            MOV    25H,#70H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL  DISPLAY
        RET

        ; Sub Program for FORWARD control
F4:     ACALL  S_DELAY ;FORWARD
        MOVX   A,@DPTR
        ANL    A,#0FH
        CJNE   A,#00H,F4
FF4:    MOV    R6,#06H
        ACALL  OUT_SP
        MOV    25H,#01H
        LCALL  DISPLAY
        RET

; Sub Program for speed level 2 control

F5:     MOV    R6,#02H ;SP2
        ACALL  OUT_SP
        MOV    25H,#C2
        LCALL  DISPLAY
        RET

; Sub Program for speed level 1 control

F6:     MOV    R6,#01H ;SP1
        ACALL  OUT_SP
        MOV    25H,#C1
        LCALL  DISPLAY
        RET

; Sub Program for speed level 3 control

F7:     MOV    R6,#04H ;SP3
        ACALL  OUT_SP
        MOV    25H,#C3
        LCALL  DISPLAY
        RET

; Sub Program for STOP control

F8:     MOV    R6,#08H ;STOP
        LCALL  OUT_SP
        MOV    R7,#0FFH
        MOV    R6,#00H
        ACALL  OUT_SP
        MOV    25H,#C_S
        LCALL  DISPLAY
        RET

; Sub Program for MANUL mode set

F9:     LCALL  S_DELAY  ;Manual mode
        MOVX   A,@DPTR
        ANL    A,#0FH
        CJNE   A,#00H,F9
FF9:    MOV    25H,#C_M
        LCALL  DISPLAY
        RET

; Sub Program for AUTOMATIC mode set

F10:    ACALL  S_DELAY
        MOVX   A,@DPTR
        ANL    A,#0FH
        CJNE   A,#00H,F10
        ACALL  AUTO   ; Auto driver mode
        RET

; Sub Program for REMOTE mode set
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
F11:    LCALL  REMOTE  ;Remote control mode
        RET
```

; Sub Program for Frequency use with PWM control set

```
F12:    LCALL  S_DELAY   ; Key set frequency for service
        MOVX   A,@DPTR
        ANL    A,#0FH
        CJNE   A,#00H,F12
        MOV    25H,#C_F
        LCALL  DISPLAY
        LCALL  DELAY_L
        MOV    R6,#08H ;STOP before set frequency
        ACALL  OUT_SP
        MOV    R7,#0FFH
        MOV    R6,#00H
        ACALL  OUT_SP
        LCALL  FRE_Q
        RET
```

;/* SUB PROGRAM 3 out data control stepping motor and PWM control*/

```
OUT_SP:     MOV    20H,R7
            MOV    A,R7
            ANL    A,#0F0H
            MOV    R7,A
            MOV    A,R6
            ANL    A,#0FH
            MOV    R6,A
            ADD    A,R7
            MOV    DPTR,#PA
            MOVX   @DPTR,A
            MOV    R7,20H
            ACALL  S_DELAY
            RET

O_STEP:  MOV   20H,R7
            MOV    A,R7
            ANL    A,#0F0H
            MOV    R7,A
            MOV    A,R6
            ANL    A,#0FH
            MOV    R6,A
            ADD    A,R7
            MOV    DPTR,#PA
            MOVX   @DPTR,A
            MOV    R7,20H
            ACALL  DE_SHORT
            RET
```

;/* SUB PROGRAM 4 Time delay using with program*/

```
DELAY:      MOV    R2,#01H
DE_L1:      MOV    R1,#01H
DE_L:    MOV    R0,#00H
            DJNZ   R0,$
            DJNZ   R1,DE_L
            DJNZ   R2,DE_L1
            RET

S_DELAY:    MOV    R1,#05H
S_D1:    MOV    R0,#00H
            DJNZ   R0,$
            DJNZ   R1,S_D1
            RET

DELAY_L:    MOV    R2,#06H
DE_LL1:     MOV    R1,#00H
DE_LL:      MOV    R0,#00H
            DJNZ   R0,$
            DJNZ   R1,DE_LL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    DJNZ   R2,DE_LL1
                    RET

DE_SHORT:           MOV    R1,#01H
D_SHORT:            MOV    R0,#06H
                    DJNZ   R0,$
                    DJNZ   R1,D_SHORT
                    RET
```

;/* SUB PROGRRM 5 for show display seven segment path PB 8255 */

```
DISPLAY:  MOV   A,#LED
                    MOV    DPTR,#PCC
                    MOVX   @DPTR,A
                    LCALL  OUT_SP
                    MOV    A,25H  ;25H Keep data for Display form auto subprogram
                    MOV    DPTR,#PB
                    MOVX   @DPTR,A
                    MOV    DPTR,#P_C
                    MOV    A,#80H
                    MOVX   @DPTR,A
                    ACALL  DELAY
                    MOV    A,#00H
                    MOVX   @DPTR,A
                    MOV    A,#P_M
                    MOV    DPTR,#PCC
                    MOVX   @DPTR,A
                    ACALL  OUT_SP
                    RET
```

; SUB PROGRAM 6 AUTOMATIC mode

```
AUTO:               MOV    25H,#C_A
                    LCALL  DISPLAY
                    MOV    DPTR,#P_C
                    MOV    A,#20H
                    MOVX   @DPTR,A
                    MOVX   A,@DPTR
                    ANL    A,#0FH
                    CJNE   A,#08H,ST_A
                    MOV    25H,#C_S
                    LCALL  DISPLAY
                    RET

ST_A:               CJNE   A,#02H,AUTO
AUTO_V:             MOV    25H,#08H
                    LCALL  DISPLAY
                    LCALL  DELAY_L
                    MOV    25H,#40H
                    LCALL  DISPLAY
                    LCALL  DELAY_L
                    MOV    25H,#01H
                    LCALL  DISPLAY
                    LCALL  DELAY_L
                    MOV    A,P1
                    CJNE   A,#0FFH,SHOW
ERROR:              MOV    25H,#0F9H
                    LCALL  DISPLAY
                    LCALL  DELAY_L
                    LCALL  F8
                    LCALL  FF9
                    LJMP   ST

SHOW:               MOV    25H,#Ca
                    LCALL  DISPLAY
                    LCALL  DELAY_L
AUTO_K:             MOV    DPTR,#P_C
                    MOV    A,#20H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOVX  @DPTR,A
                MOVX  A,@DPTR
                ANL   A,#0FH
                CJNE  A,#08H,AUTO_A
                LCALL F8
                LJMP  ST
AUTO_A:         MOV   A,P1
                CJNE  A,#0FFH,TO_A1
                LJMP  ERROR
TO_A1:          CJNE  A,#049H,TO_A
                MOV   R6,#06H
                ACALL OUT_SP
                LJMP  AUTO_K
TO_A:           CJNE  A,#08H,TO_N
                LJMP  STOP_P
TO_N:           JNB   P1.0,TRUN_L
                JNB   P1.6,TRUN_R
                MOV   A,P1
                CJNE  A,#08H,AUTO_K
                LJMP  STOP_P
TRUN_R:         JNB   P3.5,AUTO_A
                MOV   R7,21H
                MOV   A,R7 ;RIGHT
                RL    A
                MOV   R7,A
                MOV   21H,A
                LCALL OUT_SP
                MOV   25H,#70H
                LCALL DISPLAY
                JNB   P3.5,AUTO_A
                MOV   A,P1
                CJNE  A,#049H,AUTO_A
                MOV   25H,#40H
                LCALL DISPLAY
                LJMP  AUTO_K

TRUN_L:         JNB   P3.4,AUTO_A
                MOV   R7,21H
                MOV   A,R7 ;LIFE
                RR    A
                MOV   R7,A
                MOV   21H,A
                LCALL OUT_SP
                MOV   25H,#46H
                LCALL DISPLAY
                JNB   P3.4,AUTO_A
                MOV   A,P1
                CJNE  A,#049H,AUTO_A
                MOV   25H,#40H
                LCALL DISPLAY
                LJMP  AUTO_K

STOP:           LCALL F8
                MOV   DPTR,#P_C
                MOV   A,#20H
                MOVX  @DPTR,A
ST_P:           MOVX  A,@DPTR
                ANL   A,#0FH
                CJNE  A,#02H,ST_P
                LJMP  ST_A

STOP_P:         MOV   R0,#05H ; Delay check cross black bar
DE_P:           LCALL DELAY
                DJNZ  R0,CK_P
                SJMP  STOP
CK_P:           MOV   A,P1
                CJNE  A,#08H,BACK
                SJMP  DE_P
BACK:           LJMP  AUTO_A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; SUB PROGRAM 7 for REMOTE mode
;~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~

REMOTE:        MOV    25H,#C_P
               LCALL  DISPLAY
RE_T:          MOV    DPTR,#PB
ET:            MOVX   A,@DPTR
               ANL    A,#10H
               CJNE   A,#10H,S_TOP
               MOVX   A,@DPTR
               ANL    A,#1FH
               LJMP   SC_PB

       S_TOP:  MOV    DPTR,#P_C   ;Check key stop
               MOV    A,#20H
               MOVX   @DPTR,A
               MOVX   A,@DPTR
               ANL    A,#0FH
               CJNE   A,#08H,RE_T
               LCALL  F8
               MOV    25H,#C_M
               LCALL  DISPLAY
               RET

       SC_PB:  CJNE   A,#11H,CH2
               LCALL  F3
               SJMP   RE_T
       CH2:    CJNE   A,#12H,CH3
               LCALL  F2
               SJMP   RE_T
       CH3:    CJNE   A,#13H,CH4
               LCALL  F5
               SJMP   RE_T
       CH4:    CJNE   A,#14H,CH5
               LCALL  FF4
               SJMP   RE_T
       CH5:    CJNE   A,#15H,CH6
               LCALL  FF1
               SJMP   RE_T
       CH6:    CJNE   A,#18H,CH7
               LCALL  F6
               SJMP   RE_T
       CH7:    CJNE   A,#17H,CH8
               LCALL  F8
               SJMP   RE_T
       CH8:    CJNE   A,#19H,CH_S
               LCALL  F7
               SJMP   RE_T
       CH_S:   LJMP   RE_T

;~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
; SUB PROGRAM 8 SET FREQUENCY
;~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~

FRE_Q:         MOV    R1,#1FH
               MOV    25H,#80H
               LCALL  DISPLAY
       S_FL:   MOV    R0,#00H
       S_F:    MOV    DPTR,#P_C
               MOV    A,#20H
               MOVX   @DPTR,A
               MOVX   A,@DPTR
               ANL    A,#0FH
               CJNE   A,#0CH,S_FC
       S_CK:   MOVX   A,@DPTR
               ANL    A,#0FH
               CJNE   A,#00CH,S_CK
               AJMP   S_FK
       S_FC:   DJNZ   R0,S_F
               DJNZ   R1,S_FL
               AJMP   CANCEL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

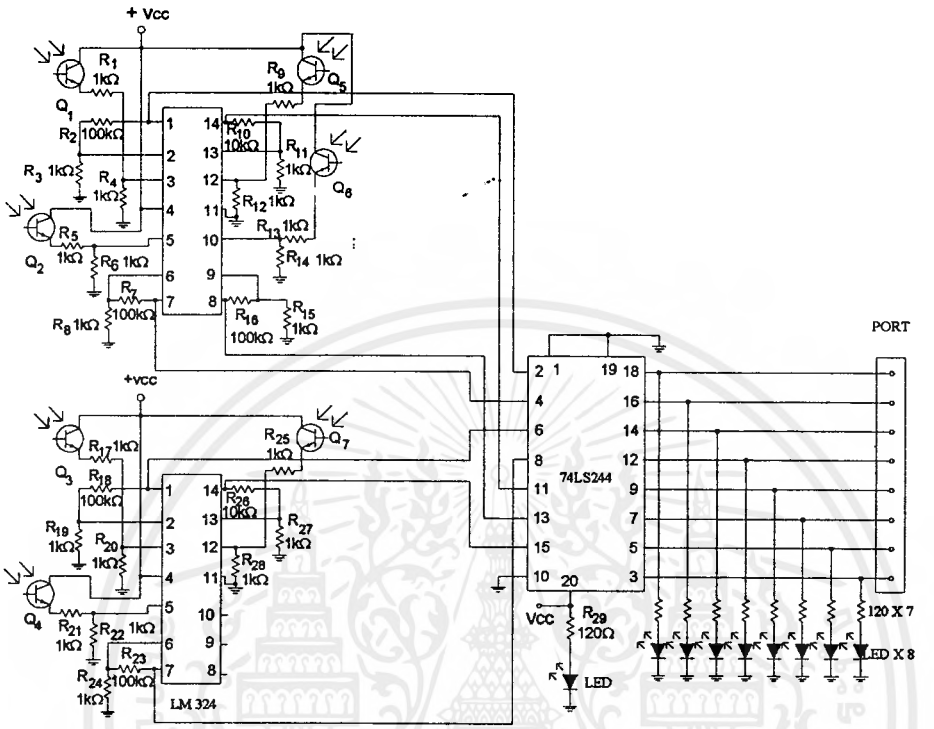
```
S_FK:   MOV   25H,#88H
        LCALL DISPLAY
        LCALL DELAY_L
        MOV   DPTR,#P_C
        MOV   A,#20H
        MOVX  @DPTR,A
        MOVX  A,@DPTR
        ANL   A,#0FH
        CJNE  A,#02H,S_FK1
        LJMP  F60
S_FK1:  CJNE  A,#01H,S_FK2
        LJMP  F150
S_FK2:  CJNE  A,#04H,S_FK3
        LJMP  F300
S_FK3:  CJNE  A,#08H,S_FK
        LJMP  CANCEL
F60:    MOV   R6,#05H
        LCALL OUT_SP
        MOV   25H,#C6
        LCALL DISPLAY
        LCALL DELAY_L
        MOV   25H,#C_M
        LCALL DISPLAY
        RET
F150:   MOV   R6,#07H
        LCALL OUT_SP
        MOV   25H,#C1
        LCALL DISPLAY
        LCALL DELAY_L
        MOV   25H,#C_M
        LCALL DISPLAY
        RET
F300:   MOV   R6,#0AH
        LCALL OUT_SP
        MOV   25H,#C3
        LCALL DISPLAY
        LCALL DELAY_L
        MOV   25H,#C_M
        LCALL DISPLAY
        RET
CANCEL: MOV   25H,#39H
        LCALL DISPLAY
        LCALL DELAY_L
        LCALL DISPLAY
        LCALL DELAY_L
        MOV   25H,#C_M
        LCALL DISPLAY
        RET
    END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

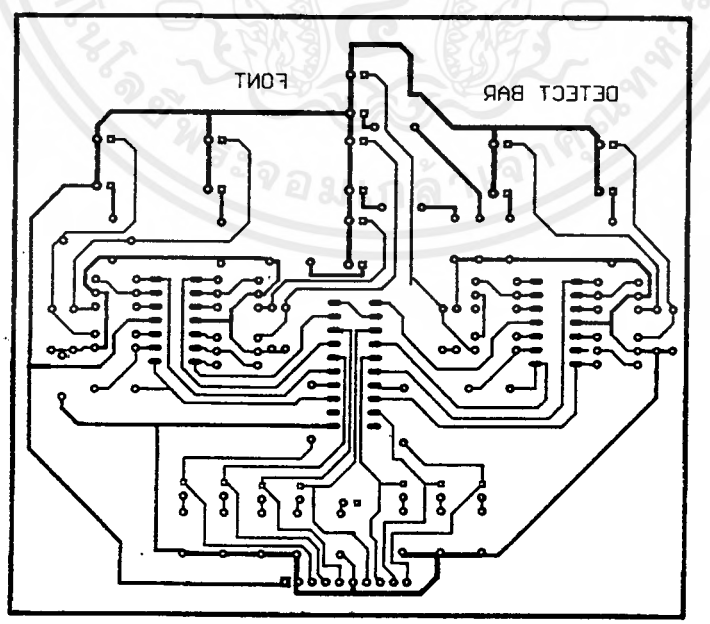
ภาคผนวก ค
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วงจรตรวจจับ

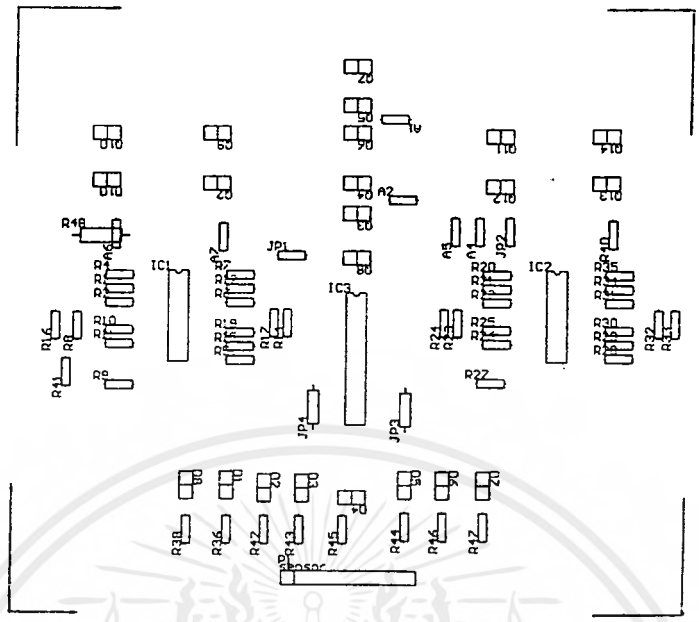


รูปที่ ค.1 วงจรตรวจจับ



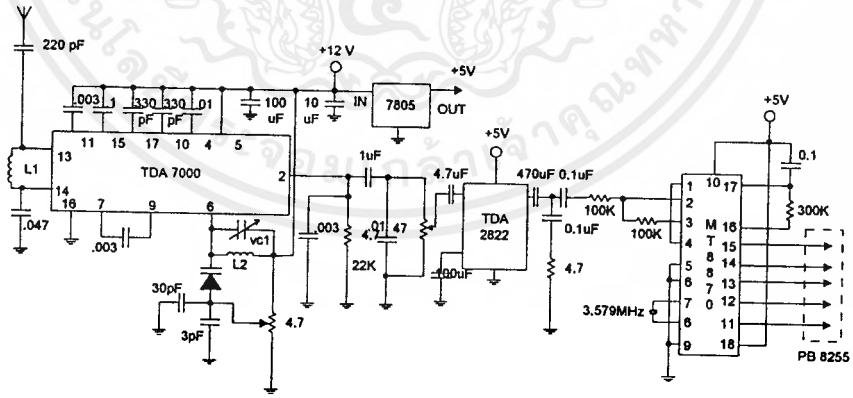
รูปที่ ค.2 ลายวงจรตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



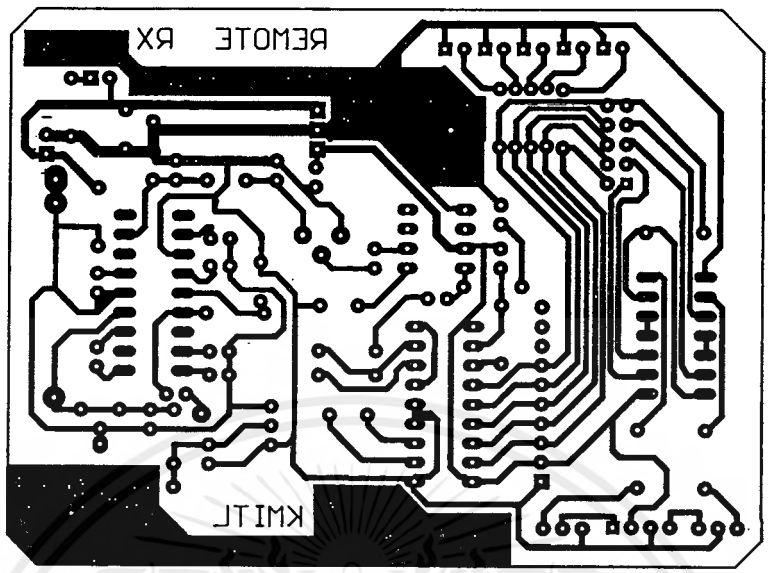
รูปที่ ค.3 การวางอุปกรณ์ของวงจรตรวจจับ

2. วงจรควบคุมระยะไกล

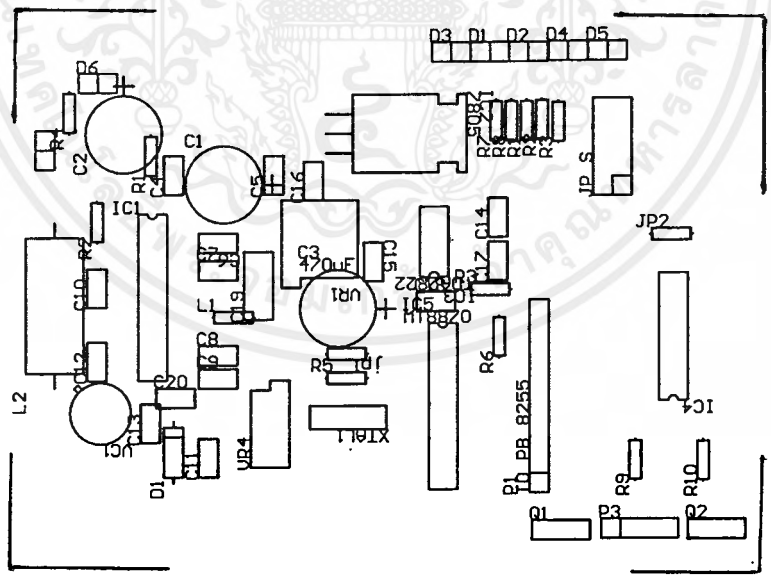


รูปที่ ค.4 วงจรควบคุมระยะไกลภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

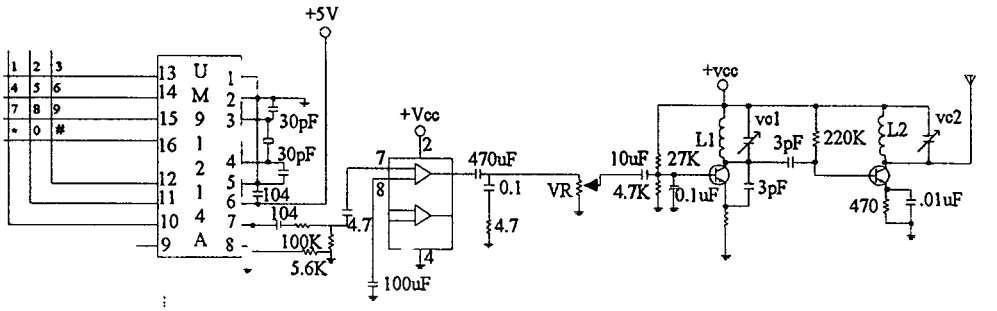


รูปที่ ค.5 ลายวงจรควบคุมระยะไกลภาครับ

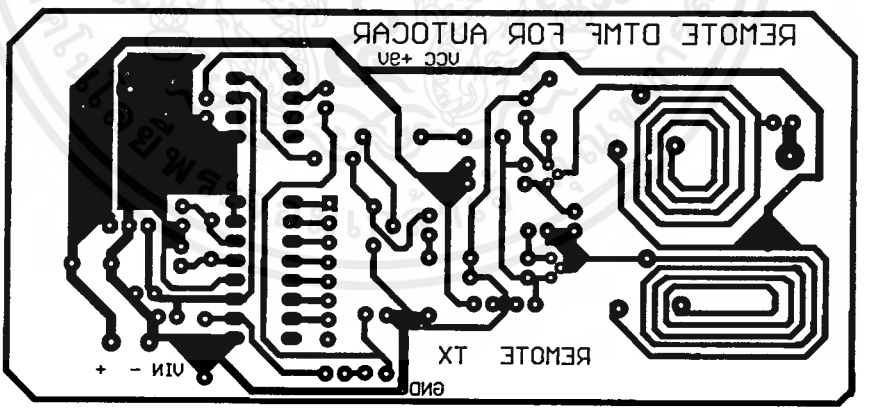


รูปที่ ค.6 การวางอุปกรณ์วงจรควบคุมระยะไกลภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

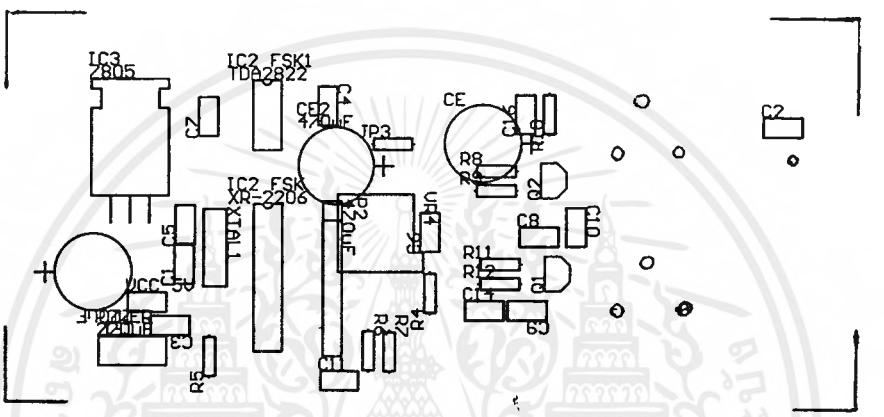


รูปที่ ค.7 วงจรควบคุมระยะไกลภาคส่ง



รูปที่ ค.8 ลายวงจรควบคุมระยะไกลภาคส่ง

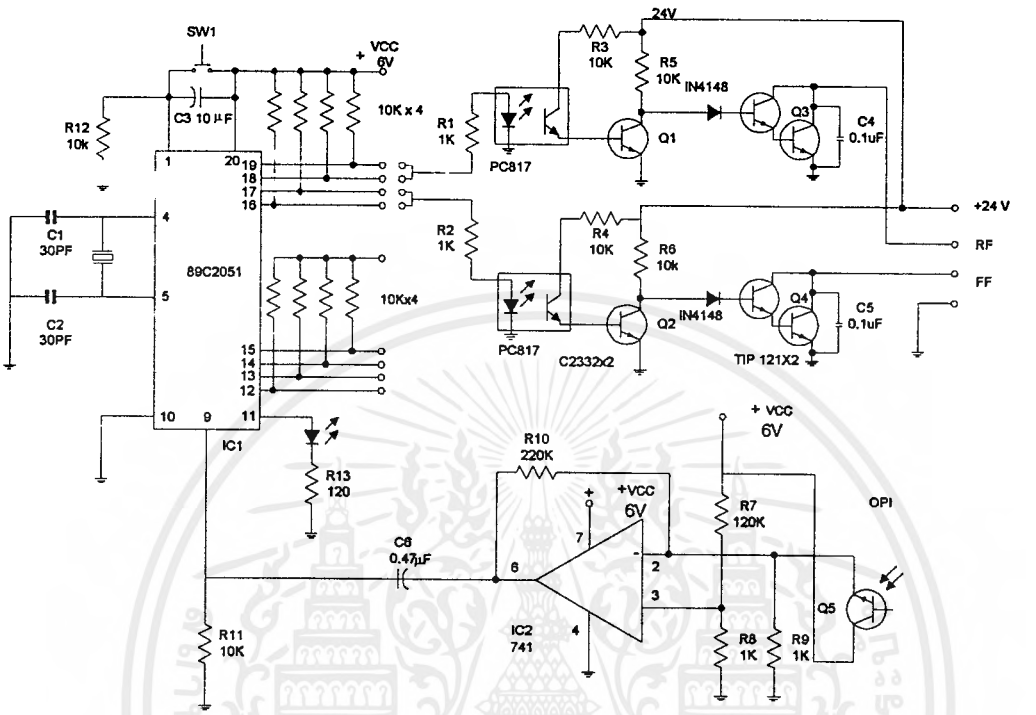
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



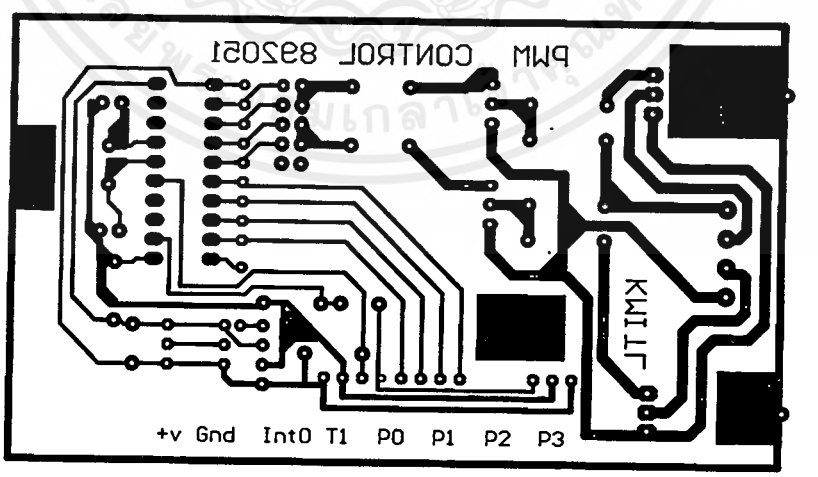
รูปที่ ค.9 การวางอุปกรณ์วงจรควบคุมระยะไกลภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วงจร PWM

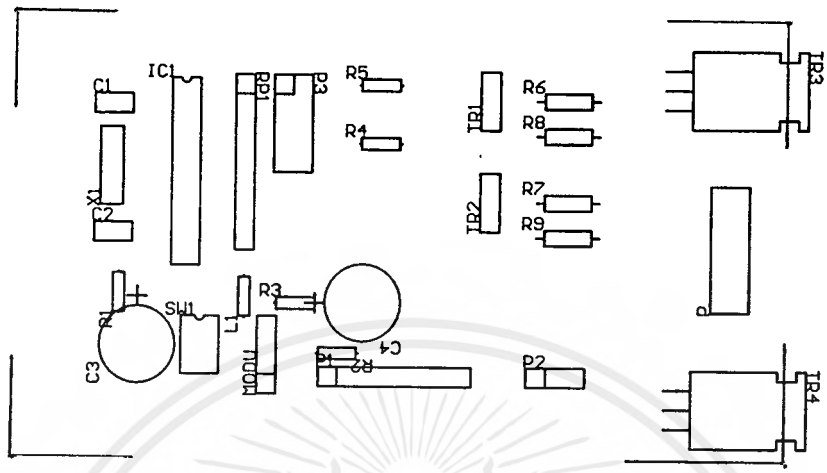


รูปที่ ค.10 วงจร PWM



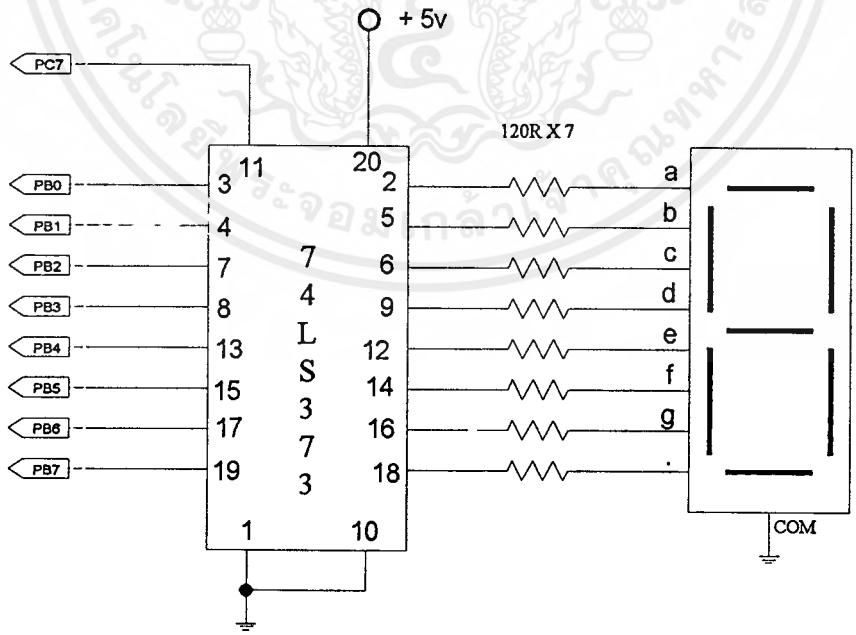
รูปที่ ค.11 ลายวงจร PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



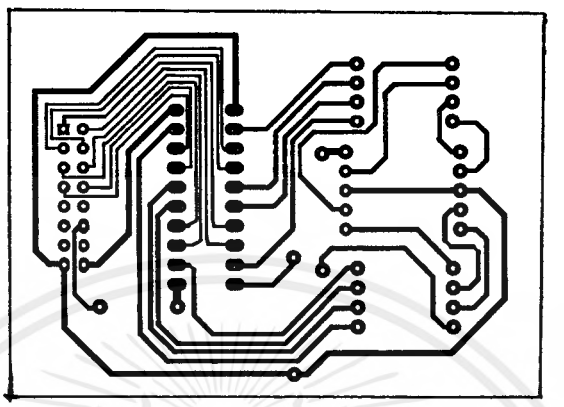
รูปที่ ค.12 การวางอุปกรณ์วงจร PWM

4.วงจรแสดงผล

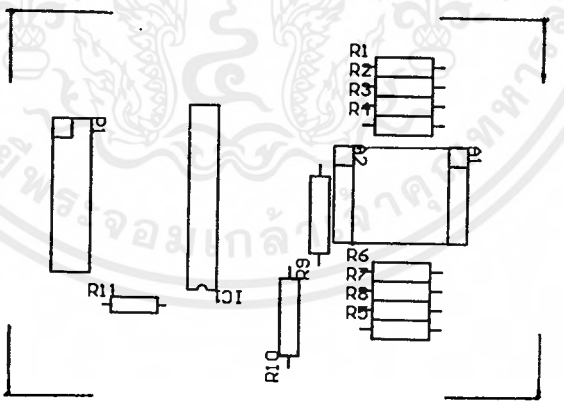


รูปที่ ค.13 วงจรแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.14 ลายวงจรแสดงผล



รูปที่ ค.15 การวางอุปกรณ์วงจรแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
รายละเอียดอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเครื่องส่งวีดีโอ

ตัวต้านทานขนาด 1/4 วัตต์ 5 %

R1,R5,R11 - 22 KΩ	3 ตัว
R2,R6,R12,R16 - 4.7 KΩ	4 ตัว
R3,R4,R7,R9R,10,R13,R18,R19,R21,R25 - 100 Ω	10 ตัว
R8,R14,R23 - 10 Ω	3 ตัว
R15 - 100 KΩ	1 ตัว
R17,R30, - 2.2 KΩ	2 ตัว
R20,R22 - 470 Ω	2 ตัว
R29 -560 Ω	1 ตัว
R24 - 3.3 KΩ	1 ตัว
R26,R28 - 6.8 KΩ	2 ตัว
R27 - 10 KΩ	1 ตัว
R23 -82 Ω	1 ตัว
VR - ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเกือกม้าตัวนอนเล็ก - 1 KΩ	1 ตัว
VR - ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเกือกม้าตัวนอนเล็ก - 10 KΩ	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

C1 -.0047 μF 50 V เซรามิก	1 ตัว
C2,C37 -.001 μF 50 V เซรามิก	2 ตัว
C3,C8,C17,C34 - .01 μF 50 V เซรามิก	4 ตัว
C4,C9,C11,C16,C18,C25,C28,C31,C32 -470 pF 50 V เซรามิก	9 ตัว
C5 -33 pF 50 V เซรามิก	1 ตัว
C6,C21 - 15 pF 50 V เซรามิก	2 ตัว
C7 - 56 pF 50 V เซรามิก	1 ตัว
C10, C41 - 82 pF 50 V เซรามิก	2 ตัว
C12 - 18 pF 50 V เซรามิก	1 ตัว
C13 - 2 pF 50V เซรามิก	1 ตัว
C14 - 24 pF 50V เซรามิก	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C15 - 39 pF 50 V เซรามิก	1 ตั
C19 - 7 pF 50 V เซรามิก	1 ตัว
C20, C26 - 1 pF 50 V เซรามิก	2 ตัว
C36 - 5 pF 50 V เซรามิก	1 ตัว
C23, C38 - 47 pF 50 V เซรามิก	2 ตัว
C22, C24, C27 - ทริมเมอร์ 2-18 pF	3 ตัว
C30 - ทริมเมอร์ 2-8 pF	1 ตัว
C33, C35 - 10 μF 25 V แทนทาลัม	2 ตัว
C39 - 100 pF 50 V เซรามิก	1 ตัว
C40 - ทริมเมอร์ 5-56 pF	1 ตัว
C42 - 10 μF 16 V อิเล็กทรอไลต์	1 ตัว
C43 - 0.0022 μF 50 V เซรามิก	1 ตัว
C44 - 0.02 μF 50 V เซรามิก	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	
Q1 - Q2, Q6 - 2N3563	4 ตัว
Q4 - 2N3564	1 ตัว
Q5, Q7 - 2N3866	2 ตัว
Q8 - C1417 หรือ 2N3563	1 ตัว
ZD1 - ซีเนอร์ไดโอด 9 โวลต์ 0.5 วัตต์	1 ตัว
VC1 - MV2108	1 ตัว
D1 - 1N4002	2 ตัว
LED1	1 ตัว
อื่นๆ	
S1 - สวิตซ์เปิด - ปิด	1 ตัว
T1 - กระป๋องออสซิลเลเตอร์เอเอ็ม สีแดง	1 ตัว
วงจรขับมอเตอร์	
ไดโอด 1N5400	4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอด 1N5401	4 ตัว
ทรานซิสเตอร์ 2N2922	8 ตัว
R 25 Ω	4 ตัว
R 1 Ω	8 ตัว

เพาเวอร์ซัพพลาย

IC 7805	4 ตัว
IC 7812	2 ตัว
C 470 μF 16 V	6 ตัว

เซนเซอร์

IC LM 324	2 ตัว
IC 74LS244	1 ตัว
Photo Transister	7 ตัว
R 1 KΩ	18 ตัว
R 100 KΩ	7 ตัว
R 120 Ω	8 ตัว
LED	8 ตัว

PWM CONTROL

IC 741	1 ตัว
IC 89C2051	1 ตัว
R 10 KΩ	14 ตัว
R 10 Ω	4 ตัว
R 120 Ω	3 ตัว
R 220 KΩ	1 ตัว
R 1 KΩ	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C	33 pF	1 ตัว

วงจรส่วนควบคุมกลาง

IC	80C31,80C32,87C51	1 ตัว
IC	74CHT373	1 ตัว
IC	27C64,27C128,27C256	1 ตัว
IC	8255	1 ตัว
X-tal	11.0592 MHz	1 ตัว
R	4K7	1 ตัว
R	470Ω	1 ตัว
R PACK	10 KΩ	1 ตัว
C	30 pF	2 ตัว
C	10 pF	1 ตัว
C	470 F	1 ตัว
Diode	1N4001	2 ตัว
LED		1 ตัว

วงจรตรวจจับ

IC	LM 324	1 ตัว
IC	74LS244	1 ตัว
Q1-Q7		7 ตัว
R	1 KΩ	18 ตัว
R	100 KΩ	6 ตัว
R	120 Ω	9 ตัว
LED		1 ตัว

วงจรควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์

Transistor	BC541	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transistor	TIP3055	1 ตัว
L		1 ตัว
R1	220 Ω	1 ตัว
R2	330 Ω	1 ตัว
C1	0.1 μF	1 ตัว
Diode	1N4001	1 ตัว
Photo Diode	PIC817	1 ตัว

วงจรเครื่องส่ง

IC	UM91214	1 ตัว
IC	TDA2822	1 ตัว
Cystal	3.579595 MHz	1 ตัว
C	30 pF	2 ตัว
C	0.1 μF	3 ตัว
C	470 pF	1 ตัว
C	10 μF	1 ตัว
C	100 μF	1 ตัว
C	4.7 KΩ	1 ตัว
C	3 pF	1 ตัว
R	100 KΩ	1 ตัว
R	4.7 Ω	2 ตัว
R	5.6 KΩ	1 ตัว
R	470 Ω	1 ตัว
R	220 KΩ	1 ตัว
R	27 KΩ	1 ตัว
L1,L2		2 ตัว
Transistor	BC 458	2 ตัว
Vc1,Vc2		2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเครื่องรับ

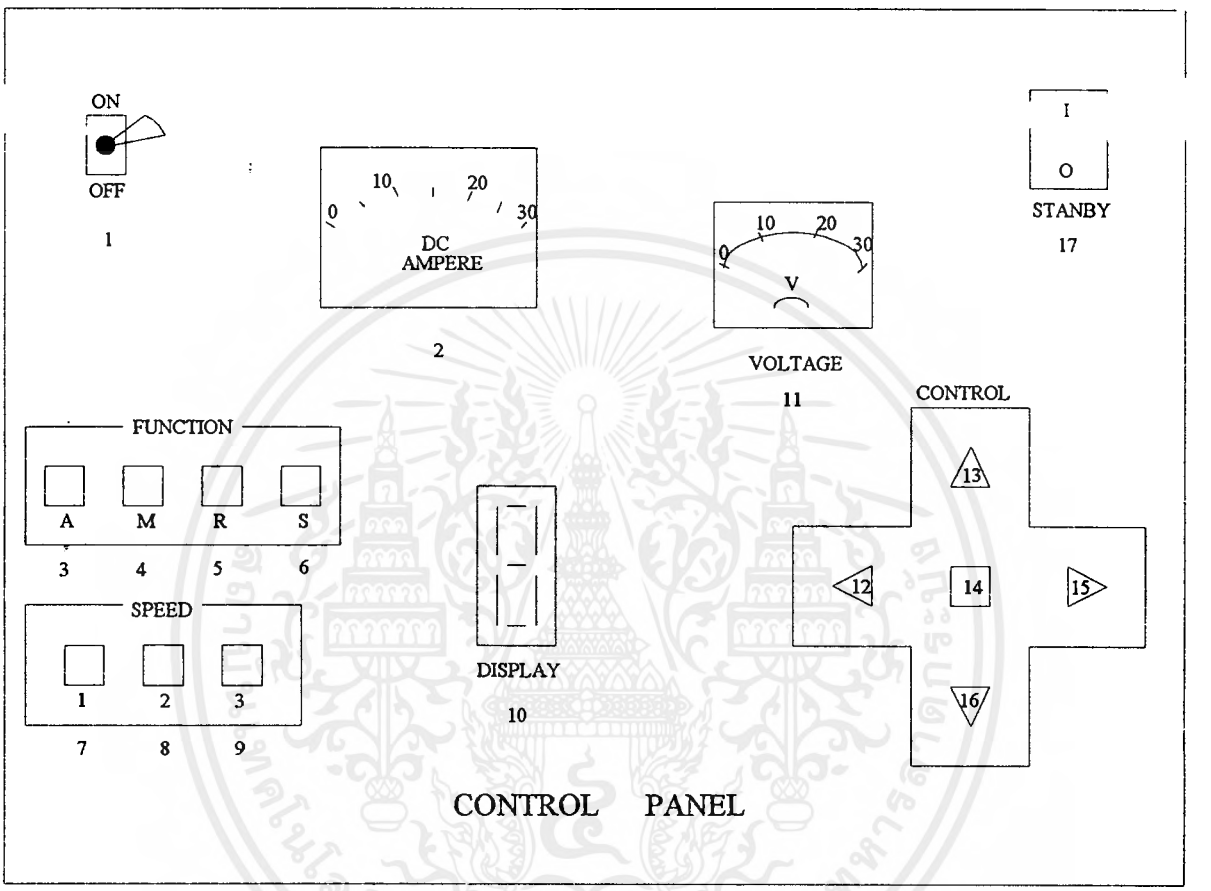
IC	TDA 7000	1 ตั
IC	7805	1 ตัว
IC	TDA 2822	1 ตัว
IC	MT 8870	1 ตัว
L1,L2		2 ตัว
C	0.003 uF	3 ตัว
C	220 pF	1 ตัว
C	0.1 µF	4 ตัว
C	470 µF	1 ตัว
C	330 µF	1 ตัว
C	.01 µF	1 ตัว
C	100 uF	2 ตัว
C	10 µF	1 ตัว
C	0.47 µF	1 ตัว
C	4.7 µF	1 ตัว
C	3 pF	1 ตัว
C	30 pF	1 ตัว
VR	100 KΩ	2 ตัว
R	100 KΩ	2 ตัว
R	300 KΩ	1 ตัว
R	4.7 KΩ	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานรถขนข่ายอัตโนมัติเป็นส่วนที่อธิบายขั้นตอนและวิธีการใช้งานให้สามารถใช้งานรถตลอดจนการตรวจซ่อมเบื้องต้นได้ดังนี้



รูป จ.1 หน้าปัทม์ควบคุมการทำงานที่ตัวรถขนถ่ายอัตโนมัติ

หน้าที่การใช้งานของปุ่มควบคุมการทำงานต่างๆ ที่ตัวรถขนถ่ายอัตโนมัติรุ่น 2

1 = สวิตช์เพาเวอร์ใช้เปิดปิดชุดขับกำลัง

2 = หน้าปัทม์แสดงปริมาณกระแส แสดงปริมาณกระแสที่ใช้อยู่

3 = A = AUTOMATIC ใช้สำหรับเข้าสู่ระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ

4 = M = MANUAL ใช้สำหรับเข้าสู่ระบบการทำงานแบบควบคุมด้วยมือ

5 = R = REMOTE ใช้สำหรับเข้าสู่ระบบการทำงานแบบควบคุมระยะไกล

6 = S = SET ใช้แปลงความถี่ของ PWM ในกรณีที่ทำการตรวจซ่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7 = 1 = ความเร็วระดับ 1

8 = 2 = ความเร็วระดับ 2

9 = 3 = ความเร็วระดับ 3

10 = DISPLAY เป็นตัวแสดงหน้าฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ตลอดจนระดับ ขั้นตอนการทำงานของเครื่องให้ผู้ใช้รับทราบ

11 = หน้าปัทม์แสดงปริมาณแรงดัน แสดงปริมาณแรงดันแบตเตอรี่ขณะใช้งาน

12 = บังคับเลี้ยวซ้าย

13 = บังคับเดินหน้า

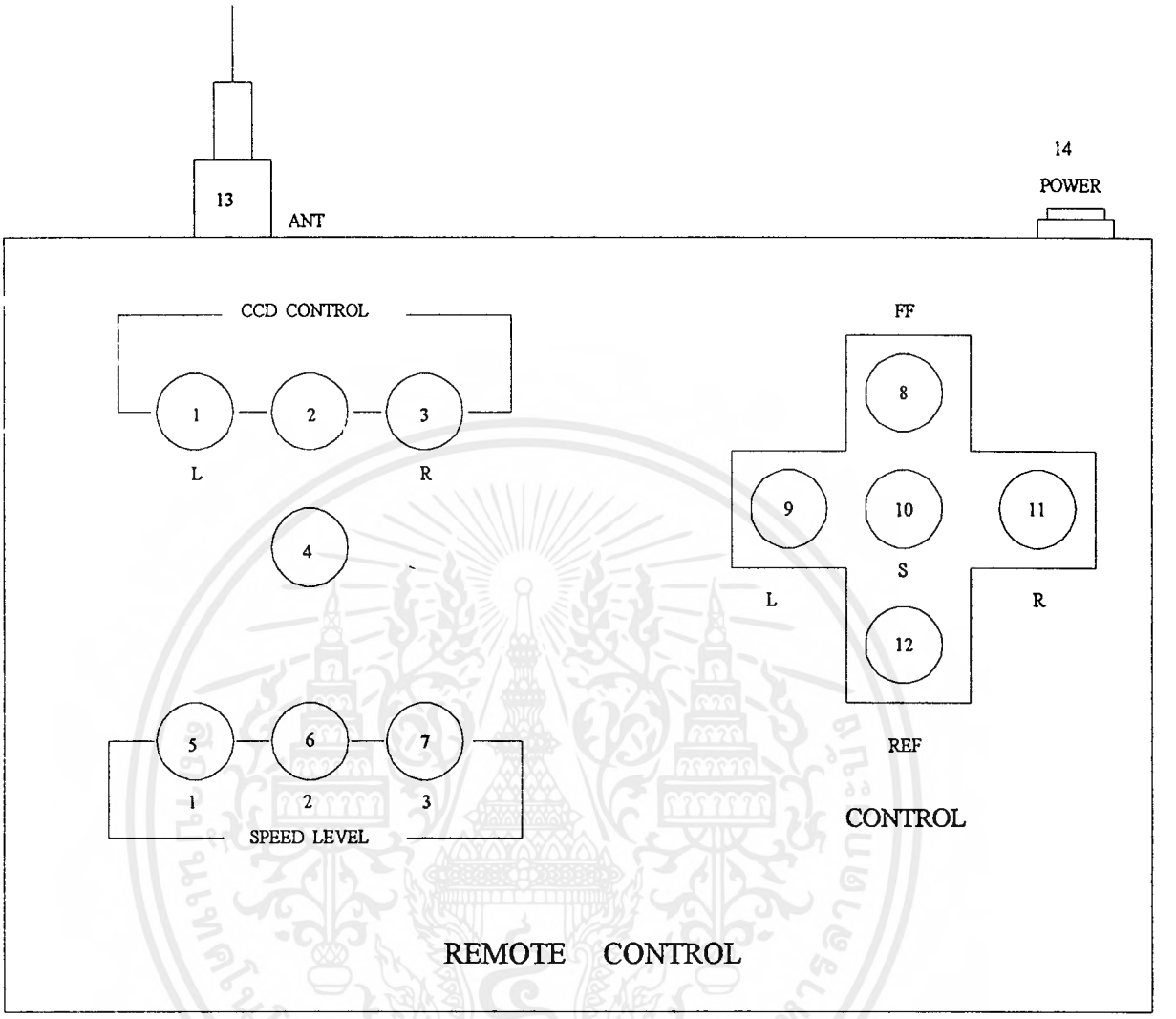
14 = หยุดรถ

15 = บังคับเลี้ยวขวา

16 = บังคับถอยหลัง

17 = STANBY เปิดสวิชท์นี้เพื่อให้ภาคควบคุมทำงานพร้อมที่จะจ่ายแรงดันให้กับชุดขับกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป จ.2 หน้าปัทม์ควบคุมการทำงานที่ตัวรีโมทคอนโทรล

หน้าที่การใช้งานของปุ่มการทำงานต่างๆ ที่ตัวรีโมทคอนโทรล

1 = ปุ่มบังคับกล้อง CCD หมุนซ้าย

3 = ปุ่มบังคับกล้อง CCD หมุนขวา

2,4 = ปุ่มเผื่อไว้ในกรณีที่มีการพัฒนาการใช้งานในอนาคต

5 = ปุ่มความเร็วระดับ 1

6 = ปุ่มความเร็วระดับ 2

7 = ปุ่มความเร็วระดับ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 = ปุ่มบังคับรถเดินหน้า

9 = ปุ่มบังคับ รถเลี้ยวซ้าย

10 = ปุ่มบังคับรถหยุดวิ่ง กดปุ่มนี้แล้วปล่อยรถจะหยุดวิ่ง

11 = ปุ่มบังคับรถเลี้ยวขวา

12 = ปุ่มบังคับรถถอยหลัง

13 = เสาอากาศ

14 = สวิตช์เพาเวอร์

ความหมายของสัญลักษณ์แสดงผล

M. คือ แสดงสภาวะการทำงานใน Manual Mode

S. คือ สภาวะ Stop (หยุดการทำงาน)

d. คือ สภาวะเตรียมพร้อม (Stanby)

P. คือ สภาวะการทำงานใน Remote Control Mode

A. คือ สภาวะการทำงานใน Automatic Mode

F. คือ สภาวะการทำงานใน Set Frequency PWM Mode

E. คือ Error ไม่สามารถทำงานในหน้าที่นั้น ๆ ได้

O คือ แสดงสภาวะที่องศาการเลี้ยวเกินกว่ากำหนด

\- คือ เดินหน้า

\- คือ ถอยหลัง

r คือ เลี้ยวขวา

l คือ เลี้ยวซ้าย

-. คือ พร้อมรับค่าจากคีบอร์ด

1 คือ ความเร็วระดับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ ความเร็วระดับ 2

คือ ความเร็วระดับ 3

เริ่มต้นการใช้งาน

1. เปิดสวิตช์ Stanby
2. รอจนกว่า เครื่องจะแสดงผลอยู่ใน Manual Mode ( )
3. เปิดสวิตช์เพาเวอร์
4. ตรวจสอบค่าแรงดัน (Voltage) ควรอยู่ที่ 20-24 โวลต์ หากไม่ได้ตามระบุเครื่องจะอยู่ในสภาวะไม่ สมบูรณ์ ให้ตรวจซ่อมเบื้องต้นก่อน
5. ตรวจสอบระดับกระแสไฟฟ้าซึ่งสภาวะปกติไม่คารเกิน 5 แอมป์แปร์ หากมีกระแสมากหรือน้อยกว่านี้ ให้ตรวจสอบเบื้องต้นก่อนใช้งาน
6. เมื่อทุกอย่างปกติ Display แสดง ( ) ก็พร้อมใช้งานได้

การใช้งานใน Manual Mode

1. เมื่อเครื่องพร้อมหลังจากขั้นตอนการเริ่มต้นใช้งาน เราสามารถใช้งานใน Manual Mode ได้ทันที
2. ใน Manual Mode เราสามารถใช้ปุ่ม ต่างๆได้ทุกปุ่มเมื่อต้องการให้เครื่องทำงานตามที่ ต้องการ ดังนี้

    2.1 เดินหน้าให้กดปุ่ม (13) แล้วปล่อยรถจะเดินหน้าที่ความเร็วระดับ 1

    2.2 ถ้าต้องการเปลี่ยนระดับความเร็วก็ใช้ปุ่ม Speed Level ได้ตามต้องการ

    2.3 เมื่อต้องการหยุดให้กดปุ่ม (14) แล้วปล่อยรถจะหยุดทำงาน

    2.4 เมื่อต้องการถอยหลังจะต้องแน่ใจว่ารถอยู่ในสภาวะหยุดส่วนแสดงผลอยู่ที่ ( ) จาก นั้นให้กดปุ่ม (16) แล้วปล่อยรถจะถอยหลังที่ระดับความเร็วที่ 1 และเราสามารถเปลี่ยนระดับความเร็วได้เช่นกัน

    2.5 เมื่อต้องการเลี้ยวซ้ายกดปุ่ม (12) สามารถกดค้างจนกว่าจะได้ทิศทางตามอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ เครื่องจะแสดงสัญลักษณ์ (⊣) หากเลี้ยวไปจนมีมุมระดับหนึ่งจะตัดการทำงานและแสดงผลบอก (⊔) ซึ่งไม่สามารถเลี้ยวในทิศทางนั้นได้อีกแต่สามารถเลี้ยวในทิศทางตรงข้ามได้

2.6. เมื่อต้องการเลี้ยวขวากดปุ่ม (15) สามารถกดค้างไว้ได้เช่นเดียวกันจน กว่าจะได้ทิศทางตามต้องการเครื่องจะแสดงสัญลักษณ์ (⊢) หากเลี้ยว ไปจนมีมุมระดับหนึ่งจะตัดการทำงานและแสดงผลบอก (⊔) ซึ่งไม่ ามารถเลี้ยวในทิศทางนั้นได้อีกแต่สามารถเลี้ยวในทิศทางตรงข้ามได้

หมายเหตุ_ หากเครื่องไม่แสดงสัญลักษณ์ตามที่กำหนดแสดงว่าเครื่องผิดปกติ

การทำงานใน Remote Control Mode

1. เมื่อเครื่องอยู่ในสภาวะการทำงาน Manaul Mote เราสามารถเรียกใช้ Function Remoet ได้โดยกดปุ่ม R (3) เครื่องจะแสดงผลเป็น (⊓•) เครื่องพร้อมที่รับคำสั่งจาก Remote Control
2. เมื่อเครื่องอยู่ใน Remote Control Mode ให้เรากดปุ่มสวิตช์เพาเวอร์ที่ตัวรีโมท
3. ทดสอบการใช้งานโดยกดปุ่ม CCD Control ที่เครื่องรับที่ติดอยู่กับตัวรีโมทจะแสดงภาพที่กล้อง CCD จับได้
4. ทดลองหมุนกล้องซ้ายและขวาโดยใช้ปุ่มบังคับจากตัวรีโมท
5. หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้ทำการตรวจสอบเบื้องต้นว่ารีโมทอยู่ในระยะที่รับส่งได้หรือไม่ หากอยู่ในระยะแต่ไม่สามารถทำงานได้ให้ตรวจสอบเบื้องต้นก่อน
6. หากสามารถหมุนกล้องได้เครื่องก็พร้อมที่จะทำงานตาามคำสั่งบนตัวรรีโมทได้ ซึ่งได้แก่คำสั่งเลี้ยวซ้าย L (9) เลี้ยวขวา R (11) เดินหน้า FF (8) ถอยหลัง REF (12) ระดับความเร็ว 1 (5) , 2 (6) , 3(7), การ หมุนกล้องซ้าย L (1) หมุนขวา R (3) และหยุดการทำงาน (2)
7. การทำงานใน Remote Control Mode การทำงานในโหมดรีโมทสิ่งที่ควรคำนึงถึงคือ รีโมทจะต้องอยู่ในระยะที่รับส่งได้เท่านั้น
8. เมื่อต้องการออกจากโหมดรีโมทให้กดปุ่ม S (3) บนตัวเครื่อง (ไม่ใช่บนตัวรีโมท) และกดปุ่ม Function Manual เครื่องก็แสดงผลเป็น (⊓•) ก็อยู่ในสภาวะการทำงานใน Manual Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจซ่อมเบื้องต้น

1. หากระดับแรงดันไม่ได้ 20-24 โวลต์ให้ทำการชาร์จแบตเตอรี่ใหม่

2. หากกระแสผิดปกติ (ไม่อยู่ในช่วง 2-5 แอมแปร์)

2.1 ถ้ากระแสเกิน 5 แอมแปร์ให้ปิดสวิตช์เพาเวอร์แล้วตรวจสอบสายต่อเชื่อมต่างๆในชุดPWM Control และชุดขับว่าชำรุดหรือไม่ หากชำรุดให้ทำการซ่อมก่อน

2.2 หากสายต่อต่างๆเรียบร้อยให้เปิดสวิตช์ Stanby สังเกตที่ไฟแสดงผลของชุด PWM Control จะต้องกระพริบอยู่ หากไม่กระพริบแสดงว่าชุด PWM Control ชำรุด

2.3 ถ้าไม่มีกระแสให้ตรวจดูฟิวส์ของชุดขับและฟิวส์ของชุดจ่ายไฟให้กับ Step Motor ว่าฟิวส์ขาดหรือไม่หากขาดให้ทำการเปลี่ยนใหม่ โดยชุดขับใช้ฟิวส์ก้ามปูขนาด 15 แอมแปร์ และชุด Step Motor ใช้ฟิวส์กระบอกขนาด 6 แอมแปร์ ในขณะถอดเปลี่ยนต้องแน่ใจว่าได้ปิดสวิตช์เพาเวอร์แล้ว

3.ส่วนแสดงผลไม่แสดงผล ให้ตรวจสอบว่า

3.1 มีไฟจ่ายให้กับชุด Control Unit หรือไม่ ถ้ามไม่ให้ตรวจสอบว่าสายแพรเชื่อมต่อต่างๆแน่นหรือไม่

3.2 ถ้าไม่มีไฟจ่ายให้กับชุด Control Unit ให้ตรวจสอบดูฟิวส์ชุดจ่ายไฟขนาด 2 แอมแปร์ ว่าขาดหรือไม่

4.ส่วนแสดงผลทำงานแต่เครื่องไม่รับคำสั่งจากคีย์บอร์ด ให้ตรวจสอบสายแแพรที่มาจากคีย์บอร์ดว่าแน่นหรือไม่

5.รีโมททำงานหรือไม่

5.1 ตรวจสอบระยะรับส่งว่าอยู่ในระยะหรือไม่

5.2 แบตเตอรี่ของชุดรีโมทหมดหรือไม่

5.3 เข้าสู่ Mode Remote แล้วหรือไม่

การใช้งาน Automatic Mode

1. เปิดสวิตช์ Standby

2. ตรวจสอบตำแหน่งของรถว่าอยู่ในตำแหน่งกลางเส้นหรือไม่ โดยตรวจสอบจากตำแหน่งของไฟแสดงผลในชุดตรวจจับซึ่งสามารถสังเกตุผ่านหน้ากระจกรถได้โดยไฟแสดงผลจะติดเพียง 2 ดวงริมถ้าไม่ติดให้ขยับจนติดก่อนเข้าสู่การทำงานใน Automatic Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อเข้าสู่แถบสีได้แล้วให้เปิดสวิตช์เพาเวอร์

4. กดปุ่ม A เพื่อเข้าสู่ Automatic Mode

5. กดปุ่ม Speed 1 เพื่อเริ่มการทำงาน

6. เครื่องจะเริ่มทำงานต่อไป

การแก้ไขเบื้องต้น

หากการเข้าสู่ Mode แล้วส่วนแสดงผลแสดง Error แสดงว่ารถยังไม่เข้าสู่ เส้นแถบสีให้นำรถเข้าสู่แถบสีเสียก่อนหากรถหลุดออกจากเส้นเครื่องจะหยุดการทำงานเองหากต้องการทำงานต่อให้นำรถเข้าเส้นแถบสีใหม่

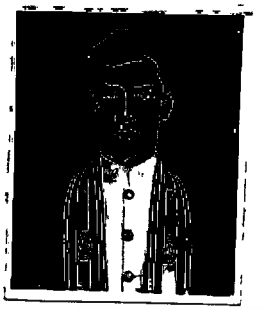
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ประมวล หนูราช, " มอเตอร์กระแสตรง " เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 104, มกราคม - กุมภาพันธ์ 2534 : หน้า 265 - 271
2. วัฒนศักดิ์ เทพกูล " เครื่องจักกลแแบบดิจิตอล ",คอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์เวอด์ ฉบับที่ 142 : หน้า 75 -84
3. สมยศ จุณณะปิยะ, " โครงสร้างและการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 การใช้งานไมโครคอนโทลเลอร์ ตระกูล MCS 51 ,พิมพ์ครั้งที่ 1 ,2537 : หน้า 2-1 ถึง 2 - 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายจงเจริญ คุ้มบุญ
วันเดือนปีเกิด	29 มิถุนายน 2518
สถานที่เกิด	จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ภูมิลำเนาเดิม	เลขที่ 8/1 หมู่ 2 ต.บ้านใต้
	อ. เกาะพะงัน จ.สุราษฎร์ธานี 84280
ที่อยู่ปัจจุบัน	หอพักชายชัยพฤกษ์ เลขที่ 257 หมู่ 1
	ถ.อ่อนนุช แขวงลาดกระบัง
	เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
	10520
โทรศัพท์	3267801 ต่อ 239

ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนชุมชนบ้านใต้
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเกาะพะงันศึกษา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	นักศึกษาตัวอย่างดีเด่น ปี 2534
คติพจน์	เป็นพลอยในโคลนตมดีกว่าเป็น
	เพรชในกองไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายธีระศักดิ์ เกตุอ่อน
วันเดือนปีเกิด	4 กุมภาพันธ์ 2518
สถานที่เกิด	จังหวัดสุโขทัย
ภูมิลำเนาเดิม	เลขที่ 151 หมู่ 1 ต. นาเชิงคีรี
	อ. คีรีมาศ จ. สุโขทัย 64160
ที่อยู่ปัจจุบัน	หอพักชายชัยพฤกษ์ เลขที่ 257 หมู่ 1
	ถ. อ่อนนุช แขวงลาดกระบัง
	เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
โทรศัพท์	3267801 ต่อ 239
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านน้ำลาด
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนคีรีมาศพิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	นักเรียนดีเด่นและกีฬายอดเยี่ยม
	ปี 2529
ทุนการศึกษา	ทุนเรียนดี ปี 2537
คติพจน์	เวลานอนมีมากมายในหลุมฝังศพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายสมเกียรติ แก้วคง
วันเดือนปีเกิด	16 มิถุนายน 2518
สถานที่เกิด	จังหวัดพัทลุง
ภูมิลำเนาเดิม	เลขที่ 96 หมู่ 7 ต.เขาปู่
	อ. ศรีบรรพต จ.พัทลุง 93190
ที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 312/89-90 หมู่บ้านเครือทิพย์
	ถ.อ่อนนุช แขวงลาดกระบัง
	เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
	10520
โทรศัพท์	739-1243
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านเขาปู่
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนศรีบรรพตพิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
	วิทยาเขตภาคใต้
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุนการศึกษา	ทุนมูลนิธิ ร่วมจิตน้อมเกล้า ประจำปีการศึกษา 2531-2536 ทุนซีเมนต์ไทย ประจำปีการศึกษา 2539 ทุนงบประมาณ ประจำปีการศึกษา 2540
คติพจน์	การเตรียมพร้อมจะมีความหมายที่สุดเมื่อยามจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายสุวิท กมลกลาง
วันเดือนปีเกิด	27 พฤศจิกายน 2518
สถานที่เกิด	จังหวัดระยอง
ภูมิลำเนาเดิม	เลขที่ 66/2 หมู่ 2 ต.บางบุตร อ. บ้านค่าย จ.ระยอง 21120
ที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 629/1 หมู่บ้านริมสวน ถ.อ่อนนุช แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดหวายกรอง
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบ้านค่าย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคระยอง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคระยอง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	การมีสติอยู่ตลอดเวลาคือคนที่ตื่นอยู่ในโลกแห่งความเป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้