

ปริญญาานิพนธ์

เตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ

THE AUTOMATIC SICKBED



ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เติงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ

The Automatic Sickbed

ผู้จัดทำ

1. นายขวัญชัย กชสง่า
2. นายคมสัน วงศ์ศช
3. นายครรชิต คำสุด
4. นายรังสรรค์ เพชรพลาย

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม.....
(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

ลงนาม.....
(อาจารย์กิติพงศ์ มะโน)

ลงนาม.....
(อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม.....
(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เติงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ

The Automatic Sickbed

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับระบบการทำงานของเติงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ
2. เพื่อออกแบบระบบกลไก และวงจรควบคุมการทำงานของเติงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ
3. เพื่อสร้างต้นแบบเติงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ
4. เพื่อนำไปใช้เป็นเติงผู้ป่วยในโรงพยาบาล
5. เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ ผู้ป่วย, ผู้ดูแลคนป่วย, แพทย์ และพยาบาล

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับระบบการทำงานของเติงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ
2. ได้ระบบกลไก และวงจรควบคุมการทำงานของเติงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ
3. ได้ต้นแบบเติงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ
4. นำเติงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติไปใช้ในโรงพยาบาลทั่วไป
5. สามารถอำนวยความสะดวกแก่ ผู้ป่วย, ผู้ดูแลคนป่วย และแพทย์พยาบาลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ

นายขวัญชัย	กชสง่า
นายคมสัน	วงศ์คช
นายครรชิต	คำสุค
นายรังสรรค์	เพชรพलय

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน ณ อยุธยา
อาจารย์กิติพงศ์	มะโน
อาจารย์สุรพงษ์	สิริพงศ์ดี
ปีการศึกษา 2540	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ โดยได้ดัดแปลงเตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาที่มีใช้กันอยู่ในโรงพยาบาลต่างๆ ไป ให้ทำงานแบบอัตโนมัติได้ เตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัตินี้ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนให้เตียงเปลี่ยนระดับขึ้น-ลง และใช้วงจรดิจิทัลในการควบคุมมอเตอร์ ในการควบคุมการปรับระดับขึ้น-ลงของเตียง ทำได้สองวิธีคือ โดยการกดปุ่ม และการใช้รีโมตคอนโทรลในการควบคุมการปรับระดับ ดังนั้นผู้ป่วย, ผู้ดูแลคนป่วย, และแพทย์ หรือ พยาบาล ก็สามารถควบคุมเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ ได้สะดวก และง่ายกว่าเตียงแบบธรรมดา

THE AUTOMATIC SICKBED

MR.KHWANCHAI

KOTSANGA

MR.KOMSAN

WONGKOT

MR.KANCHIT

DUMSOOD

MR.RUNGSUN

PETCHPLAI

ADVISORS

ASSIT. PROF. DR. THRERAPHON

THEPHASADIN NA AYUTHYA

MR.KITIPONG

MANO

MR.SURAPONG

SIRIPONGDEE

1997

ABSTRACT

This thesis presents a project of an Automatic Sickbed. It is applied from the normal sickbed which is used in hospital to be the automatic sickbed. This automatic sickbed uses two direct current motors to drive the level of sickbed up and down and uses a digital circuit to control motor. It uses two methods to control this bed : electric switch and remote control which will help patient, superintendent of patient, nurse, or doctor to control the automatic sickbed much easier than the normal sickbed.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี เนื่องจากความอนุเคราะห์ของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆ โดยเฉพาะโรงพยาบาลแพทย์ปัญญา ที่ให้ความอนุเคราะห์เตียงผู้ป่วยมาจัดทำโครงการ

ขอขอบคุณ ผู้ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของโครงการนี้อันได้แก่ บิดา มารดา ที่คอยสนับสนุน และให้กำลังใจอย่างมาก และขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน รวมทั้งเพื่อนๆ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และให้ความช่วยเหลือในการจัดทำโครงการจนสำเร็จตามวัตถุประสงค์



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ชี้แจงความสามารถของโครงการ	i
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.2.1 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.2.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งตามลักษณะการกระตุ้น	6
2.2.3 ทฤษฎีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	7
2.2.4 คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	21
2.2.5 การเดินเครื่องมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	30
2.3 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยวงจรดิจิทัล	40
2.3.1 การควบคุมมอเตอร์ โดยใช้วงจรสับไฟฟ้าแบบสี่ควอเตอร์	40
2.4 ระบบควบคุมระยะไกล	41
2.4.1 หลักการของระบบควบคุมระยะไกลแบบไร้สาย	43
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	47
3.1 กล่าวนำ	47
3.2 การออกแบบทางด้านกลไก	47

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.1 การออกแบบโครงสร้างเตียง	47
3.2.2 การออกแบบตำแหน่งการวางมอเตอร์	49
3.3 การออกแบบวงจรควบคุม	50
3.3.1 การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์	50
3.3.2 การออกแบบวงจรขับมอเตอร์	55
3.4 การออกแบบวงจรควบคุมระยะไกล	59
3.4.1 การออกแบบวงจรภาคส่ง	59
3.4.2 การออกแบบวงจรภาครับ	63
3.4.3 การออกแบบวงจรภาคขับรีเลย์	64
3.5 การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟฟ้า	65
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	67
4.1 ทดลองวงจรภาคจ่ายไฟ	67
4.1.1 การทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์	67
4.1.2 การทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ และ ± 15 โวลต์	68
4.1.3 การทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์	70
4.2 ทดลองวงจรควบคุมมอเตอร์	71
4.2.1 การทดลองชุดสวิตช์ควบคุม	71
4.2.2 การทดลองวงจรปรับระดับแรงดัน	74
4.2.3 การทดลองวงจรขับมอเตอร์	76
4.3 ทดลองวงจรรับส่งระบบควบคุมระยะไกล	79
4.4 ทดลองระบบการยกเตียงโดยการควบคุมด้วยปุ่มกด	87
4.5 ทดลองระบบการยกเตียงโดยการควบคุมด้วยระบบควบคุมระยะไกล	90
4.6 ผลทดสอบ และสรุป	93
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	94
5.1 บทสรุป	94

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.2 ปัญหาในการทำงาน	94
5.3 การแก้ปัญหา	95
5.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ	95
5.5 แนวทางในการพัฒนา	95
ภาคผนวก ก รูปต้นแบบเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ	96
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	103
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	121
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน	128
ภาคผนวก จ ราคาต้นทุนในการสร้างเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ	135
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดข้อมูล และคุณสมบัติอุปกรณ์	137
ประวัติผู้แต่ง	154
บรรณานุกรม	158

VII

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบระบบควบคุมระยะไกลแบบควบคุมด้วยแสงกับใช้คลื่นวิทยุ	42
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์	68
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ และ ± 15 โวลต์	69
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์	71
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรชุดสวิตช์ควบคุม	73
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองวงจรปรับระดับแรงดัน	75
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองวงจรขั้วมอเตอร์ตอนที่ 1	77
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองวงจรขั้วมอเตอร์ตอนที่ 2	77
ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองวงจรขั้วมอเตอร์ตอนที่ 3	78
ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองวงจรควบคุมระยะไกล	87

VIII

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 กฎมือซ้าย	3
รูปที่ 2.2 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	4
รูปที่ 2.3 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	4
รูปที่ 2.4 มอเตอร์คอมปาวด์แบบคอมมิวเลทีฟ	7
รูปที่ 2.5 มอเตอร์คอมปาวด์แบบคิฟเฟอเรนเชียล	7
รูปที่ 2.6 ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ	8
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับในวงจรอาร์เมเจอร์	10
รูปที่ 2.8 แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้วมอเตอร์คอมปาวด์แบบสองขั้ว	10
รูปที่ 2.9 แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้วมอเตอร์คอมปาวด์แบบชอร์ตขั้ว	12
รูปที่ 2.10 โมเมนต์ซึ่งลวดตัวนำอาร์เมเจอร์กระทำรอบจุดศูนย์กลาง	14
รูปที่ 2.11 อาร์เมเจอร์รีแอกชันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	17
รูปที่ 2.12 อาร์เมเจอร์รีแอกชันของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	18
รูปที่ 2.13 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงพร้อมอินเตอร์โพล	19
รูปที่ 2.14 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วรอบกับกระแสจากแหล่งจ่ายของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	22
รูปที่ 2.15 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วรอบกับกระแสจากแหล่งจ่ายของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	23
รูปที่ 2.16 ลักษณะของสตาร์ตติงรีโอสต์	31
รูปที่ 2.17 การต่อสตาร์ตติงรีโอสต์ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	31
รูปที่ 2.18 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกระแสอาร์เมเจอร์และความเร็วรอบขณะเดินเครื่อง	33

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.19 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน ด้วยการปรับวงจรสนาม	35
รูปที่ 2.20 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน ด้วยการปรับความต้านทาน	35
รูปที่ 2.21 การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม ด้วยการปรับวงจรสนาม	36
รูปที่ 2.22 การเปรียบเทียบทอร์ก	37
รูปที่ 2.23 การเปรียบเทียบความเร็วรอบ	39
รูปที่ 2.24 ลักษณะของวงจรสับไฟฟ้าแบบสี่ควอเตอร์นต์	40
รูปที่ 2.25 โครงสร้างของระบบควบคุมระยะไกล	44
รูปที่ 2.26 แผนผังการใช้ Ultrasonic Remote Control	45
รูปที่ 2.27 วงจรจูน	45
รูปที่ 2.28 วงจรสร้างสัญญาณอินฟราเรดอย่างง่าย	46
รูปที่ 3.1 เติงผู้ป่วยที่ใช้ในโรงพยาบาลต่างๆ ไป	47
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ของเติงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ	48
รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการวางมอเตอร์	49
รูปที่ 3.4 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมเติงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ	50
รูปที่ 3.5 แผนผังการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์	51
รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์	52
รูปที่ 3.7 วงจรปรับระดับแรงดัน	53
รูปที่ 3.8 วงจรแสดงความผิดพลาดของการกดสวิทช์	54
รูปที่ 3.9 แผนผังของชุดวงจรขับมอเตอร์	55
รูปที่ 3.10 วงจรจุดชนวนเกิดด้วยพัลส์	56
รูปที่ 3.11 วงจรแสดงการคำนวณค่าแรงดันที่ขาเกตของ SCR และแรงดันที่โหลด	57

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.12 วงจรควบคุมมอเตอร์ด้วย SCR	58
รูปที่ 3.13 แผนผังของ SL490B	60
รูปที่ 3.14 สัญญาณ PPM ที่ส่งออกมา	60
รูปที่ 3.15 การใช้งานแต่ละขาของ SL490B	61
รูปที่ 3.16 แผนผังของ ML926	61
รูปที่ 3.17 หลักการทำงานเบื้องต้นของระบบควบคุมระยะไกล	62
รูปที่ 3.18 วงจรภาคส่ง 5 ช่องระบบอินฟราเรด	62
รูปที่ 3.19 วงจรภาครับระบบอินฟราเรด	63
รูปที่ 3.20 วงจรภาคขับรีเลย์	64
รูปที่ 3.21 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์	65
รูปที่ 3.22 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ และ ± 15 โวลต์	65
รูปที่ 3.23 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์	66
รูปที่ 4.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์	67
รูปที่ 4.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ และ ± 15 โวลต์	69
รูปที่ 4.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์	70
รูปที่ 4.4 วงจรสวิตช์ควบคุม	72
รูปที่ 4.5 วงจรสวิตช์ควบคุมที่แก้ไขแล้ว	73
รูปที่ 4.6 วงจรปรับระดับแรงดัน	74
รูปที่ 4.7 วงจรขับมอเตอร์	76
รูปที่ 4.8 วงจรภาคส่งระบบควบคุมระยะไกล	81
รูปที่ 4.9 วงจรภาครับระบบควบคุมระยะไกล	81
รูปที่ 4.10 สัญญาณที่วัดได้เมื่อกดสวิตช์ SW1	82
รูปที่ 4.11 สัญญาณที่วัดได้เมื่อกดสวิตช์ SW2	83
รูปที่ 4.12 สัญญาณที่วัดได้เมื่อกดสวิตช์ SW3	84
รูปที่ 4.13 สัญญาณที่วัดได้เมื่อกดสวิตช์ SW4	85

สารบัญรูปรูปภาพ (ต่อ)

รูปรูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.14 สัญญาณที่วัดได้เมื่อทดสอบ SW5	86
รูปที่ 4.15 หน้าปัทม์ของปั๊มกด	88
รูปที่ 4.16 แผนผังระบบควบคุมเตียงโดยใช้รีโมตคอนโทรล	90
รูปที่ 4.17 หน้าปัทม์ของรีโมตคอนโทรล	91
รูปที่ ก.1 เตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาที่ใช้ในโรงพยาบาลทั่วไป	97
รูปที่ ก.2 เตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ	97
รูปที่ ก.3 วงจรควบคุมมอเตอร์	98
รูปที่ ก.4 วงจรภาคส่งระบบควบคุมระยะไกล	98
รูปที่ ก.5 วงจรเครื่องรับระบบควบคุมระยะไกล	99
รูปที่ ก.6 แอคทูเอเตอร์มอเตอร์สำหรับใช้งานหนัก (Heavy Duty)	99
รูปที่ ก.7 เครื่องควบคุมมอเตอร์	100
รูปที่ ก.8 หน้าปัทม์ชุดสวิทช์ควบคุม	100
รูปที่ ก.9 เครื่องส่งรีโมตคอนโทรล	101
รูปที่ ก.10 หน้าปัทม์เครื่องรับรีโมตคอนโทรล	101
รูปที่ ก.11 ลักษณะการควบคุมเตียงส่วนบนขึ้น ลง	102
รูปที่ ก.12 ลักษณะการควบคุมเตียงส่วนล่างขึ้น ลง	102
รูปที่ ง.1 วงจรรวม	104
รูปที่ ง.2 วงจรควบคุมมอเตอร์	105
รูปที่ ง.3 วงจรสวิทช์ควบคุม	106
รูปที่ ง.4 วงจรภาคส่งระบบควบคุมระยะไกล	106
รูปที่ ง.5 วงจรภาครับระบบควบคุมระยะไกล	107
รูปที่ ง.6 วงจรขับมอเตอร์	108
รูปที่ ง.7 วงจรภาคจ่ายไฟฟ้า	109
รูปที่ ง.8 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรรวม	110
รูปที่ ง.9 ลายวงจรพิมพ์วงจรรวม	111

สารบัญรูปร่างภาพ (ต่อ)

รูปร่างภาพ	หน้า
รูปที่ ง.10 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรควบคุมมอเตอร์	112
รูปที่ ง.11 ลายวงจรพิมพ์วงจรควบคุมมอเตอร์	113
รูปที่ ง.12 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรสวิตช์ควบคุม	114
รูปที่ ง.13 ลายวงจรพิมพ์วงจรสวิตช์ควบคุม	115
รูปที่ ง.14 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรภาครีบบระบบควบคุมระยะไกล	116
รูปที่ ง.15 ลายวงจรพิมพ์วงจรภาคส่งระบบควบคุมระยะไกล	116
รูปที่ ง.16 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรภาครีบบระบบควบคุมระยะไกล	117
รูปที่ ง.17 ลายวงจรพิมพ์วงจรภาครีบบระบบควบคุมระยะไกล	117
รูปที่ ง.18 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรขับมอเตอร์	118
รูปที่ ง.19 ลายวงจรพิมพ์วงจรขับมอเตอร์	119
รูปที่ ง.20 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า	120
รูปที่ ง.21 ลายวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า	120

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์

เตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาที่มีใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบัน ต้องใช้แรงคนในการหมุนกันหมุน เพื่อเปลี่ยนระดับส่วนต่างๆของเตียง ในการเปลี่ยนอริยาบทของผู้ป่วย หรือเพื่ออำนวยความสะดวกในการรักษาพยาบาลผู้ป่วยของแพทย์ พยาบาล หรือผู้ดูแลคนป่วย ซึ่งทำได้ยากลำบาก หากเตียงผู้ป่วยดังกล่าวสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ และควบคุมการยกระดับได้ด้วยการกดปุ่ม หรือโดยการใช้รีโมตควบคุม ก็จะทำให้สะดวกต่อการยกระดับของเตียงมากยิ่งขึ้น

เตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติควบคุมโดยการกดปุ่ม หรือใช้เครื่องควบคุมระยะไกล ใช้งานจริง คิจิตอลเป็นอุปกรณ์สำคัญในการควบคุมทิศทางของมอเตอร์ ซึ่งทำงานได้อย่างแม่นยำ และเชื่อถือได้ และที่สำคัญจะช่วยประหยัดต้นทุนในการผลิต ในการใช้งานเพื่อยกระดับส่วนต่างๆของเตียงทำได้สองวิธีคือ วิธีแรกใช้สวิตช์ควบคุมการเปลี่ยนระดับของเตียง วิธีนี้จะเหมาะสมสำหรับแพทย์ พยาบาล และ ผู้ดูแลคนป่วยในการใช้งาน โดยสวิตช์ควบคุมจะติดอยู่กับเตียงผู้ป่วย เมื่อต้องการปรับเพื่อเปลี่ยนระดับขึ้นลงของเตียงก็สามารถเลือกกดได้ตามต้องการ วิธีที่สองใช้รีโมตควบคุมการเปลี่ยนระดับของเตียง ซึ่งคนไข้ก็สามารถใช้งานได้เองโดยอัตโนมัติ โดยการเลือกกดปุ่มควบคุมของรีโมตควบคุม ให้เตียงเปลี่ยนระดับขึ้นลงได้ตามต้องการ และตัวรีโมตนี้ สามารถเคลื่อนย้ายไปควบคุมในบริเวณใกล้ๆ กับเตียงได้

1.2 ขีดความสามารถของโครงการ

1. สามารถรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 200 กิโลกรัม
2. สามารถปรับระดับได้ 2 ตอน
3. ปรับระดับ ขึ้น-ลง ตามต้องการ
4. ปรับระดับได้โดยใช้ปุ่มกด หรือรีโมตคอนโทรล
5. ใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน
6. สามารถนำไปใช้งานได้จริง

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญาบัตรฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ประกอบด้วยเนื้อหาในทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้ผู้อ่านมีความรู้ความเข้าใจที่เป็นพื้นฐานเสียก่อน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการทำความเข้าใจกับวงจรที่ทำงานจริงต่อไป

บทที่ 3 การออกแบบการสร้างและ مدارทำงาน โดยกล่าวถึงการสร้าง, การออกแบบ และการทำงานของเพียงผู้ช่วยแบบอัตโนมัติ การออกแบบโครงสร้างเพียง และตำแหน่ง การวางอุปกรณ์ต่างๆ การออกแบบตำแหน่งการวางมอเตอร์ การออกแบบระบบควบคุม วงจรควบคุมมอเตอร์ วงจรภาคจ่ายไฟ การออกแบบวงจรรีโมตคอนโทรล รวมทั้งหลักการทำงานในส่วนต่างๆ ซึ่งจะช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจการทำงานโดยรวมของโครงการนี้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงขั้นตอนการทดลอง และการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเพียงผู้ช่วยแบบอัตโนมัติ และวงจรควบคุมภาคต่างๆ เพื่อตรวจสอบว่า โครงการนี้สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ หรือไม่

บทที่ 5 สรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและพัฒนาเป็นการสรุปผลการทำงาน และได้เสนอแนวทางแก้ไข และแนวทางในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพ และการใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น

ในภาคผนวกแสดงรายละเอียดของการทำงาน และรายการอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้จัดทำโครงการดังนี้

ภาคผนวก ก รูปต้นแบบเพียงผู้ช่วยแบบอัตโนมัติ

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน

ภาคผนวก จ รายละเอียดข้อมูล และคุณสมบัติของอุปกรณ์

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

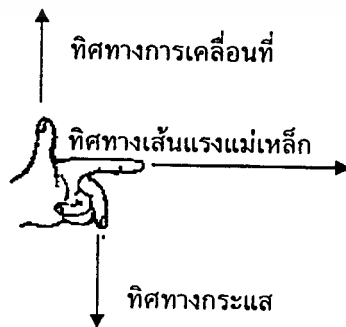
เนื้อหาของปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นทฤษฎี และหลักการที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงการ โดยประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, ทฤษฎีเกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์โดยใช้วงจรดิจิทัล และ ระบบการควบคุมระยะไกล ซึ่งจะได้อีกกล่าวถึงดังต่อไปนี้

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.2.1 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

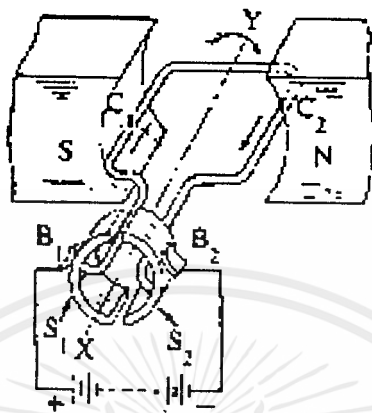
มอเตอร์คือ อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล และมอเตอร์ซึ่งขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสตรงนี้ เรียกว่า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ เรียกว่า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ นอกจากนี้ยังมีมอเตอร์ขนาดเล็ก ซึ่งอาจขับเคลื่อนได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับ ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะตรงข้ามกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโดยสิ้นเชิง แต่สำหรับ โครงสร้างแล้วจะเหมือนกันทุกประการ ดังนั้นจึงสามารถนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงมาใช้ทำหน้าที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้

เมื่อป้อนกระแสให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ทิศทางการหมุนของมอเตอร์จะเป็นไปตามกฎมือซ้ายดังรูปที่ 2.1



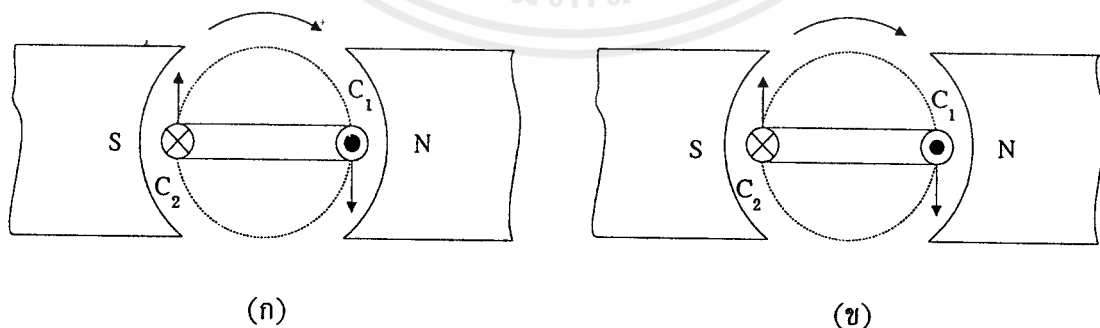
รูปที่ 2.1 กฎมือซ้าย

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง สามารถทำหน้าที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้นั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 2.2 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากรูปที่ 2.2 เมื่อทำการปลดโหลดที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ออกแล้วต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าแทนที่ โดยให้ขั้วบวกของแหล่งจ่ายต่อกับแปรงถ่าน (+) B_1 และขั้วลบของแหล่งจ่ายต่อกับแปรงถ่าน (-) B_2 ขณะนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นมอเตอร์ กระแสจะไหลจากแหล่งจ่ายเข้าแปรงถ่าน (+) B_1 เข้าขดอาร์เมเจอร์และนำออกที่แปรงถ่าน (-) B_2 เข้าแหล่งจ่ายเป็นอันครบวงจร และมอเตอร์จะหมุนไปในทิศทางซึ่งเป็นไปตามกฎมือซ้าย โดยพิจารณารูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่ 2.2 และ รูปที่ 2.3 (ก) เมื่อใช้กฎมือซ้ายจะได้ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ในทิศตามเข็มนาฬิกา เมื่อขดลวดมีการหมุนจากตำแหน่งเดิมไปเป็นมุม 90 องศา ลวดตัวนำ C_1 จะอยู่ด้านบนสุดโดย ซีค้อมมิวเทเตอร์ S_2 ของขดลวดตัวนำ C_2 จะเริ่มไม่แตะกับแปรงถ่าน B_2 จากนั้นจะเริ่มแตะกับแปรงถ่าน B_1 ทำให้กระแสเริ่มไหลกลับทิศโดยไหลจากแปรงถ่าน B_1 ผ่าน ซีค้อมมิวเทเตอร์ S_2 เข้าลวดตัวนำ C_2 และ C_1 มาออกที่ซีค้อมมิวเทเตอร์ S_1 และแปรงถ่าน B_2 กระแสในลวดตัวนำ C_1 จะมีทิศทางเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.3 (ก) จนกระทั่ง C_1 อยู่ในตำแหน่งที่ต่ำสุด เมื่อเลขตำแหน่งนี้ไปกระแสในลวดตัวนำ C_1 จะไหลกลับทิศอีกโดยมีทิศทางดังรูปที่ 2.3 (ก) และจะคงทิศทางนี้ไปเรื่อยๆ จนถึงตำแหน่ง C_1 อยู่สูงสุด จากรูปที่ 2.3 (ก) และ รูปที่ 2.3 (ข) จะเห็นได้ว่าลวดตัวนำซึ่งอยู่ใต้ขั้ว N จะมีกระแสไหลในทิศพุ่งออก ขณะที่ลวดตัวนำซึ่งอยู่ใต้ขั้ว S มีทิศพุ่งเข้า นั่นคือขณะที่ลวดตัวนำหมุนเคลื่อนที่ไปแม้จะอยู่ที่ตำแหน่งใดก็ตาม เนื่องจากทิศทางสัมพัทธ์ ระหว่างกระแสและเส้นแรงแม่เหล็กไม่เปลี่ยนแปลง แรงที่กระทำต่อขดลวดจะมีทิศทางที่เสริมไปในทิศทางเดียวกันเสมอ

จากที่ได้กล่าวมา แม้ในกรณีที่มีลวดตัวนำมากกว่านี้ ลวดตัวนำเส้นใดก็ตามซึ่งอยู่ใต้ขั้วแม่เหล็กเดียวกัน จะมีกระแสไหลในทิศทางเดียวกันทั้งหมด จึงทำให้แรงที่กระทำบน ลวดตัวนำแต่ละเส้นมีทิศทางที่เสริมในแนวเดียวกัน ทำให้มอเตอร์หมุนไปได้ ในกรณีที่มี ขดลวดจำนวนมากพอสมควร ผลรวมของแรงที่กระทำบนขดลวดแต่ละขดที่เวลาใดๆ ให้ถือว่ามีความคงที่ และสำหรับมอเตอร์ในทางปฏิบัติจะเป็นไปตามนี้เช่นกัน จึงสรุปได้ว่า โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะเหมือนกับของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงทุกประการ ตัวอย่างอื่นในทำนองเดียวกันนี้ เช่น พัดลมเมื่อหมุนใบพัดจะให้กระแสลม ตรงกันข้ามถ้าให้กระแสลมปะทะตัวใบพัด พัดลมก็จะหมุน ในกรณีที่สามารถเปลี่ยนรูปที่ 2.3 (ก) ให้เป็นรูปที่ 2.3 (ข) และรูปที่ 2.3 (ข) ให้กลับเป็นรูปที่ 2.3 (ก) ได้ ในลักษณะเช่นนี้เรียกว่าการเปลี่ยนกลับไปมาได้

เมื่อเปรียบเทียบมอเตอร์กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะเห็นว่าลวดตัวนำของขดลวดซึ่งหมุนเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน จะมีทิศทางการไหลของกระแสที่กลับกัน ตัวอย่างเช่น เมื่อต่อโหนดที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำของขดลวด ซึ่งกระแสที่เกิดขึ้นพร้อมกับเส้นแรงแม่เหล็กที่มีอยู่นี้ จะทำให้เกิดแรงกระทำบนลวดตัวนำแต่ละเส้นของขดลวด ในทิศทางที่ต้านกับทิศทางที่ขดลวดกำลังหมุนอยู่ เมื่อกระแสไหลหรือกระแสผ่านลวดตัวนำมีค่ามากขึ้น แรงต้านนี้จะมากขึ้นด้วย ดังนั้นขณะที่ตัวขั้วเคลื่อนที่กำลังทำการหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่นั้น แรงต้านนี้จะมากขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้ต้องสูญเสียแรงขับเคลื่อนไปส่วนหนึ่ง ซึ่งถูกนำไปใช้ในการหักล้างกับแรงต้านดังกล่าว เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทำหน้าที่เป็นมอเตอร์ได้ ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นโครงสร้างและชื่อเรียกของแต่ละชิ้นส่วน ตลอดจนวิธีการพันขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง สามารถนำมาใช้กับกรณีของมอเตอร์ได้

2.2.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งตามลักษณะการกระตุ้น

การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงตามลักษณะการกระตุ้น จะเหมือนกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง โดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิดดังนี้

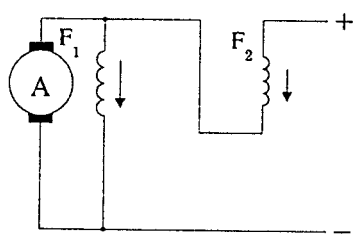
1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นตัวเอง

มอเตอร์กระแสตรงทั้งสองชนิดนี้สามารถแบ่งตามวิธีการต่อใช้งานได้ดังนี้

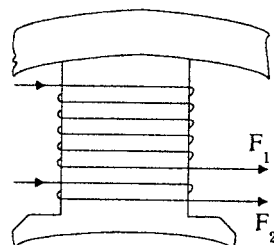
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยกนั้น กระแสที่ป้อนให้ชุดขดลวดสนามและขดอาร์เมเจอร์จะมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งแยกชุดกัน ส่วนแบบกระตุ้นตัวเองนั้นจะมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง โดยการปรับระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยกเป็นกรณีพิเศษเท่านั้น แต่โดยทั่วไปจะใช้แบบกระตุ้นตัวเองเป็นส่วนมาก สำหรับลักษณะของการต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมนั้น จะเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงทุกประการ

สำหรับการต่อวงจรภายในของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนั้น จะมีด้วยกัน 2 ลักษณะคือ ต่อในลักษณะที่ให้แอมแปร์เทอรันจากขดลวดสนามแบบขนานเสริมหรือหักล้างกับขดลวดสนามแบบอนุกรม มอเตอร์ซึ่งต่อในลักษณะแรกนี้เรียกว่า มอเตอร์คอมพาวด์แบบคิวมูเลทีฟ และแบบหลังเรียกว่าแบบคิฟเฟอเรนเชียล ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.4 และรูปที่ 2.5 ตามลำดับ



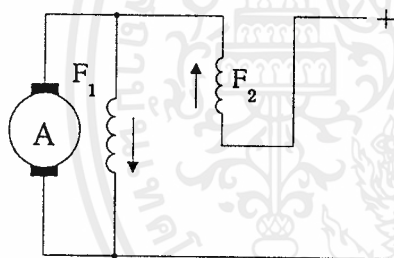
(ก)



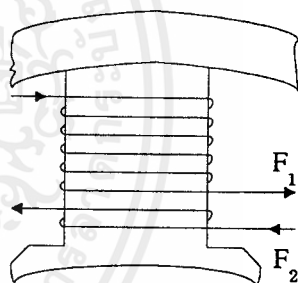
(ข)

รูปที่ 2.4 มอเตอร์คอมปาวด์แบบคิวมูลทีฟ

รูปที่ 2.4 (ก) และ (ข) แสดงทิศทางของ แรงเคลื่อนไฟฟ้า จากขดลวดสนามแบบขนาน และ ขดลวดสนามแบบอนุกรมของมอเตอร์คอมปาวด์แบบคิวมูลทีฟ ส่วน รูปที่ 2.5 (ก) และ (ข) แสดงทิศทาง กรณีคิฟเฟอเรนเชียล



(ก)



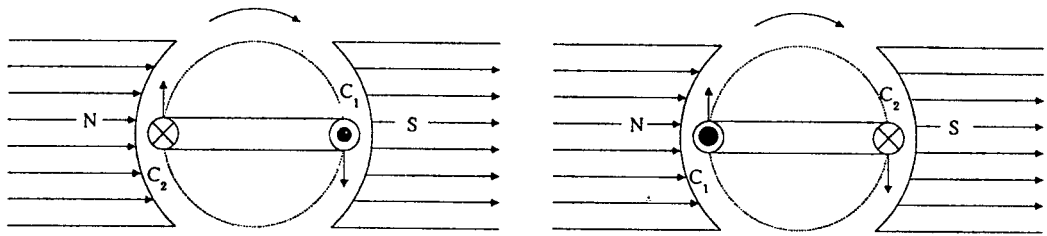
(ข)

รูปที่ 2.5 มอเตอร์คอมปาวด์แบบคิฟเฟอเรนเชียล

2.2.3 ทฤษฎีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุน ลวดตัวนำแต่ละเส้นซึ่งมีกระแสไหลผ่านจะตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กใหญ่ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นมาจำนวนหนึ่ง ใน ทิศทางที่สวนกับทิศทางของกระแสที่ป้อนให้กับมอเตอร์ ลองพิจารณาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับดังรูปที่ 2.6



(ก) ทิศทางแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับของอาร์เมเจอร์

(ข) ทิศทางกระแสของอาร์เมเจอร์

รูปที่ 2.6 ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

สมมติให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กใหญ่ และการหมุนของขดลวดมีทิศทางดังแสดงในรูปที่ 2.6 (ก) ขณะนี้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตในลวดตัวนำ C_1 และ C_2 จะมีทิศพุ่งเข้าและพุ่งออก ตามลำดับ แต่การที่ลวดตัวนำจะยังคงหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาได้นั้น จากกฎมือซ้าย กระแสที่ไหลในเส้นลวดตัวนำ C_1 และ C_2 จะมีทิศทางดังแสดงในรูปที่ 2.6 (ข) เท่านั้น นั่นคือมีทิศทางของกระแสที่ตรงข้ามกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นในรูปที่ 2.6 (ก) สำหรับกรณีของมอเตอร์เท่านั้นเรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ เกิดจากการที่ลวดตัวนำหมุนตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก จากขั้วแม่เหล็กใหญ่ ในทำนองเดียวกับในกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จึงมีสมการเหมือนกับกรณีหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นได้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนี้

$$E_b = p\Phi \times \frac{n}{60} \times \frac{Z_c}{a} \quad (2.1)$$

เมื่อกำหนดให้ E_b คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ

p คือ จำนวนขั้วแม่เหล็ก

Φ คือ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งขั้วแม่เหล็ก

n คือ จำนวนวงจรรขานระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ

Z_c คือ จำนวนเส้นลวดตัวนำทั้งหมดบนอาร์เมเจอร์

จากสมการที่ (2.1) เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับแปรผันตรงกับจำนวนรอบหมุนของมอเตอร์ ดังนั้นในกรณีที่มอเตอร์ยังไม่เริ่มหมุน ($N=0$) แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับจะมีค่าเท่ากับศูนย์ด้วย กำหนดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 4 กิโลวัตต์ 200 โวลต์ ความต้านทานภายในของ

อาร์เมเจอร์เป็น 0.5 โอห์ม ถ้าป้อนไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 200 โวลต์ ให้กับมอเตอร์ในสภาพที่หยุดหมุน จะเห็นว่ากระแสไหลในขดอาร์เมเจอร์ทันทีถึง 400 โวลต์ $\left(\frac{200}{0.5}\right)$ แต่เนื่องจากกระแสที่ไหลในขดอาร์เมเจอร์ แม้ที่ตำแหน่งโพลเด็มที่จะมีขนาดน้อยกว่านี้มากประมาณ 25 แอมป์แปร์ เป็นอย่างสูง การที่กระแสไหลในขดอาร์เมเจอร์ขณะที่มอเตอร์หยุดด้วยกระแสเพียง 25 แอมป์แปร์ ได้นั้น เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับที่เกิดขึ้นนี้จะพยายามต้านกระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างกระแส และแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับในวงจรอาร์เมเจอร์ ดังในรูปที่ 2.7 สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$I_a = \frac{V - E_b}{r_a} \quad (2.2)$$

หรือ

$$V = E_b + I_a r_a$$

ก็จะได้

$$E_b = V - I_a r_a \quad (2.3)$$

เมื่อกำหนดให้ V คือ แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างคู่แปรงถ่าน

E_b คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

r_a คือ ความต้านทานภายในทั้งหมดในวงจรของอาร์เมเจอร์

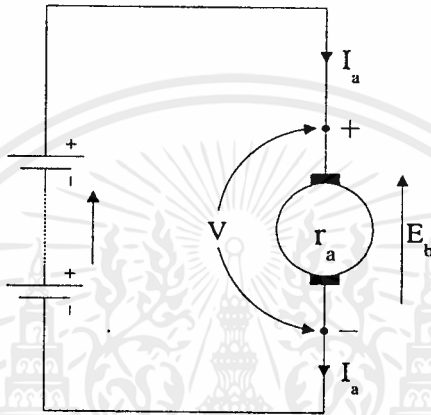
I_a คือ กระแสอาร์เมเจอร์

กรณีมอเตอร์ทำงานที่โพลเด็มที่แรงดันตกคร่อม $I_a r_a$ มีค่าประมาณ 10 เปอเซ็นต์ของ V ขณะที่มอเตอร์หยุดหมุน เนื่องจาก $E_b = 0$ จะได้

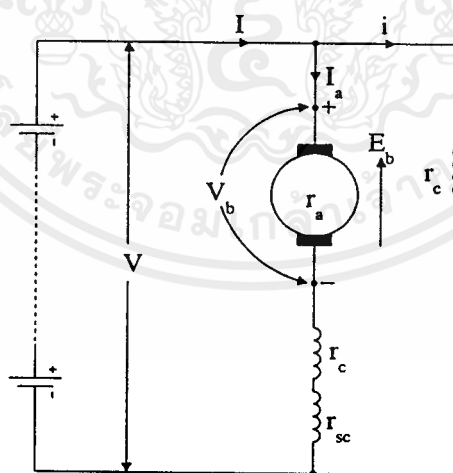
$$I_s = \frac{V}{r_a} \quad (2.4)$$

โดยที่ I_s คือ กระแสตอนเริ่มเดินเครื่องมีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

จากสมการที่ (2.2) และ (2.4) สามารถอธิบายได้ว่า ขณะที่มอเตอร์ยังไม่เริ่มหมุน เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงจะมีกระแส I_a ดังสมการที่ (2.4) จำนวนมากไหลในขดอาร์เมเจอร์ มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบสูงในทันที ทำให้ E_b มีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว กระแสในอาร์เมเจอร์จะมีค่าลดลงเรื่อยๆ จนมีค่าคงที่ในที่สุด
แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้ว



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับในวงจรอาร์เมเจอร์



รูปที่ 2.8 แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้วมอเตอร์คอมปาวด์แบบลونغชัณฑ์

จากรูปที่ 2.7 แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้วจะมีค่าเท่ากัน แต่ในกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีอินเตอร์โพล หรือกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ แรงดันทั้งสองจะมีค่าต่างกันเล็กน้อย

จากรูปที่ 2.8 เป็นมอเตอร์คอมปาวด์แบบลونغชัต์ ซึ่งมอเตอร์โดยทั่วไปจะมีลักษณะการต่อเช่นนี้เป็นส่วนมาก ในรูปที่ 2.8 นี้แรงดันระหว่างขั้วจะมีค่ามากกว่าแรงดันระหว่างแปรงถ่าน ด้วยค่าแรงดันตกคร่อมขดอนุกรม และขดคอมมิวเทต (หรือขด อินเทอร์โพล)

เมื่อกำหนดให้ V_b คือ แรงดันระหว่างแปรงถ่าน

r_{sc} คือ ความต้านทานภายในของขดซีรีส์

r_c คือ ความต้านทานภายในของขดคอมมิวเทต

จาก

$$V = V_b + I_a(r_{sc} + r_c) \quad (2.5)$$

แต่

$$V_b = E_b + I_a r_a \quad (2.6)$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} V &= E_b + I_a r_a + I_a(r_{sc} + r_c) \\ &= E_b + I_a(r_a + r_{sc} + r_c) \end{aligned} \quad (2.7)$$

จะได้

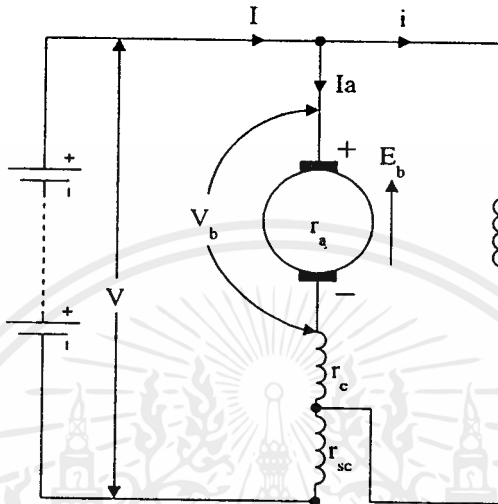
$$I_a = \frac{V - E_b}{r_a + r_{sc} + r_c} \quad (2.8)$$

ในรูปที่ 2.9 เป็นมอเตอร์คอมปาวด์แบบช็อตชัต์ซึ่งได้ว่า

$$\begin{aligned} V &= V_b + I_a r_c + (I_a + i)r_{sc} \\ &= E_b + I_a r_a + I_a r_c + I_a r_{sc} + i r_{sc} \\ &= E_b + I_a(r_a + r_c + r_{sc}) + i r_{sc} \end{aligned} \quad (2.9)$$

จึงได้

$$I_a = \frac{V - E_b - ir_{sc}}{r_a + r_{sc} + r_c} \quad (2.10)$$



รูปที่ 2.9 แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้วมอเตอร์คอมปาวด์แบบชอร์ตชัณฑ์

เนื่องจากในทางปฏิบัติ r_{sc} และ i มีค่าน้อยมากเพราะฉะนั้น ir_{sc} จึงมีค่าน้อยสามารถตัดทิ้งได้

$$\therefore I_a = \frac{V - E_b}{r_a + r_{sc} + r_c} \quad (2.11)$$

นั่นคือไม่ว่ามอเตอร์จะเป็นแบบช็อตชัณฑ์หรือลงชัณฑ์จะมีสมการของ I_a ที่เหมือนกันเสมอ

สมการเอาต์พุตของอาร์เมเจอร์

จากสมการที่ (2.3) ได้ว่า

$$V = E_b + I_a r_a \quad (V) \quad (2.12)$$

หรือ

$$E_b = V - I_a r_a \quad (V) \quad (2.13)$$

เมื่อคูณ I_a ตลอดจะได้

$$VI_a = E_b I_a + I_a^2 r_a \quad (2.14)$$

หรือ

$$E_b I_a = VI_a - I_a^2 r_a \quad (2.15)$$

โดยที่ VI_a คือ กำลังไฟฟ้าทางค่านินพุดที่ป้อนให้กับอาร์เมเจอร์

$I_a^2 r_a$ คือ การสูญเสียจากลวดตัวนำในอาร์เมเจอร์

เมื่อหัก $I_a^2 r_a$ ออกจาก VI_a จะเหลือ $E_b I_a$ ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าส่วนที่เปลี่ยนเป็นกำลังกล ภายในอาร์เมเจอร์ กำหนดให้เป็น P_{ar} ดังนั้นจะได้ P_{ar} ดังสมการ

$$P_{ar} = E_b I_a \quad (2.16)$$

กำลังกล (P_{ar}) บางส่วนนั้นจะเกิดสูญเสียไปในรูปของการสูญเสียทางกล และการสูญเสียในแกนเหล็กจึงไม่สามารถปรากฏออกมาให้เห็นได้หมด จากสมการที่ (2.1)

$$E_b = \frac{p}{a} \times \frac{n}{60} \times Z_c \times \Phi \quad (V) \quad (2.17)$$

เนื่องจากมอเตอร์ซึ่งสร้างสำเร็จรูป นอกจาก n และ Φ แล้วค่าอื่นๆคือ $\frac{p}{a}$, Z_c มีค่าคงที่หมด จึงสามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$E_b = Kn\Phi \quad (2.18)$$

โดยที่

$$K = \frac{p}{a} \times \frac{Z_c}{60} \quad (2.19)$$

เมื่อคูณ I_a ตลอดจะได้

$$E_b I_a = K_n \Phi I_a = P_{ar} \quad (2.20)$$

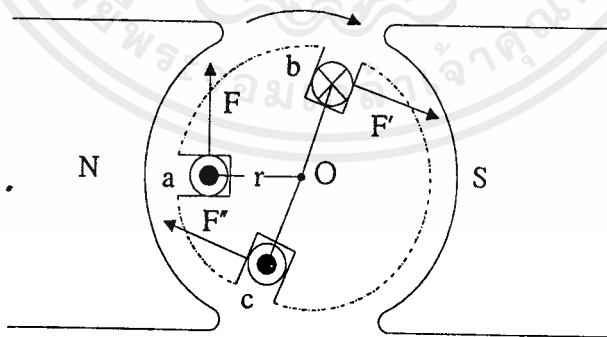
ทอร์กของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

รูปที่ 2.10 แสดงแรงที่กระทำบนลวดตัวนำ (a) ซึ่งห่างจากจุดศูนย์กลาง เป็นระยะ r (หน่วยเป็นเมตร) ในทิศทางสัมผัสกับเส้นรอบวงของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ที่ตำแหน่งนี้ กำหนดให้มีค่าเป็น F นิวตัน ดังนั้นแรงที่กระทำบนลวดตัวนำนี้จะมีโมเมนต์เท่ากับ $F \times r$ ซึ่งจะพยายาม ขยับเคลื่อนแกนเหล็กอาร์เมเจอร์มีร่อง (สลีต) เป็นจำนวนมาก และแต่ละร่องมีลวดตัวนำจำนวนมากเช่นกัน ดังนั้นแรงที่กระทำบนลวดตัวนำทั้งหมด จะมีโมเมนต์ซึ่งพยายามขยับเคลื่อนแกนเหล็ก ให้หมุนไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อรวมโมเมนต์ย่อยทั้งหมดนี้ เข้าด้วยกัน จะได้ผลรวมของโมเมนต์ ดังนี้

$$T_a = (Fr + F'r + F''r + \dots) \quad (2.21)$$

โดยที่ T_a คือ ทอร์กที่เกิดขึ้นมีหน่วยเป็น N - m

ดังนั้นทอร์กคือ ผลรวมของโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำรอบจุดศูนย์กลาง



รูปที่ 2.10 โมเมนต์ซึ่งลวดตัวนำอาร์เมเจอร์กระทำรอบจุดศูนย์กลาง

สมการของความเร็วยุโรป

จากสมการที่ (2.3) และ (2.7) จะได้

$$E_b = V - I_a r_a \quad (2.22)$$

และ

$$E_b = K\Phi n$$

$$\therefore n = \frac{E_b}{K\Phi} = \frac{V - I_a r_a}{K\Phi} \quad (2.23)$$

จะได้

$$n \approx \frac{V}{K\Phi} \quad (\text{รอบต่อนาที ; rpm}) \quad (2.24)$$

$I_a r_a$ ในสมการนี้ประมาณว่ามีค่าน้อยมาก ซึ่งควรใช้เฉพาะกรณีที่ I_a หรือกระแสไหลไม่มากนักเท่านั้น จะเห็นว่าความเร็วยุโรปแปรผันโดยตรงกับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ และแปรผกผันกับจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก

ความสามารถในการปรับกระแสได้เองตามขนาดของโหลด

เมื่อป้อนแรงดัน V คงที่ให้กับมอเตอร์แบบอนุกรม และให้ทำงานที่โหลดต่ำๆ มอเตอร์จะหมุนที่ความเร็วยุโรป (n) ค่าหนึ่ง และจะดึงกระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงด้วยค่า I_a ค่าหนึ่ง เนื่องจากกำลังงานที่ด้านเอาต์พุตของมอเตอร์ในขณะนี้มีน้อย $V I_a$ จึงมีค่าน้อยด้วย นั่นคือกระแส I_a ที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายออกจะต้องมีค่าต่ำด้วย เมื่อให้มอเตอร์ทำงานที่โหลดมากๆ $V I_a$ จะต้องมีค่ามากขึ้น สำหรับกรณีที่แรงดันของแหล่งจ่าย มีค่าคงที่ I_a จำเป็นต้องมีค่ามากขึ้นด้วย นั่นคือเมื่อโหลดน้อยมอเตอร์จะดึงกระแสจาก แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงน้อย และเมื่อโหลดมากจะดึงกระแสมากขึ้นโดยอัตโนมัติ

ความสามารถในการเร่งหรือหน่วงความเร็วยุโรป

ลองพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างโหลดทอร์คซึ่งเป็นโหลดที่ทอร์คต้องการ กับมอเตอร์ทอร์คซึ่งเป็นทอร์คที่มอเตอร์จ่ายให้กับโหลด เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นจะยกตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม ในการอธิบายการหมุนของมอเตอร์ในขณะที่มีโหลดทางกลนั้น จะเท่ากับการใส่แรงเบรกระหว่างต่อแกนของอาร์เมเจอร์ เมื่อโหลดทอร์คสูงขึ้น ก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับแรงเบรกที่กระทำต่อแกนอาร์เมเจอร์มีค่ามากขึ้น นั่นคือขณะที่มอเตอร์กำลังหมุนภายใต้ โหลดค่าหนึ่งด้วยเสถียรภาพที่ดี ถ้าให้โหลดทอร์คมีค่าสูงขึ้น จะทำให้เกิดความหน่วงขึ้น ความเร็วรอบ (n) จะมียาลดลง สำหรับกรณีของมอเตอร์แบบอนุกรม ถ้าแรงดันระหว่างขั้วมีค่าคงที่ ก็อาจทำให้ Φ มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง (ในทางปฏิบัติเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอกชันทำให้ Φ มีค่าเปลี่ยนแปลงไปบ้าง) ดังนั้นถ้ากรณีความเร็วรอบน้อยลงแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ (E_b) จะมียาลดลง

แต่เนื่องจากกระแส
และทอร์ค

$$I_a = \frac{(V - E_b)}{r_a}$$

$$(T) = K' \Phi I_a$$

มอเตอร์ทอร์คจะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นความเร็วรอบจะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งทำให้ ทอร์ค (T) เท่ากับโหลดทอร์คพอดี จากนั้นมอเตอร์จะเริ่มทำงานที่ตำแหน่งใหม่นี้

ในทางตรงข้ามถ้าโหลดทอร์คมีค่าน้อยกว่ามอเตอร์ทอร์ค แรงที่หมุนแกนอาร์เมเจอร์ จะมากกว่าแรงเบรก ทำให้เกิดความเร่งเพิ่มขึ้นและความเร็วรอบจะเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วรอบ เพิ่มขึ้นแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับจะมีค่ามากขึ้น

กระแส
และทอร์ค

$$(I_a) = \frac{(V - E_b)}{r_a} \text{ จะมีค่าน้อยลง}$$

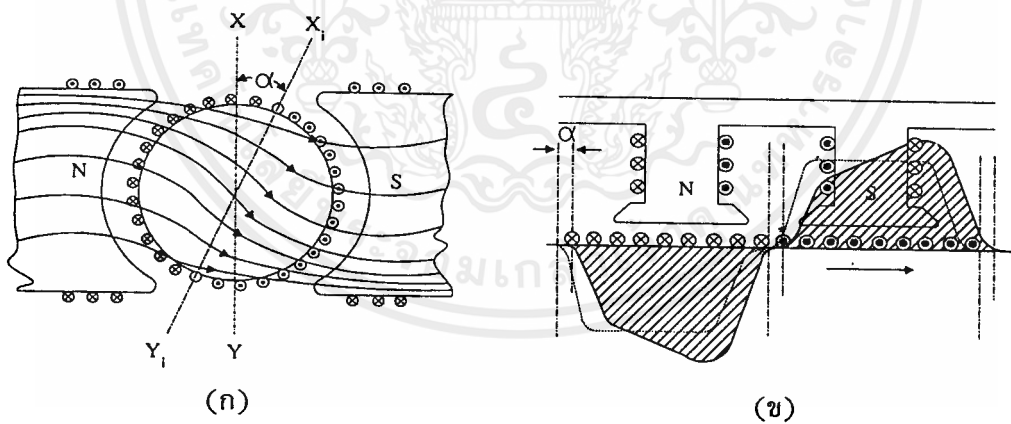
$$(T) = K' \Phi I_a \text{ จะมีค่าน้อยลงด้วย}$$

ความเร่งจะน้อยลงจนมีค่าเป็น 0 เมื่อทอร์คจากมอเตอร์มีค่าเท่ากับโหลดทอร์คพอดี จากนั้นมอเตอร์จะเริ่มทำงานที่ตำแหน่งใหม่นี้ ในการเริ่มเดินมอเตอร์จากสภาพที่หยุดนิ่ง จนกระทั่งเริ่มหมุนนั้น แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ (E_b) จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จาก $E_b = 0$ ในช่วงแรกสุดนั้นเนื่องจากมีกระแสสูงมาก ทอร์คจากมอเตอร์จะมีค่าสูงกว่าโหลดทอร์คมาก จึงทำให้เกิดความเร่งสูงมาก ความเร็วรอบจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งโหลดทอร์คเท่ากับมอเตอร์ทอร์คและความเร็วรอบจะคงที่ โหลดทอร์คจะเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบ หรือมีค่าคงที่เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไป หรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของโหลด ตัวอย่างเช่น พัดลมมันยัง หมุนที่ความเร็วรอบสูงขึ้น โหลดทอร์ค หรือทอร์คที่โหลดต้องการจะยังมีค่ามากขึ้น ในขณะที่

เครื่องกลึงไม่ว่าความเร็วรอบจะเปลี่ยนไปอย่างไรก็ตาม โพลจะต้องการทอร์คเกือบคงที่ โดยตลอด

อาร์เมเจอร์รีแอกชัน

เมื่อมีกระแสไหลในขดอาร์เมเจอร์ ก็จะมีเส้นแรงแม่เหล็ก อันเนื่องมาจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าของขดอาร์เมเจอร์นี้เกิดขึ้น และทำให้เส้นแรงแม่เหล็กรวมนี้นิ้วเวอนไปจากเดิม เมื่อกระแสอาร์เมเจอร์มากขึ้นการเบี้ยวเวอนจะยิ่งมากขึ้น นั่นคือแกนนิวทรัลของ เส้นแรงแม่เหล็ก จะเลื่อนไปจากเดิม เหตุการณ์เช่นนี้จะเหมือนกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงทุกประการ จะต่างกันตรงที่ว่า ทิศทางของกระแสซึ่งไหลในลวดตัวนำที่อยู่ใต้ ขั้วแม่เหล็ก N และ S ที่ทิศการหมุนของ อาร์เมเจอร์เดียวกันจะต่างกัน ดังได้กล่าวไว้แล้วว่า กรณีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทิศทางการไหลของกระแส จะมีทิศเดียวกันกับทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้ แต่ในกรณีของมอเตอร์นั้น เนื่องจากทำงานในรูปของแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสจึงไหลในทิศทางตรงข้ามกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า ดังนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าของอาร์เมเจอร์ที่เกิดขึ้น จึงมีทิศตรงข้ามกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วย เพื่อความเข้าใจลองพิจารณาจากรูปที่ 2.11 และรูปที่ 2.12



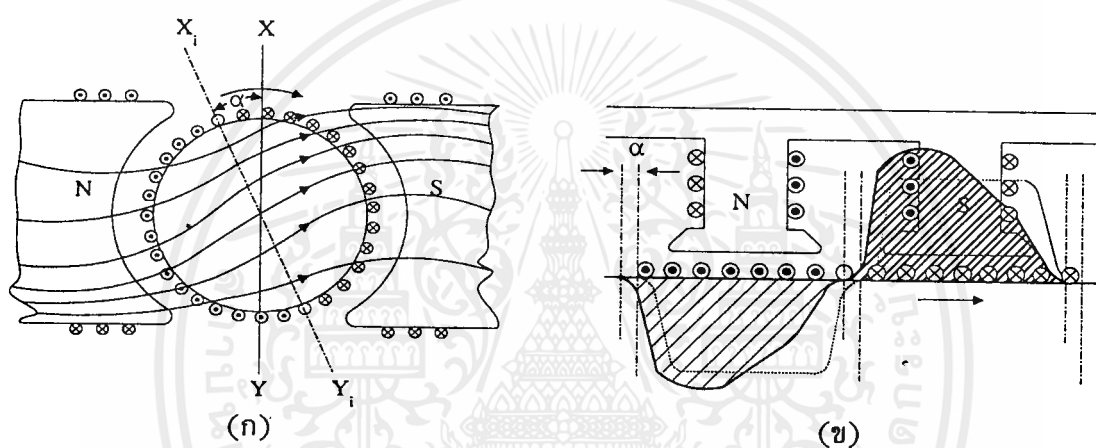
รูปที่ 2.11 อาร์เมเจอร์รีแอกชันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ผลของอาร์เมเจอร์รีแอกชันที่เกิดขึ้นในกรณีของมอเตอร์ จะเหมือนกับในกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกประการ เช่น จะทำให้เกิดปัญหาในการคอมมิวเตต และจะทำให้เกิดครอสแมกเนไตซิงฟิลด์ (cross magnetizing field) ขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องติดตั้งอินเตอร์โพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และคอมเพนเซตติ้งโพล (Compensating pole) เช่นเดียวกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง แต่สำหรับมอเตอร์ซึ่งไม่ได้ติดตั้งอินเทอร์โพลไว้นั้น เนื่องจากแกนนิวทรัลเลื่อนไปจากเดิม

ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนแปลงแกนไปด้วย แต่ต้องเลื่อนไปในทิศทางสวนกับทิศทางการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้เกิดแรงดันคอมมิวเทตในขดอาร์เมเจอร์ขึ้น จะเห็นได้ว่าการเลื่อนแกนจะเลื่อนในทิศทางตรงข้ามกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.12



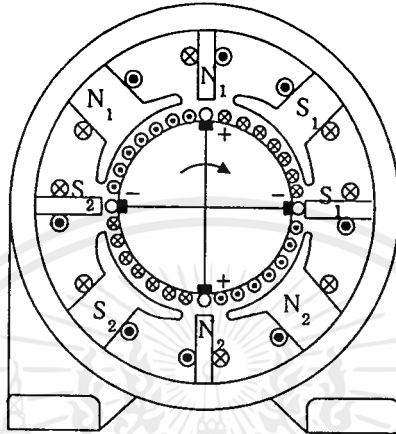
รูปที่ 2.12 อาร์เมเจอร์รีแอక్షันของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากเหตุการณ์ในทำนองเดียวกันนี้ ขั้วของอินเทอร์โพลจะตรงข้ามกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อมอเตอร์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีทิศทางการหมุนเดียวกัน

กล่าวคือในกรณีของมอเตอร์ ขั้วของอินเทอร์โพลจะต้องมีชนิดของขั้วตรงข้ามกับชนิดของขั้วแม่เหล็กใหญ่อันต่อไป ในทิศทางการหมุนเป็นขั้วใต้ (S) อินเทอร์โพลจะต้องเป็นขั้วเหนือ (N) ดังรูปที่ 2.13

ในกรณีของมอเตอร์ก็เช่นเดียวกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง กล่าวคือจะต้องมีอินเทอร์โพลเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน เนื่องจากมอเตอร์ชนิดนี้ จะเปลี่ยนความเร็วรอบด้วยการปรับกระแสสนามของขั้วแม่เหล็กใหญ่ ซึ่งเท่ากับเป็นการเพิ่มหรือลดความแรงของขั้วแม่เหล็กใหญ่ และเป็นผลให้แกนนิวทรัลเลื่อนไปมาจากตำแหน่งเดิมอยู่ตลอดเวลา ในการนี้ถ้าใช้การเลื่อนแกนแทนการใช้อินเทอร์โพล

การใช้อินเตอร์โพลในกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จึงจำเป็นเสียยิ่งกว่ากรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง การต่อขดอินเตอร์โพลจะต่ออย่างอนุกรมกับขดอาร์เมเจอร์เหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกประการ



รูปที่ 2.13 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงพร้อมอินเตอร์โพล

ดังนั้นถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งมีอินเตอร์โพลติดตั้งเรียบร้อยแล้ว มาป้อนกระแสเข้าที่ขั้วเพื่อให้ทำหน้าที่ของมอเตอร์แล้ว จะได้กระแสอาร์เมเจอร์ในทิศทางที่กลับกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้กระแสซึ่งไหลผ่านขดอินเตอร์โพลมีทิศทางซึ่งกลับกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และอินเตอร์โพลจะมีชนิดของขั้วที่กลับกันด้วย แต่เนื่องจากกระแสที่ไหลเข้าขดลวดสนามของขั้วแม่เหล็กใหญ่ ไม่ว่าจะเป็กรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือมอเตอร์ เนื่องจากทิศทางของกระแสไม่มีการเปลี่ยนแปลง ขั้วแม่เหล็กใหญ่จึงมีชนิดของขั้วเหมือนเดิมทุกประการ นั่นคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถทำหน้าที่ของมอเตอร์ได้ โดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ทั้งสิ้น

อินเตอร์โพลของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

ในกรณีของมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม เมื่อกระแสไหลดเปลี่ยนแปลงกระแสสนาม หรือแรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดอนุกรมก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย และในขณะเดียวกัน ครอสแมกเนตซึ่งแอมแปร์เทอรันอันเนื่องมาจากอาร์เมเจอร์รีแอกชันจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยในอัตราส่วนเดียวกัน นั่นคือมุมที่แกนนิวทรัลเลื่อนไปจะมีค่าคงที่ไม่ว่ากระแสไหลจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ดังนั้นเมื่อตั้งแปร่งถ่านให้เลื่อนไปหนึ่งครั้ง

ภายใต้กระแสไหลค่านึงแล้ว ที่กระแสไหลอื่นๆ ก็คงตำแหน่งแปร่งถ่านไว้เช่นนั้นได้ตลอด และไม่มีมีความจำเป็นที่จะต้องใช้อินเตอร์โพล สำหรับกรณีเช่นนี้ แต่เนื่องจากในการนำมอเตอร์ไปใช้งานบางอย่าง เช่น ลิฟท์ มอเตอร์ที่ใช้งานด้านรถไฟ หรือมอเตอร์ที่นำมาประกอบเตียงอัตโนมัติตัวนี้ เป็นต้น การหมุนของมอเตอร์จะต้องมีทิศทาง กลับไปกลับมา อยู่บ่อยครั้ง ในกรณีเช่นนี้จะต้องเลื่อนตำแหน่งของแปร่งถ่านกลับไปมาอยู่ตลอดเวลาเช่นกัน ปัญหาความไม่สะดวกนี้สามารถแก้ไขให้หมดสิ้นได้ ด้วยการใช้อินเตอร์โพล

ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในเรื่องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าว่า คอมเพนเสตติงไวנדิงนั้นจะมีการทำงานที่ต่างไปจากอินเตอร์โพลที่สำคัญ คือ ชุดขดลวดนี้สามารถกำจัดอาร์เมเจอร์รีแอกชันได้หมดสิ้น การเบี้ยวเอนของสนามแม่เหล็กจึงไม่เกิดขึ้น สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานหรือแบบควมูเลทีฟคอมปาวด์ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอบมากนั้น เนื่องจากในย่านความเร็วรอบสูงๆ สนามแม่เหล็กจากขั้ว แม่เหล็กใหญ่จะมีผลต่อความเร็วรอบน้อย ขณะที่อาร์เมเจอร์รีแอกชันมีผลต่อความเร็วรอบมาก สนามรวมจึงเบี้ยวเอนไปจากเดิมมาก ทำให้แรงดันระหว่างขั้วคอมมิวเตเตอร์เพิ่มสูงขึ้น จนเกิดประกายไฟที่น่ากลัวอันตรายขึ้นได้ ดังนั้นสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดกิโลวัตต์มาก และความเร็วรอบสูงแล้ว จำเป็นที่จะต้องติดตั้งคอมเพนเสตติงโพลเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดประกายไฟ ดังกล่าวไว้เสมอ

การเปลี่ยนทิศทางการหมุน

การทำให้เพียงผู้ช่วยปรับระดับขึ้นลงได้นั้น จำเป็นจะต้องสลับเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ส่วนเครื่องจักรกลในโรงงาน สามารถควบคุมการเดินหน้าถอยหลังได้ โดยการให้มอเตอร์มีทิศทางการหมุนเดียวกันตลอด แต่ต้องอาศัยเกียร์ในการเปลี่ยนทิศทางการหมุนซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แต่ในบางโอกาส การเปลี่ยนทิศทางการหมุนของเครื่องจักรกลอาจใช้วิธีการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์โดยตรง

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์สามารถหาได้โดยการอาศัยกฎมือซ้าย ดังนั้นไม่ว่าจะเปลี่ยนทิศทางเส้นแรงแม่เหล็กของขั้วแม่เหล็กใหญ่ (นั่นคือทิศทางของกระแสสนาม) หรือทิศทางไหลของกระแสอาร์เมเจอร์ก็ตามอย่างใดอย่างหนึ่งแล้ว ก็สามารถกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมหรือแบบขนาน ถ้ากลับขั้วที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแล้ว เนื่องจากทิศทางของกระแสอาร์เมเจอร์และทิศทางของกระแสสนามจะกลับ พร้อมกัน ทิศทางการหมุนจะไม่เหมือนเดิมโดยไม่กลับทิศ ในกรณีที่มิอินเตอร์โพลติดตั้งอยู่นั้น ถ้าต้องการกลับทิศกระแสอาร์เมเจอร์ ก็จำเป็นที่จะต้องกลับทิศ

กระแสของอินเตอร์โพลไปพร้อมกัน นั่นคือในการกลับทิศนั้นให้ถือว่าขดอินเตอร์โพลและขดอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดขุดเดียวกัน จะแยกกลับขดใดขดหนึ่งไม่ได้โดยเด็ดขาด

2.2.4 คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

คุณสมบัติของมอเตอร์แบบขนาน

สำหรับกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน เนื่องจากวงจรสนามและวงจรอาร์เมเจอร์ซึ่งต่อขนานกันได้รับกระแสไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายเดียวกัน เมื่อแรงดันของแหล่งจ่ายและความต้านทานสนามมีค่าคงที่ แม่โพลดจะมีค่าเปลี่ยนแปลงก็ตาม ถือว่า Φ มีค่าคงที่ และจากสมการของทอร์กที่ว่า

$$T_o = K' \Phi I_a \quad (2.25)$$

โดยที่ $T_o \propto I_a$ นั่นคือเส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและกระแสจะมีลักษณะเกือบเหมือนเส้นตรงดังรูปที่ 2.14 ซึ่งเป็นรูปแสดงเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วรอบกับกระแสจากแหล่งจ่าย

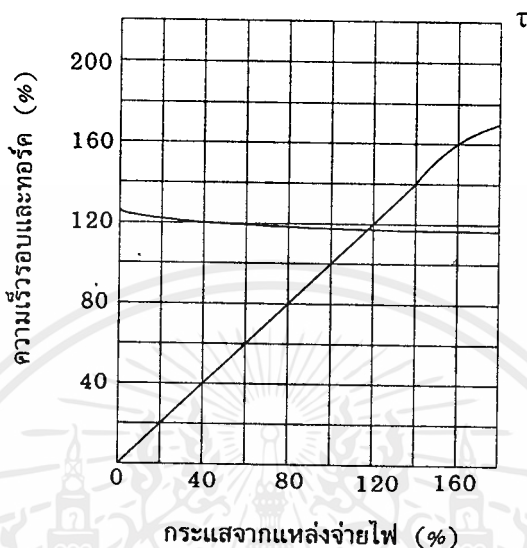
สำหรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานนั้น จากสมการที่ 2.6 ได้ว่า

$$n = \frac{E_b}{K\Phi} = \frac{V - I_a r_a}{K\Phi} \quad (2.26)$$

ขณะการทำงานของมอเตอร์ ถ้าลดโพลดให้มีค่าต่ำลง I_a ก็จะมีค่าต่ำลงด้วย แต่เนื่องจาก Φ มีค่าเกือบคงที่เมื่อ V คงที่ ดังนั้นจากสมการที่ผ่านมากล่าวมาความเร็วรอบจะมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตรงกันข้ามถ้าให้โพลดหรือกระแส I_a มีค่าลดลง ความเร็วรอบจะลดลงอย่างมาก นั่นคือการรักษาระดับความเร็วรอบ (Speed Regulation) มีค่าน้อยมากดังแสดงด้วยเส้นโค้งในรูปที่ 2.14 และเส้นโค้งนี้เรียกว่า เส้นโค้งความเร็วรอบและกระแส ซึ่งมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรงในระดับแนวอน

ที่กล่าวไว้นั้นไม่ได้คำนึงถึงเรื่องอาร์เมเจอร์รีแอกชัน ถ้าคำนึงอาร์เมเจอร์รีแอกชันด้วยแล้ว สำหรับกรณีที่ I_a มีค่าน้อยๆ Φ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนกรณีที่ I_a มีค่ามากๆ Φ จะมีค่าลดลงบ้างเล็กน้อย ทำให้การรักษาระดับความเร็วรอบในภาวะการเปลี่ยนแปลงของโพลดมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่นับถึงเรื่องอาร์เมเจอร์รีแอกชัน จากคุณสมบัติอันนี้จะเห็นว่ามอเตอร์

แบบขนาน จะเหมาะกับงานที่ต้องการการรักษาระดับความเร็วหน่อยๆ เป็นอย่างยิ่ง เช่น งาน คำนเครื่องมือเครื่องจักรเป็นต้น แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องการทอร์คสูงๆ



รูปที่ 2.14 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คและความเร็วรอบกับกระแสจากแหล่งจ่ายของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมจะต่างกับแบบขนานที่ว่า จำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก Φ จะไม่คงที่แต่จะมีค่าเพิ่มลดตามกระแส I_a และบริเวณเส้นตรงที่อยู่ต่ำกว่าส่วนโค้งของเส้นโค้งแมกนีโตเซชันลงมา

เนื่องจาก $\Phi \propto I_a$

และ $\tau_a \propto \Phi I_a$

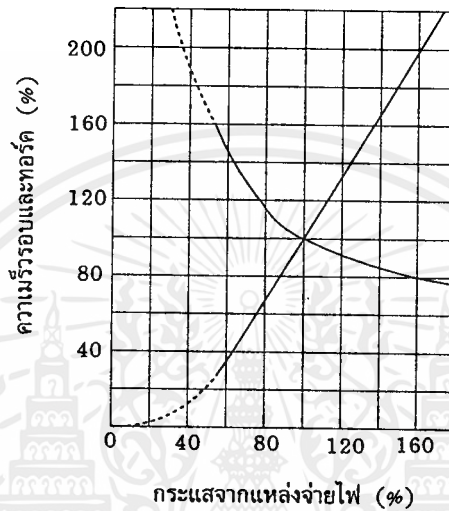
ดังนั้น $\tau_a \propto I_a^2$

เมื่อ τ_a คือ ทอร์ค

α คือ เครื่องหมายแทนการแปรผันตาม

ถ้า I_a มีค่ามากจนทำให้ทุกๆ ส่วนของแกนเหล็กอิ่มตัวแล้ว แม้จะเพิ่มกระแสให้มากกว่านี้ก็ตาม Φ จะมีค่าเกือบคงที่ คือหลังจากที่แกนเหล็กเริ่มอิ่มตัวจะได้ทอร์คเท่ากับ $\tau_a \propto I_a$

ดังนั้นเมื่อกระแส I_a มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้าง ในย่านที่กระแส I_a มีค่าน้อยๆ จะได้ $\tau_o \propto I_a^2$ และในย่านที่กระแส I_a มีค่ามากๆ จะได้ $\tau_o \propto I_a$ ในทางปฏิบัติเนื่องจากบริเวณเส้นโค้งของเส้นโค้งแมกเนโตเซชัน จะได้รับการออกแบบให้อยู่ใกล้เคียงกับ โหลดพิคก ถ้าใช้งานในย่านที่ต่ำกว่านี้จะได้ $\tau_o \propto I_a^2$ ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กและความเร็วรอบกับกระแสจากแหล่งจ่ายของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

โดยทั่วไปมอเตอร์จะใช้กระแส 1.3 ถึง 1.7 เท่าของกระแสพิคกในการขับเคลื่อนให้หมุน ดังนั้นที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์หมุนจะมีค่ามากกว่าทอร์กที่กระแสพิคกมาก ยิ่งให้กระแสขับเคลื่อนมีค่ามากทอร์กขับเคลื่อนก็จะยิ่งมีค่ามากขึ้นเช่นกัน แต่สำหรับกรณีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชัณฑ์ เนื่องจากทอร์ก $\tau_o \propto I_a$ ถ้าให้กระแสขับเคลื่อนมีค่า 1.5 เท่า จะได้ทอร์กขับเคลื่อนเพียง 1.5 เท่าของทอร์กพิคกเท่านั้น แต่ถ้าเป็นกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม แล้วจะได้ทอร์กขับเคลื่อนมากกว่า 1.5 เท่า (เนื่องจาก $\tau_o \propto I_a^2$ จะได้ทอร์กขับเคลื่อนเป็น 2.25 เท่า แต่ถ้า $\tau_o \propto I_a^{1.7}$ จะได้ทอร์กขับเคลื่อนเป็น 2 เท่า) นั่นคือ ถ้าใช้กระแสขับเคลื่อนในอัตราส่วนที่เท่าๆ กัน มอเตอร์แบบอนุกรมจะให้ทอร์กขับเคลื่อนได้มากกว่า

สำหรับสปีดเร็กกูเลชันจะเห็นว่ามอเตอร์แบบอนุกรมจะให้ความเร็วรอบที่เปลี่ยนไปมาก เมื่อกระแสมีค่าเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะแม้ว่า V จะมีค่าคงที่ก็ตาม เมื่อกระแสโหลด I_a มีค่าเปลี่ยนแปลงไป Φ จะเปลี่ยนแปลงตาม I_a ด้วยและจากสมการ

$$n \propto \frac{V - I(r_s + r_a)}{\Phi} \quad (2.27)$$

จะเห็นว่าเมื่อ I_a เพิ่มขึ้นไม่เพียงแต่จำนวนเสมมีค่าลดลง แต่ในขณะเดียวกันจำนวนส่วนจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นมอเตอร์แบบขนานจึงจัดอยู่ในประเภทความเร็วรอบคงที่ ขณะที่มอเตอร์แบบอนุกรม จัดอยู่ในประเภทที่สามารถเปลี่ยนค่าความเร็วรอบได้ดังแสดงในรูปที่ 2.15 ที่ผ่านมา

จากเส้นโค้งซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ กับกระแสมอเตอร์แบบอนุกรมนี้จะเห็นว่า ไม่ว่าจะทำการขับเคลื่อนมอเตอร์ขณะที่ไม่มีหรือมีโหลดค่อนอยู่น้อยมาก โดยการป้อนกระแสที่แรงดันพิคัด หรือจะทำการปลดโหลดออกหมด หรือเพียงบางส่วนในขณะการทำงานของมอเตอร์ก็ตาม ความเร็วรอบของมอเตอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากจนน่ากลัว ซึ่งลักษณะเช่นนี้เรียกว่า รันอะเวย์ (runaway) และจำเป็นที่จะต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้น ดังนั้นในกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม จึงตั้งเป็นกฎข้อห้ามไม่ให้ใช้สายพาน ในการหมุนขับเคลื่อนระหว่างตัวมอเตอร์กับโหลด ทั้งนี้ถ้าสายพานขาดหรือหลวม คลายตัวออกจะทำให้มอเตอร์เกิดรันอะเวย์ได้

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างทอร์ก และกำลังอินพุทของมอเตอร์นั้น สำหรับกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน เนื่องจาก $\tau_a \propto I_a$ และ V มีค่าคงที่ จะได้กำลังอินพุทดังนี้

$$P = VI \propto \tau_a \quad (2.28)$$

นั่นคือ กำลังอินพุทจะแปรผันโดยตรงกับทอร์ก แต่สำหรับกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม ในย่านกระแสโหลดที่ต่ำกว่ากระแสพิคัดเนื่องจาก $\tau_a \propto I_a^2$ จะได้กำลังอินพุทดังนี้

$$P = VI \propto \sqrt{\tau_a} \quad (2.29)$$

และในย่านกระแสโหลดที่มีค่ามากๆ เนื่องจากแกนเหล็กเกิดการอิ่มตัวและ $\tau_a \propto I_a$ จะได้กำลังอินพุทดังนี้

$$P = VI \propto \tau_a \quad (2.30)$$

สำหรับการใช้งานทั่วไป จะเห็นได้ว่ากำลังอินพุตของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของทอร์คที่น้อยกว่ากรณีของมอเตอร์แบบขนาน

คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งอาศัยการทำงานร่วมกันของขดลวดอนุกรม (ให้ทอร์คขณะเริ่มเดินเครื่องสูง) และขดลวดแบบขนาน (ให้ความเร็วรอบคงที่) ในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคิวมูเลทีฟคอมปาวด์ มอเตอร์ชนิดนี้จะให้กระแสจำนวนมาก ไหลผ่านขดลวดอนุกรมในช่วงเดินเครื่อง จึงให้คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมในช่วงนี้ กล่าวคือให้ทอร์คขณะเริ่มเดินเครื่องที่สูงกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน ในปริมาณของกระแสเริ่มเดินเดียวกัน หลังจากนั้นเมื่อความเร็วรอบ (n) สูงขึ้นเรื่อยๆ กระแส (I_a) ซึ่งไหลผ่านขดลวดอนุกรมจะเริ่มน้อยลงเรื่อยๆ ทำให้คุณสมบัติของขดลวดอนุกรมที่แสดงออกลดน้อยลง ในช่วงของการทำงานของมอเตอร์ชนิดนี้ จะแสดงคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานนั่นเอง

ในอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการผลิตบางชนิด ซึ่งต้องการความเร็วรอบคงที่ตลอดไม่ว่าโหลดจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรก็ตามนั้น แม้จะเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานก็ตาม ก็ไม่สามารถตอบสนองความต้องการนี้ได้ เพราะจากคุณสมบัติทางด้านความเร็วรอบของมอเตอร์แบบขนานนี้ จะเห็นว่าเมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลงไป อัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเศษและส่วนในสมการความเร็วรอบจะมีค่าไม่เท่ากัน

ดังนั้นจึงสามารถหาจำนวนรอบ (n) ได้ดังนี้

$$n = \frac{E}{K} = \frac{V - I_a r_a}{K} \quad (2.31)$$

ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคิฟเฟอเรนเชียลคอมปาวด์ และในช่วงการเปลี่ยนแปลงของโหลดจากสภาวะไร้อัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเศษและส่วนในสมการความเร็วรอบเท่ากัน ดังนั้นสปีดเรกูลേഷันของมอเตอร์ชนิดนี้จะมีค่าประมาณศูนย์

แต่เนื่องจากมอเตอร์แบบนี้มีข้อเสียอย่างมากตรงที่ทอร์คขณะเริ่มเดินเครื่อง และในช่วงเริ่มเดินอาจหมุนกลับทิศได้ ทั้งนี้เพราะขดลวดอนุกรมและขดลวดแบบขนานซึ่งต่ออยู่ใน

ลักษณะที่ให้ แรงเคลื่อนแม่เหล็ก หักล้างกันนั้น ในช่วงเริ่มเดินเครื่องขดลวดอนุกรมจะมี แรงเคลื่อนแม่เหล็ก สูงกว่าปกติมาก ในปัจจุบันจึงไม่นิยมใช้ และในกรณีที่ต้องใช้มอเตอร์ซึ่ง ให้ความเร็วรอบคงที่ จะหันไปใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดอื่นแทน

การรักษาระดับแรงดัน

การรักษาระดับแรงดัน คือ เทอมซึ่งแสดงขนาดการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว อันเนื่อง จากการเปลี่ยนแปลงของโหลด ในมอเตอร์ที่ให้ความเร็วรอบคงที่ และยังหมายถึงอัตราการ เปลี่ยนแปลงของ จำนวนรอบหมุนจากสภาวะโหลดเต็มที่ มาเป็นสภาวะไร้อโหลด ภายใต้ เงื่อนไขที่กำหนดไว้ และอัตราการเปลี่ยนแปลง จะอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ของความเร็วรอบใน สภาวะโหลดเต็มที่ คำจำกัดความนี้คล้ายกับโวลต์เดจเรกูเลชันในกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า วิธีการทดลองเพื่อหาค่าการรักษาระดับแรงดันคือ ให้เดินเครื่องมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบ ขนานหรือแบบคิฟเฟอเรนเชียลคอมปาวด์อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยการป้องกันพิกัดเข้าขั้วอินพุต มอเตอร์ จากนั้นให้เพิ่มโหลดของมอเตอร์ขึ้นเรื่อยๆ จนมีค่าโวลต์เต็มที่ หลังจากที่อยู่ณหภูมิตาม ส่วนต่างๆ ของมอเตอร์เพิ่มขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัวแล้ว ทำให้การวัดจำนวนรอบหมุนของ มอเตอร์ขณะนั้นสมมติให้เป็น n จากนั้นให้เพิ่มโหลดของมอเตอร์ออกให้หมด แล้วจึงวัด ความเร็วรอบ สมมติให้มีค่าเท่ากับ n_0 หนึ่งแรงดันระหว่างขั้วที่ป้อนให้มอเตอร์นั้น จะต้อง ปรับไว้ที่ค่าคงที่เสมอตลอดการทดลอง สำหรับค่าความต้านทานในวงจรสนามนั้น ต้องมีค่า คงที่เช่นเดียวกันโดยไม่มีการปรับ จาก n และ n_0 ที่วัดได้นี้สามารถนำมาคำนวณหาค่า การรักษาระดับแรงดันได้ดังนี้

$$\text{การรักษาระดับแรงดัน} = \frac{n_0 - n}{n} \times 100\% \quad (2.32)$$

ประสิทธิภาพ

ให้ η คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ ดังนั้นจะได้สมการ

$$\eta = \frac{\text{Input}}{\text{Output}} \times 100 \quad (2.33)$$

$$\eta = \frac{(\text{Input}) - (\text{Loadloss}) - (\text{Fixloss})}{\text{Input}} \times 100\% \quad (2.34)$$

เนื่องจากมอเตอร์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เป็นอุปกรณ์เครื่องกลไฟฟ้าที่มีรูปร่างลักษณะเหมือนกันทุกประการ การหาค่าการสูญเสียจึงเหมือนกันทุกประการ และ โดยทั่วไปการสูญเสียของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงจะให้ฟลักซ์ที่คงที่ (การเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์จากขั้วแม่เหล็กใหญ่อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของโหลดที่มีค่าต่ำเช่น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน) นั้น สามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ

1. การสูญเสียคงที่ (Fixloss) ซึ่งในทางปฏิบัติถือว่ามีความคงที่ไม่ขึ้นกับขนาดของโหลด
2. การสูญเสียขณะมีโหลด (Loadloss) ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงตามกระแสโหลดยกกำลังสองโดยประมาณ

สำหรับการสูญเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งให้ฟลักซ์ที่เปลี่ยนแปลง (การเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์จากขั้วแม่เหล็กใหญ่ตามการเปลี่ยนแปลงของโหลดมีมาก เช่น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม) นั้นทั้งหมดมีความเปลี่ยนแปลงตามขนาดของโหลดและความเร็วรอบ

กำหนดให้ V คือแรงดันระหว่างขั้วค่าพิกัด

I คือกระแสที่ป้อนจากแหล่งจ่าย

i คือกระแสในขดลวดสนามแบบขนาน

I_a คือกระแสอาร์เมเจอร์ ($I - i$)

r_a คือความต้านทานในวงจรอาร์เมเจอร์ระหว่างขั้วแปร่งถ่าน (รวมทั้งความต้านทานของขดอินเตอร์โพลด้วย) และเป็นค่าความต้านทานที่อุณหภูมิ 75°C

r_f คือความต้านทานในวงจรขดลวดสนามแบบขนานที่อุณหภูมิ 75°C

r_s คือความต้านทานในวงจรขดลวดสนามแบบซีรีส์ที่อุณหภูมิ 75°C

ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ค่ากระแส I ใดๆ ภายใต้แรงดันระหว่างขั้วพิกัด V ที่คงที่สามารถแสดงให้เห็นได้ดังนี้

การสูญเสียในขดลวดตัวนำของขดลวดอนุกรมและขดอาร์เมเจอร์ $= I_a^2 (r_a + r_s)$

การสูญเสียคงที่ (P_k) = (การสูญเสียของขดลวดตัวนำในวงจรขดลวดสนามแบบขนาน + การสูญเสียในแกนเหล็ก + การสูญเสียทางกล)

ทั้งนี้ P_k เป็นค่าการสูญเสียคงที่ที่แรงดันพิกัดและความเร็วรอบพิกัด กรณีมอเตอร์ไฟฟ้าแบบอนุกรม $i=0$ ดังนั้นการสูญเสียของลวดตัวนำในวงจรขดลวดสนามแบบขนานจึงมีค่า = 0

กรณีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิดล่องชั้นก็ได้ว่า

$$\eta = \frac{VI - I_a^2(r_a + r_s) - P_k}{VI} \times 100(\%) \quad (2.35)$$

กรณีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิดช้อตชั้นนั้นจะได้

การสูญเสียจากขดอาร์เมเจอร์ = $I_a^2 r_a$

และการสูญเสียจากขดลวดอนุกรม = $I_a^2 r_s$

ดังนั้นจะได้

$$\eta = \frac{VI - (I_a^2 r_a + I_a^2 r_s + P_k)}{VI} \times 100(\%) \quad (2.36)$$

ประสิทธิภาพสูงสุด

จาก

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{VI - (I_a^2 r_a + P_k)}{VI} \times 100 \\ &= \left(1 - \frac{I_a^2 r_a + P_k}{VI} \right) \times 100 \end{aligned} \quad (2.37)$$

แต่

$$I = I_a$$

ดังนั้น

$$\eta = \left[1 - \frac{1}{V} \left(I_a r_a + \frac{P_k}{I_a} \right) \right] \times 100 \quad (2.38)$$

นั่นคือประสิทธิภาพมีค่าสูงสุดเมื่อ $\left(I_a r_a + \frac{P_k}{I_a}\right)$ มีค่าต่ำสุด

เพราะว่า

$$\left(I_a r_a\right)\left(\frac{P_k}{I_a}\right) = r_a P_k = \text{ค่าคงที่} \quad (2.39)$$

และ

$$\left(I_a r_a\right)^2 = \left(I_a r_a - \frac{P_k}{I_a}\right)^2 + 2I_a r_a \times \frac{P_k}{I_a} \quad (2.40)$$

$$\left(I_a r_a\right)^2 = \left(I_a r_a - \frac{P_k}{I_a}\right)^2 + \text{ค่าคงที่} \quad (2.41)$$

จากสมการที่ (2.9) และ (2.10) จะได้ว่า $\left[I_a r_a + \left(\frac{P_k}{I_a}\right)\right]^2$ หรือ $I_a r_a + \left(\frac{P_k}{I_a}\right)$ มีค่าต่ำสุด

เมื่อ $\left[I_a r_a - \left(\frac{P_k}{I_a}\right)\right]^2$ มีค่าเท่ากับ 0

นั่นคือ

$$I_a r_a = \frac{P_k}{I_a}$$

ดังนั้น จะได้ประสิทธิภาพสูงสุด

$$P_k = I_a^2 r_a$$

โดยทั่วๆ ไปแล้วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะได้รับการออกแบบให้บริเวณโหลด พิกัดมีประสิทธิภาพสูงสุด ด้วยการพิจารณาค่าการสูญเสียแบบคงที่ และการสูญเสียของ ขดลวดตัวนำในอาร์เมเจอร์ (การสูญเสียขณะโหลด) หลักการพิจารณานี้ไม่เพียงแต่จะใช้กับ กรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น แม้ในกรณีของหม้อแปลง ก็ยังมีหลักการพิจารณาในทำนองเดียวกัน

2.2.5 การเดินเครื่องมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

สตาร์ทเตอร์

การทำให้อัตราการหมุนของมอเตอร์ซึ่งหยุดนิ่งหมุนเคลื่อนที่ด้วยการป้อนแรงดันระหว่างขั้วอินพุตนั้น เรียกว่า การเดินเครื่องหรือสตาร์ท

กำหนดให้

V คือแรงดันแหล่งจ่าย

E_b คือแรงดันไฟฟ้ากลับ

I_a คือกระแสอาร์เมเจอร์

ดังนั้นจะได้กระแสอาร์เมเจอร์ดังสมการ

$$\therefore I_a = \frac{V - E_b}{r_a - r_s} \quad (2.42)$$

โดยที่

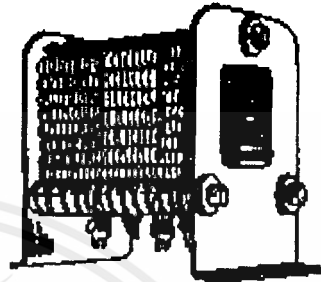
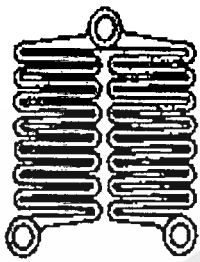
r_a คือความต้านทานในขดอาร์เมเจอร์

r_s คือความต้านทานของขดซีรี (กรณีแบบขนาน $r_s = 0$)

จะเห็นว่าเมื่อรักษาแรงดัน V ให้คงที่ ขณะที่ E_b มากขึ้น I_a มีค่าน้อยลง ดังนั้นที่ V คงที่ที่ค่าแรงดันพิกัดนั้น กรณีที่ความเร็วรอบ n มีค่ามาก E_b ซึ่งแปรผันโดยตรงกับ n จะมีค่ามาก ทำให้ $(V - E_b)$ มีค่าน้อย และแม้ $(r_a + r_s)$ มีค่าน้อยก็ตาม I_a ก็จะมีค่าจำกัดค่าหนึ่ง แต่ในขณะที่เริ่มเดินเครื่องมอเตอร์ให้หมุนนั้น เนื่องจากความเร็วรอบ $n=0$, $E_b=0$ ด้วย และถ้าป้อน V ที่ค่าแรงดันพิกัดโดยทันทีแล้ว I_a จะมีค่าสูงเกินค่าพิกัดมาก (หลายสิบเท่าของค่าพิกัด) ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อขดอาร์เมเจอร์ได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการจำกัด I_a ให้มีค่าต่ำลงในระยะแรกสุดของการเดินเครื่อง จะป้อนแรงดันระหว่างขั้ว V ให้มีค่าต่ำกว่าค่าแรงดันพิกัดมาก หลังจากนั้นจึงค่อยๆ เพิ่มแรงดันให้มีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ความเร็วรอบสูงขึ้นจนถึงค่าแรงดันพิกัด

แต่ในทางปฏิบัติแรงดันระหว่างขั้วจะมีค่าคงที่ที่แรงดันพิกัดตลอด นับตั้งแต่เริ่มทำการเดินเครื่องและในวงจรอาร์เมเจอร์จะมีสตาร์ทติงรีโอสแตต (Starting rheostats) หรือสตาร์ทเตอร์ต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์ ในขณะที่เริ่มเดินเครื่องจะปรับสตาร์ทติงรีโอสแตตเนื่องจากมีกระแสอาร์เมเจอร์ไหลผ่านลวดความต้านทานที่ใช้จึงต้องเป็นเส้นหนาหรือมีลักษณะ

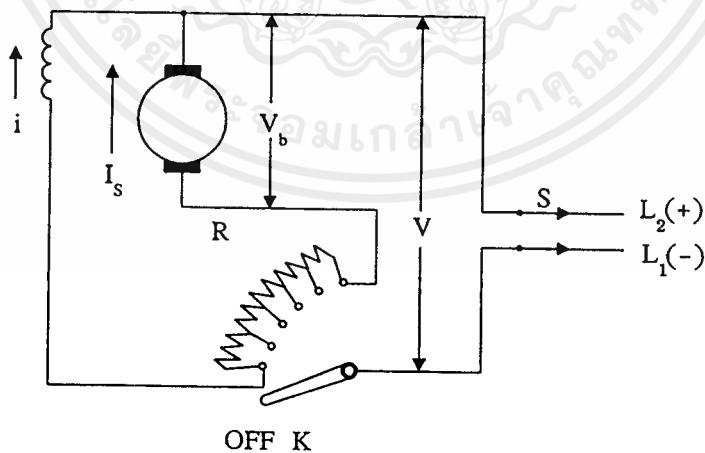
เป็นแถบ ในกรณีที่กระแสไหลผ่านมีค่ามากๆ นั้นจะใช้แผ่นความต้านทานซึ่งได้จากการหล่อ
ลักษณะดังรูปที่ 2.16 (ก) เมื่อมาประกอบกันเข้าก็จะได้ดังรูปที่ 2.16 (ข)



(ก) ลักษณะแผ่นความต้านทานซึ่งได้จากการหล่อ (ข) ลักษณะของสตาร์ตติงรีโอสตัส

รูปที่ 2.16 ลักษณะของสตาร์ตติงรีโอสตัส

จำนวนแท็บ (tap) หรือจุดแยก ในกรณีนี้จะน้อยกว่ากรณีของฟิลดรีโอสตัสมาก ใน
วงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชั้นจะต่อสตาร์ตติงรีโอสตัสไว้ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การต่อสตาร์ตติงรีโอสตัสในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชั้น

เมื่อมอเตอร์หยุดหมุนคันโยก K จะอยู่ที่ตำแหน่ง OFF เมื่อเริ่มเดินเครื่องคันโยก K จะเลื่อนมาอยู่ที่แท็บ 1 อาร์เมเจอร์จะครบวงจรและมอเตอร์จะหมุน ในขณะนี้เนื่องจากความต้านทานในวงจรอาร์เมเจอร์มีค่ามากที่สุด ดังนั้นกระแส I_s ในวงจรอาร์เมเจอร์จะต้องมีค่าจำกัดค่าหนึ่ง และเนื่องจากแรงดันที่ป้อนให้กับวงจรสนามมีค่าเท่ากับแรงดันพิกัด สนามจึงมีความแรงมาก ทำให้ทอร์คช่วงนี้มีค่าสูงด้วย

กำหนดให้ R คือความต้านทานทั้งหมดของสตาร์ตดิริโอสตัต

I_s คือกระแสในขณะที่เริ่มเดินเครื่อง

$$\therefore I_s = \frac{V}{(r_s + r_a) + R} \quad (2.43)$$

ในสมการนี้จะได้ว่า I_s มีค่าขึ้นกับขนาดของ R เท่านั้น ถ้าให้ I เป็นกระแสที่โหลดพิกัด R จะมีขนาดต่างๆ เพื่อให้ได้ค่า I_s ตามลักษณะการใช้งานดังนี้

ในกรณีที่ทำการหยุดและเดินเครื่องไม่บ่อยครั้งดังนั้น $I_s = (2 \text{ ถึง } 2.5) I$

ในกรณีที่ทำการหยุดและเดินเครื่องบ่อยครั้งดังนั้น $I_s = (1.2 \text{ ถึง } 1.3) I$

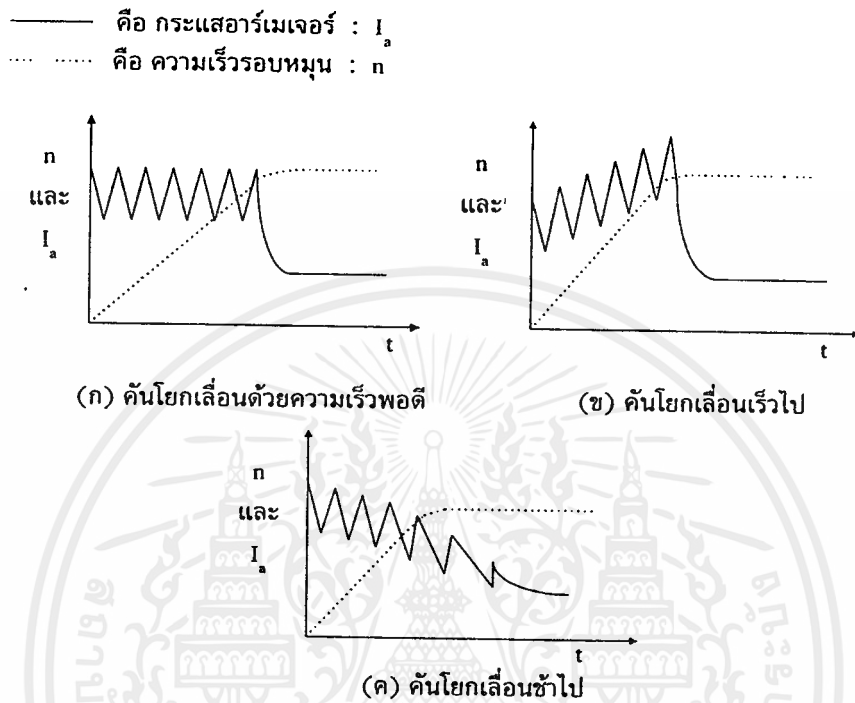
ในกรณีเฉลี่ยโดยทั่วไป $I_s = 1.5 I$

การเปลี่ยนแปลงกระแสเริ่มต้น

สตาร์ตดิริโอสตัตจะใช้เวลาเดินเครื่องเท่านั้น เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนความเร็วรอบจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้แรงดันไฟฟ้ากลับ E_b มีค่าสูงขึ้นตาม และในขณะเดียวกันสตาร์ตดิริโอสตัตจะได้รับการปรับให้มีค่าน้อยลงเรื่อยๆ จนมีค่าเป็น 0 เส้นกราฟซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสความเร็วรอบ จากการใช้สตาร์ตดิริโอสตัตในการเดินเครื่องมอเตอร์แบบชนิดที่โหลดทอร์คค่าหนึ่ง มีลักษณะดังรูปที่ 2.18 (ก), (ข) และ (ค)

เมื่อเริ่มเดินเครื่องกระแสอาร์เมเจอร์ I_s จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างทันทีทันใด ทำให้ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ E_b จะมีค่ามากขึ้น กระแสจึงมีค่าลดลงเรื่อยๆ และเมื่อลดลงจนถึงประมาณค่าพิกัด คันโยกจะถูกเลื่อนจากแท็บ (1) ไปยังแท็บ (2) ในขณะนี้ค่าความต้านทานจะลดลงไปบางส่วน ทำให้กระแสเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใด ทอร์คที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ความเร็วรอบ n เพิ่มขึ้นและแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ E_b มีค่ามากขึ้น ดังนั้นกระแสจะมีค่าลดลงอีกเรื่อยๆ เช่นกัน เมื่อลดจนถึงประมาณค่าพิกัด คันโยกจะถูกเลื่อนจากแท็บ (2) ไปยังแท็บ (3) จากนั้นการเปลี่ยนแปลงของกระแสสามารถ

อธิบายได้ในทำนองเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว เมื่อเลื่อนคันโยกจนถึงตำแหน่งสุดท้ายการเดินเครื่องจึงสิ้นสุดลง



รูปที่ 2.18 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกระแสอาร์เมเจอร์และความเร็วรอบขณะเดินเครื่อง

ในรูปที่ 2.18 เส้นประแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอบ ขณะที่เส้นเต็มแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแส รูปที่ 2.18 (ก) แสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสและจำนวนรอบในลักษณะอุดมคติ กล่าวคือ การปรับเลื่อนคันโยกจะกระทำทุกครั้งที่กระแสอาร์เมเจอร์มีค่าลดลงจนถึงประมาณค่าพิกัดพอดี รูปที่ 2.18 (ข) เป็นกรณีที่มีการปรับเลื่อนคันโยกจะกระทำเร็วกว่ากรณีรูปที่ 2.18 (ก) ในขณะที่รูปที่ 2.18 (ค) เป็นกรณีที่มีการปรับเลื่อนกระทำช้าไป ทั้งสองกรณีหลังนี้ เป็นกรณีที่ไม่ถูกต้องในกรณีทำการปรับเลื่อนอย่างรวดเร็วแล้ว จะทำให้กระแสในระหว่างการเดินเครื่อง มีค่าสูงมากอาจเกิดอันตรายขึ้นได้ ในกรณีที่จำนวนแท่งปียังมีน้อยเท่าไร ผลต่างระหว่างกระแสต่ำสุดและสูงสุดจะยังมีค่ามากขึ้นเท่านั้น ปกติการเดินเครื่องมอเตอร์จะใช้เวลาประมาณ 15 ถึง 30 วินาที ในกรณีที่มิชขนาดใหญ่มักจะใช้เวลาประมาณ 1 นาที

การควบคุมความเร็วรอบ

ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ดังสมการที่ (2.43)

$$\frac{E}{K\Phi} = \frac{V - I_a r_a}{K\Phi} \quad (2.44)$$

ดังนั้นการปรับความเร็วรอบมอเตอร์จึงสามารถทำได้โดยการปรับ V , $I_a r_a$ หรือ Φ อย่างใดอย่างหนึ่ง การปรับความเร็วรอบจึงสามารถแบ่งคร่าวๆ ออกได้ 3 ชนิดได้แก่

1. การปรับวงจรมอเตอร์ เป็นวิธีการปรับความเร็วรอบโดยการปรับกระแสสนามหรือสนามแม่เหล็ก (Φ)
2. การปรับความต้านทาน เป็นการปรับความเร็วรอบโดยการปรับ ค่าความต้านทานซึ่งต่ออนุกรมอยู่กับอาร์เมเจอร์ เพื่อเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันตกคร่อมความต้านทานนั้น
3. การปรับแรงดัน เป็นวิธีการปรับความเร็วรอบโดยการปรับแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดัน

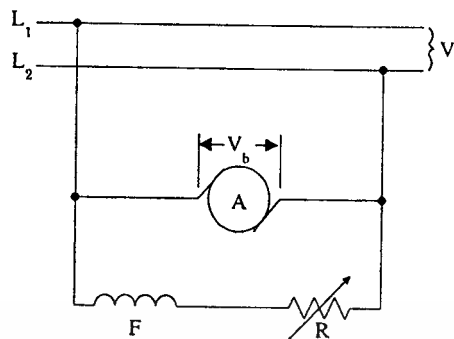
การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแต่ละแบบ สามารถอธิบายได้ในหัวข้อต่อไป

การปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยกและแบบขนาน

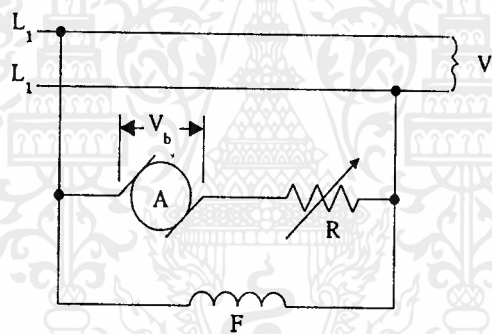
การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยกและแบบขนานสามารถทำได้ 2 วิธีดังนี้

1. การปรับวงจรมอเตอร์ เป็นวิธีการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์โดยการปรับฟิลดรีโอสตัทหรือกระแสกระตุ้นเพื่อให้ Φ เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้แรงดันแหล่งจ่ายซึ่งป้อนที่ขั้วต้องรักษาให้มีค่าคงที่ที่ค่าแรงดันพิกัดเสมอ ฟิลดรีโอสตัทจะต่ออนุกรมกับชุดขดลวดสนาม โครงสร้างของฟิลดรีโอสตัท จะเหมือนกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนานทุกประการ การต่อวงจรมีลักษณะดังรูปที่ 2.19

2. การปรับความต้านทาน เป็นวิธีการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยการปรับ ค่าความต้านทานซึ่งต่ออนุกรมอยู่ในวงจรมอเตอร์ เพื่อให้แรงดันตกคร่อมมีค่ามากหรือน้อยเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดัน V_b ระหว่างแปรงถ่าน กรณีของมอเตอร์แบบขนานสามารถเขียนวงจรได้ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.19 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานด้วยการปรับ
วงจรสนาม



รูปที่ 2.20 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานด้วยการปรับ
ความต้านทาน

จะได้สมการความเร็วรอบ n ดังนี้

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{V_b - I_a r_a}{K\Phi} \\
 &= \frac{(V - I_a R) - I_a r_a}{K\Phi} \\
 &= \frac{V - I_a (R + r_a)}{K\Phi}
 \end{aligned} \tag{2.45}$$

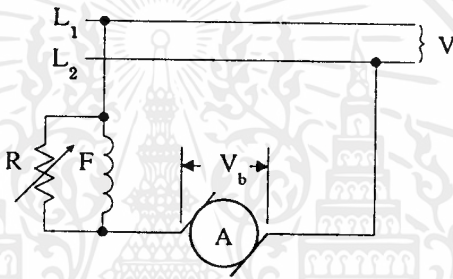
เนื่องจากแรงดันแหล่งจ่ายที่ป้อนให้มอเตอร์ที่มีค่าคงที่ตลอด Φ ในสมการจึงมีค่าคงที่เสมอ ดังนั้น

$$n = V - I_a(R + r_a) \quad (2.46)$$

การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม มีด้วยกัน 3 วิธีดังนี้

1. การปรับวงจรสนาม จะใช้ตัวต้านทานซึ่งปรับเปลี่ยนค่าได้ ต่อक्रमชุดขดลวดสนามไว้เพื่อให้ส่วนหนึ่งของกระแสกระตุ้นไหลผ่านตัวต้านทานดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมด้วยการปรับวงจรสนาม

กระแสกระตุ้นหรือ Φ ที่ได้จึงมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามค่าความต้านทานที่ปรับไว้ ซึ่งจะเท่ากับการปรับค่าความเร็วรอบ

นอกจากจะใช้ความต้านทานช่วยในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบแล้ว ยังใช้วิธีการเพิ่มหรือลดจำนวนรอบของชุดขดลวดสนามด้วย การดึงจุดแท็ปหลายๆ จุดออกจากขดลวดอนุกรมเพื่อที่จะลัดวงจรหรือตัดบางส่วนของขดลวดอนุกรมออกก็สามารถทำให้ Φ เปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน

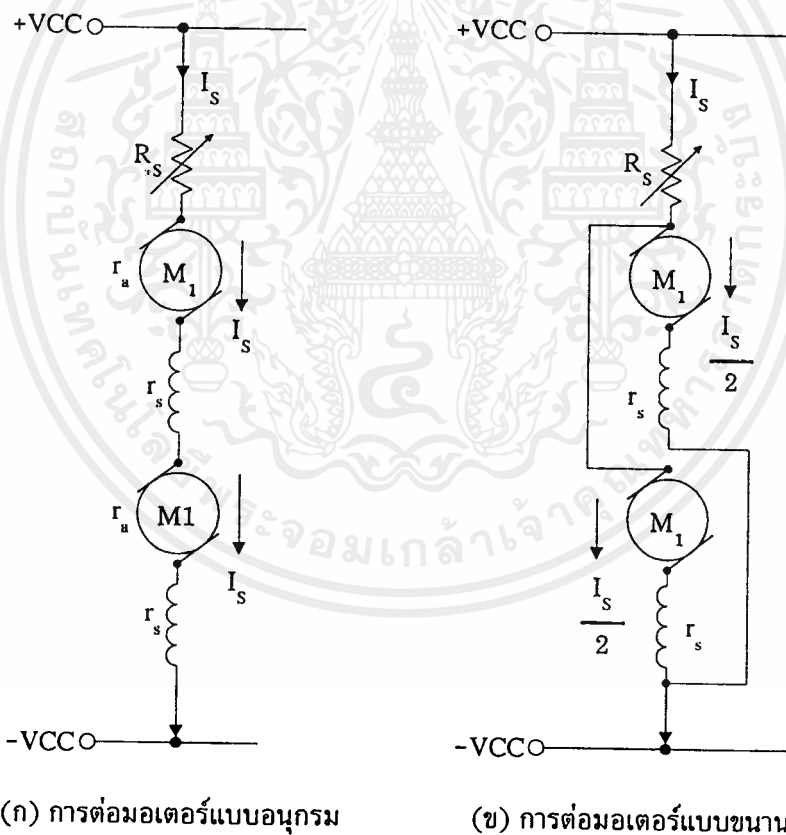
2. การปรับความต้านทาน การปรับด้วยวิธีนี้จะคล้ายกับกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน กล่าวคือ จะใช้ความต้านทาน ซึ่งปรับค่าได้ ต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์และอาศัยชุดควบคุม ในการเปลี่ยนค่าความต้านทานแต่มีข้อแตกต่างกันตรงที่ว่า ในกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมนั้น ขดอนุกรม ขดอาร์เมเจอร์ และตัวต้านทานปรับค่าได้ จะต่ออนุกรมกันหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การควบคุมการต่ออนุกรมหรือขนาน เป็นวิธีการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไป โดยการสับเปลี่ยนให้มอเตอร์เหล่านี้ต่อกันแบบอนุกรมหรือขนาน วิธีการเช่นนี้จะได้กล่าวในอันดับถัดไป

การควบคุมมอเตอร์โดยการต่ออนุกรมหรือขนาน

ในกรณีของรถจักรไฟฟ้านั้น โดยทั่วไปจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมจำนวน 2, 4 หรือ 6 เครื่อง การปรับความเร็วรอบจะใช้วิธีการสับเปลี่ยนมอเตอร์เหล่านี้ต่อกันแบบอนุกรมและขนาน โดยมอเตอร์แต่ละเครื่องจะต้องมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ และเพลาหมุนของมอเตอร์ จะถูกนำมาต่อเข้าด้วยกันเพื่อให้มีจำนวนรอบหมุนเท่ากันหมด ทุกเครื่อง ก่อนอื่นลองมาพิจารณาเทอร์ครีเริ่มแรกขณะเดินเครื่องและจำนวนรอบหมุน



รูปที่ 2.22 การเปรียบเทียบเทอร์ค

จากรูปที่ 2.23 กำหนดให้กระแสที่จ่ายออกสายเมนในขณะที่เดินเครื่องมีขนาดเท่าๆ กันคือ I_s เมื่อเปรียบเทียบทอร์กขณะเดินเครื่องซึ่งได้จากมอเตอร์แต่ละเครื่องจะเห็นว่า ถ้าให้ทอร์กขณะเริ่มเดินเครื่องของมอเตอร์ในรูปที่ 2.23 (ก) เป็น T_1 และกำหนดให้ไม่มีการอิมตัวของแกนเหล็กแล้วจะได้ว่า

$$T_1 = K' I_s^2 \quad (2.47)$$

แต่สำหรับในรูปที่ 2.23 (ข) ซึ่งมอเตอร์ทั้งสองต่อกันแบบขนานนั้น เนื่องจากกระแสที่จ่ายออกจากสายเมนกำหนดให้มีค่าเท่ากับ I_s ด้วย กระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์แต่ละเครื่องมีค่าเท่ากับ $\frac{I_s}{2}$ และทอร์กขณะเริ่มเดินเครื่อง T_2 ของมอเตอร์แต่ละเครื่องจะมีค่าดังนี้

$$T_2 = K' \left(\frac{I_s}{2} \right)^2 \quad (2.48)$$

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = \frac{I_s^2}{(I_s/2)^2} = 4 \text{ เท่า} \quad (2.49)$$

นั่นคือ สำหรับแรงดันจากสายเมนเดียวกันและกระแสเริ่มต้นเดียวกัน เมื่อนำมอเตอร์เหล่านี้มาต่อกันแบบอนุกรมแล้ว จะได้ทอร์กเป็น 4 เท่าของเมื่อต่อกันแบบขนาน R_x ในรูปคือ ความต้านทานของขดอนุกรมซึ่งทำหน้าที่ทั้งเป็นตัวสตาร์ทเตอร์ และตัวปรับเปลี่ยนความเร็วรอบ สำหรับกรณีที่โหลดทอร์กของมอเตอร์แต่ละเครื่องมีค่าเท่ากันนั้น ลองมาพิจารณาความเร็วรอบของมอเตอร์ทั้งกรณีแบบ (ก) และ (ข) ในรูปที่ 2.24

จากรูปที่ 2.24 เนื่องจากกระแสอาร์เมเจอร์ทั้งในกรณี (ก) และ (ข) มีค่าเท่ากันหมดตามที่ได้กำหนดไว้ และถ้าแรงดันของสายเมนมีค่าคงที่แล้ว จะเห็นว่ากำลังอินพุตของกรณี (ข) จะเป็น 2 เท่าของกรณี (ก) สำหรับกรณี (ก) นั้น จะเห็นว่า แรงดันตกคร่อมมอเตอร์แต่ละเครื่องมีค่าเท่ากับ $\frac{V}{2}$ ในขณะที่แรงดันตกคร่อมในกรณี (ข) เท่ากับ V และเนื่องจากกระแสอาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากันหมด ทั้งในรูป (ก) และ (ข) จึงถือว่า Φ มีค่าคงที่ได้ กำหนดให้ ความเร็วรอบของมอเตอร์ซึ่งต่อแบบรูป (ก) เป็น n_1 และต่อแบบ (ข) เป็น n_2 แล้วจะได้ว่า

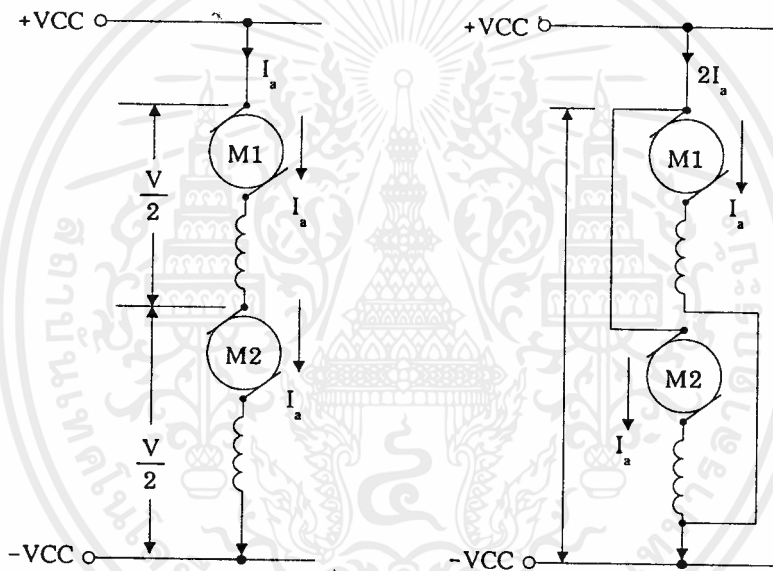
$$n_1 = \frac{(V/2) - I_a(r_a + r_s)}{K\Phi} = \frac{V - 2I_a(r_a + r_s)}{2K\Phi} \quad (2.50)$$

$$n_2 = \frac{V - 2I_a(r_a + r_s)}{K\Phi} \quad (2.51)$$

$$\therefore \frac{n_1}{n_2} = \frac{V - 2I_a(r_a + r_s)}{2\{V - I_a(r_a + r_s)\}} \quad (2.51)$$

$$= \frac{1}{2}$$

$$n_2 = 2n_1 \text{ (โดยประมาณ)}$$



(ก) การต่อมอเตอร์แบบอนุกรม (ข) การต่อมอเตอร์แบบขนาน

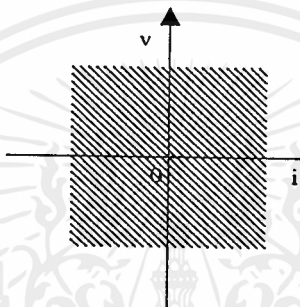
รูปที่ 2.23 การเปรียบเทียบความเร็วรอบ

นั่นคือ ถ้าโหลดทอร์คมีค่าคงที่ การต่อแบบขนานจะให้ความเร็วรอบเป็น 2 เท่าของการต่อแบบอนุกรม ถ้าให้กระแสจากสายเมนในรูปที่ 2.24 (ข) มีค่าเท่ากับกระแส I_a ในรูป 2.24 (ก) และเมื่อไม่คำนึงถึงการอิ่มตัวแล้ว Φ ในกรณี 2.24 (ข) จะเป็น 2 เท่าของ Φ ในกรณี 2.24 (ก) ดังนั้นความเร็วรอบในกรณี 2.24 (ข) จะเพิ่มเป็น 2 เท่าตัวของกรณีก่อน นั่นคือความเร็วรอบในกรณี 2.24 (ข) จะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่าตัวของกรณี 2.24 (ก)

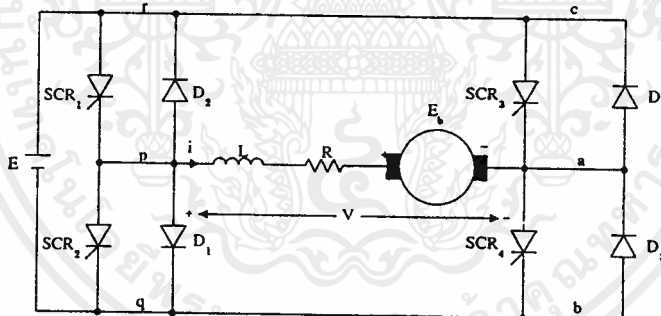
2.3 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้วงจรดิจิทัล

2.3.1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้วงจรสับไฟฟ้าแบบสี่ควอดเรนต์

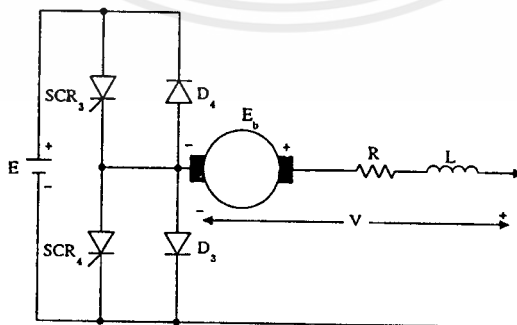
จากรูปที่ 2.24 (ข) เป็นวงจรสับไฟฟ้าที่ทำให้แรงดันภาระ (V) และกระแสภาระ (i) ทั้งคู่มีค่าเป็นบวกหรือเป็นลบแยกกันหรือพร้อมกัน ดังแสดงด้วยรูปที่ 2.27 (ก) โดยวงจรแบบนี้สามารถจัดส่งพลังงานที่เกิดขึ้นใหม่ และเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปสู่วงจรภาระ ซึ่งเราให้ชื่อว่า วงจรสับไฟฟ้าสี่ควอดเรนต์ (Fourquadrant chopper)



(ก) ลักษณะการทำงานของวงจรสับไฟฟ้าสี่ควอดเรนต์



(ข) วงจรสับไฟฟ้าสี่ควอดเรนต์



(ค) วงจรนี้ทำงานที่ควอดเรนต์ที่สามและที่สี่

รูปที่ 2.24 ลักษณะของวงจรสับไฟฟ้าแบบสี่ควอดเรนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า SCR_4 เปิดกระแสต่อเนื่องตลอดเวลา ดังนั้น SCR_4 และ D_3 ที่ต่อขนานแต่กลับขั้วกัน นั้นจะลัดวงจรระหว่างจุด a และ b ของรูปที่ 2.24 (ข) ซึ่งเราจะเห็นว่า SCR_3 จะเปิดกระแสไม่ได้ มิฉะนั้นจะเกิดการลัดวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า E เพราะฉะนั้น SCR_3 และ D_4 ที่ต่อขนานแต่กลับขั้วกันจะต้องไม่เปิดกระแสซึ่งจะทำให้จุด a กับจุด c ขาดออกจากกัน เป็นผลให้เราได้ วงจรก่อรูปเป็นวงจรสับไฟฟ้าแบบ ข. ที่ทำงานอยู่ในควอเตอร์เรนค์ที่หนึ่ง และที่สองโดยมีแรงดันเอาต์พุตเฉลี่ย V_{AVG} มีค่าบวก

ถ้า SCR_2 เปิดกระแสต่อเนื่องตลอดเวลา ดังนั้น SCR_2 และ D_1 จะทำหน้าที่ลัดวงจรให้จุด p และจุด q ของรูปที่ 2.27 (ข) ต่อดิกัน ดังนั้นเราต้องไม่จุดชนวน SCR_2 ให้เปิดกระแสซึ่งจะทำให้จุด p และ r ขาดออกจากกัน เป็นผลให้เราได้วงจรใหม่ดังแสดงในรูป 2.27 (ค) ซึ่งจะทำให้กลายเป็นวงจรสับไฟฟ้าแบบ ข. ที่ทำงานอยู่ในควอเตอร์เรนค์ที่สาม และที่สี่โดยมีเอาต์พุตเฉลี่ย V_{AVG} มีค่าลบ

เราอาจนำวิธีการปิดกระแส สำหรับวงจรสับไฟฟ้าแบบ ก. และแบบ ข. มาใช้ในวงจรสับไฟฟ้าแบบสี่ควอเตอร์เรนค์ได้ นอกจากนี้การคำนวณหาขนาดอัตราปกติและวิธีการออกแบบก็สามารถทำได้คล้ายกัน

2.4 ระบบการควบคุมระยะไกล

ความสามารถในการควบคุมเครื่องมือเครื่องใช้ ให้สามารถ ทำงานได้โดยไม่ต้องใช้สายไฟเชื่อมโยง แต่ผ่านตัวเชื่อมโยงที่เป็นแสงไฟ, เสียง, คลื่นวิทยุ, แสงอินฟราเรดหรือคลื่นอัลตราโซนิก เราเรียกการควบคุมแบบนี้ว่าระบบการควบคุมไร้สาย หรือ ระบบควบคุมระยะไกล (Remote control) ซึ่งในปัจจุบันระบบการควบคุมไร้สายได้เข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของคนเราเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะเครื่องมือเครื่องใช้ประจำวัน เช่น ระบบควบคุมระยะไกลสำหรับเครื่องปรับอากาศ ที่สามารถปรับความแรงของพัดลม และปรับระดับอุณหภูมิได้ตามต้องการ ระบบควบคุมระยะไกลสำหรับเครื่องรับโทรทัศน์สำหรับเปลี่ยนช่องเครื่องรับ ปรับความดังเบาของเสียง ปรับความเข้มของแสงและสี หรือระบบควบคุมระยะไกล เพื่อเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ สำหรับปรับยกกระดานของเตียง ดังใน โครงการนี้เป็นต้น

ในปัจจุบันจะเห็นว่ามีการขยายตัวของระบบโครงข่ายไฟฟ้าที่ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น อุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่ โทรทัศน์ เครื่องเสียง วีดีโอเทป เครื่องปรับอากาศ เครื่องฟอกอากาศ เป็นต้น ดังได้กล่าวมาแล้วในเครื่องควบคุมระยะไกลช่วยให้การปิดเปิดทำได้สะดวก และเป็นไปตามความต้องการ แนวโน้มของการใช้เครื่องควบคุมระยะไกลจะยิ่งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบการควบคุมระยะไกล

ระบบควบคุมระยะไกล เป็นระบบควบคุมระยะไกลที่ติดต่อกันระหว่างภาคส่งและภาครับโดยผ่านตัวกลางแบบต่างๆ เช่น คลื่นแสง คลื่นวิทยุ เป็นต้น เราสามารถแบ่งระบบควบคุมตามลักษณะของการส่งผ่านสัญญาณ หรือตัวกลางในการเชื่อมโยงสัญญาณเป็น 2 ประเภทตามลักษณะของการส่งผ่านสัญญาณหรือตัวกลางในการเชื่อมโยงสัญญาณ ได้แก่ ระบบใช้สาย และระบบไร้สาย ซึ่งสามารถเปรียบเทียบกันได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบระบบควบคุมระยะไกลแบบควบคุมด้วยแสงกับใช้คลื่นวิทยุ

ข้อเปรียบเทียบ	ควบคุมด้วยแสง	ควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ
1) ส่วนของวงจร	วงจรไม่ซับซ้อนออกแบบง่าย	วงจรค่อนข้างซับซ้อน การออกแบบวงจรค่อนข้างพิถีพิถัน
2) รัศมีทำการควบคุม	ไกล แต่เหมาะสมกับห้องที่มีฝาผนัง เพราะมีการสะท้อนได้ดี	ไกลตามกำลังส่ง มีอำนาจทะลุทะลวงสิ่งกีดขวาง เหมาะกับการใช้งานกลางแจ้ง
3) ปัญหาสัญญาณรบกวน	ไม่มี หรือมีน้อยมาก	อาจสร้างสัญญาณรบกวนให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นได้ง่าย และถูกรบกวนได้ง่ายเช่นกัน
4) ปัญหาด้านกฎหมาย	ไม่มีกฎหมายควบคุม	ต้องขออนุญาตจากทางการเพื่อขอใช้คลื่นวิทยุ

1. ระบบใช้สาย เป็นระบบควบคุมที่ต้องมีอุปกรณ์นำสัญญาณจากตัวส่ง (สถานีส่ง) ไปยังตัวรับ (สถานีรับ) อุปกรณ์การนำสัญญาณนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสัญญาณพาหะ ซึ่งอาจได้แก่ สัญญาณไฟฟ้าและสัญญาณแสง เป็นต้น ในกรณีของสัญญาณควบคุมที่เป็นสัญญาณไฟฟ้า อุปกรณ์นำสัญญาณอาจได้แก่ สายไฟ, สายโทรศัพท์, สายโคแอกเชียล ฯลฯ

2. ระบบไร้สาย เป็นระบบควบคุมที่ไม่ต้องมีอุปกรณ์ใดเป็นตัวนำสัญญาณ โดยใช้สัญญาณควบคุมจะเดินทางผ่านไปสู่อากาศ ชนิดของสัญญาณควบคุมที่เดินทางไปสู่อากาศได้อาจอยู่ในรูปของสัญญาณเสียง สัญญาณแสง และคลื่นวิทยุ สำหรับกรณีของการควบคุมด้วยการใช้คลื่นวิทยุ นั้น นิยมใช้กับเครื่องเล่นประเภทวิทยุบังคับ เช่น เครื่องบินเล็ก เป็นต้น ลักษณะของตัวกลางในระบบควบคุมระยะไกลอาจแบ่งออกได้เป็น 3 แบบคือ

1. การส่งผ่านข้อมูลแบบใช้สาย เป็นการนำสัญญาณส่งผ่านข้อมูลต่างๆ เพื่อควบคุมทางด้านปลายทาง สัญญาณที่ส่งไปควบคุมเป็นสัญญาณกระแสหรือแรงดันก็ได้

การควบคุมแบบนี้มีเสถียรภาพดี แต่มีข้อเสีย คือ ถ้าเป็นการส่งระยะไกลสัญญาณอาจเกิดการลดทอนในสายและเสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง

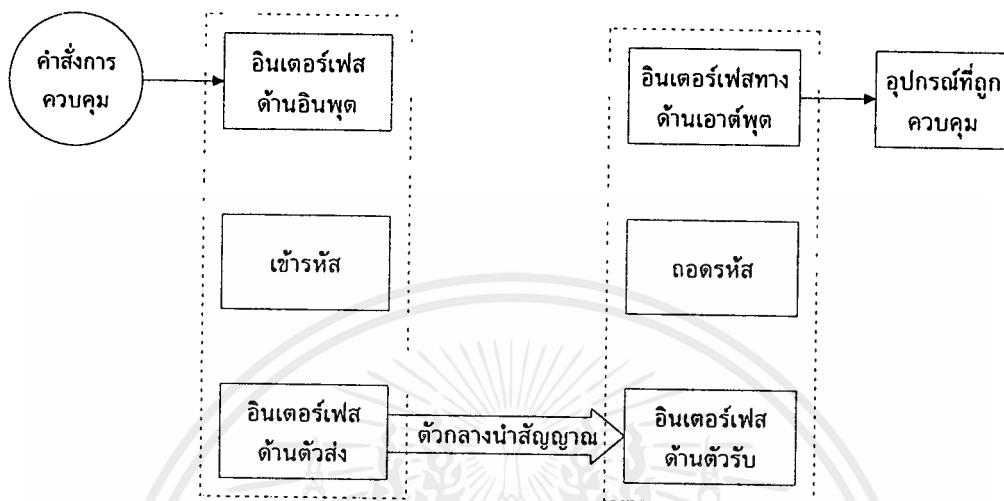
2. การส่งผ่านข้อมูลแบบใช้แสง การส่งแบบนี้อาศัยแสงเป็นตัวกลาง ซึ่งส่วนมากจะเป็นอินฟราเรดเพราะไม่ยุ่งยากซับซ้อนในการผลิตแสง และไม่เกิดอันตรายแก่ผู้ใช้ด้วย บางครั้งอาจใช้แสงแบบเลเซอร์ (Laser) ก็ได้ แต่อาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้ได้ ดังนั้นจึงไม่นิยมกัน ข้อเสียของการส่งใช้แสงนี้คือ ส่งได้ระยะทางไม่ไกลนัก และมีทิศทางมุมรับส่งที่จำกัด

3. การส่งผ่านข้อมูลโดยใช้คลื่นวิทยุ นิยมใช้กันในระยะทางการส่งข้อมูลระยะทางที่ไกลๆ การควบคุมทำได้เที่ยงตรง มีประสิทธิภาพสูง แต่ยุ่งยากในการทำและมีราคาแพงด้วย

2.4.1 หลักการของระบบการควบคุมระยะไกลแบบไร้สาย

โครงสร้างและหลักการของระบบควบคุมระยะไกลโดยทั่วไป จะมีลักษณะการควบคุมแบบทางเดียว เริ่มจากตัวกำหนดคำสั่งที่ใช้สำหรับการควบคุมว่ามีคำสั่งอะไรบ้างชุดคำสั่งทั้งหมดมีกี่คำสั่ง เป็นต้น เมื่อมีการกำหนดรูปแบบของคำสั่งแล้ว จะถูกส่งไปยังภาครับสัญญาณที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ หรือรวมสัญญาณควบคุมให้มีรูปแบบที่เหมาะสมกับวงจร โดยอาจทำการเข้ารหัสสัญญาณให้แต่ละคำสั่งมีรหัสเฉพาะของตัวเอง ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าก่อนที่จะถูกส่งออกไปยังภาครับ โดยตัวอินเตอร์เฟสค่านส่ง เพื่อทำหน้าที่ส่งสัญญาณที่ภาครับเข้าใจได้ นั่นคือต้องเป็นระบบเดียวกัน สัญญาณที่ถูกส่งออกมาอาจอยู่ในรูปสัญญาณ

ไฟฟ้า สัญญาณแสง หรือสัญญาณเสียงความถี่สูง สัญญาณนี้สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นสายนำสัญญาณ หรือผ่านตัวกลางอากาศขึ้นอยู่กับระบบที่ถูกออกแบบ

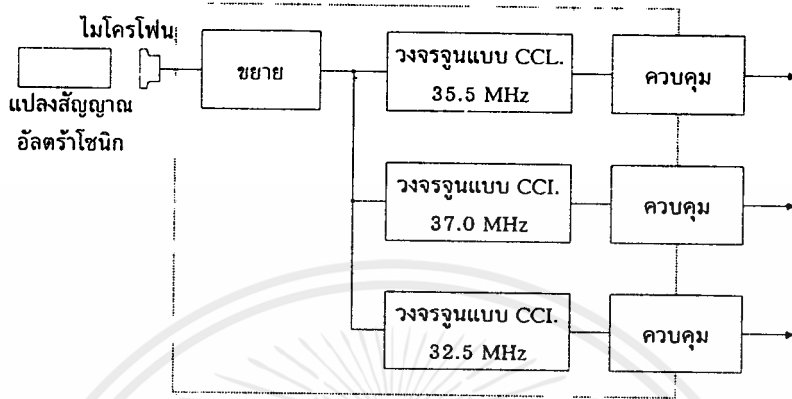


รูปที่ 2.25 โครงสร้างของระบบควบคุมระยะไกล

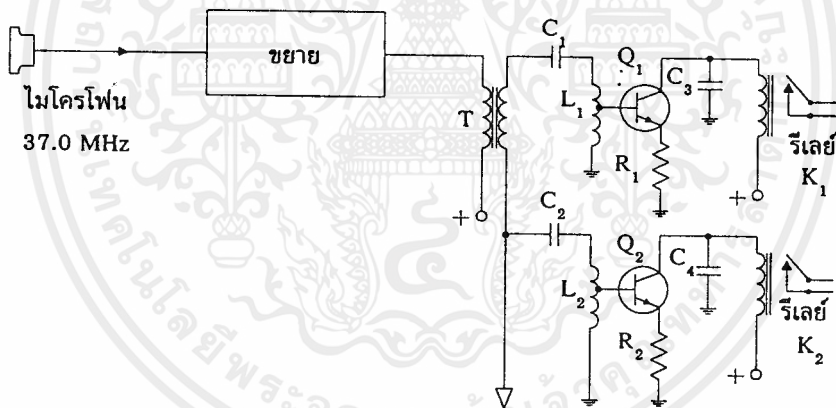
หากใช้สายสัญญาณเป็นตัวนำสัญญาณจะเรียกว่า “ระบบใช้สาย” ซึ่งถ้าใช้สัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณควบคุมที่มีการจัดรูปแบบ หรือเข้ารหัสแล้วก็ใช้สายนำสัญญาณเป็นตัวนำสัญญาณ แต่ถ้าใช้สัญญาณแสงเป็นสัญญาณควบคุม ตัวนำสัญญาณก็จะเป็นเส้นใยแก้วนำแสง หรือไฟเบอร์ออปติก ในขณะที่สัญญาณควบคุมส่งไปในอากาศ เพื่อเดินทางไปยังเครื่องรับ สัญญาณที่เข้ามายังเครื่องรับหรือภาครับจะถูกตัวอินเตอร์เฟสทำหน้าที่แปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าที่เข้ากับระบบของตัวรับ หรือภาครับก่อนถูกถอดรหัสเพื่อทราบจุดประสงค์ของคำสั่ง จากนั้นส่วนของวงจรอินเตอร์เฟสด้านเอาต์พุตจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตามลักษณะคำสั่งที่ได้รับ

เครื่องควบคุมระยะไกลแบบไร้สายที่เห็นมีใช้อยู่ได้แก่ Ultrasonic Remote Control, Infrared Remote Control, UHF Remote Control และ VHF Remote Control แบบ Ultrasonic จะใช้การส่งเสียง Ultrasonic จากเครื่องส่งผ่านไมโครโฟนไปยังเครื่องรับซึ่งจะทำการขยายสัญญาณรับ แล้วส่งผ่านไปยังวงจรจนเพื่อแยกเอาความถี่ที่ต้องการจะใช้งานเป็นความถี่ๆ ไปความถี่ที่ถูกแยกออกมา โดยวงจรจะถูกป้อนให้กับวงจรควบคุมทางด้านเอาต์พุต ซึ่งจะใช้เพื่อควบคุมแต่ละหน้าที่อีกทีหนึ่งใน แผนผังโครงสร้างของระบบควบคุมระยะไกล

ในรูปที่ 2.26 แสดงให้เห็นหลักการเบื้องต้นของการทำ Ultrasonic Remote Control ในรูปที่ 2.27 แสดงการกรองเอาความถี่เอาเฉพาะความถี่ที่ต้องการออกมาใช้



รูปที่ 2.26 แผนผังการใช้ Ultrasonic Remote Control



รูปที่ 2.27 วงจรจูน

การควบคุมระยะไกลโดยการใช้แสงอินฟราเรด

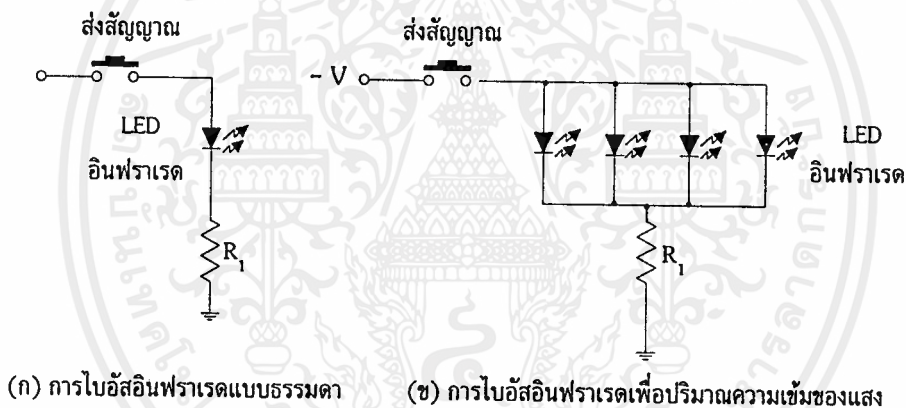
อินฟราเรด เป็นอนุภาคโฟตอน (Photon) ที่มีการเคลื่อนที่เป็นแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave) ด้วยความเร็ว 3×10^{10} เซ็นติเมตรต่อวินาที มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.8-1.0 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่ตามนุษย์ไม่สามารถรับรู้ได้

การใช้แสงอินฟราเรดเป็นสัญญาณควบคุมของระบบควบคุมระยะไกล สามารถตัดปัญหาการรบกวนของแสงภายนอกอื่นๆ (ที่มองเห็น) ลงไปได้โดยเด็ดขาด ยิ่งไปกว่านั้นวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งานของระบบอินฟราเรด ยังเป็นวงจรที่ง่ายและไม่ซับซ้อน แถมยังมีความเชื่อถือได้สูงในการใช้งานอีกด้วย

แหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรดเพื่อใช้ในการควบคุมระยะไกล คือ ไดโอดอินฟราเรด (IRED : Infrared Emitting Diode) การส่งสัญญาณแสงย่านอินฟราเรดสามารถกระทำได้ด้วยวงจรง่ายๆ ดังรูปที่ 2.28 ซึ่งประกอบด้วยไดโอดเปล่งแสงในย่านอินฟราเรด (เช่น TIL 38) ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ โดยมีตัวต้านทาน R_1 ทำหน้าที่จำกัดกระแส ตัวอย่างเช่น สำหรับแอลอีดีที่กินกระแสได้สูงสุดประมาณ 150 มิลลิแอมป์แอมป์ หากให้แหล่งจ่ายไฟขนาด 5 โวลต์ R_1 จะมีค่าประมาณ 22 โอห์ม แต่ในทางปฏิบัติเราไม่ควรออกแบบให้ แอลอีดีกินกระแสสูงสุด R_1 ที่ใช้จึงมีค่ามากกว่านี้ (เช่น 100 โอห์ม)



รูปที่ 2.28 วงจรสร้างสัญญาณอินฟราเรดอย่างง่าย

สัญญาณแสงที่ส่งออกโดยไดโอดเปล่งแสงเพียงตัวเดียว จะเหมาะกับการใช้งานในระยะเพียงไม่กี่เมตรเท่านั้น การเพิ่มกำลังส่งของแสงอินฟราเรดให้ไปได้ไกลขึ้น ทำได้โดยใช้ไดโอดเปล่งแสงหลายตัวต่อขนานกันดังรูปที่ 2.28 (ข) โดยที่ R_1 จะต้องมีค่าลดลงจากเดิม เพราะจะต้องขับกระแสมากขึ้น

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้าง และ การทำงาน

3.1 กล่าวนำ

สำหรับการออกแบบ การสร้าง และการทำงานของเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ นั้น จะประกอบด้วย การออกแบบสองส่วนใหญ่ ๆ ที่สำคัญ คือ การออกแบบทางด้านกลไก และ การออกแบบวงจรควบคุม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2 การออกแบบทางด้านกลไก

3.2.1 การออกแบบโครงสร้างเตียง

ในการออกแบบโครงสร้างเตียงสำหรับโครงการนี้ จะใช้เตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาที่ใช้ในโรงพยาบาลทั่วไป นำมาปรับปรุงใหม่ โดยเตียงผู้ป่วยที่ใช้ในโรงพยาบาลทั่วไปนั้น จะมีขนาดกว้าง 90 เซนติเมตร ยาว 180 เซนติเมตร และสูง 60 เซนติเมตร และระบบการปรับระดับ ขึ้น-ลง ของเตียงนั้นจะใช้ระบบการหมุนด้วยมือ ซึ่งมีคันทันหมุนอยู่ตรงส่วนท้ายของเตียงดังในรูปที่ 3.1

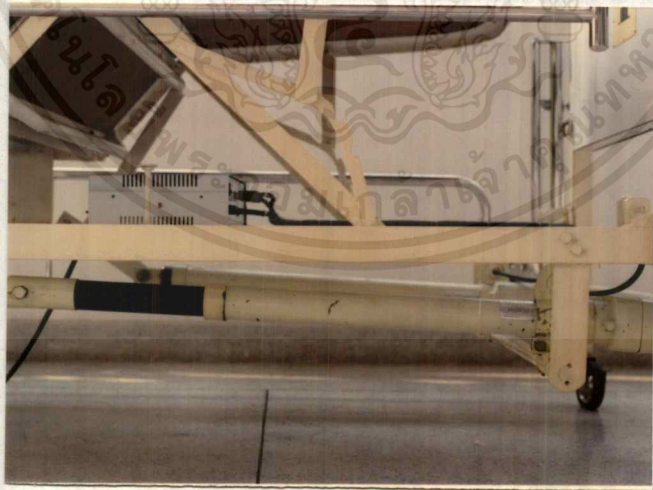


รูปที่ 3.1 เตียงผู้ป่วยที่ใช้ในโรงพยาบาลทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตียงผู้ป่วยแบบนี้จะยกระดับได้สองตอนคือ ส่วนบนของเตียง และส่วนล่างของเตียง แต่สำหรับส่วนกลางจะยึดติดอยู่กับที่ ดังนั้นคันหมุนที่โซ่เพื่อปรับระดับของเตียงจึงมี สองอัน เพื่อหมุนปรับระดับแต่ละส่วนแยกกัน ระบบการยกเตียงแบบหมุนนี้จะประกอบด้วยแกนหลัก ซึ่งเป็นเกลียวสองแกน ไปเชื่อมต่ออยู่กับส่วนของเตียงที่จะทำการยกแยกส่วนกัน คือส่วนบน จะต่ออยู่กับแกนเกลียวอันหนึ่ง และส่วนล่างก็เชื่อมต่ออยู่กับแกนเกลียวอีกอันหนึ่ง ดังนั้นเมื่อต้องการยกระดับของเตียงส่วนใด ก็ทำการหมุนคันหมุนอันที่ต่ออยู่กับส่วนนั้นไปทางขวา เตียงก็จะเปลี่ยนระดับขึ้นไปตามต้องการ ในทางกลับกันเมื่อต้องการเลื่อนระดับของเตียงลงมาก็หมุนคันหมุนไปทางซ้าย เตียงก็จะเปลี่ยนระดับลงไปตามที่เราต้องการ ดังนั้น เตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาจึงสามารถควบคุมระดับได้ โดยการหมุนคันหมุนด้วยหลักการดังที่กล่าวข้างต้น

ส่วนเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติที่สร้างขึ้นนี้ จะใช้มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนเพื่อยก ระดับเตียง เพราะฉะนั้นจึงได้มีการนำอุปกรณ์เดิมบางส่วนออกไป และได้ออกแบบ โครงสร้างเตียงบางส่วนเพิ่มเติมเข้ามา เพื่อรองรับอุปกรณ์ต่างๆที่จะนำมาประกอบเป็นเตียง ผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ ซึ่ง โครงสร้างที่เพิ่มเติมเข้ามานั้นจะได้แก่ แกนหลักสำหรับยึดมอเตอร์สอง ตัวที่โซ่ขับให้เตียงเปลี่ยนระดับได้ และแกนหลักซึ่งต่ออยู่ระหว่างมอเตอร์ กับส่วนบนของ เตียงที่จะยกระดับขึ้นลงดังในรูปที่ 3.2



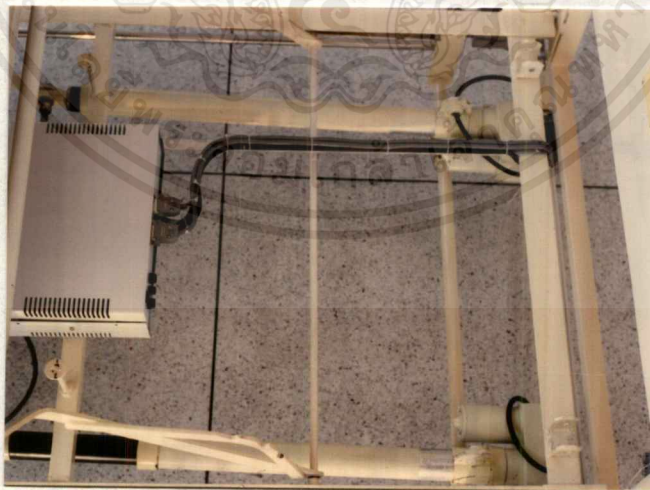
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ของเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ

3.2.2 การออกแบบตำแหน่งการวางมอเตอร์

สำหรับการออกแบบการวางมอเตอร์นั้น มอเตอร์ที่ใช้ในการทำโครงงานนี้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแอกทูเอเตอร์มอเตอร์ สำหรับใช้งานหนัก (Heavy duty) ซึ่งโดยทั่วไปจะนำไปใช้กับงานควมเทียบ แต่ได้นำมาประยุกต์ใช้กับเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ มอเตอร์ชนิดนี้จะนำมาใช้สองตัวซึ่งมีขนาดและรายละเอียดดังต่อไปนี้

- เส้นรอบวงส่วนที่อยู่กับที่ ตัวแรก 16 เซ็นติเมตร ตัวที่สอง 16 เซ็นติเมตร
- เส้นรอบวงส่วนที่เคลื่อนที่ ตัวแรก 14.5 เซ็นติเมตร ตัวที่สอง 14.5 เซ็นติเมตร
- ความยาวขณะหด ตัวแรก 116 เซ็นติเมตร ตัวที่สอง 97 เซ็นติเมตร
- ความยาวขณะยืด ตัวแรก 91 เซ็นติเมตร ตัวที่สอง 80 เซ็นติเมตร
- น้ำหนัก ตัวแรก 5.8 กิโลกรัม ตัวที่สอง 5.2 กิโลกรัม
- ทั้งสองตัวใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์

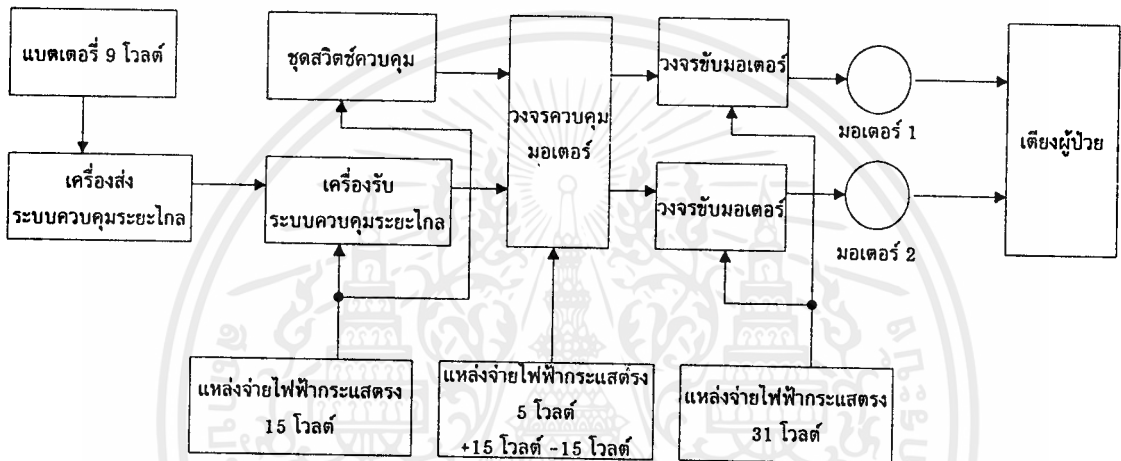
สำหรับมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้จะนำมาติดตั้งไว้บนแกนเหล็กที่ออกแบบขึ้นมาใหม่ โดยแกนเหล็กนี้จะนำมาติดตั้งไว้ตรงส่วนท้ายของเตียงด้านล่าง ซึ่งแกนเหล็กนี้จะเป็นอุปกรณ์รองรับมอเตอร์ โดยมีปลอกสำหรับยึดติดกับมอเตอร์ ปลอกนี้จะสามารถเลื่อนตำแหน่งได้ตามแกนเหล็ก เพื่อให้สามารถเลื่อนตำแหน่งของมอเตอร์ไปมาได้ แกนเหล็กมี รูปร่างลักษณะดังในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการวางมอเตอร์

3.3 การออกแบบวงจรควบคุม

เตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัตินี้จะต้องถูกออกแบบให้ควบคุมการทำงานได้ 2 วิธี คือ การควบคุมโดยการไข่มุกกดเพื่อปรับเปลี่ยนระดับของเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ และการควบคุมโดยการไข้ระบบการควบคุมระยะไกล ดังแผนผังการทำงานของระบบการปรับเปลี่ยนระดับของเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติในรูปที่ 3.4 ซึ่งประกอบด้วย ระบบควบคุมระยะไกล, ชุดสวิทช์ควบคุม, วงจรควบคุมมอเตอร์ และ วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 3 ชุด

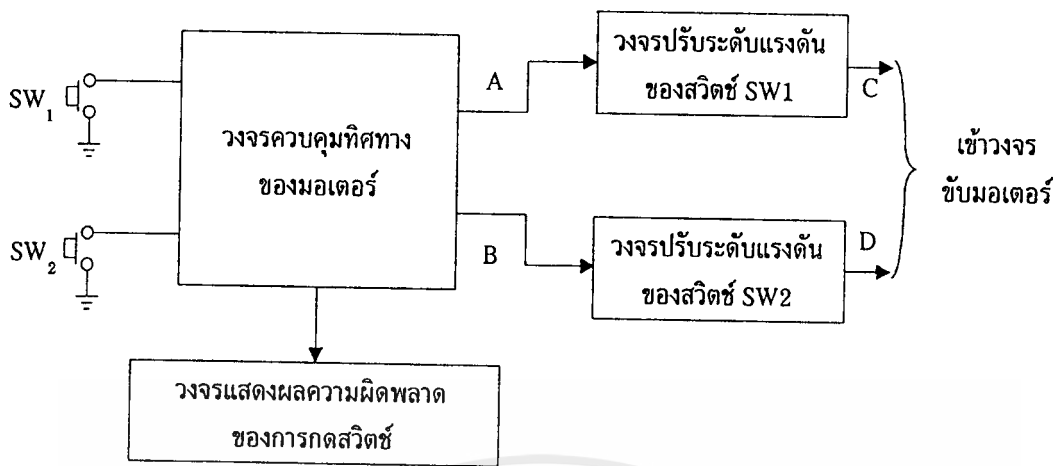


รูปที่ 3.4 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ

จากแผนผังการทำงานของระบบควบคุมเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ สามารถนำมา ออกแบบวงจรต่าง ๆ ตามแผนผังได้ดังต่อไปนี้

3.3.1 การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์

ในการออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์จำเป็นจะต้องเขียนแผนผังย่อย ๆ ออกมาเพื่อกำหนดขอบเขตของวงจรต่าง ๆ ที่จะนำมาประกอบเป็นวงจรควบคุมมอเตอร์ได้ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งประกอบด้วย สวิตช์ควบคุม 2 ตัว, วงจรควบคุมทิศทางของมอเตอร์, วงจรปรับระดับ แรงดันของสวิทช์ SW1 และ SW2 และวงจรแสดงผลความผิดพลาดของการกดสวิทช์



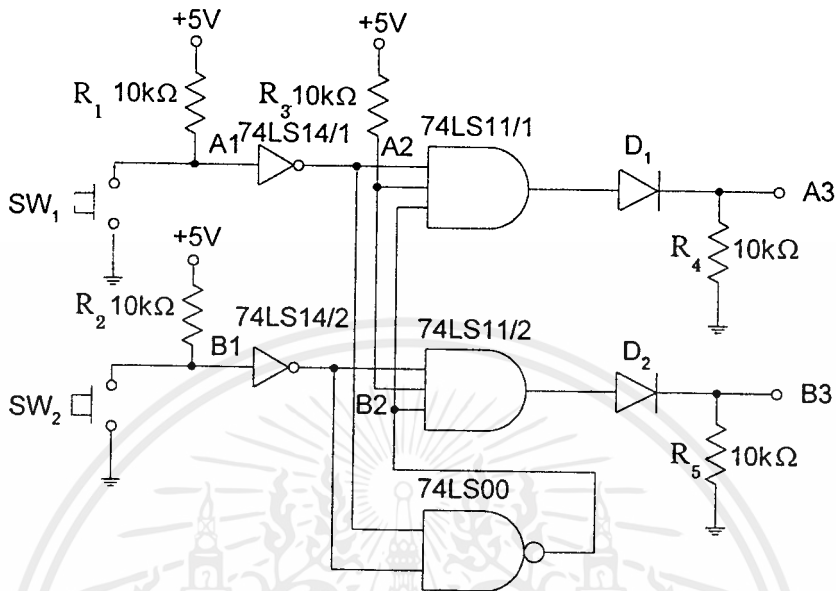
รูปที่ 3.5 แผนผังการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์

วงจรควบคุมมอเตอร์ที่ทำการออกแบบประกอบด้วยวงจรสองชุดที่ทำงานเหมือนกัน แต่ในรูปที่ 3.5 จะเป็นแผนผังการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์เพียงชุดเดียวที่ยกตัวอย่างมา ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำงานเหมือนกันดังต่อไปนี้

1. เมื่อกดสวิตช์ SW_1 ระดับแรงดันที่จุด A จะต้องเป็น +5 โวลต์ ซึ่งเป็นสถานะลอจิก 1 และเมื่อผ่านวงจรปรับระดับแรงดันออกมาที่จุด C จะต้องมึระดับแรงดันเป็น +15 โวลต์
2. เมื่อปล่อยสวิตช์ SW_1 ระดับแรงดันที่จุด A จะต้องเป็น 0 โวลต์ ซึ่งเป็นสถานะลอจิก 0 และเมื่อผ่านวงจรปรับระดับแรงดันออกมาที่จุด C จะต้องมึระดับแรงดันเป็น -15 โวลต์
3. เมื่อกดสวิตช์ SW_2 ระดับแรงดันที่จุด B จะต้องเป็น +5 โวลต์ ซึ่งเป็นสถานะลอจิก 1 และเมื่อผ่านวงจรปรับระดับแรงดันออกมาที่จุด D จะต้องมึระดับแรงดันเป็น +15 โวลต์
4. เมื่อปล่อยสวิตช์ SW_2 ระดับแรงดันที่จุด B จะต้องเป็น 0 โวลต์ ซึ่งเป็นสถานะลอจิก 0 และเมื่อผ่านวงจรปรับระดับแรงดันออกมาที่จุด D จะต้องมึระดับแรงดันเป็น -15 โวลต์
5. เมื่อกดสวิตช์ SW_1 และ SW_2 พร้อม ๆ กัน ระดับแรงดันที่จุด A และ B จะต้องเป็น 0 โวลต์ ซึ่งเป็นสถานะลอจิก 0 และระดับแรงดันที่จุด C และ D ต้องเป็น -15 โวลต์ พร้อมทั้งแสดงผลความผิดพลาดออกมา

จากแผนผังการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ สามารถนำมาออกแบบวงจรต่างๆ เพื่อให้ทำงานตามคุณสมบัติที่ต้องการได้ดังต่อไปนี้

วงจรควบคุมทิศทางของมอเตอร์



รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

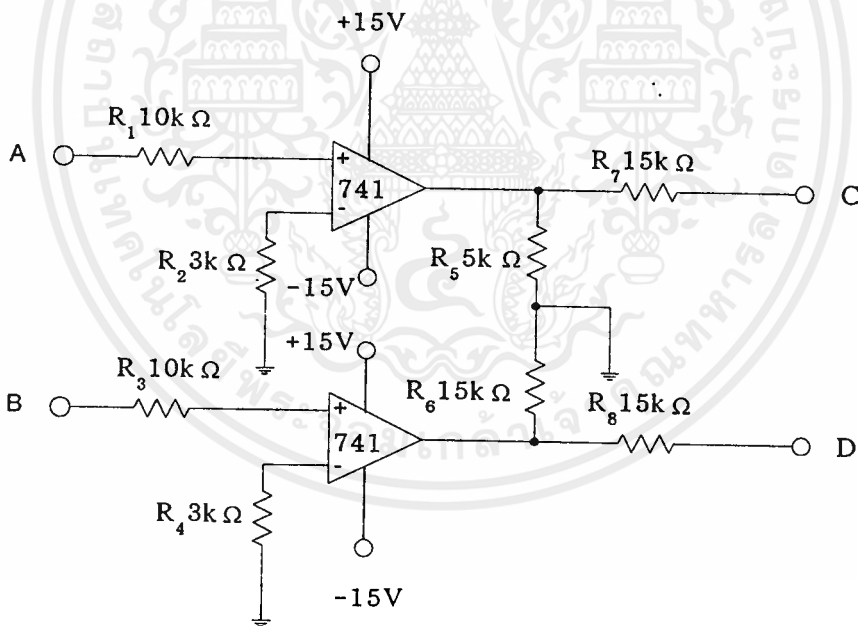
จากรูปที่ 3.6 เป็นรูปวงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยใช้สวิทช์เป็น อินพุตรับการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ เมื่อกดสวิทช์ SW₁ หรือ สวิทช์เพื่อยกระดับ เดียง จะทำให้เกิดเป็นลอจิก 0 ป้อนให้เกตนอท ดังนั้นเอาต์พุตของเกตนอทก็จะเป็นลอจิก 1 นำ ไปแอนด์กับเอาต์พุตของเกตแนนด์ซึ่งปกติจะเป็นลอจิก 1 เสมอ ดังนั้นเอาต์พุตของเกตแอนด์ จะเป็นลอจิก 1 ไข้ไปควบคุมให้มอเตอร์หมุนยกเดียงขึ้น มอเตอร์จะหมุนยกเดียงให้สูงขึ้น ไปเรื่อยๆ เมื่อต้องการให้เดียงยกสูงขนาดไหนก็ปล่อยสวิทช์ SW₁ ที่กดค้างไว้ ในตอนแรก และ เมื่อทำการปล่อยสวิทช์ SW₁ อินพุตของเกตนอทจะเป็นลอจิก 1 และจะให้เอาต์พุตออกมาเป็น ลอจิก 0 ทำให้มอเตอร์หยุดหมุน ระดับความสูงของเดียงก็จะหยุดอยู่กับที่

เมื่อต้องการให้เดียงลดระดับต่ำลงมา ก็ทำได้ด้วยการกดสวิทช์ SW₂ หรือ สวิทช์เพื่อ ลดระดับเดียง เมื่อกดสวิทช์ SW₂ ก็จะทำให้เกตนอทที่ต่ออยู่กับ สวิทช์ SW₂ ได้รับอินพุตเป็น ลอจิก 0 ดังนั้นเอาต์พุตของเกตนอทจะเป็นลอจิก 1 นำไปแอนด์กับเอาต์พุตของ เกตแนนด์ซึ่ง โดยปกติจะเป็นลอจิก 1 เสมอ ดังนั้นเอาต์พุตของเกตแอนด์จะเป็นลอจิก 1 ไปควบคุมมอเตอร์ ให้หมุนกลับทิศทางกับในตอนแรก ซึ่งก็คือมอเตอร์จะหมุนกลับทิศทางกับการยก ดังนั้นจะทำ ให้เดียงลดระดับลงได้ เมื่อต้องการให้เดียงลดระดับลงที่ระดับใดก็ปล่อยสวิทช์ SW₂ ที่กดค้าง

ไว้ในตอนแรก และเมื่อปล่อยสวิตช์ SW_2 อินพุตของเกตนอทจะเป็นลอจิก 1 และจะให้เอาต์พุตออกมาเป็นลอจิก 0 ทำให้มอเตอร์หยุดหมุน ระดับของเตียงที่ลดลงก็จะหยุดอยู่กับที่

เกตแนนด์ในวงจรนี้ทำหน้าที่ตรวจสอบการกดสวิตช์ ถ้ามีการกดสวิตช์ SW_1 และ SW_2 ไม่พร้อมกันทำให้อินพุตของเกตแนนด์เพียงขาใดขาหนึ่งได้รับลอจิก 1 และอินพุตของเกตแนนด์อีกขาหนึ่งเป็นลอจิก 0 ทำให้เอาต์พุตของเกตแนนด์เป็นลอจิก 1 เสมอ เมื่อนำเอาต์พุตของเกตแนนด์ที่เป็นลอจิก 1 ไปแอนด์กับเอาต์พุตของเกตนอทซึ่งเป็นลอจิก 1 ด้วยก็จะได้อเอาต์พุต ออกมาเป็นลอจิก 1 ไปสั่งงานให้มอเตอร์หมุนได้ตามทิศทางที่เราเลือกกดสวิตช์ แต่ถ้ามีการกดสวิตช์ SW_1 และ SW_2 พร้อมกัน จะทำให้อินพุตของเกตแนนด์เป็นลอจิก 1 ทั้งสองขา จะทำให้ได้อเอาต์พุตออกมาเป็นลอจิก 0 เมื่อไปแอนด์กับเอาต์พุตของเกตนอทซึ่งเป็นลอจิก 1 ทำให้ได้อเอาต์พุตออกมาเป็นลอจิก 0 ก็จะทำให้มอเตอร์ไม่มีการหมุน

วงจรปรับระดับแรงดัน



รูปที่ 3.7 วงจรปรับระดับแรงดัน

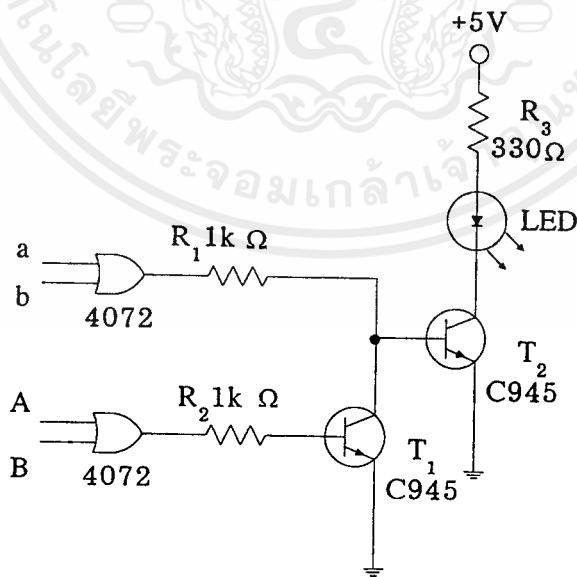
จากรูปที่ 3.7 เป็นวงจรปรับระดับแรงดัน โดยถ้าให้ที่จุด A ของวงจรมีระดับแรงดันเป็น +5 โวลต์ เหมือนกับว่าเป็นระดับลอจิก 1 ป้อนให้กับออปแอมป์ 741 ทำการขยายแรงดัน ทำให้แรงดันที่ออกทางด้านเอาต์พุตของออปแอมป์ที่จุด C มีค่าเป็น +15 โวลต์ เพื่อส่งต่อไปยังวงจรขับมอเตอร์ต่อไป

แต่ถ้าให้ที่จุด A ของวงจรมีระดับแรงดันเป็น 0 โวลต์ เหมือนกับว่าเป็นระดับลอจิก 0 ป้อนให้กับออปแอมป์ 741 ออปแอมป์จะลดระดับแรงดันลง ทำให้ได้แรงดันที่เอาต์พุตของออปแอมป์ที่จุด C ลดลงเป็น -15 โวลต์ส่งไปยังวงจรขับมอเตอร์ต่อไป

วงจรในชุดที่สองก็มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับชุดแรกคือ ถ้าให้จุด B มีระดับแรงดันเป็น +5 โวลต์ เหมือนกับว่าเป็นระดับลอจิก 1 ป้อนให้กับออปแอมป์ 741 ทำการขยายแรงดัน ทำให้แรงดันที่ออกทางด้านเอาต์พุตของออปแอมป์ที่จุด D มีค่าเป็น +15 โวลต์ เพื่อส่งต่อไปยังวงจรขับมอเตอร์ต่อไป

แต่ถ้าให้ที่จุด B ของวงจรมีระดับแรงดันเป็น 0 โวลต์ เหมือนกับว่าเป็นระดับลอจิก 0 ป้อนให้กับออปแอมป์ 741 ออปแอมป์จะลดระดับแรงดันลง ทำให้ได้แรงดันที่เอาต์พุตของออปแอมป์ที่จุด D ลดลงเป็น -15 โวลต์ส่งไปยังวงจรขับมอเตอร์ต่อไป เช่นเดียวกัน

วงจรแสดงผลความผิดพลาดของการกดสวิตช์



รูปที่ 3.8 วงจรแสดงผลความผิดพลาดของการกดสวิตช์

การทำงานของวงจร

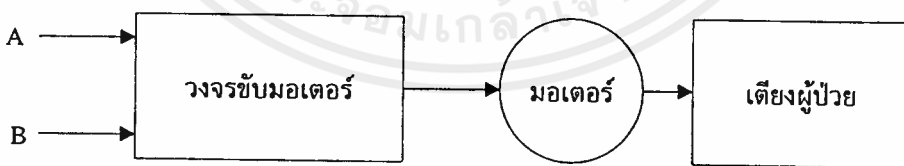
วงจรแสดงผลความผิดพลาดของการกดสวิตช์จะทำงานก็ต่อเมื่อ มีการกดสวิตช์ SW_1 และ SW_2 ที่วงจรควบคุมมอเตอร์พร้อม ๆ กัน โดยเมื่อมีการกดสวิตช์ SW_1 และ SW_2 จะทำให้ที่จุด A และ จุด B ของวงจรมีแรงดันเป็น 0 โวลต์เสมือนกับเป็นลอจิก 0 ส่วนที่จุด a และ จุด b ของวงจรมีระดับแรงดันเป็น +5 โวลต์เสมือนกับเป็นลอจิก 1 เมื่อผ่านเกตออร์จะได้อเอาต์พุต +5 โวลต์ เป็นผลให้ทรานซิสเตอร์ T_2 นำกระแสทำให้ ไดโอดเปล่งแสง เปล่งแสงออกมาเพื่อแสดงผลความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการกดสวิตช์

แต่ถ้าหากกดสวิตช์ SW_1 หรือ SW_2 ตัวใดตัวหนึ่งเพียงตัวเดียว จะทำให้ระดับลอจิกที่เอาต์พุตของเกตออร์เป็น 1 ทั้งสองตัว ทำให้ทรานซิสเตอร์ T_1 นำกระแสเป็นผลให้ไดโอดเปล่งแสง ไม่เปล่งแสงออกมาแสดงว่าไม่เกิดการผิดพลาดขึ้น

ถ้าหากไม่มีการกดสวิตช์ใด ๆ เลยจะทำให้ระดับลอจิกที่เอาต์พุตของเกตออร์มีค่าเป็น 0 ทั้งคู่ ทำให้ทรานซิสเตอร์ T_1 และ T_2 ไม่นำกระแส เป็นผลให้ไดโอดเปล่งแสงไม่เปล่งแสงออกมาแสดงว่าไม่เกิดการผิดพลาดเช่นกัน

3.3.2 การออกแบบวงจรขับมอเตอร์

ในการออกแบบวงจรขับมอเตอร์จำเป็นจะต้องเขียนแผนผังย่อย ๆ ออกมาเพื่อกำหนดขอบเขตของวงจรต่าง ๆ ที่จะนำมาประกอบเป็นชุดวงจรขับมอเตอร์ได้ดังรูปที่ 3.9 ซึ่งจะประกอบด้วย วงจรขับมอเตอร์ , มอเตอร์ และ เตียงผู้ป่วย



รูปที่ 3.9 แผนผังของชุดวงจรขับมอเตอร์

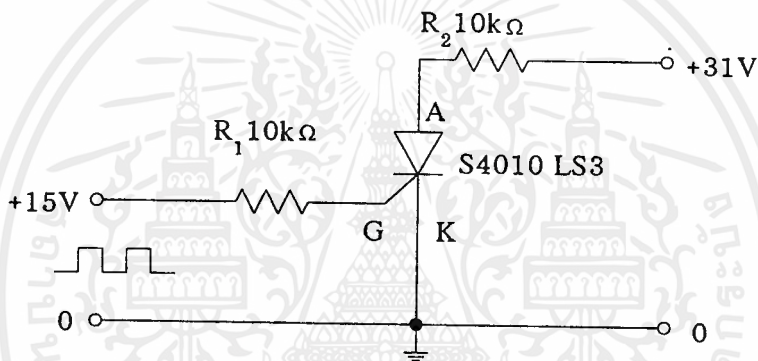
วงจรขับมอเตอร์ เป็นวงจรที่ใช้สำหรับขับให้มอเตอร์หมุนเพื่อเปลี่ยนระดับของเตียง ผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ ซึ่งอาจจะเป็นการยกระดับเตียงขึ้นหรือการลดระดับเตียงลง วงจรขับมอเตอร์จะถูกควบคุมการทำงานจากวงจรเปลี่ยนระดับแรงดัน ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ผ่านมา วงจรขับมอเตอร์ที่ออกแบบจะต้องมีคุณสมบัติในการทำงานดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เมื่อวงจรเปลี่ยนระดับแรงดันจ่ายแรงดัน +15 โวลต์มาที่จุด A วงจรจะต้องขับให้มอเตอร์หมุนเพื่อยกระดับเตียงขึ้น และถ้าวจรเปลี่ยนระดับแรงดันจ่ายแรงดัน -15 โวลต์มาที่จุด A วงจรจะต้องสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุนเพื่อหยุดการยกระดับเตียงขึ้น

2. เมื่อวงจรเปลี่ยนระดับแรงดันจ่ายแรงดัน +15 โวลต์มาที่จุด B วงจรจะต้องขับให้มอเตอร์หมุนเพื่อลดระดับเตียงลง และถ้าวจรเปลี่ยนระดับแรงดันจ่ายแรงดัน -15 โวลต์มาที่จุด B วงจรจะต้องสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุนเพื่อหยุดการลดระดับเตียงลง

ในวงจรขับมอเตอร์นั้นจะใช้ SCR เป็นอุปกรณ์สำคัญในการออกแบบ ดังนั้นจึงต้องทราบคุณสมบัติต่าง ๆ ของ SCR เสียก่อน



รูปที่ 3.10 วงจรการจุดชนวนเกิดด้วยพัลส์

ในการนำ SCR ไปใช้งานด้วยการป้อนสัญญาณพัลส์ให้มันนั้น ทำได้โดยการจุดชนวนด้วยสัญญาณพัลส์ ซึ่งสัญญาณพัลส์ที่จะนำมาป้อนให้กับ SCR จะต้องมีความกว้างของพัลส์ที่แน่นอน และมีระยะเวลาหน่วงที่จะทำให้กระแสแอโนดของ SCR เพิ่มขึ้นจนถึงจุดกระแสค้าง ซึ่งจะมีผลทำให้ SCR อยู่ในระยะเวลาของการนำกระแส (Turn on time) ได้

ส่วนการตัดกระแสทำได้โดยการป้อนกระแสเข้าที่ขาเกตของ SCR ให้มีค่าลบมากกว่าที่ขาคาโอด โดย SCR ที่ใช้ในการออกแบบวงจรนี้เป็น SCR เบอร์ S4010LS3 มีคุณสมบัติดังที่จะกล่าวต่อไป

คุณสมบัติของ SCR เบอร์ S4010LS3

- IGT min = 200 μ A

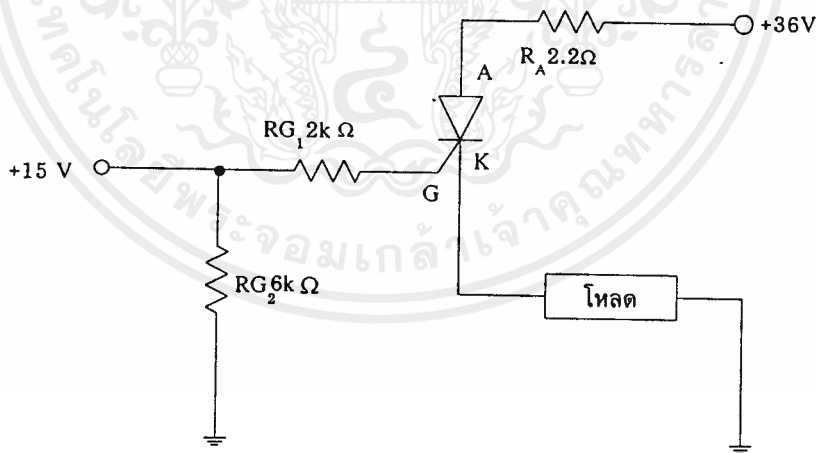
- IGT max = 0.8 A

- I source = 100 A
- I hold min = 3 mA
- VGFM = 5 V
- VGFrM = 5 V
- VF on max = 1.6 V
- PGAV = 0.5 V
- สามารถทนแรงดันได้ = 400 V
- $VG = VGK + VRG$

เมื่อกำหนดให้

- VG = แรงดันที่ขาเกต มีหน่วยเป็น (V)
- VGK = แรงดันที่ขาเกตกับคาโอด มีหน่วยเป็น (V)
- VRG = แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน มีหน่วยเป็น (V)

สำหรับค่าของแรงดันที่ขาเกตและค่าของแรงดันที่โหลดสามารถคำนวณให้เห็นเป็นตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3. 11 วงจรแสดงการคำนวณค่าแรงดันที่ขาเกต และแรงดันที่โหลด

- ในช่วงเวลา นำกระแส (Turn on)
SCR เบอร์นี้ใช้ VGFM = 5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_G = \frac{15V \times 2k\Omega}{6k\Omega} = 5V \text{ ทำให้ SCR นำกระแส (Turn on)}$$

- ในช่วงเวลา ไม่นำกระแส (Cut off)

$$V_G = \frac{-15V \times 2k\Omega}{6k\Omega} = -5V \text{ แรงดันน้อยกว่าค่าโถดทำให้ SCR ไม่นำกระแส}$$

$$\text{- แรงดันตกคร่อมโถด} = 36V - (2.2)I - 1.6V$$

โดย $I = 0.7A$ (ได้จากการทดลองซึ่งโถดต้องการกระแส $0.7A$)

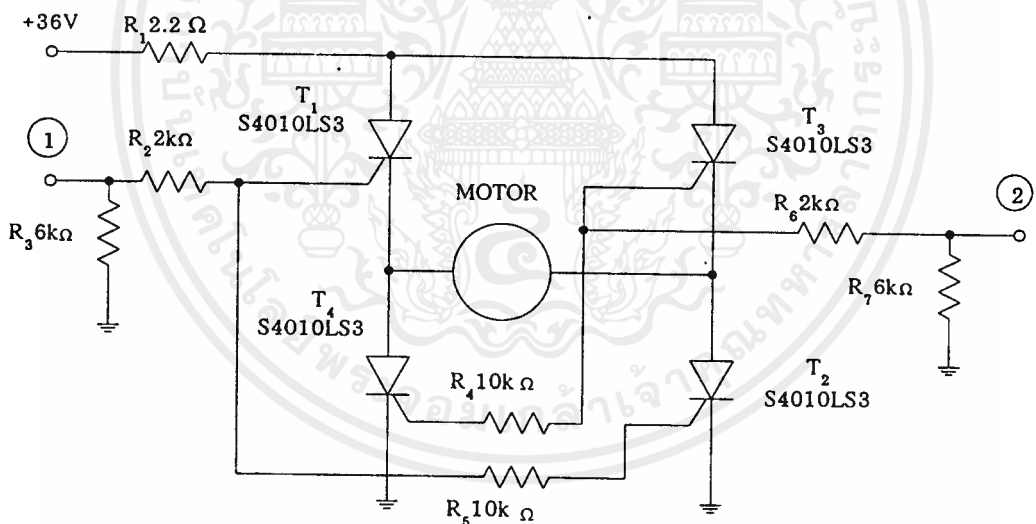
$$1.6V = V_{F \text{ on max}}$$

$$\text{ดังนั้นแรงดันที่โถด} = 36 - (0.7)2.2 - 1.6$$

$$= 36 - 3.14V$$

$$= 32.86V$$

วงจรควบคุมมอเตอร์ด้วย SCR



รูปที่ 3. 12 วงจรควบคุมมอเตอร์ด้วย SCR

จากวงจรเป็นวงจรควบคุมมอเตอร์โดยใช้ SCR 4 ตัวต่อกันแบบ บริดจ์ เพื่อความสะดวกในการกลับขั้วของมอเตอร์ ซึ่งหลักการทำงานก็เป็นดังต่อไปนี้

- ในสภาวะปกติ จุดที่ 1 และจุดที่ 2 จะได้รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง -15 V ขณะนี้จะทำให้ T_1, T_2, T_3 และ T_4 อยู่ในสภาวะ ไม่นำกระแส ซึ่งจะทำให้ SCR ไม่นำกระแส

- ต่อมาเมื่อจะทำการยกเตียงขึ้นก็กดสวิทช์ควบคุมการยกเตียงขึ้น จะทำให้จุดที่ 1 ได้รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง $+15\text{ V}$ ต่อไปทริกที่ขาเกตของ T_1 ทำให้ T_1 นำกระแส และกระแสส่วนหนึ่งจะผ่านตัวต้านทาน ($R\ 10\text{ k}\Omega$) ไปทริกที่ขาเกตของ T_2 ทำให้กระแสไหลจาก T_1 ผ่านมอเตอร์และ T_2 ลงกราวด์ ดังทิศทางการไหลประในรูป ทำให้แกนเพลลาของมอเตอร์หดเข้าดึงเตียงให้ยกขึ้น การที่นำตัวต้านทาน ($R\ 10\text{ k}\Omega$) มาต่อก่อนหน้าขาเกตของ T_2 ก็เพราะต้องการหน่วงให้ T_1 นำกระแสก่อน T_2 เมื่อทำการกดสวิทช์ค้างไว้เตียงก็จะยกขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อยสวิทช์ก็จะทำให้ที่ จุดที่ 1 ได้รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง -15 V เหมือนเดิม ทำให้ T_1 และ T_2 หยุดนำกระแสมอเตอร์ก็จะหยุดหมุน

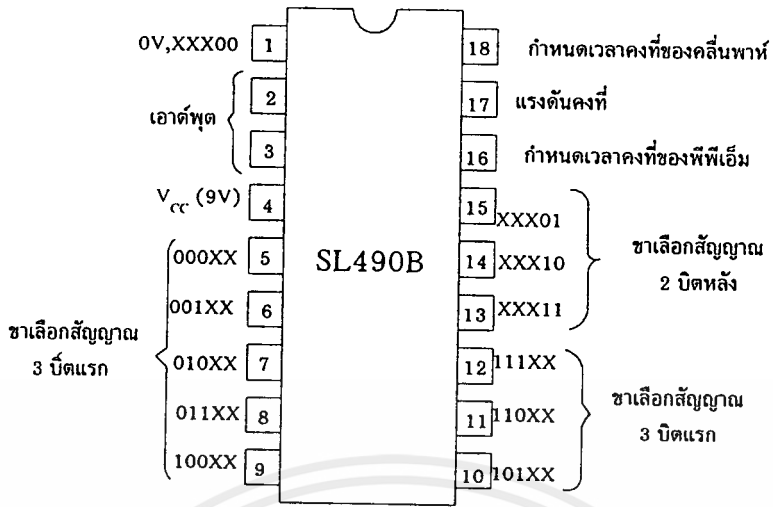
- หลังจากนั้นเมื่อต้องการลดระดับเตียงลง ก็กดสวิทช์ควบคุมการลดระดับเตียงลง จะทำให้จุดที่ 2 ได้รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง $+15\text{ V}$ ไปทริกขาเกตของ T_3 ทำให้ T_3 นำกระแส และกระแสส่วนหนึ่งผ่านตัวต้านทาน ($R\ 10\text{ k}\Omega$) ไปทริกที่ขาเกตของ T_4 ทำให้กระแสไหลจาก T_3 ผ่านมอเตอร์และ T_4 แล้วลงกราวด์ ดังทิศทางการไหลที่บในรูป ทำให้มอเตอร์ได้รับแรงดันไฟฟ้าสลับชั่วคราวกับตอนกดสวิทช์เพื่อยกเตียงขึ้น มอเตอร์จะหมุนกลับทิศกับในตอนแรก มันจึงสามารถดึงเตียงให้ลดระดับลงมาได้ ในการต่อตัวต้านทาน ($R\ 10\text{ k}\Omega$) เข้ากับขาเกต ของ T_4 ก็เพื่อให้ T_3 นำกระแสก่อน T_4 ในลักษณะเดียวกับ T_1 และ T_2 เมื่อทำการกดสวิทช์ค้างไว้เตียงก็จะลดระดับลงเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อยสวิทช์ก็จะทำให้ที่ จุดที่ 2 ได้รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง -15 V เหมือนเดิม ทำให้ T_3, T_4 หยุดนำกระแสมอเตอร์ก็จะหยุดหมุน

3.4 การออกแบบวงจรควบคุมระยะไกล

วงจรควบคุมระยะไกลเป็นวงจรที่ส่งในย่านอินฟราเรด เป็นวงจรควบคุมระยะไกลสำเร็จรูป ซึ่งวงจรประกอบด้วยไอซีที่สำคัญ 3 ตัว สำหรับใช้งานรวมกัน คือ SL490B สำหรับภาคส่ง, SL486 และ ML926 เป็นภาครับและขยายสัญญาณ

3.4.1 การออกแบบวงจรภาคส่ง

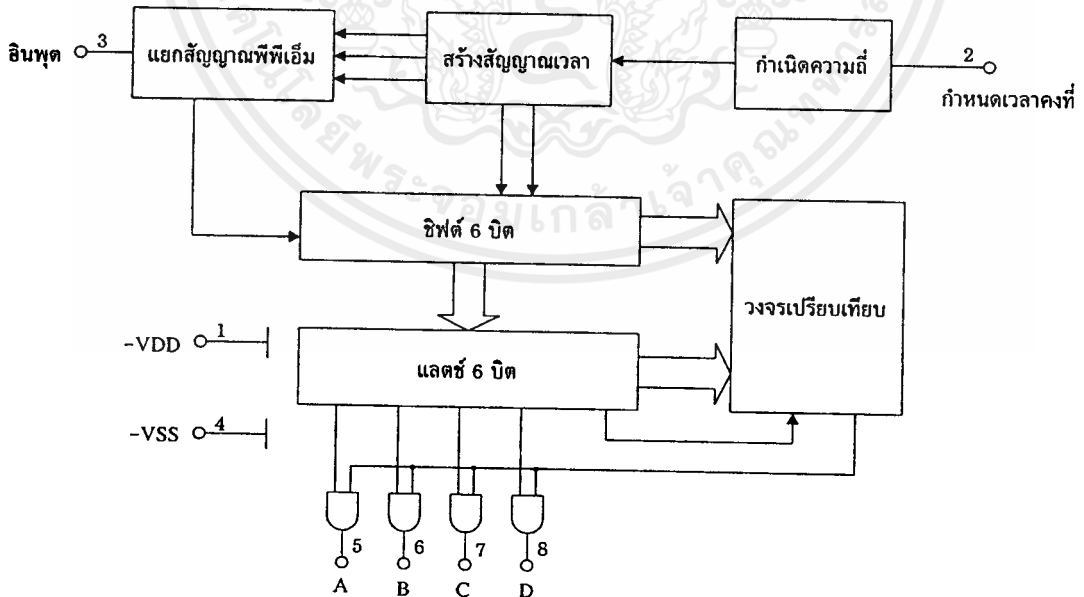
SL490B เป็น ไอซีสำหรับเข้ารหัสเมื่อกดคีย์ โดยส่งออกเป็นลักษณะของสัญญาณพัลส์ ที่มอดูเลชันทางตำแหน่ง (Pulse Position Modulation:PPM) ซึ่งมีลักษณะเปลี่ยนไปตาม รหัสที่



รูปที่ 3.15 การใช้งานแต่ละขาของ SL490B

SL486 เป็นภาครับสัญญาณเข้ามา โดยผ่านไดโอดรับคลื่นแล้วทำการขยายสัญญาณ พีพีเอ็ม ที่รับเข้ามาก่อนส่งไป ML926

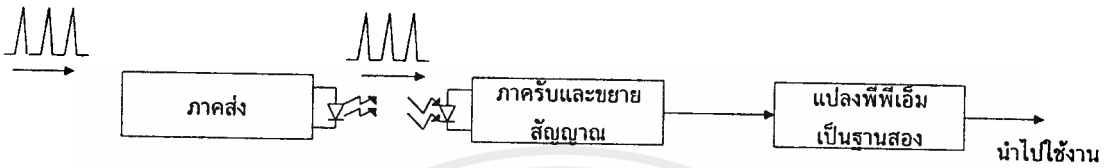
ML926 จะรับสัญญาณพีพีเอ็มเข้ามาแยกแล้วแปลงออกมาเป็นสัญญาณเลขฐานสองออกมาทาง 5,6,7 และ 8 โครงสร้างของ ML926 ดูได้จากรูปที่ 3.16



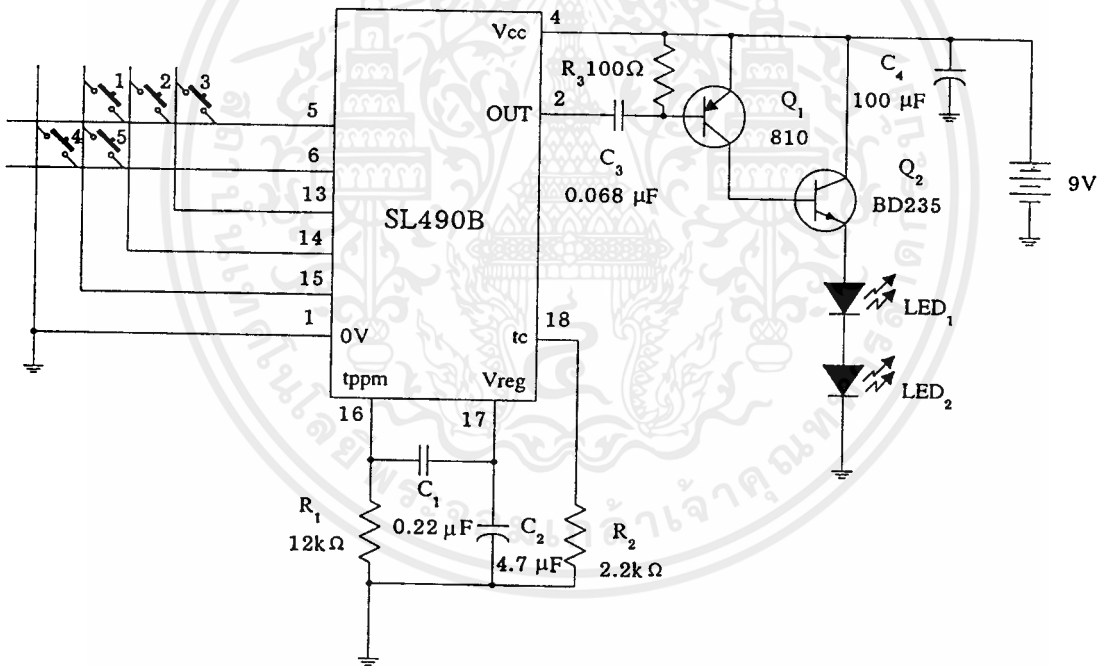
รูปที่ 3.16 แผนผังของ ML926

หลักการทํางาน

รูปที่ 3.17 เป็นแผนผังของทั้งระบบ มีภาคส่งสัญญาณพีพีเอ็มออกมาแล้วภาครับจะรับสัญญาณมาขยายก่อนเปลี่ยนเป็นสัญญาณเลขฐานสองเพื่อนำไปใช้งานต่อไป รูปที่ 3.18 เป็นวงจรภาคเครื่องส่ง



รูปที่ 3.17 หลักการทํางานเบื้องต้นของระบบควบคุมระยะไกล



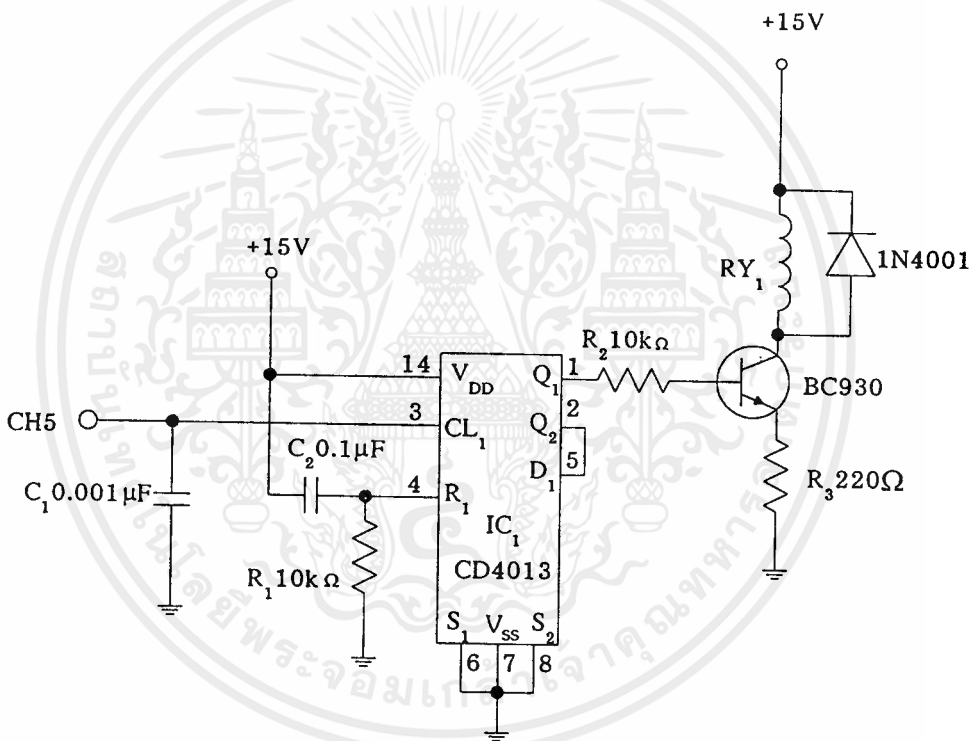
รูปที่ 3.18 วงจรภาคส่ง 5 ช่องระบบอินฟราเรด

วงจรภาคส่งใช้ไฟ 9 โวลต์ ป้อนเข้าขา 4 ของ SL490B และป้อนไฟเลี้ยงให้ Q_1 และ Q_2 เมื่อขา 2 ให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นไบแอสกลับสำหรับ Q_1 เพื่อขับ Q_2 ให้ทำงาน LED₁ และ LED₂ จะส่งพัลส์อินฟราเรดออกมา โดยมี R_1 , R_2 , C_1 , C_2 เป็นตัวกำหนดความถี่คลื่นพาห์

สภาวะ “0000” ซึ่งเป็นสภาพปกติของอินพุตของไอซี ML926 อยู่แล้ว ดังนั้นจึงไม่มีอะไรเกิดขึ้นทำให้เราไม่สามารถใช้งานช่อง 0 เป็นสัญญาณควบคุมได้นั่นเอง

3.4.3 การออกแบบวงจรภาคขับรีเลย์

วงจรถูกขับรีเลย์ใช้ CD4013 ซึ่งเป็นไอซีฟลิปฟล็อป สามารถขับรีเลย์ได้ 2 ตัว แต่ในการใช้งานครั้งนี้ใช้เพียงตัวเดียวโดยเลือกใช้รีโมตคอนโทรลช่อง 5 ในการตัดต่อรีเลย์ ในรูปที่ 3.20 แสดงวงจรถูกขับรีเลย์



รูปที่ 3.20 แสดงวงจรถูกขับรีเลย์

เมื่อสัญญาณอินพุตช่อง 5 ถูกส่งเข้ามา (ขา 3 ของ CD4013) สัญญาณเอาต์พุตของช่องที่ 5 (ขา 1 ของ CD4013) ก็จะให้ไบแอสแก่ Q_1 เบอร์ 2SC930 ทำให้รีเลย์ทำงาน C_1, C_2 ใส่เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน

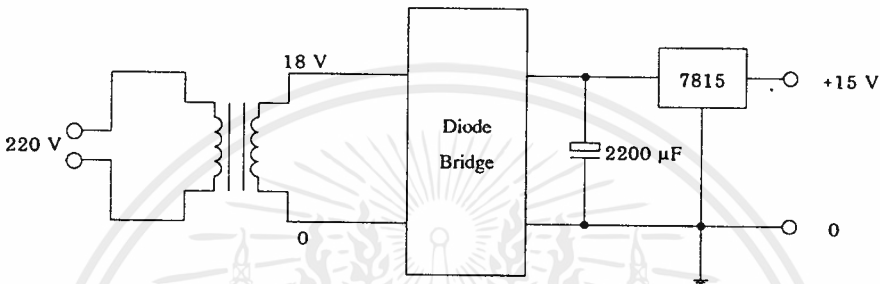
ส่วน $T_1, D_{16}, C_{32}, C_{33}, C_{31}, R_{46}$ และ ZD_1 เป็นส่วนของวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับภาคขับรีเลย์ และภาครับสัญญาณอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟฟ้า

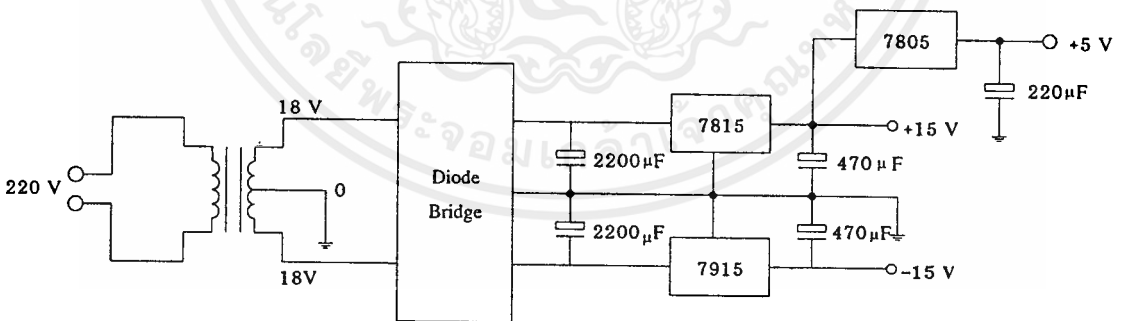
วงจรภาคจ่ายไฟที่ใช้สำหรับโครงการนี้ เป็นวงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 3 จุดซึ่งให้แรงดันไฟฟ้าต่างกันดังต่อไปนี้

1. เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์ จุดนี้ใช้สำหรับป้อนให้วงจรชุดสวิตช์ควบคุม และ ป้อนให้กับชุดเครื่องรับระบบควบคุมระยะไกลดังรูปที่ 3.21



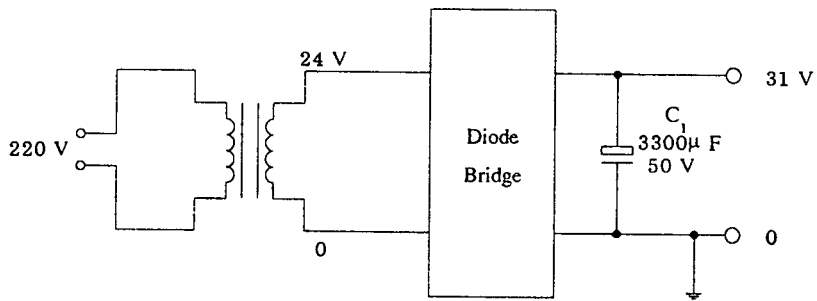
รูปที่ 3.21 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์

2. เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ และ ± 15 โวลต์ ใช้สำหรับป้อนให้กับวงจรควบคุมมอเตอร์ดังในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ และ ± 15 โวลต์

3. เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 30 โวลต์ ใช้สำหรับป้อนให้กับวงจรขับมอเตอร์ ดังในรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์



บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

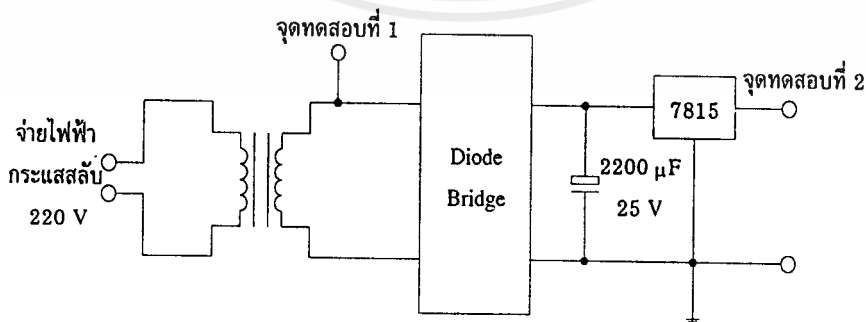
4.1 ทดลองวงจรภาคจ่ายไฟ

สำหรับแหล่งจ่ายไฟที่ใช้สำหรับโครงงานนี้ทั้งหมดเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งในการใช้งานนั้นจะแยกใช้เป็น 3 ชุด คือ ชุดแรกเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์ ชุดนี้ใช้สำหรับป้อนให้วงจรชุดสวิตช์ควบคุม และป้อนให้กับชุดเครื่องรับระบบควบคุมระยะไกล ชุดที่สองเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ และ ± 15 โวลต์ ใช้สำหรับป้อนให้กับวงจรควบคุมมอเตอร์ และชุดที่สามเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์ ใช้สำหรับป้อนให้กับวงจรขับมอเตอร์ ดังนั้นในการทดลองวงจรภาคจ่ายไฟ จึงต้องแยกทดลองออกเป็น 3 ตอนดังต่อไปนี้

4.1.1 การทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์

รายการอุปกรณ์

1. หม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 500 มิลลิแอมป์ 18 โวลต์ 1 ตัว
2. ไดโอดบริดจ์เรกติไฟเออร์ 1 แอมป์ 1 ชุด
3. ตัวเก็บประจุ 2200 ไมโครฟารัด 25 โวลต์ 1 ตัว
4. ไอซีเรกกูเลเตอร์ เบอร์ 7815 1 ตัว



รูปที่ 4.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์

ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) ประกอบวงจรดังรูปที่ 4.1
- 2) จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V เข้าที่จุดจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
- 3) ทำการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่จุดทดสอบต่าง ๆ แล้วบันทึกผลลงในตาราง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์

จุดทดสอบต่าง ๆ	แรงดันที่วัดได้
จุดทดสอบที่ 1	18 โวลต์ AC
จุดทดสอบที่ 2	15 โวลต์ DC

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง จุดทดสอบที่ 1 วัดแรงดันได้ 18 โวลต์ ซึ่งได้จากการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 18 โวลต์ของหม้อแปลงนั่นเอง ส่วนที่ จุดทดสอบที่ 2 วัดแรงดันได้ 15 โวลต์ เนื่องจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 18 โวลต์ ได้ผ่านวงจรเรกกูเลเตอร์ ออกมาที่เอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 15 โวลต์ เพื่อนำไปใช้สำหรับป้อนให้วงจรชุดสวิชต์ควบคุม และ ป้อนให้กับชุดเครื่องรับระบบควบคุมระยะไกล

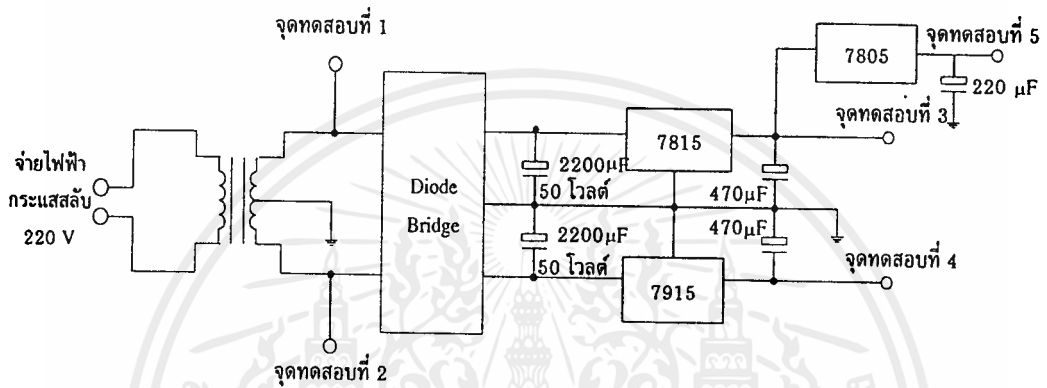
4.1.2 การทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ และ ± 15 โวลต์

รายการอุปกรณ์

- | | |
|---|-------|
| 1. หม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 1 แอมป์ 18 CT 18 | 1 ตัว |
| 2. ไดโอดบริดจ์เรกติไฟร์เออร์ 4 แอมป์ | 1 ชุด |
| 3. คาปาซิเตอร์ 2200 ไมโครฟารัด 50 โวลต์ | 3 ตัว |
| 4. คาปาซิเตอร์ 470 ไมโครฟารัด 25 โวลต์ | 2 ตัว |
| 5. ไอซีเรกกูเลเตอร์ เบอร์ 7815 | 1 ตัว |
| 6. ไอซีเรกกูเลเตอร์ เบอร์ 7915 | 1 ตัว |
| 7. ไอซีเรกกูเลเตอร์ เบอร์ 7805 | 1 ตัว |

ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) ประกอบวงจรดังรูปที่ 4.2
- 2) จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เข้าที่จุดจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
- 3) ทำการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่จุดทดสอบต่าง ๆ แล้วบันทึกผลลงในตาราง



รูปที่ 4.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ และ ± 15 โวลต์

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ และ ± 15 โวลต์

จุดทดสอบต่าง ๆ	แรงดันที่วัดได้
จุดทดสอบที่ 1	18 โวลต์ AC
จุดทดสอบที่ 2	18 โวลต์ AC
จุดทดสอบที่ 3	+15 โวลต์
จุดทดสอบที่ 4	-15 โวลต์
จุดทดสอบที่ 5	5 โวลต์

สรุปผลการทดลอง

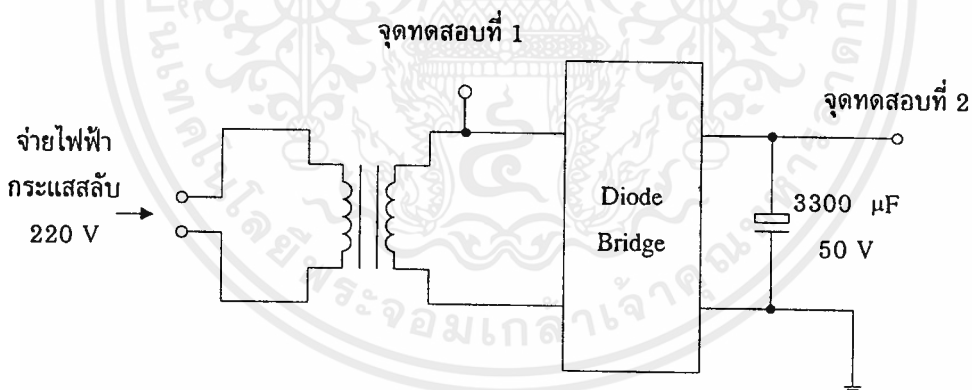
จากการทดลอง จุดทดสอบที่ 1, จุดทดสอบที่ 2 และ จุดทดสอบที่ 3 วัดแรงดันได้ +18 โวลต์, 0 โวลต์ และ -18 โวลต์ ตามลำดับ ซึ่งได้จากการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220

โวลต์ เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 18 โวลต์ของหม้อแปลงนั่นเอง ที่จุดทดสอบที่ 4, จุดทดสอบที่ 5 และ จุดทดสอบที่ 6 วัดแรงดันได้ +15 โวลต์, 0 โวลต์ และ -15 โวลต์ ตามลำดับนั้น เนื่องจากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง +18 โวลต์, 0 โวลต์ และ -18 โวลต์ ได้ผ่านวงจร เรกกูเลเตอร์ออกมาที่เอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง +15 โวลต์, 0 โวลต์ และ -15 โวลต์ เพื่อนำไปใช้สำหรับป้อนให้กับวงจรควบคุมมอเตอร์ ส่วนที่จุดทดสอบที่ 7 วัดแรงดันได้ 5 โวลต์นั้นเนื่องจาก แรงดัน 15 โวลต์ได้ผ่านวงจรเรกกูเลเตอร์ ออกมาที่เอาต์พุต ของวงจร 5 โวลต์เพื่อใช้สำหรับป้อนให้กับวงจรควบคุมมอเตอร์เช่นกัน

4.1.3 การทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์

รายการอุปกรณ์

1. หม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 2 แอมป์ 24 โวลต์ 1 ตัว
2. ไดโอดบริดจ์เรกติไฟเออร์ 6 แอมป์ 1 ชุด
3. คาปาซิเตอร์ 3300 ไมโครฟารัด 50 โวลต์ 1 ตัว



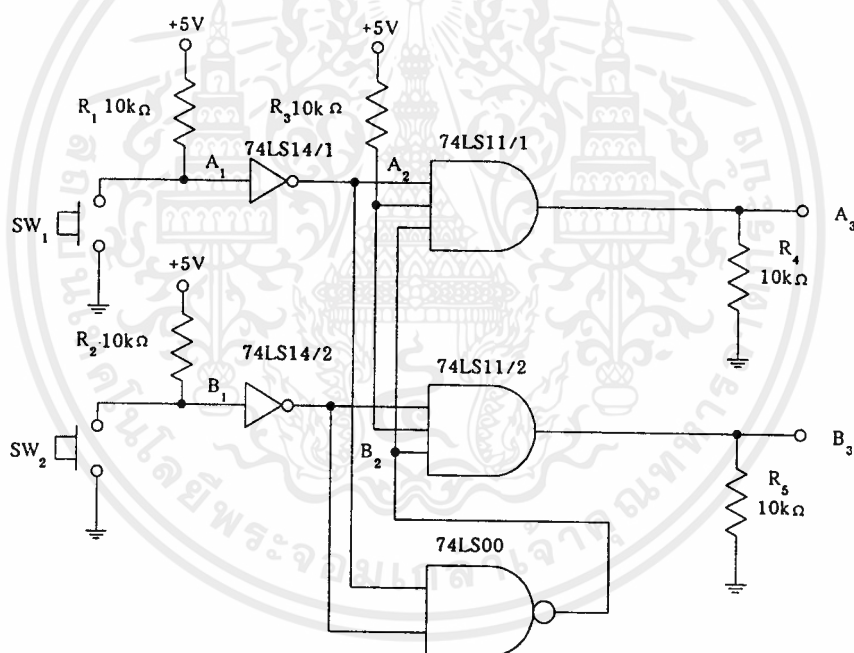
รูปที่ 4.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์

ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) ประกอบวงจรดังในรูปที่ 4.3
- 2) จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V เข้าที่จุดจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
- 3) ทำการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่จุดทดสอบต่าง ๆ แล้วบันทึกผลลงในตาราง

ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.2
- 2) จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด +5 โวลต์ เข้าวงจร
- 3) ทำการกดสวิตช์ SW_1 ซึ่งเป็นสวิตช์สำหรับขั้วระดับเที่ยงขึ้น จากนั้นวัดแรงดันตามจุดทดสอบต่าง ๆ ต่อไปนี้ A_1, A_2, A_3, B_1, B_2 และ B_3 จากนั้นบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผล
- 4) ทำการกดสวิตช์ SW_2 ซึ่งเป็นสวิตช์สำหรับขั้วระดับเที่ยงลง จากนั้นวัดแรงดันตามจุดทดสอบต่างๆ ต่อไปนี้ A_1, A_2, A_3, B_1, B_2 และ B_3 จากนั้นบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผล



รูปที่ 4.4 วงจรสวิตช์ควบคุม

- 5) ทำการกดสวิตช์ SW_1 และ SW_2 พร้อมๆ กันแล้ววัดแรงดันตามจุดทดสอบต่างๆ ต่อไปนี้ A_1, A_2, A_3, B_1, B_2 และ B_3 จากนั้นบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผล

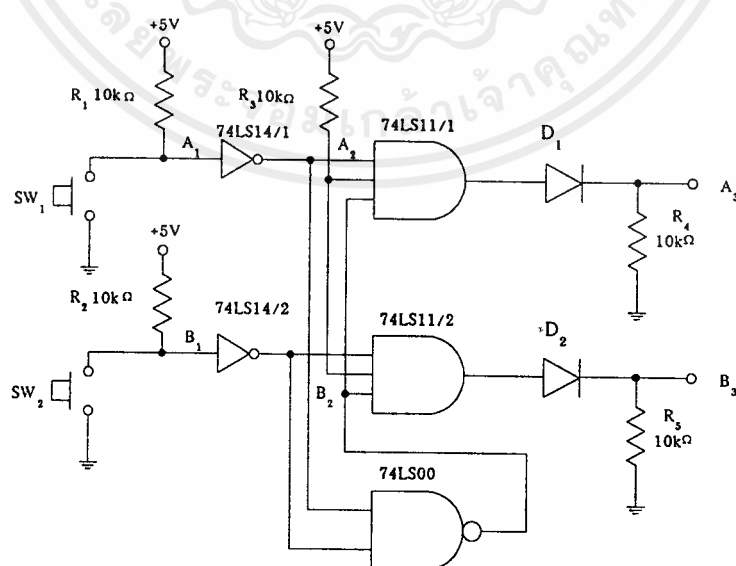
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรชุดสวิตช์ควบคุม

การกดสวิตช์ ต่างๆ ในวงจร	แรงดันที่วัดได้					
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃
SW ₁	0 V	2.8 V	2.2 V	5 V	0 V	0 V
SW ₂	5 V	0 V	0 V	0 V	2.8 V	2.2 V
SW ₁ +SW ₂	0 V	2.8 V	0 V	0 V	2.8 V	0 V

ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลอง

จากวงจรที่ได้ทำการทดลองมาจะเกิดปัญหาคือ เมื่อทำการกดสวิตช์ SW₁ หรือ SW₂ จะทำให้เอาต์พุตของวงจรที่จุด A₃ หรือ B₃ ขณะที่แสดงสถานะลอจิก 1 จะมีแรงดันไม่ถึง 5 โวลต์ และขณะที่แสดงสถานะลอจิก 0 จะมีแรงดันไม่เป็น 0 โวลต์จริงๆ

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการดัดแปลงแก้ไขวงจร โดยการเพิ่มไดโอดต่ออนุกรมที่จุดเอาต์พุตของวงจร เพื่อให้มีแรงดันตกคร่อมไดโอด 0.7 โวลต์ ทำให้เอาต์พุตของวงจรขณะที่แสดงสถานะลอจิก 0 จะได้แรงดันเป็น 0 โวลต์จริงๆ ซึ่งวงจรที่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงเป็นดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 วงจรสวิตช์ควบคุมที่แก้ไขแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่า เมื่อกดสวิตช์ SW_1 จะวัดแรงดันเอาต์พุตที่จุดทดสอบ $A_3 = 2.2 \text{ V}$ ซึ่งระดับแรงดันนี้จะนำไปใช้สำหรับยกระดับเตียงขึ้น

เมื่อกดสวิตช์ SW_2 จะวัดแรงดันเอาต์พุตที่จุดทดสอบ $B_3 = 2.2 \text{ V}$ ซึ่งระดับแรงดันนี้จะนำไปใช้สำหรับลดระดับเตียงลง

เมื่อกดสวิตช์ SW_1 และ SW_2 พร้อมๆ กัน จะวัดแรงดันเอาต์พุตที่จุดทดสอบ A_3 และ $B_3 = 0 \text{ V}$ ซึ่งระดับแรงดันนี้เป็นสถานะที่ไม่ใช้งาน

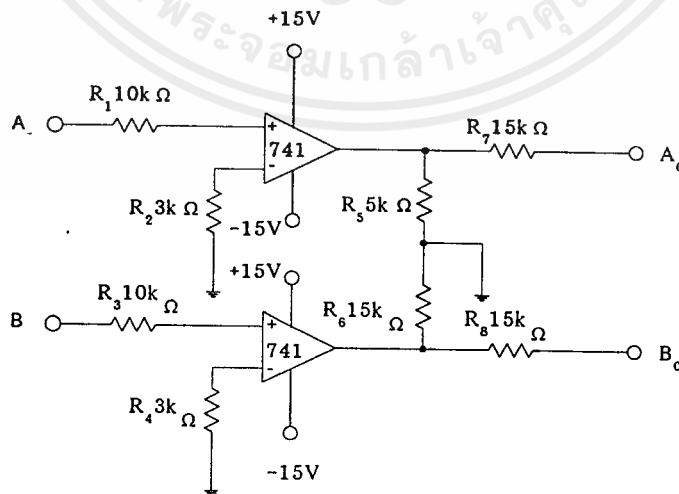
4.2.2 การทดลองวงจรปรับระดับแรงดัน

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ออปแอมป์ เบอร์ LM 741 2 ตัว
2. ตัวต้านทานขนาด $10 \text{ k}\Omega$ 4 ตัว
3. ตัวต้านทานขนาด $15 \text{ k}\Omega$ 4 ตัว
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด $+15 \text{ V}, 0 \text{ V}, -15 \text{ V}$
5. แผงทดลอง (Photo Board), สายโทรศัพท์ และ สายปากกิบ

ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 วงจรปรับระดับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) ทำการจ่ายแรงดัน +15 V และ -15 V ให้กับวงจร
- 3) จ่ายแรงดัน +5 V แทนลอจิก 1 และจ่ายแรงดัน 0 V แทนลอจิก 0 เข้าที่อินพุต A และ B ในวงจร
- 4) วัดแรงดันทางดาวน์เอาต์พุต ที่จุด A_0 และจุด B_0 ตามลำดับแล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผล

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองวงจรปรับระดับแรงดัน

อินพุต		เอาต์พุต	
A	B	A_0	B_0
0	0	-14 V	-14 V
0	1	-14 V	+14.5 V
1	0	+14.5 V	-14 V
1	1	+14.5 V	+14.5 V

สรุปผลการทดลอง

วงจรนี้เป็นวงจรแปลงแรงดัน จากสถานะลอจิก 1 ซึ่งเท่ากับแรงดัน 5 V และ สถานะลอจิก 0 ซึ่งก็เท่ากับแรงดัน 0 V ทำการแปลงแรงดันเหล่านี้ให้เป็นแรงดัน +15 V และ -15 V เพื่อนำไปใช้ในการทำงานของมอเตอร์ แต่สถานะ ของ A_0 ที่เท่ากับ +15 V และ B_0 ที่เท่ากับ +15 V จะไม่นำไปใช้งาน และจะต้องระวังไม่ให้เกิดสภาวะนี้ขึ้น เพราะอาจทำให้วงจรจับมอเตอร์พังได้

ในการแปลงแรงดันจาก 5 V และ 0 V ไปเป็นแรงดัน +15 V และ -15 V นั้น จะใช้ ออปแอมป์ เบอร์ LM 741 เป็นตัวปรับระดับแรงดัน

จากวงจรนี้จะเห็นได้ว่า เมื่อเราป้อนลอจิก 0 ให้กับวงจร จะทำให้แรงดันเอาต์พุตออกมาเป็นแรงดัน +VCC คือ +15 V เมื่อป้อนลอจิก 1 ให้กับวงจร จะทำให้แรงดันเอาต์พุตออกมาเป็นแรงดัน - VCC คือ -15 V ดังผลการทดลองที่ได้ในตาราง

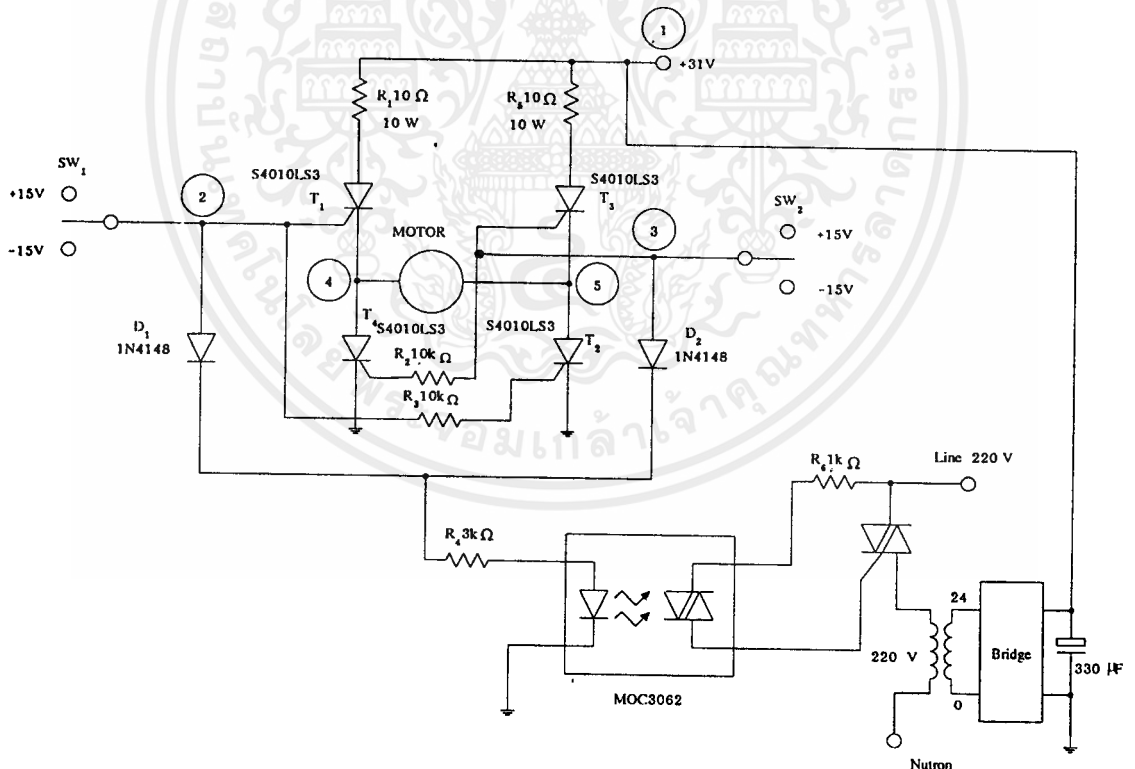
4.2.3 การทดลองวงจรขับมอเตอร์

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. SCR เบอร์ S4010LS3 4 ตัว
2. ออปโตไดโอดเบอร์ MOC 3062 1 ตัว
3. ตัวต้านทาน 10 kΩ 2 ตัว
4. ไดโอดเบอร์ 1N4148 2 ตัว
5. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด +15 V , -15 V , +31 V
6. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
7. แผงต่อวงจร (Photo Board)
8. สายโทรศัพท์ และสายปากคีบ

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

- 1) ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 วงจรขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง +31 V เข้าที่แหล่งจ่ายไฟ

3) ทำการกดสวิตช์ SW₁ ไปที่ตำแหน่ง -15 V และ SW₂ ไปที่ตำแหน่ง -15 V เพื่อเป็นการป้อนอินพุตไปควบคุมการทำงานของ SCR ให้ SCR ไปควบคุมมอเตอร์ต่อไป จากนั้นก็วัดแรงดันตามจุดทดสอบต่างๆ แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผล

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองวงจรขั้วมอเตอร์ตอนที่ 1

จุดทดสอบ	ระดับแรงดัน
1	0 V
2	-15 V
3	-15 V
4	0 V
5	0 V

จากการทดลอง ถ้าสังเกตลักษณะของขั้วมอเตอร์จะเห็นได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง

4) ทำการกดสวิตช์ SW₁ ไปที่ตำแหน่ง +15 V และ SW₂ ไปที่ตำแหน่ง -15 V เพื่อเป็นการป้อนอินพุตไปควบคุมการทำงานของ SCR ให้ SCR ไปควบคุมมอเตอร์ต่อไป จากนั้นก็วัดแรงดันตามจุดทดสอบต่างๆ แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผล

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองวงจรขั้วมอเตอร์ตอนที่ 2

จุดทดสอบ	ระดับแรงดัน
1	31 V
2	+15 V
3	-15 V
4	26 V
5	1.2 V

จากการทดลอง ถ้าสังเกตคุณลักษณะของมอเตอร์ จะเห็นได้ว่าแกนเพลลาของมอเตอร์ ค่อย ๆ หมุนยี่คระยะยาวออกมาเรื่อย ๆ ใช้เวลาประมาณ 45 วินาที แกนเพลลาของมอเตอร์จึงยี่ครสุด

5) ทำการกดสวิตช์ SW_1 ไปที่ตำแหน่ง -15 V และ SW_2 ไปที่ตำแหน่ง $+15\text{ V}$ เพื่อเป็นการป้อนอินพุตไปควบคุมการทำงานของ SCR ให้ SCR ไปควบคุมมอเตอร์ต่อไป จากนั้นก็ วัดแรงดันตามจุดทดสอบต่างๆ แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผล

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองวงจรขับมอเตอร์ตอนที่ 3

จุดทดสอบ	ระดับแรงดัน
1	31 V
2	-15 V
3	+15 V
4	1.2 V
5	26 V

จากการทดลอง ถ้าสังเกตคุณลักษณะของมอเตอร์ จะเห็นได้ว่าแกนเพลลาของมอเตอร์ ค่อย ๆ หมุนหดแกนเข้ามาเรื่อย ๆ ใช้เวลาประมาณ 45 วินาที แกนเพลลาของมอเตอร์จึงหดสั้นจนสุด

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองที่ผ่านมาจะสังเกตเห็นได้ว่า ถ้าต้องการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ สามารถควบคุมได้ด้วยการควบคุมแรงดันที่ป้อนให้กับขาเกตของ SCR โดยถ้าต้องการให้แกนเพลลาของมอเตอร์ยี่ครออกก็ป้อนแรงดัน $+15\text{ V}$ เข้าที่จุดที่ 2 และถ้าต้องการให้แกนเพลลาของมอเตอร์หดกลับเข้ามา ก็ป้อนแรงดัน -15 V เข้าที่จุดที่ 3 ของวงจรที่ใช้ในการทดลอง ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลอง

1. ในการใช้งานวงจรนี้ แรงดันที่จะมาป้อนเข้าทางอินพุตของวงจรนี้จะต้องผ่านวงจรปรับระดับแรงดัน ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้ออปแอมป์เป็นอุปกรณ์ขยายแรงดัน ดังนั้น เอาต์พุต ของออปแอมป์อาจจะไม่เหมาะสมที่จะนำมาป้อนให้กับวงจรขับมอเตอร์นี้

2. ในการทดลองวงจรนี้เป็นเพียงการทดลองใช้วงจรขับมอเตอร์เพียงอย่างเดียว ถ้านำวงจรไปขับมอเตอร์ให้ยกกระดับเตียงจริง ๆ จะทำให้ระยะเวลาในการยัดหรือหกดอาจยาวนานขึ้น

แนวทางแก้ไขปัญหา

1. เพิ่มตัวต้านทานในวงจรขับมอเตอร์ ก่อนเข้าขาเกตของวงจร เพื่อให้ระดับแรงดันมีความเหมาะสม
2. ใช้หม้อแปลงที่มีกระแสเพิ่มขึ้น เพื่อให้มอเตอร์ดึงกระแสได้ ในขณะที่รับโหลดเพิ่มขึ้นมาก ๆ

4.3 การทดลองวงจรชุดรับส่งระบบควบคุมระยะไกล

รายการอุปกรณ์

ภาคส่ง

- | | |
|---|-------|
| 1. ตัวต้านทานขนาด 12 k Ω | 1 ตัว |
| 2. ตัวต้านทานขนาด 2.2 k Ω | 1 ตัว |
| 3. ตัวต้านทานขนาด 100 Ω | 1 ตัว |
| 4. ตัวเก็บประจุ 0.22 ไมโครฟารัด 50 โวลต์ | 1 ตัว |
| 5. ตัวเก็บประจุ 4.7 ไมโครฟารัด 16 โวลต์ | 1 ตัว |
| 6. ตัวเก็บประจุ 0.068 ไมโครฟารัด 50 โวลต์ | 1 ตัว |
| 7. ตัวเก็บประจุ 100 ไมโครฟารัด 16 โวลต์ | 1 ตัว |
| 8. ไอซี เบอร์ SL490B | 1 ตัว |
| 9. ทรานซิสเตอร์ เบอร์ BC557 | 1 ตัว |
| 10 ทรานซิสเตอร์ เบอร์ BC235 | 1 ตัว |
| 11 LED อินฟราเรด | 2 ตัว |

ภาครับ

- | | |
|-----------------------------|-------|
| 1. ตัวต้านทาน 200 Ω | 1 ตัว |
| 2. ตัวต้านทาน 50 Ω | 1 ตัว |
| 3. ตัวต้านทาน 22 k Ω | 1 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตัวต้านทาน 680 Ω	4 ตัว
5. ตัวต้านทานปรับค่า 100 k Ω	1 ตัว
6. ตัวเก็บประจุ 0.22 ไมโครฟารัด 50 โวลต์	1 ตัว
7. ตัวเก็บประจุ 0.0047 ไมโครฟารัด	1 ตัว
8. ตัวเก็บประจุ 4.7 ไมโครฟารัด 25 โวลต์	1 ตัว
9. ตัวเก็บประจุ 47 ไมโครฟารัด 25 โวลต์	1 ตัว
10. ตัวเก็บประจุ 0.0033 ไมโครฟารัด 63 โวลต์	1 ตัว
11. ตัวเก็บประจุ 0.15 ไมโครฟารัด 63 โวลต์	1 ตัว
12. ตัวเก็บประจุ 0.022 ไมโครฟารัด 63 โวลต์	1 ตัว
13. ตัวเก็บประจุ 0.33 ไมโครฟารัด 63 โวลต์	1 ตัว
14. ตัวเก็บประจุ 0.01 ไมโครฟารัด 63 โวลต์	1 ตัว
15. ตัวเก็บประจุ 1002 ไมโครฟารัด 25 โวลต์	1 ตัว
16. ไอซี เบอร์ SL486	1 ตัว
17. ไอซี เบอร์ ML926	1 ตัว
18. ไอซีเบอร์ CD4514	1 ตัว
19. ไดโอดรับอินฟราเรด RS302	1 ตัว
20. ไดโอดเปล่งแสง	4 ตัว

ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.8 และ 4.9
- 2) จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 9 โวลต์ และ +15 โวลต์เข้าวงจร
- 3) กดสวิตช์ SW₁-SW₅ ที่วงจรภาคส่งระบบควบคุมระยะไกล แล้ววัดสัญญาณจากจุด

ทดสอบที่ 1 และ 2 ด้วยออสซิลโลสโคป บันทึกผล

ผลการทดลอง

เมื่อกดสวิตช์ SW_1 แล้ววัดสัญญาณได้ดังรูป



(ก) สัญญาณที่วัดได้จากจุดทดสอบที่ 1

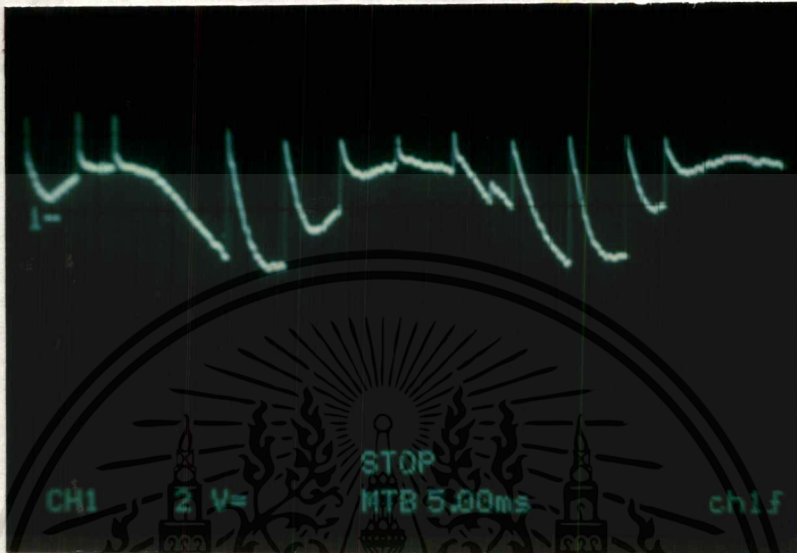


(ข) สัญญาณที่วัดได้จากจุดทดสอบที่ 2

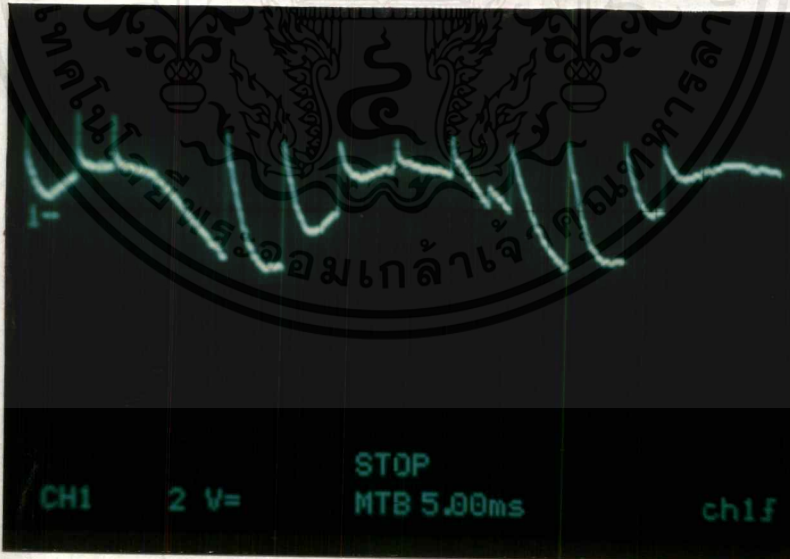
รูปที่ 4.10 สัญญาณที่วัดได้เมื่อกดสวิตช์ SW_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกดสวิตช์ SW_2 แล้ววัดสัญญาณได้ดังรูป



(ก) สัญญาณที่วัดได้จากจุดทดสอบที่ 1



(ข) สัญญาณที่วัดได้จากจุดทดสอบที่ 2

รูปที่ 4.11 สัญญาณที่วัดได้เมื่อกดสวิตช์ SW_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

เมื่อกดสวิตช์ SW_3 แล้ววัดสัญญาณไค้ดังรูป



(ก) สัญญาณที่วัดไค้จากจุดทดสอบที่ 1

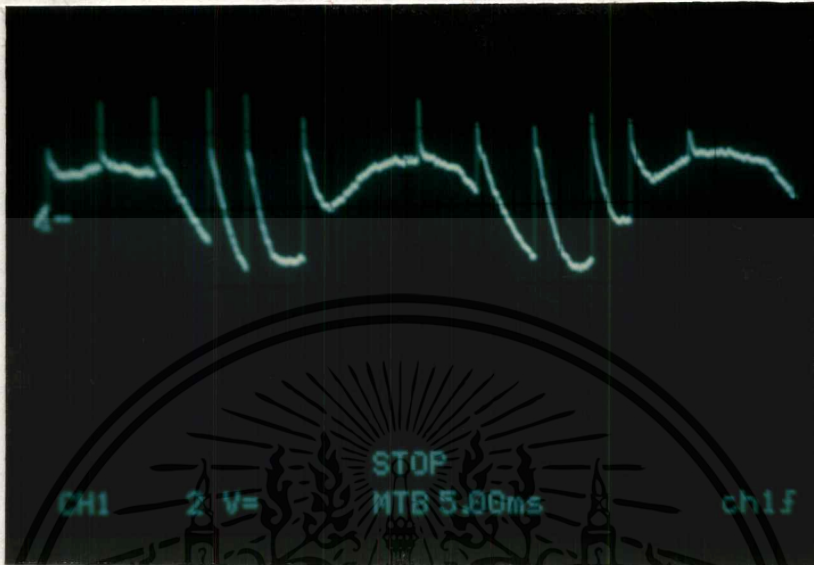


(ข) สัญญาณที่วัดไค้จากจุดทดสอบที่ 2

รูปที่ 4.12 สัญญาณที่วัดไค้เมื่อกดสวิตช์ SW_3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกดสวิตช์ SW₄ แล้ววัดสัญญาณได้ดังรูป



(ก) สัญญาณที่วัดได้จากจุดทดสอบที่ 1



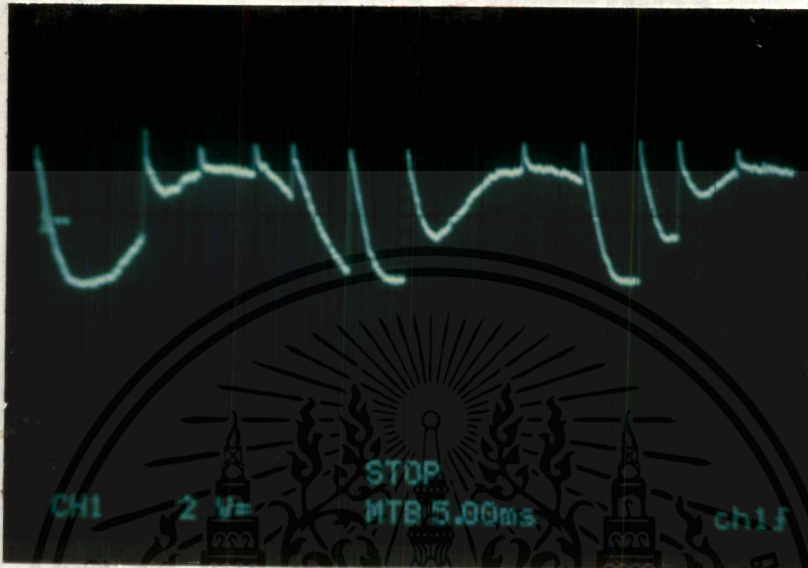
(ข) สัญญาณที่วัดได้จากจุดทดสอบที่ 2

รูปที่ 4.13 สัญญาณที่วัดได้เมื่อกดสวิตช์ SW₄

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

เมื่อกดสวิตช์ SW_5 แล้ววัดสัญญาณได้ดังรูป



(ก) สัญญาณที่วัดได้จากจุดทดสอบที่ 1



(ข) สัญญาณที่วัดได้จากจุดทดสอบที่ 2

รูปที่ 4.14 สัญญาณที่วัดได้เมื่อกดสวิตช์ SW_5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) กดสวิตช์ SW₁-SW₅ สังเกตไดโอดเปล่งแสงที่จุดทดสอบที่ 3 แล้ววัดแรงดันที่จุดทดสอบที่ 4

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองวงจรรับส่งระบบควบคุมระยะไกล

สวิตช์ที่กด	LED สว่าง = 1, LED ดับ = 0				แรงดันที่ขาไอซี CD4515				
	LED ₁	LED ₂	LED ₃	LED ₄	ขา6	ขา7	ขา8	ขา9	ขา10
SW ₁	0	0	0	1	0	0	0	12	0
SW ₂	0	0	1	0	0	0	0	0	12
SW ₃	0	0	1	1	0	0	12	0	0
SW ₄	0	1	0	0	0	12	0	0	0
SW ₅	0	1	0	1	12	0	0	0	0

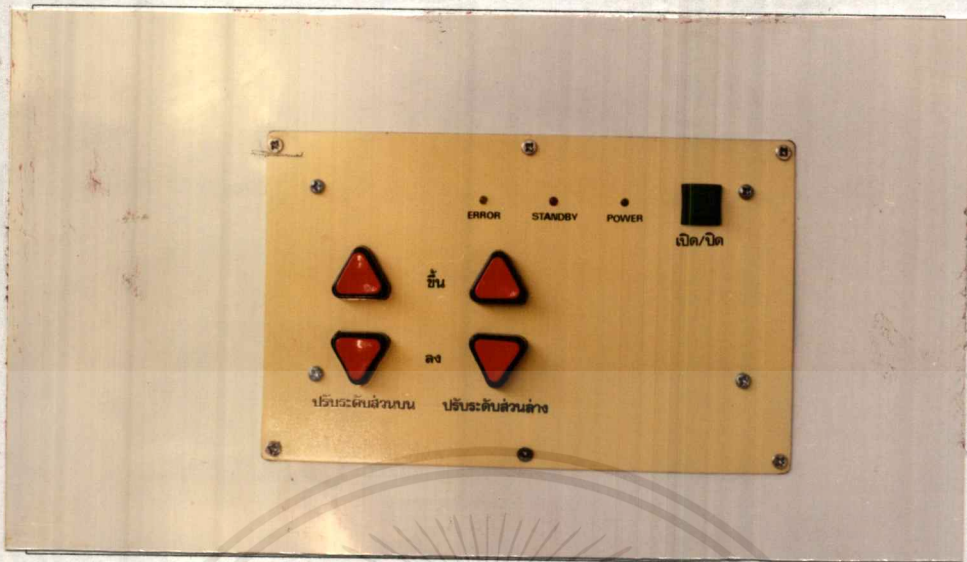
สรุปผลการทดลอง

วงจรระบบควบคุมระยะไกลนี้ จะส่งสัญญาณพีพีเอ็ม ออกมาจากวงจรภาคส่งระบบควบคุมระยะไกล โดยใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดเป็นอุปกรณ์ในการส่ง ส่วนทางภาครับจะใช้ไอซี SL 486 เป็นอุปกรณ์ถอดรหัสสัญญาณพีพีเอ็ม ที่รับเข้ามาแล้วนำมาขยาย และใช้ไอซี ML926 เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนรหัสจากสัญญาณพีพีเอ็ม เป็นรหัสเลขฐานสอง และใช้ไอซี CD4014 เป็นอุปกรณ์ถอดรหัสเลขฐานสอง เป็นสัญญาณเอาต์พุตของวงจรควบคุมระบบควบคุมระยะไกลนำไปใช้งานต่อไป

4.4 ทดลองระบบการยกเตียงโดยการควบคุมด้วยปุ่มกด

ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เข้าเครื่องควบคุมมอเตอร์



รูปที่ 4.15 หน้าปัทม์ของชุดปั้มนกค

- 2) กดปุ่ม Power ที่หน้าปัทม์ของชุดวงจรควบคุมมอเตอร์
- 3) กดปุ่ม เปิด/ปิด ที่หน้าปัทม์ของชุดปั้มนกค เพื่อให้ชุดปั้มนกคเริ่มทำงาน
- 4) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนขึ้น จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง
- 5) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนลง จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง
- 6) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนกลางขึ้น จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง
- 7) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนกลางลง จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง
- 8) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนขึ้น และ ลงพร้อมกัน จากนั้นสังเกตการ เปลี่ยนแปลง
- 9) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนกลางขึ้น และ ลงพร้อมกัน จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง
- 10) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบน และ ส่วนกลางขึ้นพร้อมกัน จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง
- 11) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบน และ ส่วนกลางขึ้นพร้อมกัน จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง

ผลการทดลอง

- 1) เมื่อกดปุ่ม Power ที่หน้าปัทม์ของชุดวงจรควบคุม ไดโอดเปล่งแสงแสดงการ Standby จะสว่าง ซึ่งหมายถึงพร้อมที่จะทำงาน
- 2) เมื่อกดปุ่ม Power ที่หน้าปัทม์ของชุดวงจรปุ่มกด ไดโอดเปล่งแสงแสดงการ กด Power จะสว่าง
- 3) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเสียงส่วนบนขึ้น เสียงก็จะค่อย ๆ ยกกระดับส่วนบนขึ้น จนกว่าจะปล่อยปุ่มที่กดอยู่เสียงก็จะหยุด แต่ถ้ากดปุ่มต่อไปเสียงก็จะปรับระดับขึ้นจนสุดแล้วก็หยุดภายใน 50 วินาที ซึ่งเสียงส่วนบนจะปรับระดับขึ้นได้สูงสุด 70 องศา
- 4) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเสียงส่วนบนลง เสียงก็จะค่อย ๆ ลดระดับส่วนบนลง จนกว่าจะปล่อยปุ่มที่กดอยู่เสียงก็จะหยุด แต่ถ้ากดปุ่มต่อไปเสียงก็จะปรับระดับลงจนสุดแล้วก็หยุดภายใน 45 วินาที
- 5) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเสียงส่วนล่างขึ้น เสียงก็จะค่อย ๆ ยกกระดับส่วนล่างขึ้น จนกว่าจะปล่อยปุ่มที่กดอยู่เสียงก็จะหยุด แต่ถ้ากดปุ่มต่อไปเสียงก็จะปรับระดับขึ้นจนสุดแล้วก็หยุดภายใน 60 วินาทีซึ่งเสียงส่วนล่างจะปรับระดับได้สูงสุด 50 องศา
- 6) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเสียงส่วนล่างลง เสียงก็จะค่อย ๆ ยกกระดับส่วนล่างลง จนกว่าจะปล่อยปุ่มที่กดอยู่เสียงก็จะหยุด แต่ถ้ากดปุ่มต่อไปเสียงก็จะปรับระดับลงจนสุดแล้วก็หยุดภายใน 50 วินาที
- 7) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเสียงส่วนบนขึ้น และ ลง พร้อม ๆ กัน ไดโอดเปล่งแสงแสดง Error ก็จะสว่าง และ เสียงก็จะหยุดอยู่กับที่ ไม่เปลี่ยนแปลงระดับ
- 8) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเสียงส่วนล่างขึ้น และ ลง พร้อม ๆ กัน ไดโอดเปล่งแสงแสดง Error ก็จะสว่าง และ เสียงก็จะหยุดอยู่กับที่ ไม่เปลี่ยนแปลงระดับ
- 9) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเสียงส่วนบน และ ส่วนล่าง ขึ้นพร้อม ๆ กัน เสียงทั้งสองส่วนก็จะปรับระดับขึ้นพร้อมกัน
- 10) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเสียงส่วนบน และ ส่วนล่าง ลงพร้อม ๆ กัน เสียงทั้งสองส่วนก็จะปรับระดับขึ้นพร้อมกัน

สรุปผลการทดลอง

ในการที่จะควบคุมการปรับระดับของเสียงผู้ช่วยแบบอัตโนมัติขึ้น และ ลง ทำได้โดยการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุม แล้วกดปุ่ม Power ที่หน้าปัทม์

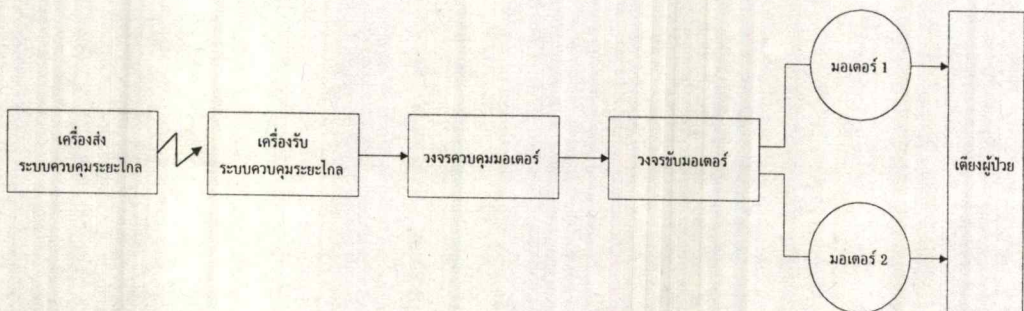
ชุดวงจรควบคุม และ ที่หน้าปัทม์ชุดปุ่มกด จากนั้นก็ทำการกดปุ่มปรับระดับเตียง ขึ้น หรือ ลง ตามต้องการ โดยจะกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบน หรือ ส่วนล่าง ขึ้น และลงพร้อมกันไม่ได้

ไดโอดเปล่งแสงที่แสดงบนหน้าปัทม์ชุดปุ่มกดมีทั้งหมด 3 ตัวคือ

1. Error เป็น ไดโอดเปล่งแสงแสดงการกดปุ่มผิดพลาด คือกดปุ่มปรับระดับเตียงขึ้นลง พร้อมกันเพียงส่วนเดียว
2. Power เป็น ไดโอดเปล่งแสงแสดงการกดปุ่ม Power ของวงจรชุดปุ่มกด
3. Standby เป็น ไดโอดเปล่งแสงแสดงสภาวะพร้อมทำงานของวงจรชุดปุ่มกด

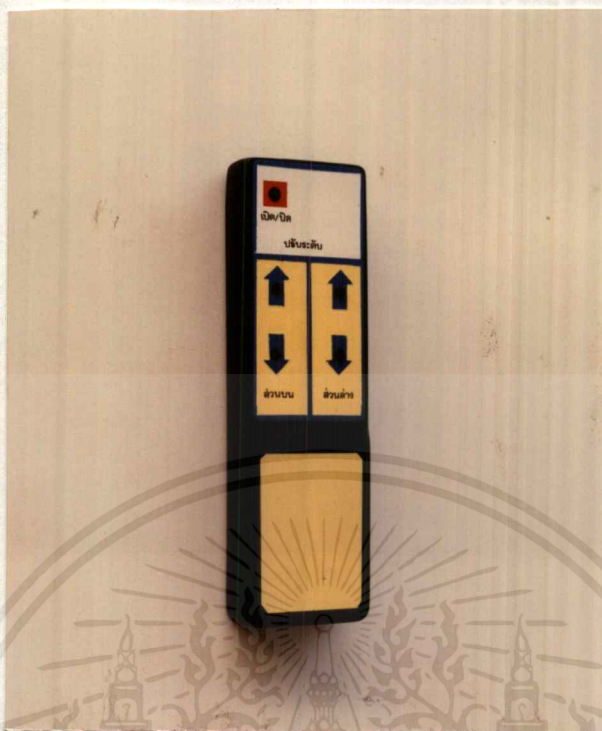
4.5 ทดลองระบบการยกเตียงโดยการควบคุมด้วยระบบควบคุมระยะไกล ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์เข้าเครื่องควบคุมมอเตอร์
- 2) กดปุ่ม Power ที่หน้าปัทม์ของเครื่องควบคุมมอเตอร์
- 3) กดปุ่ม Power ที่หน้าปัทม์ของชุดส่งรีโมตคอนโทรล
- 4) ทดลองนอนบนเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ แล้วทดลองกดปุ่มควบคุมที่รีโมตคอนโทรล ดังต่อไปนี้
- 5) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนขึ้น จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง
- 6) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนลง จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง
- 7) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนล่างขึ้น จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง
- 8) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนล่างลง จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง
- 9) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนขึ้น และ ลงพร้อมกัน จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 4.16 แผนผังระบบการควบคุมเตียงโดยใช้รีโมตคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4. 17 หน้าปัทม์ของรีโมตคอนโทรล

10) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเพียงส่วนกลางขึ้น และลงพร้อมกัน จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง

11) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเพียงส่วนบน และ ส่วนกลางขึ้นพร้อมกัน จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง

12) ทดลองกดปุ่มปรับระดับเพียงส่วนบน และ ส่วนกลางขึ้นพร้อมกัน จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง

13) ทดลองเปลี่ยนตำแหน่ง และมุมในการส่งสัญญาณของชุดส่งรีโมตคอนโทรล แล้วทดลองตามข้อ 5-12 จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลง

ผลการทดลอง

1) เมื่อกดปุ่ม Power ที่หน้าปัทม์ของเครื่องควบคุมมอเตอร์ ไดโอดเปล่งแสงแสดงการ Standby ที่หน้าปัทม์ชุดปุ่มกดจะสว่าง ซึ่งหมายถึงพร้อมที่จะทำงาน

2) เมื่อกดปุ่ม Power ที่หน้าปัทม์ของชุดรีโมตคอนโทรล ไดโอดเปล่งแสงแสดงการกด Power จะสว่าง

3) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนขึ้น เตียงก็จะค่อย ๆ ยกระดับส่วนบนขึ้น จนกว่าจะปล่อยปุ่มที่กดอยู่เตียงก็จะหยุด แต่ถ้ากดปุ่มต่อไปเตียงก็จะปรับระดับขึ้นจนสุดแล้วก็หยุดภายใน 50 วินาที ซึ่งเตียงส่วนบนจะปรับระดับได้สูงสุด 70 องศา

4) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนลง เตียงก็จะค่อย ๆ ลดระดับส่วนบนลง จนกว่าจะปล่อยปุ่มที่กดอยู่เตียงก็จะหยุด แต่ถ้ากดปุ่มต่อไปเตียงก็จะปรับระดับลงจนสุดแล้วก็หยุดภายใน 45 วินาที

5) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนล่างขึ้น เตียงก็จะค่อย ๆ ยกระดับส่วนล่างขึ้น จนกว่าจะปล่อยปุ่มที่กดอยู่เตียงก็จะหยุด แต่ถ้ากดปุ่มต่อไปเตียงก็จะปรับระดับขึ้นจนสุดแล้วก็หยุดภายใน 60 วินาที ซึ่งเตียงส่วนล่างจะปรับระดับได้สูงสุด 50 องศา

6) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนล่างลง เตียงก็จะค่อย ๆ ยกระดับส่วนล่างลง จนกว่าจะปล่อยปุ่มที่กดอยู่เตียงก็จะหยุด แต่ถ้ากดปุ่มต่อไปเตียงก็จะปรับระดับลงจนสุดแล้วก็หยุดภายใน 50 วินาที

7) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนขึ้น และ ลง พร้อม ๆ กัน ไดโอดเปล่งแสงแสดง Error ที่หน้าปัทม์ชุดปุ่มกดก็จะสว่าง และ เตียงก็จะหยุดอยู่กับที่ ไม่เปลี่ยนแปลงระดับ

8) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนล่างขึ้น และ ลง พร้อม ๆ กัน ไดโอดเปล่งแสงแสดง Error ที่หน้าปัทม์ชุดปุ่มกด ก็จะสว่าง และ เตียงก็จะหยุดอยู่กับที่ ไม่เปลี่ยนแปลงระดับ

9) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบน และ ส่วนล่าง ขึ้นพร้อม ๆ กัน ไดโอดเปล่งแสงแสดง Error ที่หน้าปัทม์ชุดปุ่มกดก็จะสว่าง และ เตียงก็จะหยุดอยู่กับที่ ไม่เปลี่ยนแปลงระดับ

10) เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบน และ ส่วนล่าง ลงพร้อม ๆ กัน ไดโอดเปล่งแสงแสดง Error ที่หน้าปัทม์ชุดปุ่มกด ก็จะสว่าง และ เตียงก็จะหยุดอยู่กับที่ ไม่เปลี่ยนแปลงระดับ

11) เมื่อทดลองเปลี่ยนตำแหน่ง และมุมในการส่งสัญญาณของชุดส่งรีโมตคอนโทรล ปรากฏว่า สามารถเลื่อนตำแหน่งของรีโมตคอนโทรลออกห่างจากเครื่องรับได้ 4 เมตร

สรุปผลการทดลอง

ในการที่จะควบคุมการปรับระดับของเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติขึ้น และ ลง ทำได้โดยการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ให้กับเครื่องควบคุมมอเตอร์ แล้วกดปุ่ม Power ที่หน้าปัทม์เครื่องควบคุมมอเตอร์ และ ปุ่ม Power ที่ชุดรีโมตคอนโทรลเพื่อให้เครื่องควบคุมมอเตอร์เริ่มทำงาน จากนั้นก็ทำการกดปุ่มปรับระดับเตียง ขึ้น หรือ ลง ตามต้องการ โดยต้องกดครั้งละปุ่มจะกดหลายปุ่มพร้อมกันไม่ได้

เมื่อทดลองเลื่อนตำแหน่งของชุดส่งรีโมตคอนโทรล ให้ออกห่างจากชุดรับรีโมตคอนโทรล ปรากฏว่าระยะที่สามารถควบคุมการทำงานได้ประมาณ 4 เมตร

ชุดรีโมตคอนโทรลจะทำงานร่วมกับชุดสวิทช์ควบคุม โดยในการกดปุ่ม Power จะเลือกกดที่ชุดรีโมตคอนโทรล หรือ กดที่ชุดปุ่มกดก็ได้ และ เมื่อกดปุ่มควบคุมต่าง ๆ ที่ชุดรีโมตคอนโทรล ไดโอดเปล่งแสงที่ชุดปุ่มกดก็จะแสดงผลด้วย ดังนั้นในการจะควบคุมเพียงแต่ครั้งจะต้องเลือกควบคุมที่ชุดรีโมตคอนโทรล หรือ ชุดปุ่มกดอย่างใดอย่างหนึ่ง

4.6 ผลทดสอบ และสรุป

เตียงผู้ช่วยแบบอัตโนมัตินี้ ได้ถูกออกแบบให้มีความสะดวก และง่ายในการควบคุมการปรับระดับขึ้น หรือลง เพียงแค่กดรีโมตคอนโทรล หรือ กดปุ่มควบคุมการปรับระดับที่ติดอยู่กับเตียง ก็สามารถควบคุมการปรับระดับได้แล้ว หรืออาจกล่าวได้ว่า เตียงผู้ช่วยแบบอัตโนมัติสามารถควบคุมการทำงานได้แค่ปลายนิ้วสัมผัส

บทที่ 5

บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและพัฒนา

5.1 บทสรุป

จากการทำงานของเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติสำหรับโครงการนี้ จะพบว่าเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัตินี้ ผู้ใช้สามารถควบคุมได้โดยง่าย เพียงกดสวิทช์ควบคุม หรือใช้รีโมตคอนโทรล ซึ่งจะสะดวก และคล่องตัวมากขึ้นกว่าการหมุนเพื่อปรับระดับเตียงผู้ป่วยแบบธรรมดา อีกทั้งในการเปลี่ยนระดับของเตียงยังมีความต่อเนื่องไม่สะดุดเหมือนแบบธรรมดา ทำให้ไม่เกิดอันตรายแก่ผู้ป่วย จึงเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ คนไข้, ผู้ดูแลคนไข้, แพทย์ และ พยาบาลเป็นอย่างมาก

ข้อดีของเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติคือ สามารถทำงานได้ใกล้เคียงกับเตียงอัตโนมัติ ที่สั่งซื้อมาจากต่างประเทศ แต่ราคาถูกกว่ามาก และยังเป็นการประยุกต์เตียงผู้ป่วยแบบธรรมดา ที่มีโซ่อยู่ในโรงพยาบาลต่างๆ ไป ให้เป็นแบบอัตโนมัติได้โดยไม่ต้องทิ้งของเดิมที่มีอยู่

ส่วนข้อเสียของเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติคือ ในส่วนของราคาอุปกรณ์ที่ใช้สร้าง โดยเฉพาะมอเตอร์และระบบกลไกมีราคาแพง ถ้าลดราคาส่วนนี้ลงได้จะช่วยประหยัดราคาค่าต้นทุนลงได้อีกมาก

5.2 ปัญหาในการทำงาน

1) ในส่วนของการสร้างระบบกลไก ผู้จัดทำโครงการนี้มีความรู้ไม่เพียงพอในเรื่องรายละเอียดเกี่ยวกับชิ้นส่วนของระบบกลไกต่างๆ ทำให้เกิดความล่าช้าในการออกแบบและการสร้าง

2) ในส่วนของวงจรมอเตอร์ต่างๆ ต้องใช้เวลาในการออกแบบและทดลองอยู่หลายครั้ง จนกว่าจะได้วงจรที่ทำงานได้อย่างสมบูรณ์แบบ จึงทำให้งานดำเนินไปอย่างล่าช้า

3) ระบบกลไกไม่สามารถที่จะสร้างได้เอง จึงต้องให้ร้านกลึงจัดทำให้ซึ่งมีราคาแพงมาก ทำให้ต้นทุนในการสร้างสูง

4) ส่วนของมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้กับดาวเทียม ซึ่งมีชื่อเรียกโดยเฉพาะว่า แอคทูเอเตอร์มอเตอร์สำหรับใช้งานหนัก (Heavy Duty) หาซื้อยากมากและมีราคาแพง

5.3 การแก้ปัญหา

1) พยายามศึกษาระบบกลไกของเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ ที่สั่งซื้อมาจากต่างประเทศ และเตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน แล้วนำความรู้ที่ได้ มาออกแบบระบบกลไกของเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติที่จะสร้างขึ้นนี้

2) ในส่วนของการออกแบบวงจรควบคุม ได้ทำการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับวงจรที่เกี่ยวข้อง แล้วนำความรู้ที่ได้มาออกแบบวงจร และทดลองจนได้ผลจึงประกอบเป็นวงจรที่สมบูรณ์

3) ในส่วนของระบบกลไก ได้ออกแบบระบบกลไกแล้วจ้างให้ร้านเป็นผู้สร้างให้ ซึ่งมีราคาแพงมาก

4) ในการสั่งซื้อมอเตอร์ต้องเปรียบเทียบราคาจากหลายๆ ร้านแล้วเลือกซื้อร้านที่มีราคาถูกที่สุด

5.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ

- 1) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบวงจรควบคุมต่าง ๆ มากขึ้น
- 2) มีความรู้ในด้าน การออกแบบระบบกลไก หรือชิ้นส่วนด้านเครื่องกลต่าง ๆ
- 3) มีความชำนาญในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ มากขึ้น
- 4) มีความชำนาญในการต่อวงจรมากขึ้น

5.5 แนวทางในการพัฒนา

- 1) ออกแบบวงจรให้มีขนาดเล็กกว่านี้
- 2) ออกแบบวงจรให้สามารถปรับความเร็วในการเปลี่ยนระดับของเตียง
- 3) พยายามเลือกใช้มอเตอร์ที่มีราคาถูกกว่านี้

The seal of Rajabhat Buriram University is a circular emblem. It features a central sun with rays, flanked by two traditional Thai stupas. Below the sun is a tiered umbrella. The entire emblem is surrounded by a decorative border. The text 'ภาคผนวก ก' is centered above the main title, and 'รูปต้นแบบเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ และเครื่องควบคุม' is centered below it. The university's name in Thai is written around the bottom of the seal.

ภาคผนวก ก

รูปต้นแบบเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ และเครื่องควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

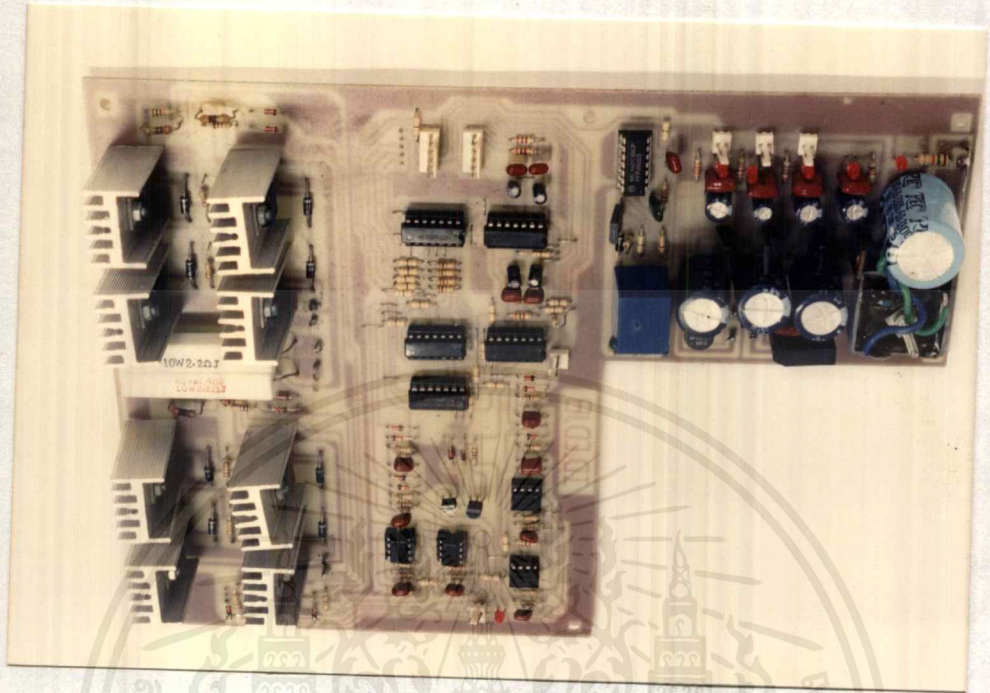


รูปที่ ก.1 เตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาที่ใช้ในโรงพยาบาลทั่วไป

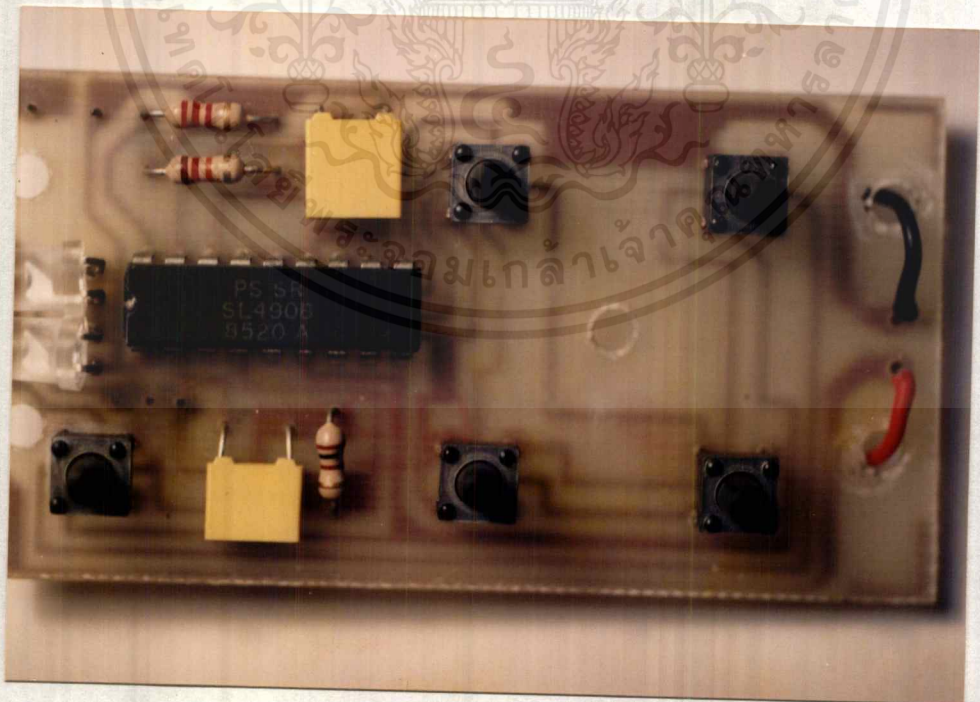


รูปที่ ก.2 เตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

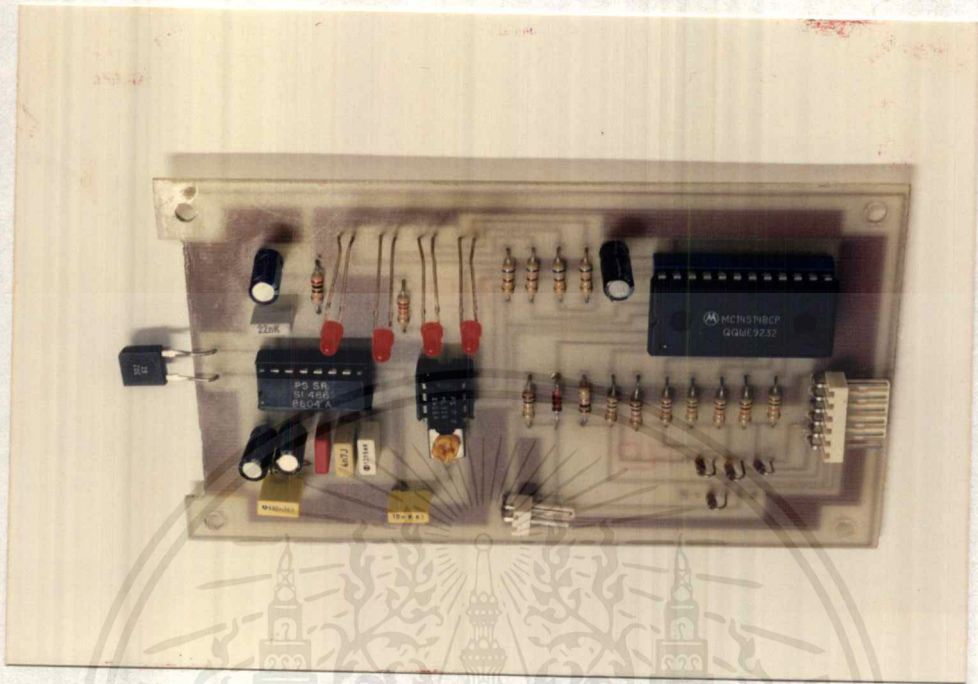


รูปที่ ก.3 วงจรควบคุมมอเตอร์

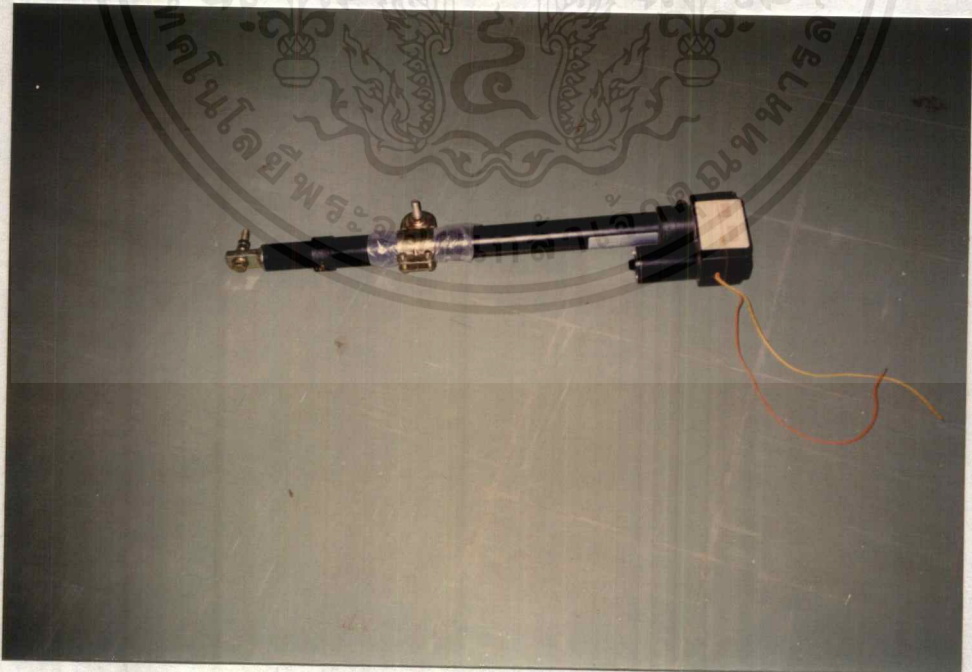


รูปที่ ก.4 วงจรเครื่องส่งระบบควบคุมระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 วงจรเครื่องรับระบบควบคุมระไกล

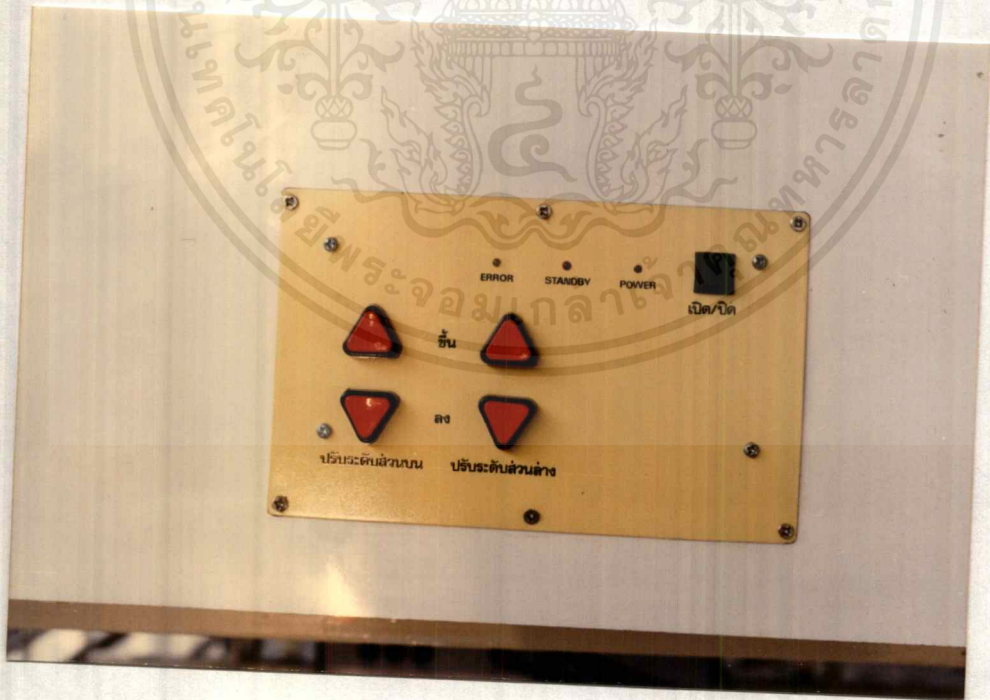


รูปที่ ก.6 แอคทูเอเตอร์มอเตอร์สำหรับใช้งานหนัก (Heavy Duty)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

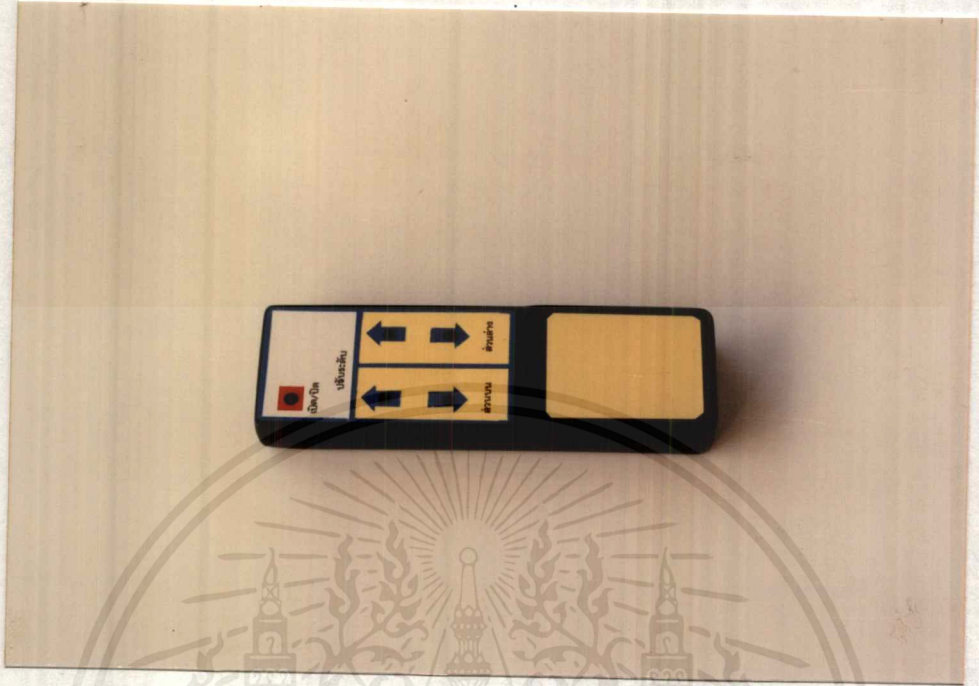


รูปที่ ก. 7 เครื่องควบคุมมอเตอร์

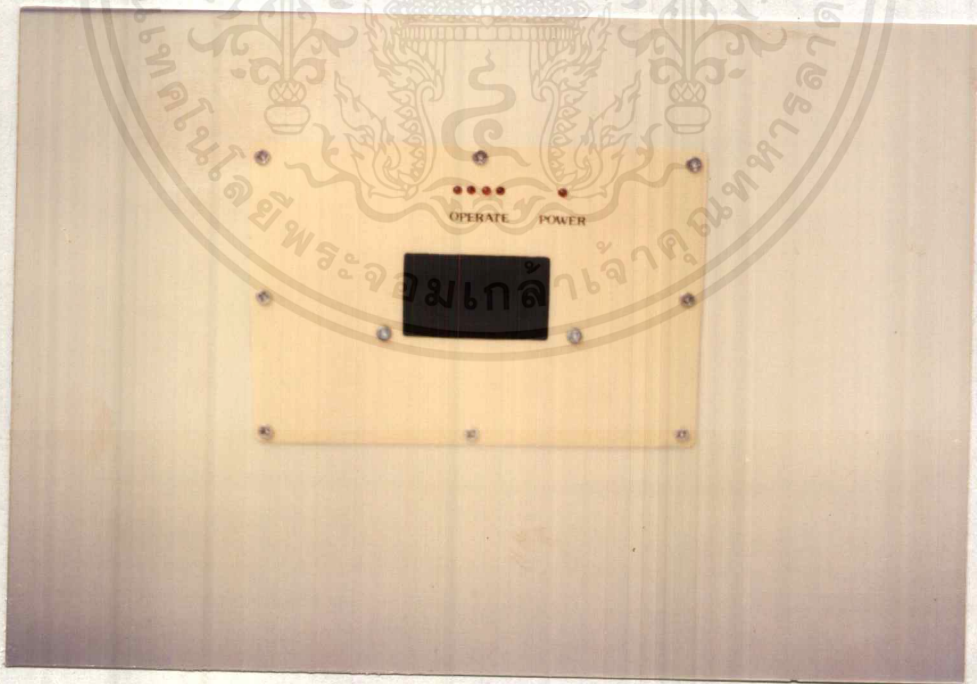


รูปที่ ก.8 หน้าปัทม์ชุดสวิตซ์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

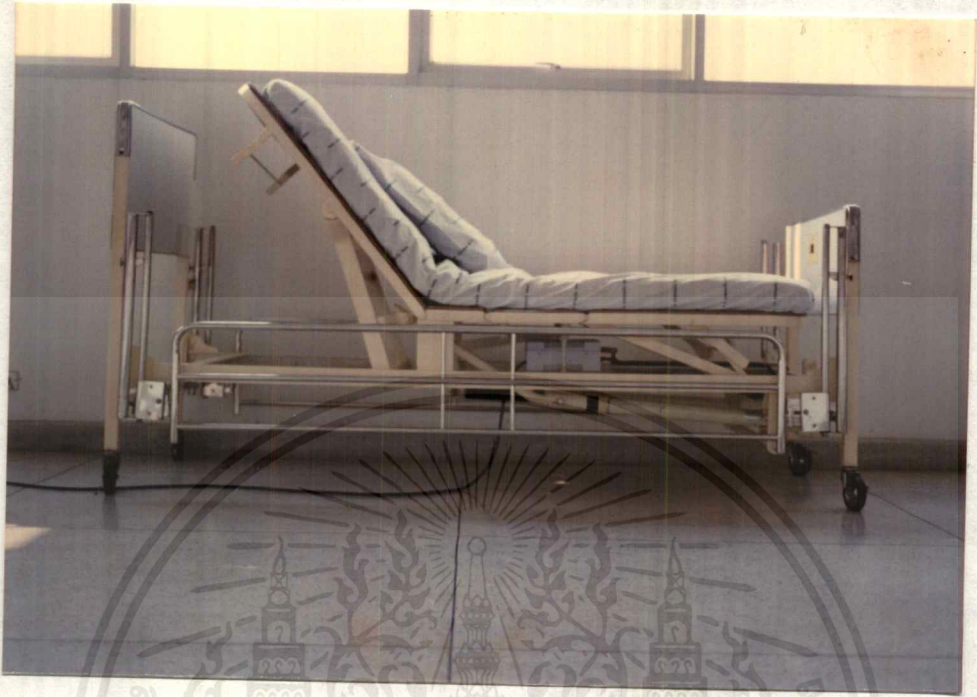


รูปที่ ก.9 เครื่องส่งรีโมตคอนโทรล



รูปที่ ก.10 หน้าปัทม์เครื่องรับรีโมตคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

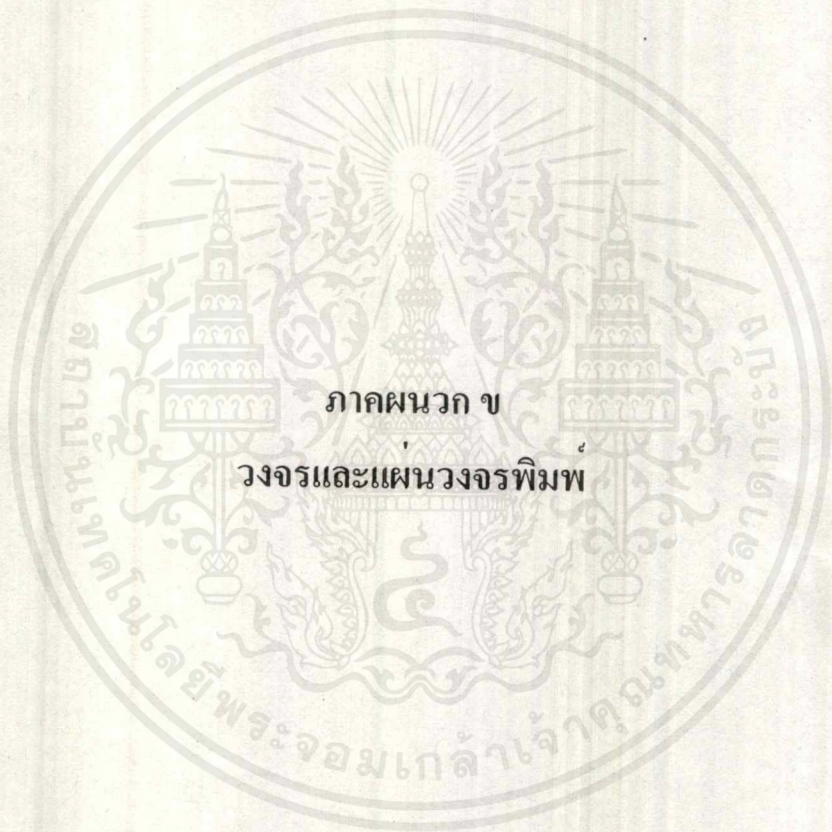


รูปที่ ก.11 ลักษณะการควบคุมเตียงส่วนบนขึ้น ลง

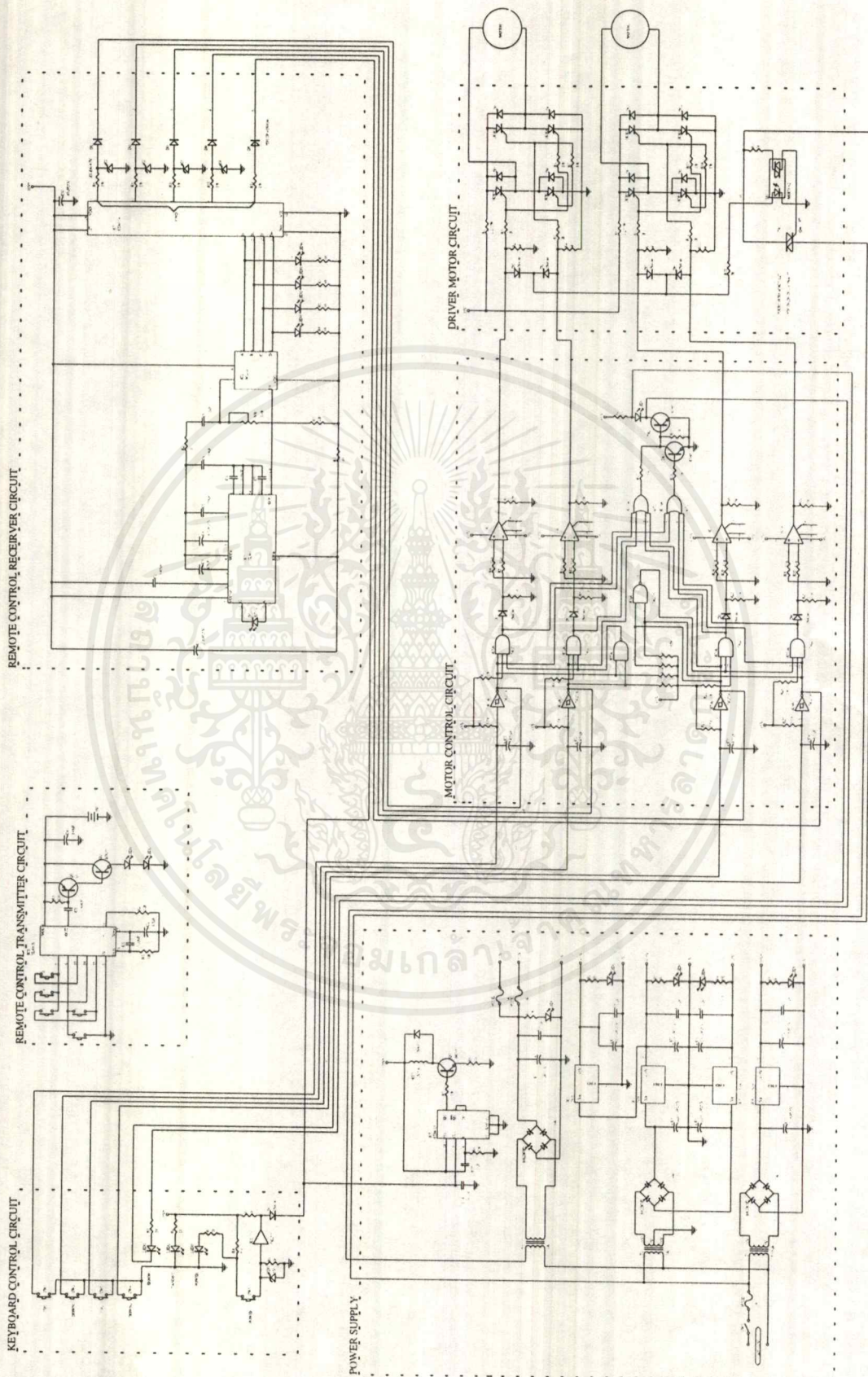


รูปที่ ก.12 ลักษณะการควบคุมเตียงส่วนล่างขึ้น ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

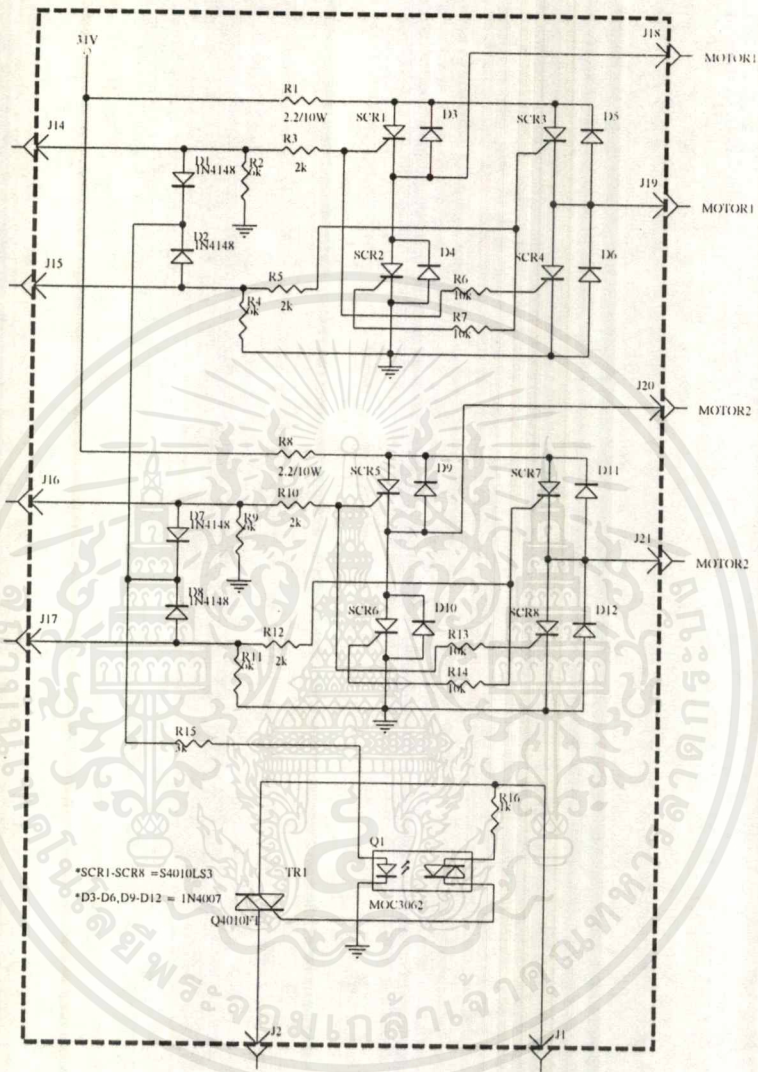


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



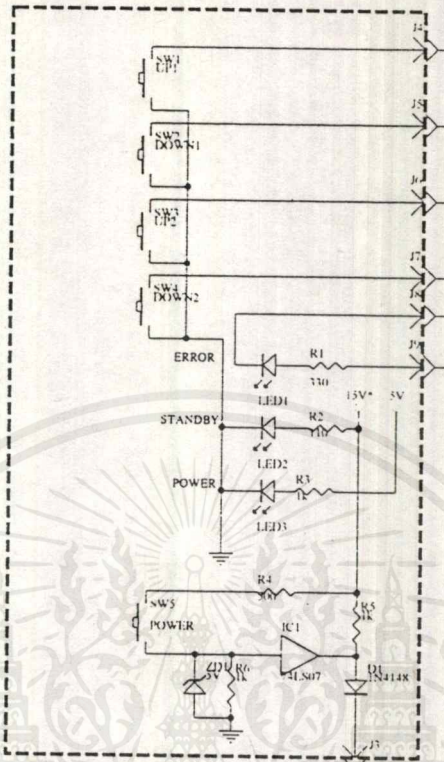
รูปที่ ๑.๑ วงจรรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

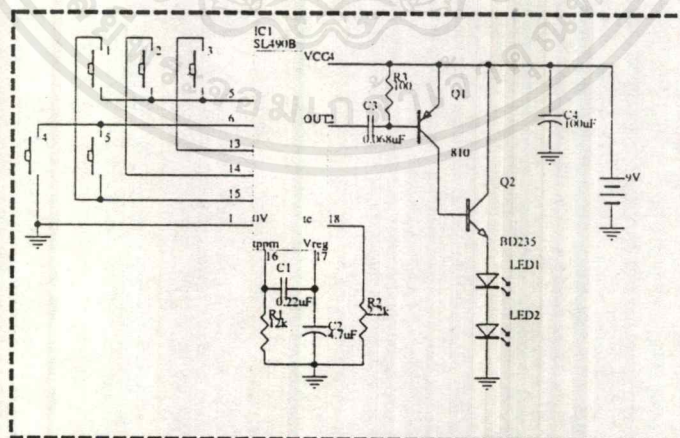


รูปที่ ๒.๒ วงจรควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

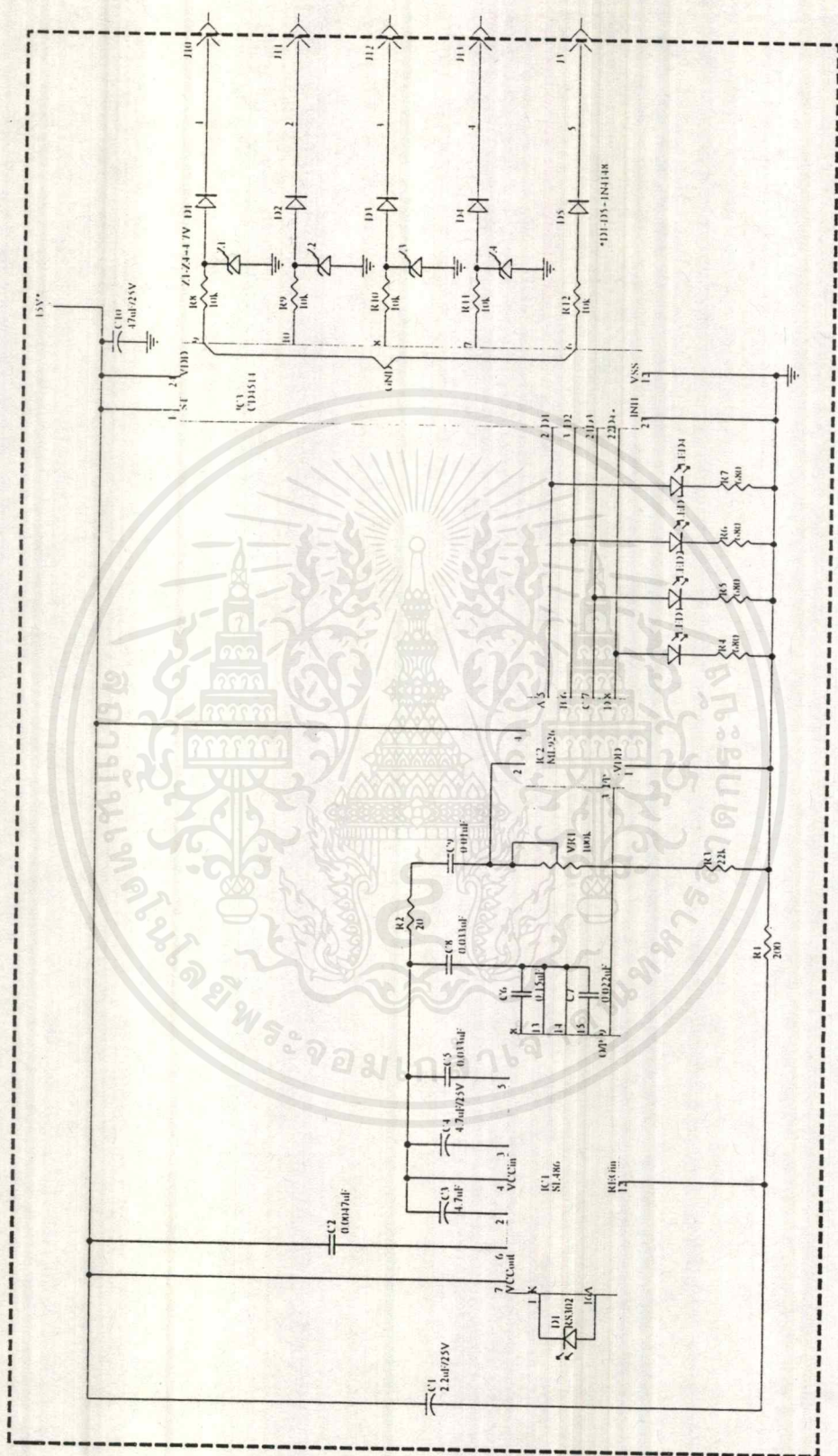


รูปที่ ๓.๓ วงจรสวิตช์ควบคุม



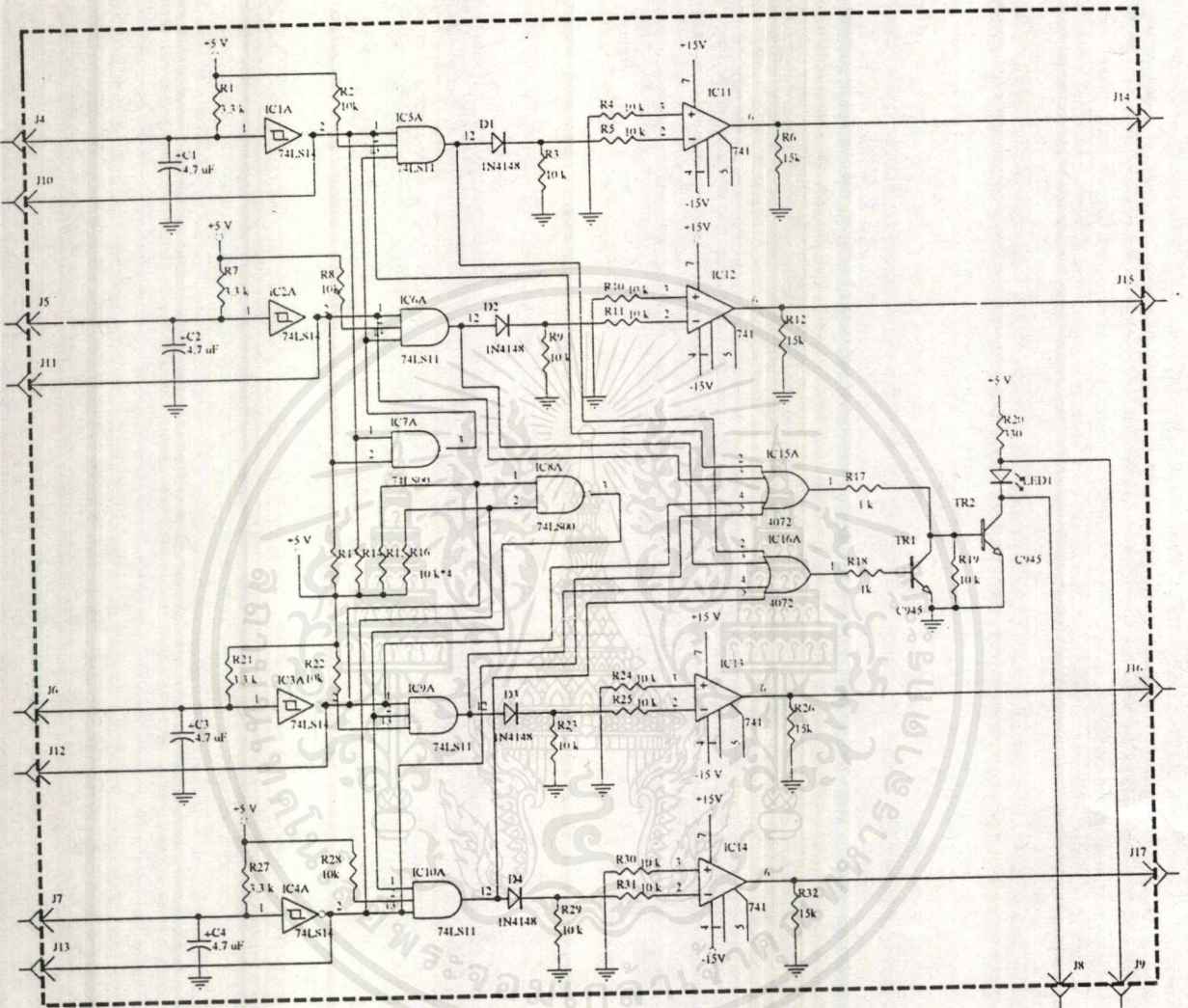
รูปที่ ๓.๔ วงจรภาคส่งระบบควบคุมระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



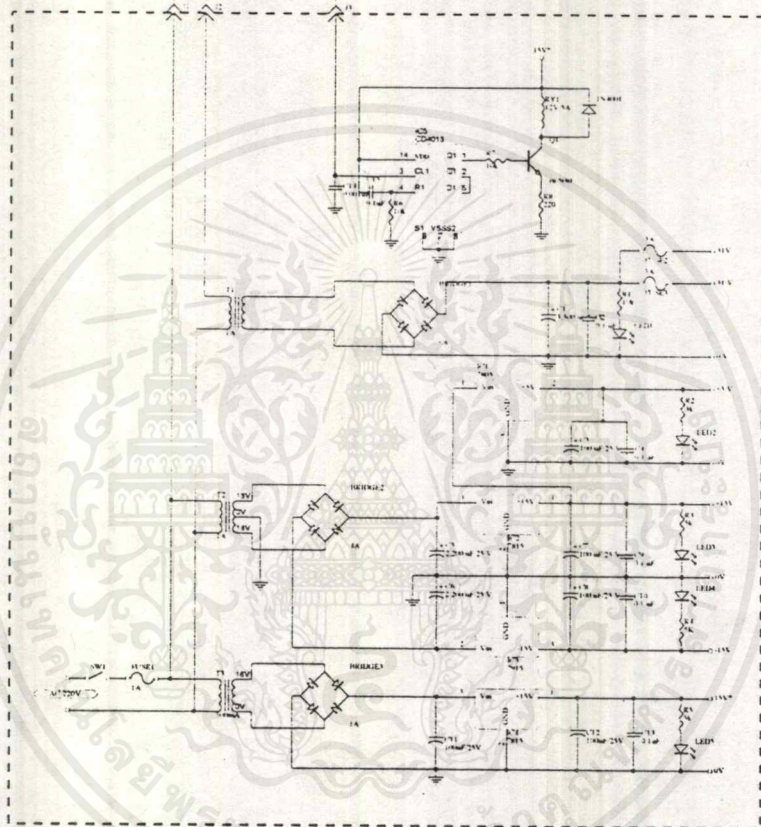
รูปที่ ๖.๕ วงจรภาครีระบบควบคุมระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



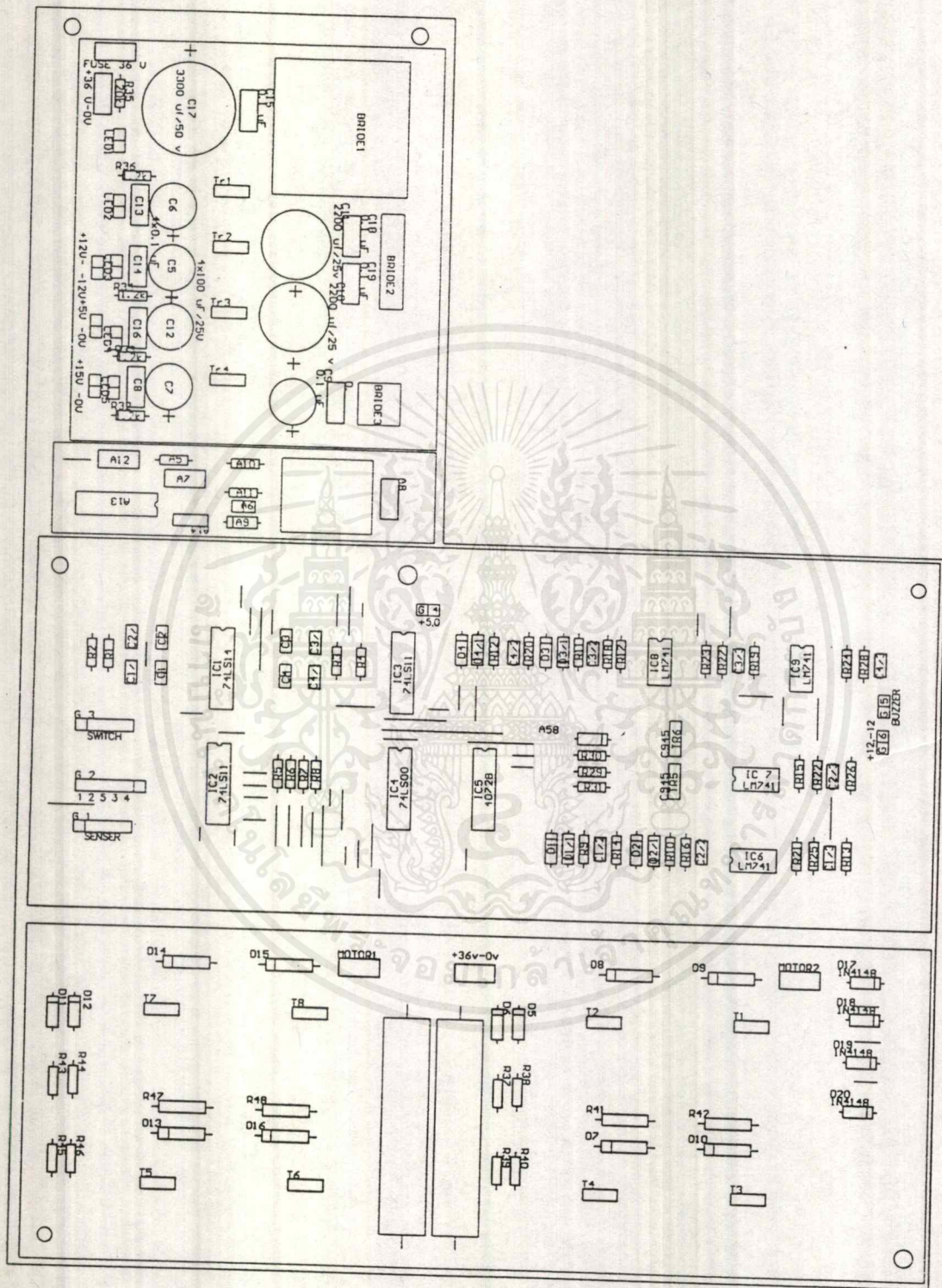
รูปที่ ๖ วงจรขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



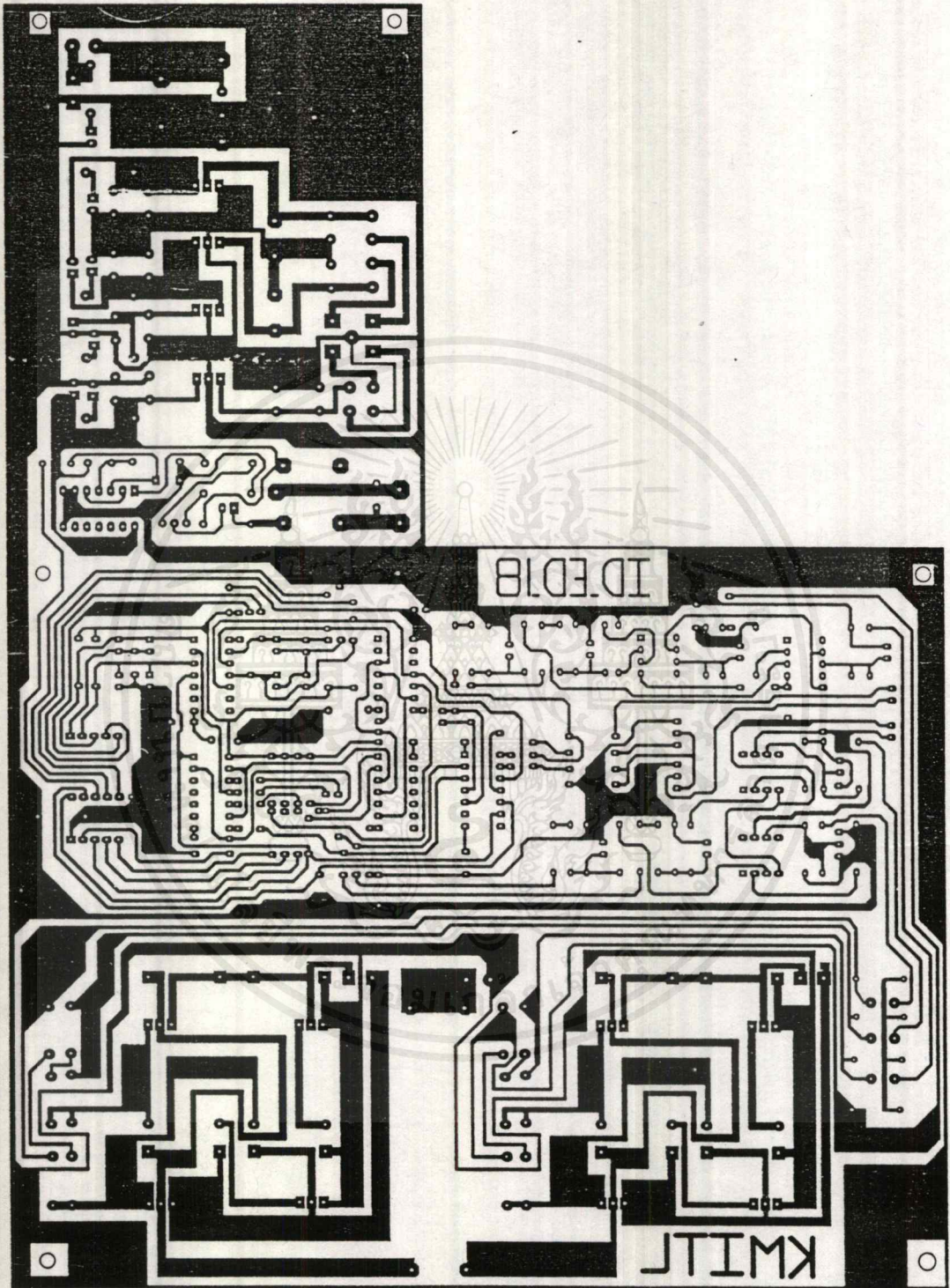
รูปที่๗.7 วงจรภาคจ่ายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



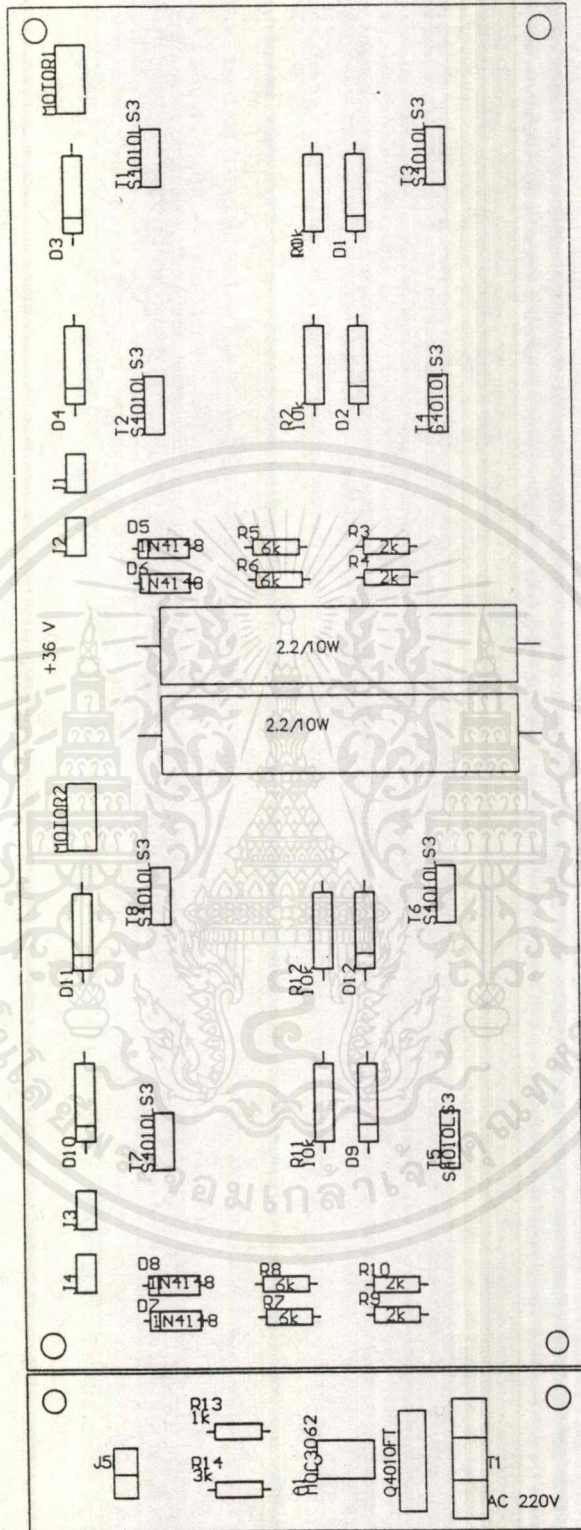
รูปที่ 8 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



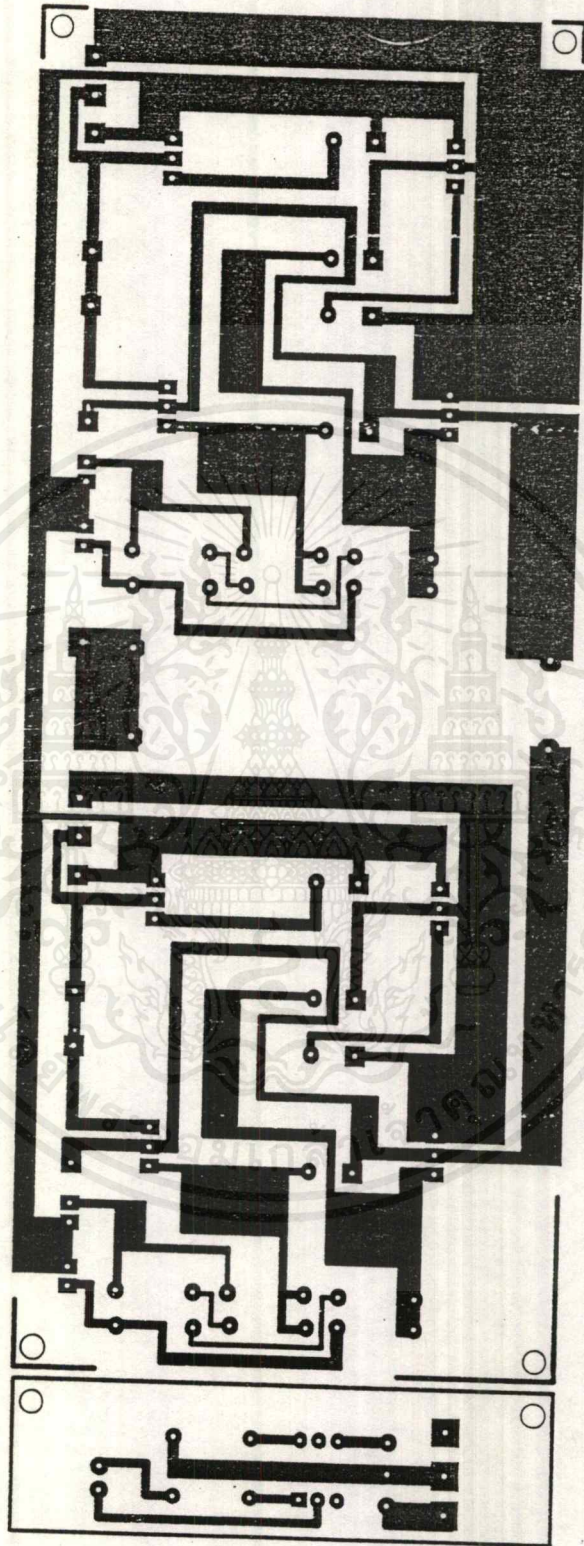
รูปที่ ๑.๙ ลายวงจรพิมพ์วงจรรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



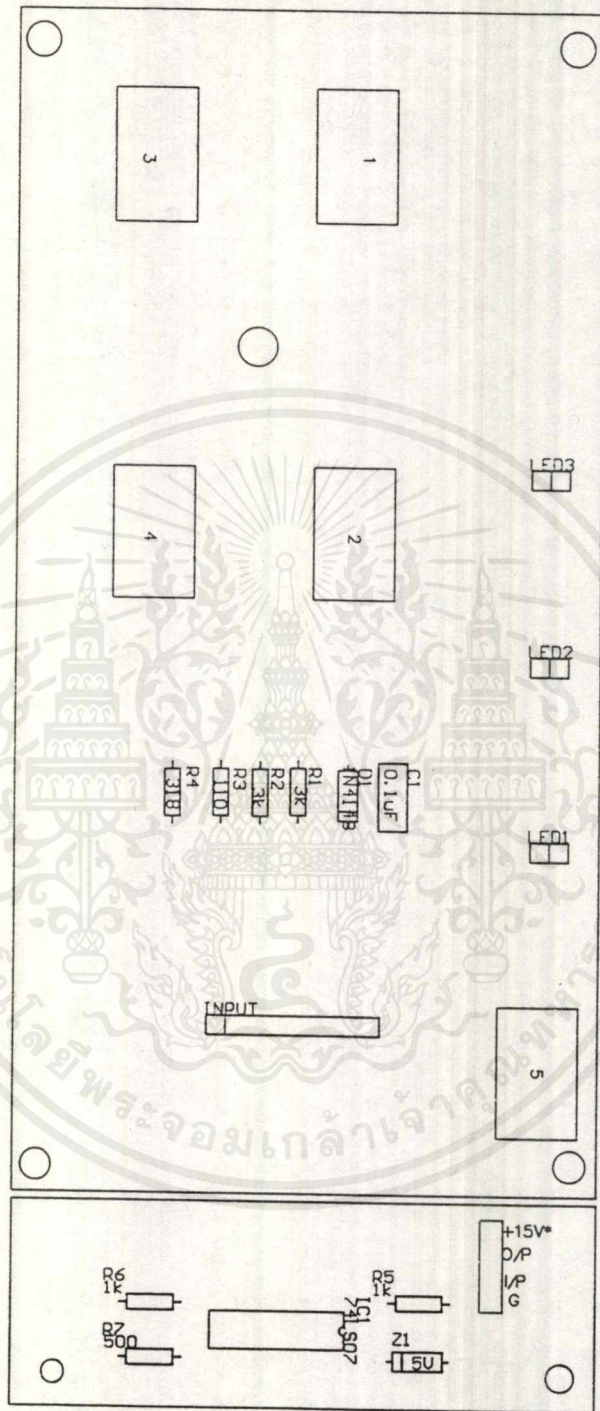
รูปที่ ๑.10 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



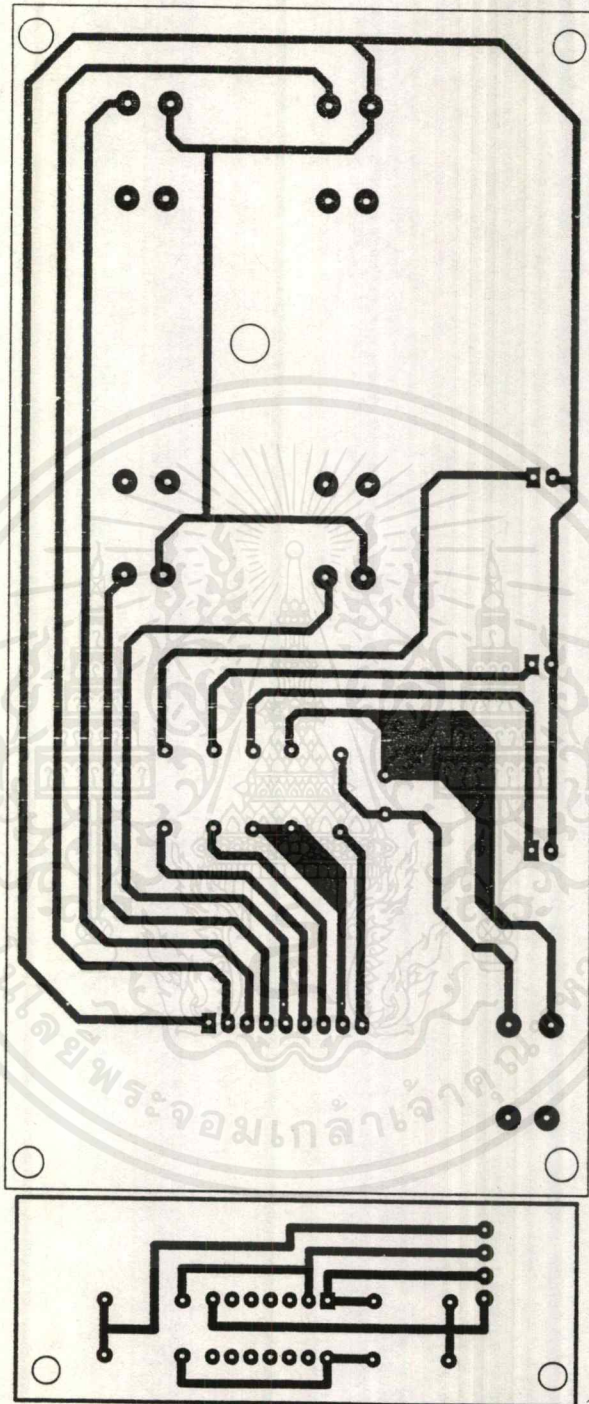
รูปที่๑.11 สายวงจรพิมพ์วงจรควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



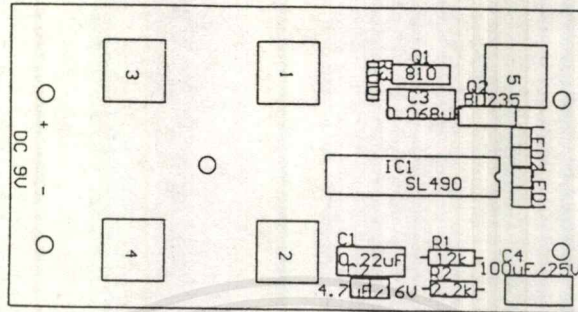
รูปที่ ๑.12 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรสวิตช์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

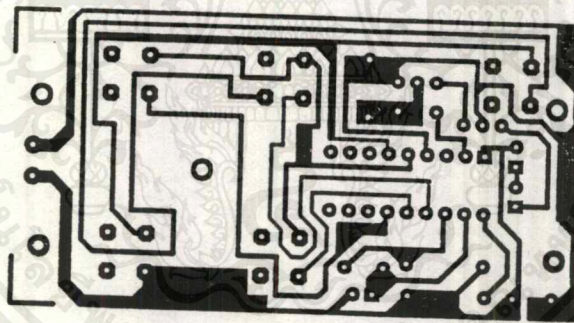


รูปที่ข.13 ลายวงจรพิมพ์วงจรสวิทช์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

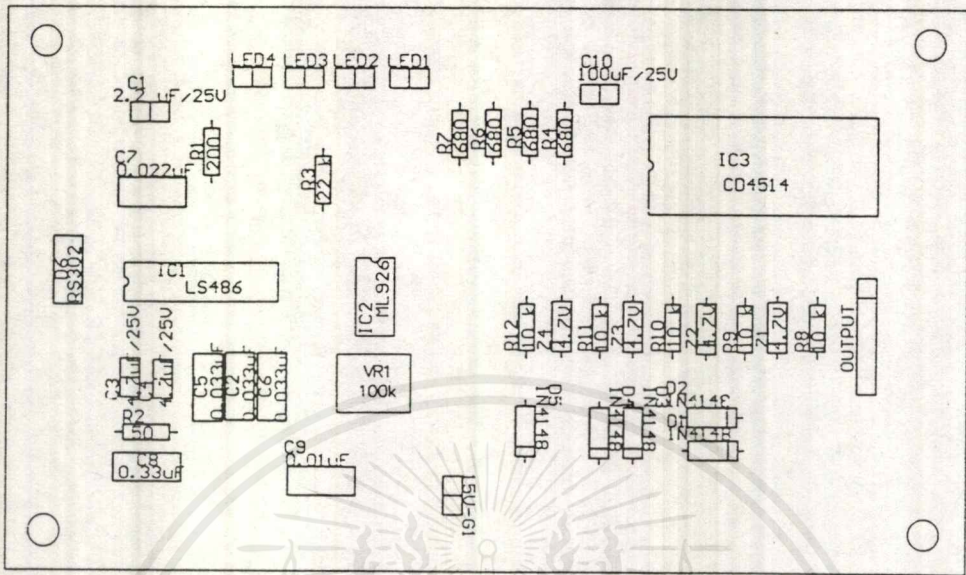


รูปที่ 14 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรภาคส่งระบบควบคุมระยะไกล

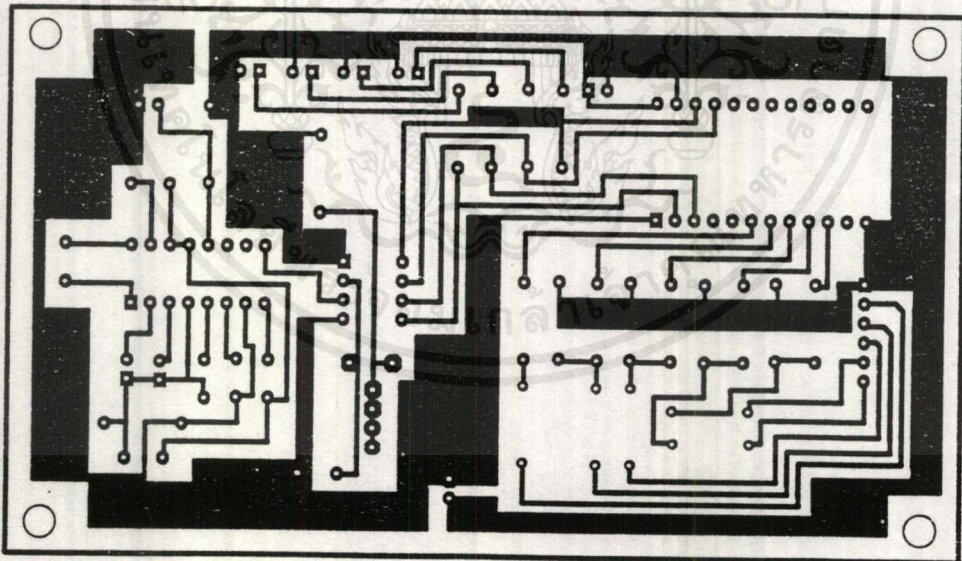


รูปที่ 15 ลายวงจรพิมพ์วงจรภาคส่งระบบควบคุมระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

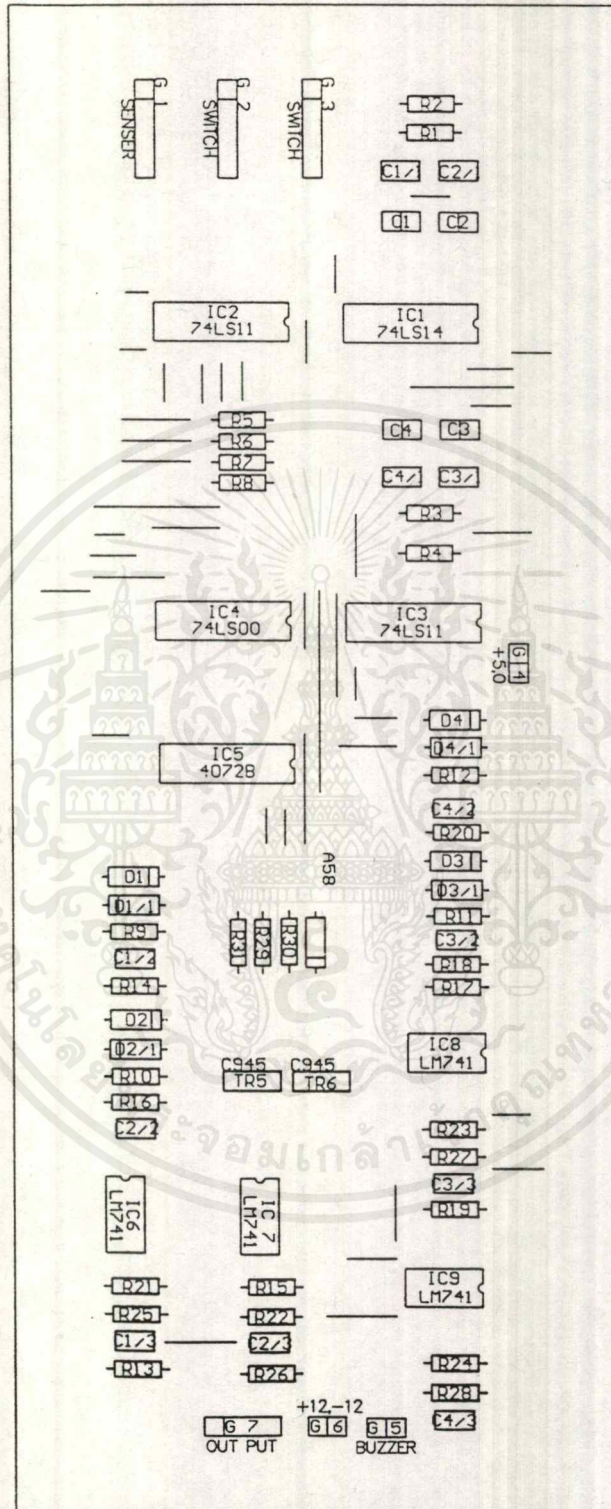


รูปที่ ๙.16 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรภาครับระบบควบคุมระยะไกล



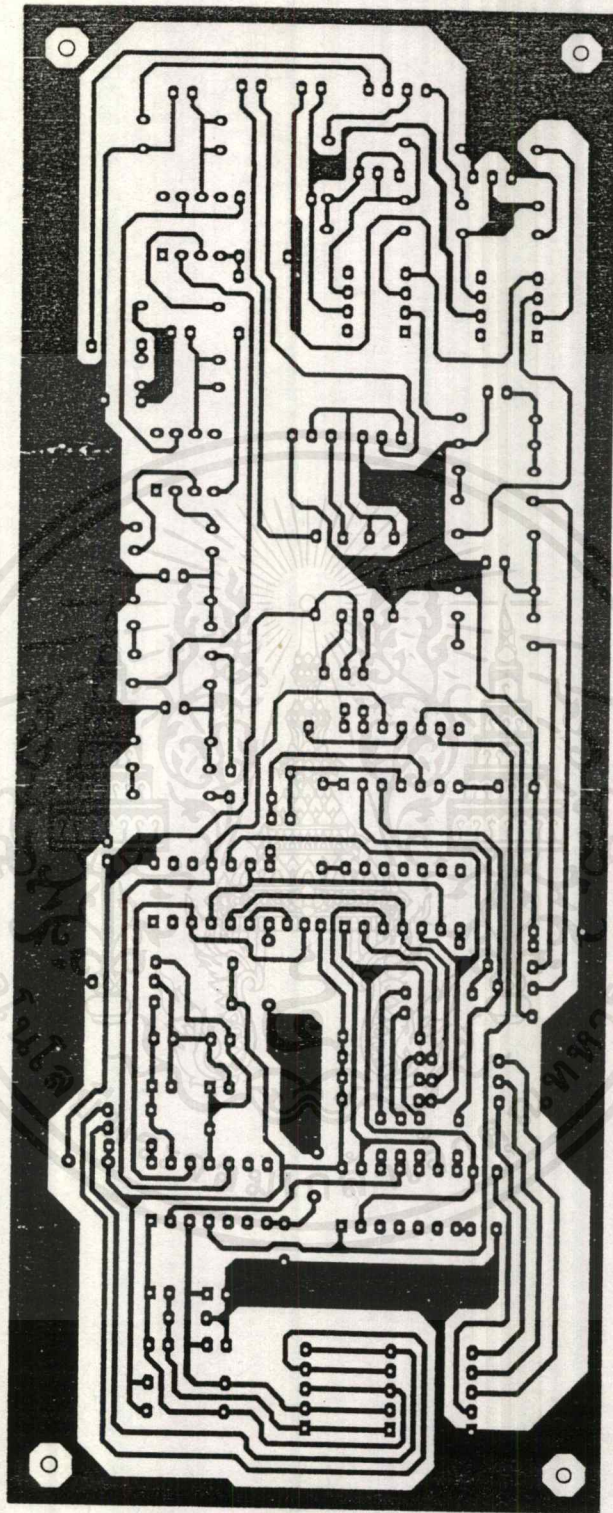
รูปที่ ๙.17 ลายวงจรพิมพ์วงจรภาครับระบบควบคุมระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



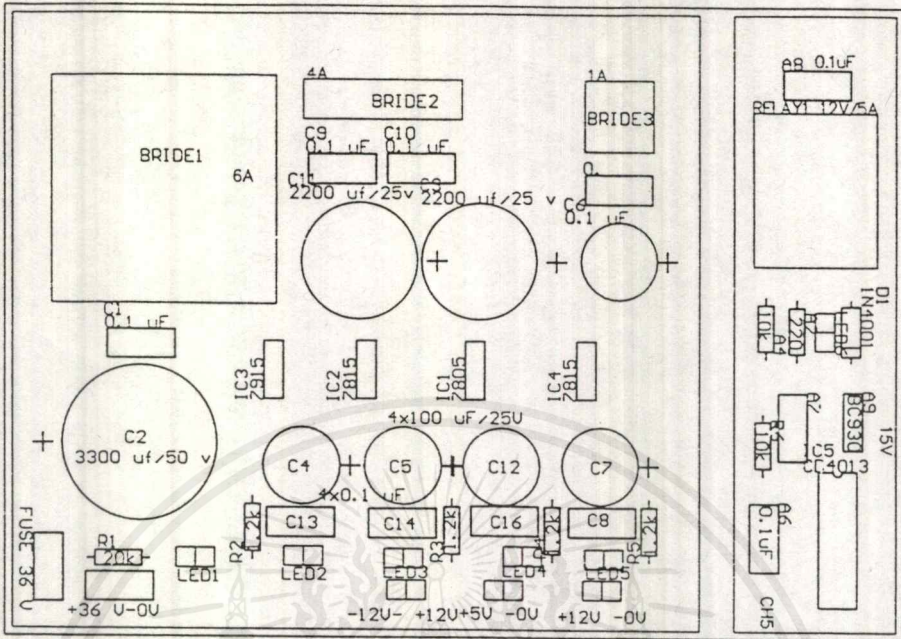
รูปที่ ๗.18 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

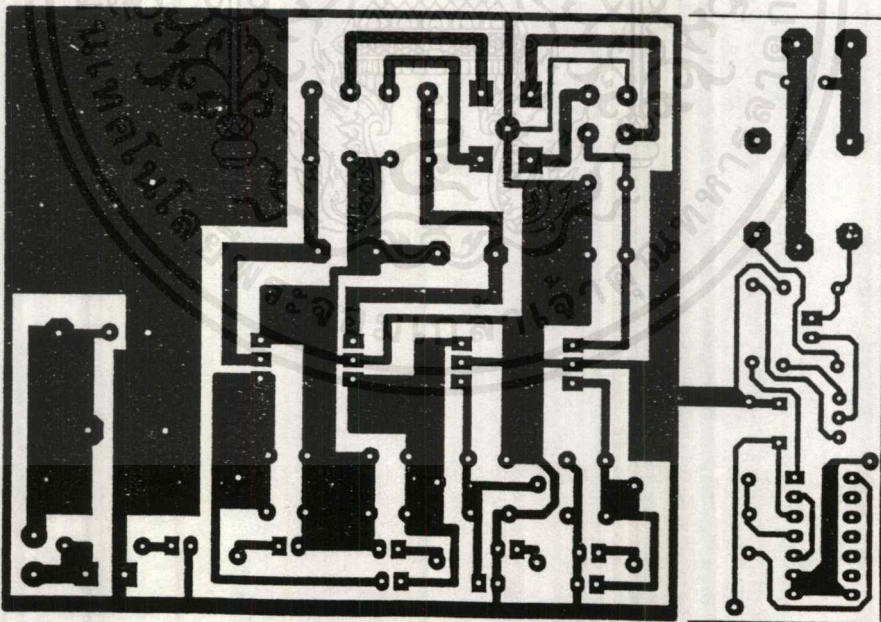


รูปที่ ๑.๑๙ ลายวงจรพิมพ์วงจรขั้วมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๒.20 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า



รูปที่ ๒.21 ลายวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก
รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์

วงจรภาคจ่ายไฟ

หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 18 V 1 A 1 ตัว

หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงขนาด ± 18 V 4 A 1 ตัว

หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 V 2 A 1 ตัว

ตัวต้านทาน (ทุกตัวขนาด $\frac{1}{4}$ วัตต์ $\pm 5\%$)R₁ 10 k Ω 1 ตัวR₂ 3 k Ω 1 ตัวR₃, R₄, R₅ 5 k Ω 3 ตัวR₆, R₇ 10 k Ω 2 ตัวR₉ 220 Ω 1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

C₁ 3,300 μ F 50 V อิเล็กโทรไลต์ 1 ตัวC₂ 0.1 μ F เซรามิก 1 ตัวC₃ 100 μ F 25 V อิเล็กโทรไลต์ 1 ตัวC₄ 0.1 μ F เซรามิก 1 ตัวC₅, C₆ 2,200 μ F 25V อิเล็กโทรไลต์ 2 ตัวC₇, C₈ 100 μ F 25 V เซรามิก 2 ตัวC₉ 0.1 μ F เซรามิก 1 ตัวC₁₀ 0.1 μ F เซรามิก 1 ตัวC₁₁, C₁₂ 100 μ F 25 V อิเล็กโทรไลต์ 2 ตัวC₁₂ 100 μ F 25 V อิเล็กโทรไลต์ 1 ตัวC₁₃ 0.1 μ F เซรามิก 1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไดโอดเรกติไฟร์แบบบริดจ์ขนาด 1 A 1 ชุด

ไดโอดเรกติไฟร์แบบบริดจ์ขนาด 4 A 1 ชุด

ไดโอดเรกติไฟร์แบบบริดจ์ขนาด 6 A 1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC ₁ 7808	1 ตัว
IC ₂ 7815	1 ตัว
IC ₃ 7915	1 ตัว
IC ₄ 7815	1 ตัว
LED ₁ - LED ₅	5 ตัว

อื่นๆ

Fuse ₁ ขนาด 1 A	1 ตัว
Fuse ₂ , Fuse ₃ ขนาด 3 A	2 ตัว

วงจรควบคุมมอเตอร์

ตัวต้านทาน (ทุกตัวขนาด $\frac{1}{4}$ วัตต์ $\pm 5\%$)

R ₁ 33 k Ω	1 ตัว
R ₂ 3.3 k Ω	1 ตัว
R ₃ - R ₅ 10 k Ω	3 ตัว
R ₆ 15 k Ω	1 ตัว
R ₇ 3.3 k Ω	1 ตัว
R ₈ - R ₁₁ 10 k Ω	4 ตัว
R ₁₂ 15 k Ω	1 ตัว
R ₁₃ - R ₁₆ 10 k Ω	4 ตัว
R ₁₇ - R ₁₈ 1 k Ω	2 ตัว
R ₁₉ 10 k Ω	1 ตัว
R ₂₀ 330 Ω	1 ตัว
R ₂₁ 3.3 k Ω	1 ตัว
R ₂₂ - R ₂₅ 10 k Ω	4 ตัว
R ₂₆ 15 k Ω	1 ตัว
R ₂₇ 3.3 k Ω	1 ตัว
R ₂₈ - R ₃₁ 10 k Ω	4 ตัว
R ₃₂ 15 k Ω	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเก็บประจุ

$C_1 - C_4$ 4.7 μF 50 V อิเล็กโทรไลต์ 4 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

$D_1 - D_4$ ไดโอด เบอร์ 1N4148 4 ตัว

IC_1 74LS14 1 ตัว

IC_2 74LS11 1 ตัว

IC_3 74LS00 1 ตัว

IC_4 74LS11 1 ตัว

$IC_5 - IC_8$ LM741 4 ตัว

IC_9 4072 1 ตัว

$TR_1 - TR_2$ C945 2 ตัว

วงจรมอเตอร์

ตัวต้านทานขนาด 10 วัตต์

R_1, R_8 2.2 Ω 2 ตัว

ตัวต้านทาน (ขนาด $\frac{1}{4}$ วัตต์ $\pm 5\%$)

R_2 1 k Ω 1 ตัว

R_3 2 k Ω 1 ตัว

R_4 6 k Ω 1 ตัว

R_5 2 k Ω 1 ตัว

$R_6 - R_7$ 10 k Ω 2 ตัว

R_9 6 k Ω 1 ตัว

R_{10} 2 k Ω 4 ตัว

R_{11} 6 k Ω 2 ตัว

R_{12} 2 k Ω 1 ตัว

$R_{13} - R_{14}$ 10k Ω 2 ตัว

R_{15} 3 k Ω 1 ตัว

R_{16} 1 k Ω 1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

$D_1 - D_2$ ไดโอด เบอร์ 1N4148	2 ตัว
$D_3 - D_6$ ไดโอด เบอร์ 1N4007	4 ตัว
D_7, D_8 ไดโอด เบอร์ 1N4148	2 ตัว
$D_9 - D_{12}$ ไดโอด เบอร์ 1N4007	4 ตัว
$SCR_1 - SCR_8$ S4010LS3	8 ตัว
TR_1 ไตรแอก Q4010FT	1 ตัว
Q_1 โฟโตไดโอด MOC3062	1 ตัว

วงจรสวิตช์ควบคุม

ตัวต้านทาน (ทุกตัวขนาด $\frac{1}{4}$ วัตต์ $\pm 5\%$)

R_1 330 Ω	1 ตัว
R_2 110 Ω	1 ตัว
R_3 1 k Ω	1 ตัว
R_4 500 Ω	1 ตัว
R_5 1 k Ω	1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

$LED_1 - LED_3$ ไดโอดเปล่งแสง	3 ตัว
ZD_1 ซีเนอร์ไดโอด	1 ตัว
D_1 ไดโอด เบอร์ 1N4148	1 ตัว

อื่นๆ

$S_1 - S_5$ สวิตช์กดติดปล่อยดับ	5 ตัว
---------------------------------	-------

วงจรควบคุมระยะไกล

ภาคส่ง

ตัวต้านทาน (ทุกตัวขนาด $\frac{1}{4}$ วัตต์ $\pm 5\%$)

R_1 12 k Ω	1 ตัว
R_2 2.2 k Ω	1 ตัว
R_3 100 Ω	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเก็บประจุ

C_1 0.22 μF 50 V โพลีเอสเตอร์	1 ตัว
C_2 4.7 μF 16 V อิเล็กโทรไลต์	1 ตัว
C_3 0.068 μF 50 V โพลีเอสเตอร์	1 ตัว
C_4 100 μF 16 V อิเล็กโทรไลต์	1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

IC_1 SL490B	1 ตัว
Q_1 BC557	1 ตัว
Q_2 BC235	1 ตัว
LED_1, LED_2 LEDอินฟราเรด	2 ตัว

ภาครับ

ตัวต้านทาน (ทุกตัวขนาด $\frac{1}{4}$ วัตต์ $\pm 5\%$)

R_1 200 Ω	1 ตัว
R_2 50 Ω	1 ตัว
R_3 22 k Ω	1 ตัว
R_4, R_5, R_6, R_7 680 Ω	4 ตัว
VR_1 เกือบมา 100 k Ω	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

C_1 0.22 μF 50 V อิเล็กโทรไลต์	1 ตัว
C_2 0.0047 μF โพลีเอสเตอร์	1 ตัว
C_3 4.7 μF 25 V โพลีเอสเตอร์	1 ตัว
C_4 47 μF 25 V อิเล็กโทรไลต์	1 ตัว
C_5 0.0033 μF 63 V โพลีเอสเตอร์	1 ตัว
C_6 0.15 μF 63 V โพลีเอสเตอร์	1 ตัว
C_7 0.022 μF 63 V โพลีเอสเตอร์	1 ตัว
C_8 0.33 μF 63 V โพลีเอสเตอร์	1 ตัว
C_9 0.01 μF 63 V โพลีเอสเตอร์	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C ₁₀ 1002 μ F 25 V โพลีเอสเตอร์	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	
IC ₁ SL486	1 ตัว
IC ₂ ML926	1 ตัว
IC ₃ CD4514	1 ตัว
D ₁ RS302 ตัวรับอินฟราเรด	1 ตัว
LED ₁ - LED ₄ ไดโอดเปล่งแสง	4 ตัว





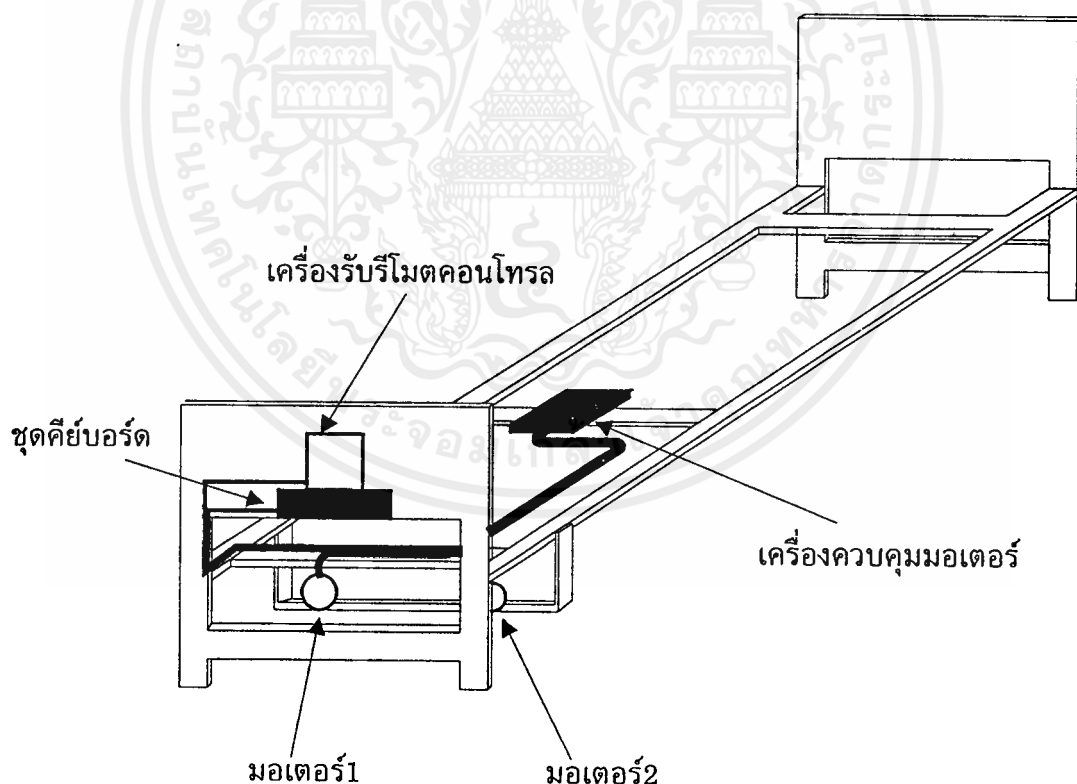
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ

เตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติที่สร้างขึ้นสำหรับโครงการนี้ ได้ถูกออกแบบให้มีความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งในการควบคุมการปรับระดับของเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ ทำได้โดยเลือกกดปุ่มจากสวิทช์ควบคุมที่ติดอยู่กับเตียง วิธีนี้จะเหมาะสำหรับแพทย์ พยาบาล และผู้ดูแลคนป่วย หรือควบคุมโดยใช้รีโมตคอนโทรลซึ่งคนไข้ก็สามารถใช้งานได้เองขณะที่นอนอยู่บนเตียง หรือเคลื่อนย้ายรีโมตคอนโทรลไปควบคุมในบริเวณใกล้ๆ กับเตียงได้โดยอัตโนมัติ

วิธีการใช้งานส่วนต่างๆ ของระบบควบคุมเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ

เตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมดังต่อไปนี้ เครื่องควบคุมมอเตอร์, ชุดสวิทช์ควบคุม และ ชุดระบบรับส่งระยะไกลดังในรูปที่ ง.1 ซึ่งจะบอกตำแหน่งของชุดควบคุมต่างๆ ที่ติดตั้งไว้บนเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ

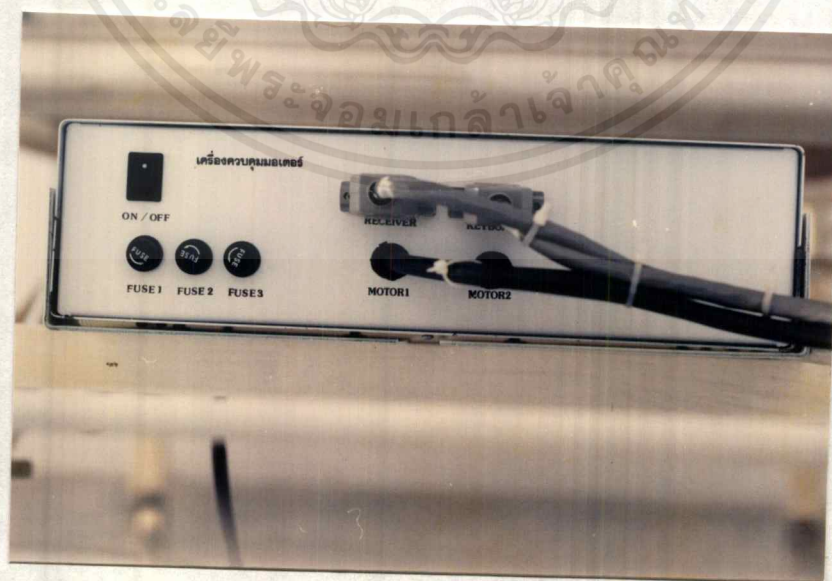


รูปที่ ง.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ

เครื่องควบคุมมอเตอร์

ส่วนของเครื่องควบคุมมอเตอร์ เป็นอุปกรณ์สำคัญในการควบคุมเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ เครื่องควบคุมมอเตอร์นี้ประกอบด้วยปุ่มควบคุม และจุดต่อใช้งานต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. สวิตช์เปิดปิดเครื่อง (ON/OFF) ใช้ในการเปิดเครื่องและปิดเครื่อง โดยเมื่อต้องการให้เครื่องควบคุมมอเตอร์ทำงานก็กดสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง “ON” เพื่อเป็นการเปิดเครื่องให้พร้อมทำงาน เมื่อต้องการปิดเครื่องก็กดสวิตช์นี้ไปที่ตำแหน่ง “OFF” เครื่องก็จะหยุดทำงาน สวิตช์เปิดปิดเครื่องนี้จะอยู่ที่ด้านหน้าของเครื่องควบคุมมอเตอร์
2. จุดต่อภาครับรีโมตคอนโทรล (RECEIVER) เป็นจุดที่ต่ออยู่กับวงจรเครื่องรับรีโมตคอนโทรลกับเครื่องควบคุมมอเตอร์ จุดนี้จะอยู่ที่ด้านหน้าของเครื่องควบคุมมอเตอร์
3. จุดต่อภาคสวิตซ์ควบคุม (KEYBOARD) เป็นจุดที่ต่ออยู่กับวงจรชุดสวิตซ์ควบคุมกับเครื่องควบคุมมอเตอร์ จุดนี้จะอยู่ที่ด้านหน้าของเครื่องควบคุมมอเตอร์
4. จุดต่อมอเตอร์ (MOTOR1, MOTOR2) เป็นจุดที่ต่อจากเครื่องควบคุมมอเตอร์ไปควบคุมมอเตอร์ทั้งสองตัว จุดนี้จะอยู่ที่ด้านหน้าของเครื่องควบคุมมอเตอร์
5. จุด FUSE₁, FUSE₂ และ FUSE₃ เป็นจุดใส่ฟิวส์ขนาด 220 โวลต์ 3 แอมแปร์ จุดนี้จะอยู่ด้านหน้าของเครื่องควบคุมมอเตอร์
6. จุดต่อไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นจุดที่ใส่ต่อไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เข้าเครื่องควบคุมมอเตอร์ จุดนี้จะอยู่ที่ด้านหลังของเครื่องควบคุมมอเตอร์



รูปที่ 2 หน้าปัทม์ของเครื่องควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดสวิตช์ควบคุม

ชุดสวิตช์ควบคุมเป็นชุดที่ใช้ในการควบคุมการปรับระดับของเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ หน้าปัทม์ของชุดสวิตช์ควบคุมประกอบด้วยปุ่มควบคุม และจุดแสดงผลต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. สวิตช์ เปิด/ปิด ใช้เปิดเครื่องและปิดเครื่องชุดสวิตช์ควบคุม โดยกดหนึ่งครั้งเมื่อต้องการเปิดเครื่อง และกดซ้ำอีกครั้งเมื่อต้องการปิดเครื่อง

2. จุดแสดงผลการเปิดปิดเครื่อง POWER เป็นไดโอดเปล่งแสงแสดงการกดสวิตช์เปิด/ปิดเครื่องของชุดสวิตช์ควบคุม หรือชุดส่งระบบควบคุมระยะไกล โดยถ้าเปิดเครื่องชุดใดชุดหนึ่ง ไดโอดเปล่งแสงนี้จะสว่าง แต่ถ้าปิดเครื่องชุดใดชุดหนึ่ง ไดโอดเปล่งแสงนี้จะดับ

3. จุดแสดงผลความผิดพลาด (ERROR) เป็นไดโอดเปล่งแสงแสดงการกดผิดพลาด จุดนี้จะเปล่งแสงเมื่อมีการกดสวิตช์ปรับระดับเตียงส่วนบนขึ้น - ลงพร้อมกันทั้ง 2 ปุ่ม หรือเมื่อมีการกดสวิตช์ปรับระดับเตียงส่วนล่างขึ้น - ลงพร้อมกันทั้ง 2 ปุ่ม

4. จุดแสดงผลการพร้อมทำงาน (STANDBY) เป็นไดโอดเปล่งแสงแสดงการพร้อมทำงาน ไดโอดเปล่งแสงนี้จะสว่างเมื่อมีการกดสวิตช์เปิดปิดเครื่องที่เครื่องควบคุมมอเตอร์ไปที่ตำแหน่ง ON

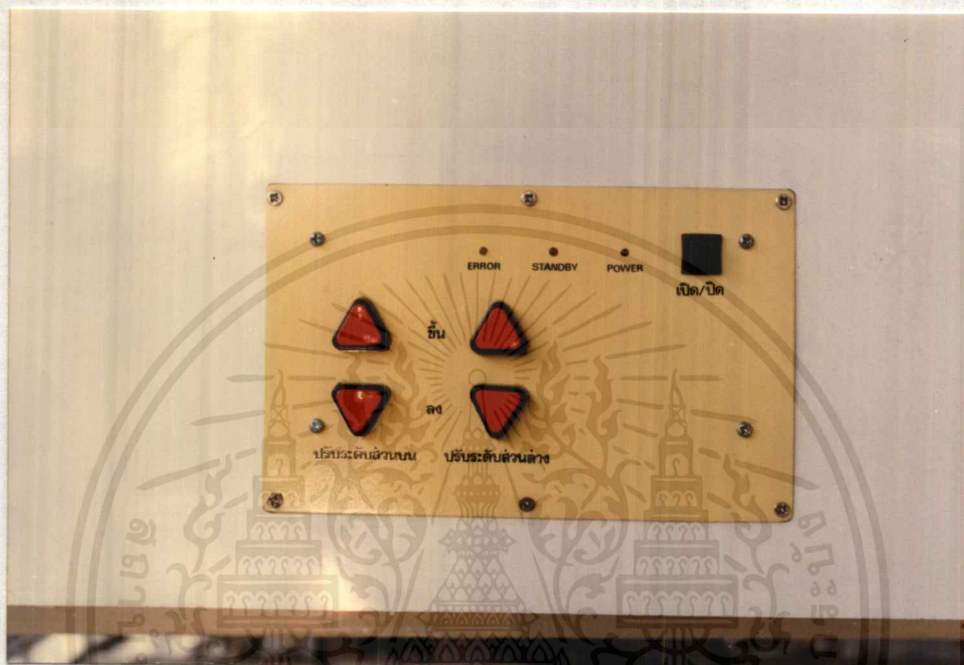
5. ปุ่มปรับระดับเตียงขึ้นลง เป็นปุ่มที่ใช้ปรับระดับเตียงให้ขึ้นลงตามต้องการ ซึ่งมี ทั้งหมด 4 ปุ่มคือ ปรับระดับเตียงส่วนบนขึ้น - ลง 2 ปุ่ม และ ปรับระดับเตียงส่วนล่างขึ้น - ลง 2 ปุ่ม โดยสามารถแยกอธิบายแต่ละปุ่มได้ดังต่อไปนี้

- ถ้ากดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนขึ้น เตียงส่วนบนก็จะปรับระดับสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อยปุ่มนี้ ถ้ากดปุ่มนี้ค้างไว้จนเตียงปรับระดับขึ้นสูงสุดวงจรก็จะตัด กดต่อไปเตียงก็ จะไม่สูงขึ้นอีกแล้ว

- ถ้ากดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนลง เตียงส่วนบนก็จะปรับระดับต่ำลงเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อยปุ่มนี้ ถ้ากดปุ่มนี้ค้างไว้จนเตียงปรับระดับลงสูงสุดวงจรก็จะตัด กดต่อไปเตียงก็ จะไม่ลดระดับลงอีกแล้ว

- ถ้ากดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนล่างขึ้น เตียงส่วนล่างก็จะปรับระดับสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อยปุ่มนี้ ถ้ากดปุ่มนี้ค้างไว้จนเตียงปรับระดับขึ้นสูงสุดวงจรก็จะตัด กดต่อไปเตียงก็ จะไม่สูงขึ้นอีกแล้ว

- ถ้ากดปุ่มปรับระดับเสียงส่วนล่างลง เสียงส่วนล่างก็จะปรับระดับต่ำลงเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อยปุ่มนี้ ถ้ากดปุ่มนี้ค้างไว้นานเสียงปรับระดับลงสูงสุดวงจรก็จะตัด กัดต่อไปเสียงก็จะไม่ลดระดับลงอีกแล้ว



รูปที่ 3.3 หน้าปัทม์ของชุดสวิตซ์ควบคุม

ชุดรับส่งระบบควบคุมระยะไกล

ชุดรับส่งระบบควบคุมระยะไกลแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วนคือ

1. ชุดรับระบบควบคุมระยะไกล

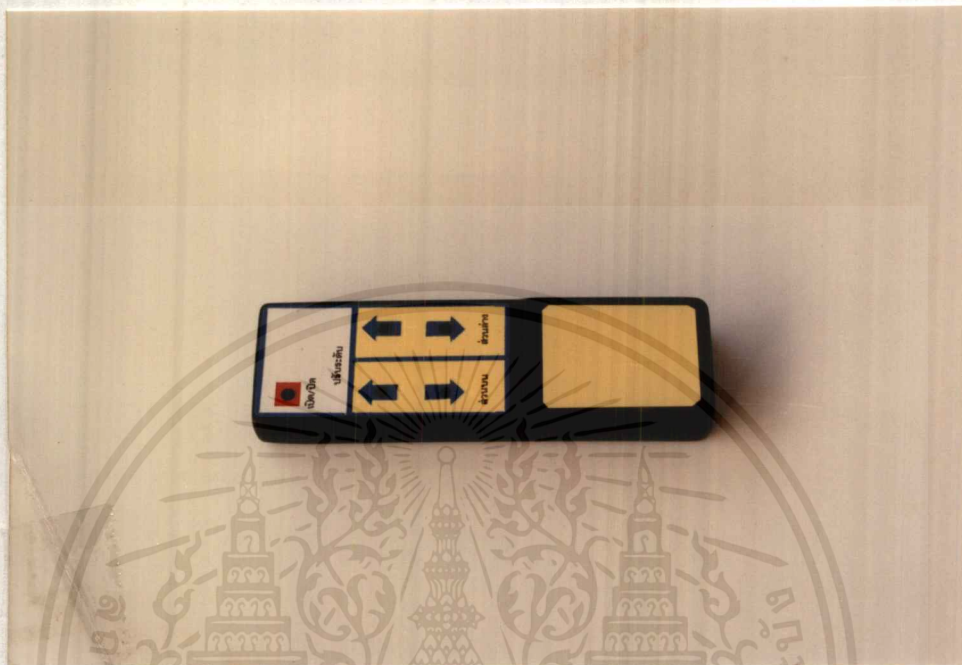
หน้าปัทม์ของชุดรับระบบควบคุมระยะไกลจะประกอบด้วยปุ่มควบคุม และจุดแสดงผลต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. จุดแสดงผลการเปิดปิดเครื่อง (POWER) เป็นไดโอดเปล่งแสงแสดงผลการกดปุ่มเปิด/ปิดเครื่องที่ชุดส่งระบบควบคุมระยะไกล หรือ ชุดสวิตซ์ควบคุม โดยถ้ากดปุ่มเพื่อเปิดเครื่องของชุดใดชุดหนึ่ง จากทั้งสองชุดที่กล่าวมา ไดโอดเปล่งแสงนี้ก็สว่าง แต่ถ้าปิดเครื่องชุดใดก็ตามไดโอดเปล่งแสงก็จะดับ

2. จุดแสดงผลการกดปุ่มปรับระดับเสียงของชุดส่งระบบควบคุมระยะไกล (OPERATE) เป็นไดโอดเปล่งแสงแสดงผลการกดปุ่มปรับระดับของชุดส่งระบบควบคุมระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไกล โดยไดโอดนี้จะสว่างเมื่อมีการกดปุ่มปรับระดับเตียง จากชุดส่งระบบควบคุมระยะไกล แต่ถ้าไม่มีการกด ไดโอดนี้ก็จะดับ



รูปที่ ง.4 หน้าปัทม์ของชุดรับระบบควบคุมระยะไกล

2. ชุดส่งระบบควบคุมระยะไกล

หน้าปัทม์ของชุดส่งระบบควบคุมระยะไกลประกอบด้วยปุ่มควบคุมต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ปุ่มเปิด/ปิด ใช้เปิดปิดระบบควบคุมระยะไกล เมื่อกดปุ่มนี้จุด POWER ซึ่งเป็นไดโอดเปล่งแสงที่อยู่หน้าปัทม์ของชุดรับระบบควบคุมระยะไกลจะเปล่งแสงออกมา

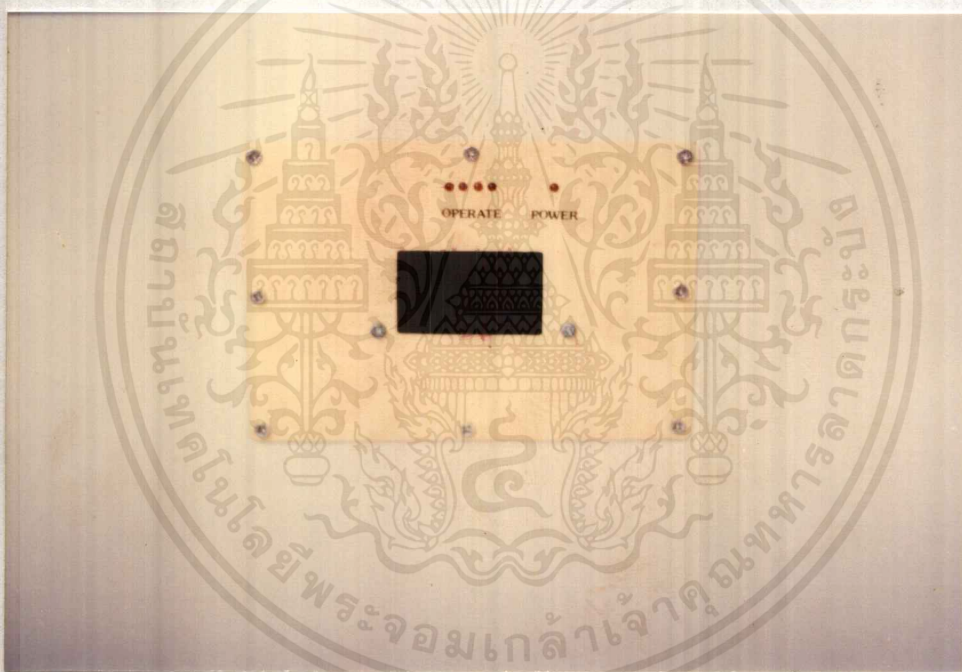
2. ปุ่มปรับระดับขึ้นลงเป็นปุ่มที่ใช้ปรับระดับเตียงให้ขึ้นลงตามต้องการ ซึ่งมีทั้งหมด 4 ปุ่มคือ ปรับระดับส่วนบนขึ้น - ลง 2 ปุ่ม และ ปรับระดับส่วนล่าง ขึ้น - ลง 2 ปุ่ม โดยสามารถแยกอธิบายแต่ละปุ่มได้ดังต่อไปนี้

- ถ้ากดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนขึ้น เตียงส่วนบนก็จะปรับระดับสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อยปุ่มนี้ ถ้ากดปุ่มนี้ค้างไว้จนเตียงปรับระดับขึ้นสูงสุดวงจรก็จะตัด กดต่อไปเตียงก็จะไม่สูงขึ้นอีกแล้ว

- ถากคปุ้มปรับระดับเตียงส่วนบนลง เตียงส่วนบนก็จะปรับระดับต่ำลงเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อยปุ้มนี้ ถากคปุ้มนี้ค้างไวจนเตียงปรับระดับลงสูงสุดวงจรถึงจะตัด กคต่อไปเตียงก็จะไม่ลระดับลงอีกแล้ว

- ถากคปุ้มปรับระดับเตียงส่วนล่างขึ้น เตียงส่วนล่างก็จะปรับระดับสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อยปุ้มนี้ ถากคปุ้มนี้ค้างไวจนเตียงปรับระดับขึ้นสูงสุดวงจรถึงจะตัด กคต่อไปเตียงก็จะไม่สูงขึ้นอีกแล้ว

- ถากคปุ้มปรับระดับเตียงส่วนล่างลง เตียงส่วนล่างก็จะปรับระดับต่ำลงเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อยปุ้มนี้ ถากคปุ้มนี้ค้างไวจนเตียงปรับระดับลงสูงสุดวงจรถึงจะตัด กคต่อไปเตียงก็จะไม่ลระดับลงอีกแล้ว



รูปที่ ๓.5 หน้าปัทม์ของชุดร้ระบบควบคุมระยะไกล

ข้อควรระวังในการใช้เตียงผู้ปวยแบบอัตโนมัติ

1. ไม่ควรคปุ้มปรับระดับเตียงที่ชุดสวิตช์ควบคุม และชุดส่งระบบควบคุมระยะไกลขึ้นลงพร้อมกันมากกว่า 1 ปุ้ม
2. ไม่ควรปล่อยให้เด็กควบคุมเตียงโดยลำพัง
3. เตียงสามารถรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 200 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ
ราคาต้นทุนในการสร้างเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาต้นทุนในการสร้างเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ

ราคาอุปกรณ์ต่างๆ

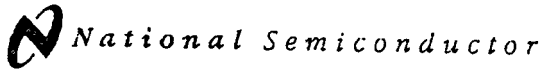
ชุดวงจรควบคุมระยะไกล	1 ชุด	700 บาท
ดีฟลิปฟลอป	1 ตัว	80 บาท
ไอซีเกดต่างๆ	5 ตัว	100 บาท
ออปแอมป์	4 ตัว	80 บาท
SCR	8 ตัว	640 บาท
ไทรแอก	1 ตัว	40 บาท
ออปโตไดแอก	1 ตัว	50 บาท
ไอซีเรกกูเลเตอร์	3 ตัว	80 บาท
รีเลย์	1 ตัว	50 บาท
หม้อแปลงไฟฟ้า	3 ตัว	500 บาท
คาปาซิเตอร์ทั้งหมด		300 บาท
รีซิสเตอร์ทั้งหมด		100 บาท
ไดโอดเปล่งแสงทั้งหมด		30 บาท
ไดโอดบริดจ์		100 บาท
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (แอกทูเอเตอร์มอเตอร์)	2 ตัว	8,650 บาท
อื่นๆ		500 บาท
รวมทั้งสิ้น		12,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ
รายละเอียดข้อมูลและคุณสมบัติอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



February 1988

CD4013BM/CD4013BC Dual D Flip-Flop

General Description

The CD4013B dual D flip-flop is a monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuit constructed with N- and P-channel enhancement mode transistors. Each flip-flop has independent data, set, reset, and clock inputs and "Q" and "Q̄" outputs. These devices can be used for shift register applications, and by connecting "Q̄" output to the data input, for counter and toggle applications. The logic level present at the "D" input is transferred to the Q output during the positive-going transition of the clock pulse. Setting or resetting is independent of the clock and is accomplished by a high level on the set or reset line respectively.

Features

- Wide supply voltage range
- High noise immunity
- Low power TTL compatibility

3.0V to 15V
0.45 V_{DD} (typ.)
fan out of 2 driving 74L
or 1 driving 74LS

Applications

- Automotive
- Data terminals
- Instrumentation
- Medical electronics
- Alarm system
- Industrial electronics
- Remote metering
- Computers

Connection Diagram



Truth Table

CL†	D	R	S	Q	Q̄
—	0	0	0	0	1
—	1	0	0	1	0
—	x	0	0	Q	Q̄
x	x	1	0	0	1
x	x	0	1	1	0
x	x	1	1	1	1

No change
† = Level change
x = Don't care case

CD4013BM/CD4013BC Dual D Flip-Flop

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

DC Supply Voltage (V_{DD}) -0.5 V_{DC} to +18 V_{DC}

Input Voltage (V_{IN}) -0.5 V_{DC} to V_{DD} +0.5 V_{DC}

Storage Temp. Range (T_S) -65°C to +150°C

Power Dissipation (P_D)

Dual-In-Line 700 mW

Small Outline 500 mW

Lead Temperature (T_L)

(Soldering, 10 seconds) 260°C

Recommended Operating Conditions (Note 2)

DC Supply Voltage (V_{DD}) +3 V_{DC} to +15 V_{DC}

Input Voltage (V_{IN}) 0 V_{DC} to V_{DD} V_{DC}

Operating Temperature Range (T_A)

CD4013BM -55°C to +125°C

CD4013BC -40°C to +85°C

DC Electrical Characteristics CD4013BM (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-55°C		+25°C			+125°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		1.0			1.0		30	μA
		$V_{DD} = 10V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		2.0			2.0		60	μA
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		4.0			4.0		120	μA
V_{OL}	Low Level Output Voltage	$ I_{OL} < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$		0.05			0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		0.05 0.05			0.05 0.05		0.05 0.05	V V
V_{OH}	High Level Output Voltage	$ I_{OH} < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95		4.95			V
		$V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$	9.95 14.95		9.95 14.95		9.95 14.95			V V
V_{IL}	Low Level Input Voltage	$ I_{IL} < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$ or 4.5V		1.5			1.5		1.5	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$ or 9.0V $V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$ or 13.5V		3.0 4.0			3.0 4.0		3.0 4.0	V V
V_{IH}	High Level Input Voltage	$ I_{IH} < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$ or 4.5V	3.5		3.5		3.5			V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$ or 9.0V $V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$ or 13.5V	7.0 11.0		7.0 11.0		7.0 11.0			V V
I_{OL}	Low Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.64		0.51	0.88		0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.6		1.3	2.25		0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	4.2		3.4	8.8		2.4		mA
I_{OH}	High Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$	-0.64		-0.51	-0.88		-0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.6		-1.3	-2.25		-0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-4.2		-3.4	-8.8		-2.4		mA
I_{IN}	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.1		10^{-5}	-0.1		-1.0	μA
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.1		10^{-5}	0.1		1.0	μA

DC Electrical Characteristics CD4013BC (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		4.0			4.0		30	μA
		$V_{DD} = 10V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		8.0			8.0		60	μA
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		16.0			16.0		120	μA
V_{OL}	Low Level Output Voltage	$ I_{OL} < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$		0.05			0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		0.05 0.05			0.05 0.05		0.05 0.05	V V
V_{OH}	High Level Output Voltage	$ I_{OH} < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95		4.95			V
		$V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$	9.95 14.95		9.95 14.95		9.95 14.95			V V
V_{IL}	Low Level Input Voltage	$ I_{IL} < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$ or 4.5V		1.5			1.5		1.5	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$ or 9.0V $V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$ or 13.5V		3.0 4.0			3.0 4.0		3.0 4.0	V V

DC Electrical Characteristics CD4013BC (Note 2) (Continued)										
Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
V_{IH}	High Level Input Voltage	$ I_O < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V \text{ or } 4.5V$	3.5		3.5			3.5		V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V \text{ or } 9.0V$	7.0		7.0			7.0		V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V \text{ or } 13.5V$	11.0		11.0			11.0		V
I_{OL}	Low Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.52		0.44	0.88		0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.3		1.1	2.25		0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	3.6		3.0	8.8		2.4		mA
I_{OH}	High Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$	-0.52		-0.44	-0.88		-0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.3		-1.1	-2.25		-0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-3.6		-3.0	-8.8		-2.4		mA
I_{IN}	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$ $V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		-0.3 0.3		-10^{-5} 10^{-5}	-0.3 0.3		-1.0 1.0	μA

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed, they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The tables of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provide conditions for actual device operation.

Note 2: $V_{SS} = 0V$ unless otherwise specified.

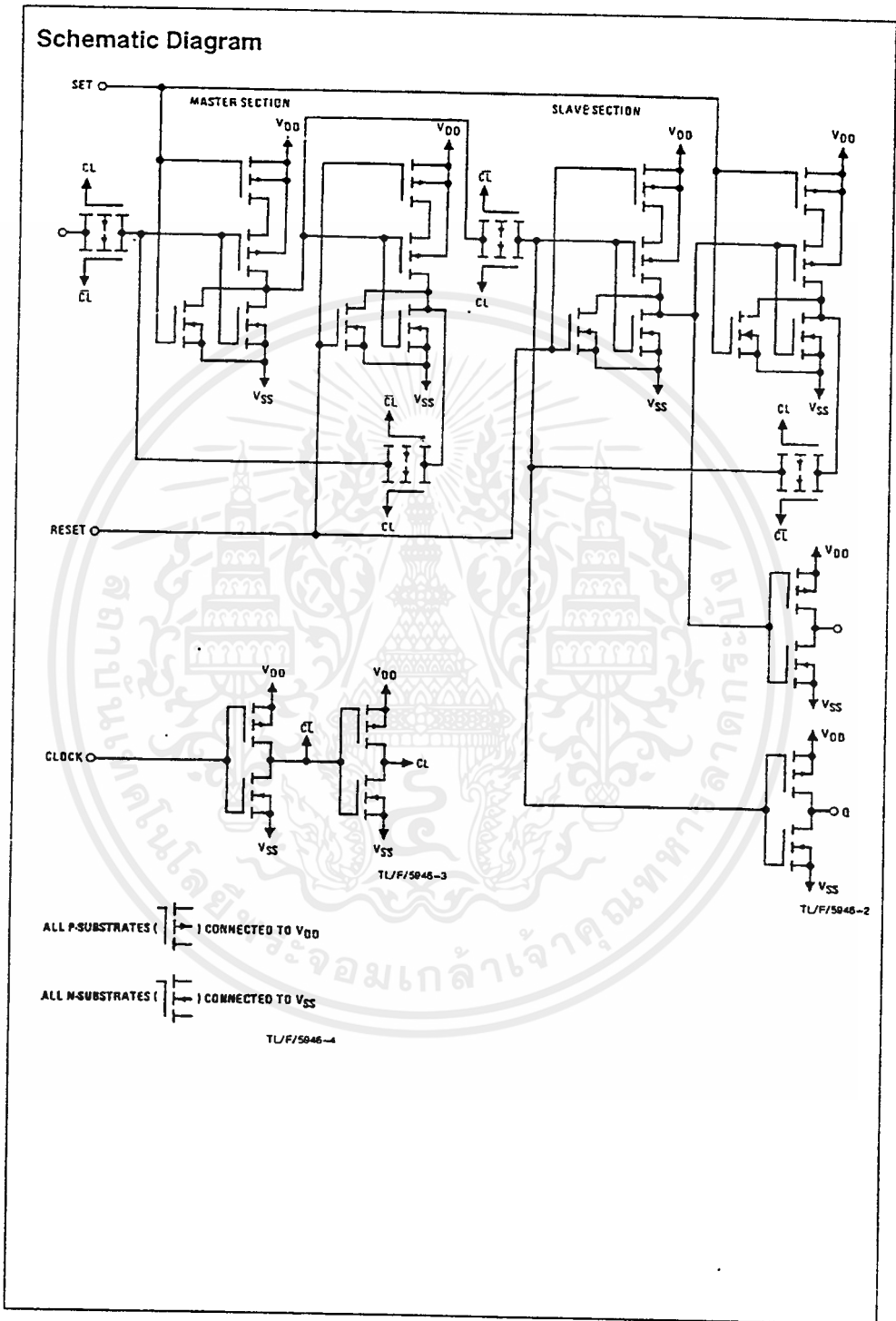
Note 3: I_{OH} and I_{OL} are measured one output at a time.

AC Electrical Characteristics* $T_A = 25^\circ C, C_L = 50 \text{ pF}, R_L = 200k$, unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
CLOCK OPERATION						
t_{PHL}, t_{PLH}	Propagation Delay Time	$V_{DD} = 5V$		200	350	ns
		$V_{DD} = 10V$		80	160	ns
		$V_{DD} = 15V$		65	120	ns
t_{THL}, t_{TLH}	Transition Time	$V_{DD} = 5V$		100	200	ns
		$V_{DD} = 10V$		50	100	ns
		$V_{DD} = 15V$		40	80	ns
t_{WL}, t_{WH}	Minimum Clock Pulse Width	$V_{DD} = 5V$		100	200	ns
		$V_{DD} = 10V$		40	80	ns
		$V_{DD} = 15V$		32	65	ns
t_{RCL}, t_{FCL}	Maximum Clock Rise and Fall Time	$V_{DD} = 5V$			15	μs
		$V_{DD} = 10V$			10	μs
		$V_{DD} = 15V$			5	μs
t_{SU}	Minimum Set-Up Time	$V_{DD} = 5V$		20	40	ns
		$V_{DD} = 10V$		15	30	ns
		$V_{DD} = 15V$		12	25	ns
f_{CL}	Maximum Clock Frequency	$V_{DD} = 5V$	2.5	5		MHz
		$V_{DD} = 10V$	6.2	12.5		MHz
		$V_{DD} = 15V$	7.6	15.5		MHz
SET AND RESET OPERATION						
$t_{PHL(R)}, t_{PLH(S)}$	Propagation Delay Time	$V_{DD} = 5V$		150	300	ns
		$V_{DD} = 10V$		65	130	ns
		$V_{DD} = 15V$		45	90	ns
$t_{WH(R)}, t_{WL(S)}$	Minimum Set and Reset Pulse Width	$V_{DD} = 5V$		90	180	ns
		$V_{DD} = 10V$		40	80	ns
		$V_{DD} = 15V$		25	50	ns
C_{IN}	Average Input Capacitance	Any Input		5	7.5	pF

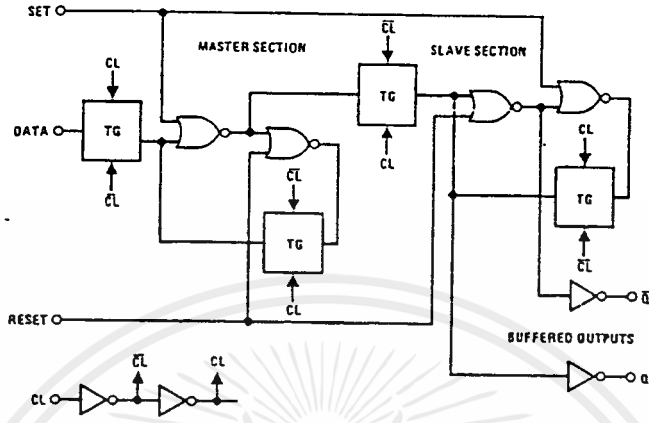
*AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



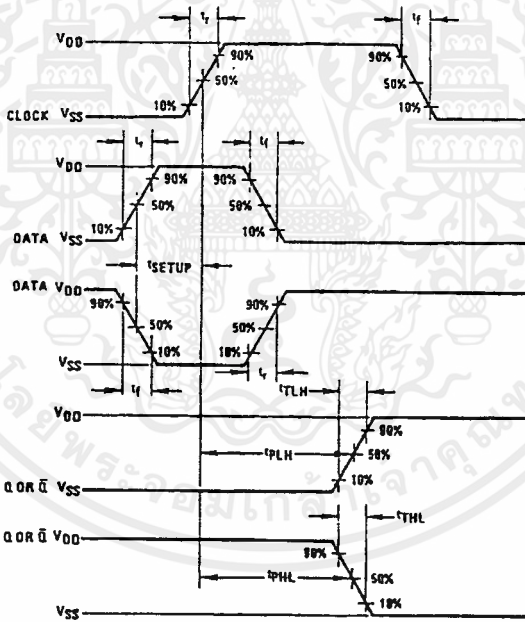
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Logic Diagram



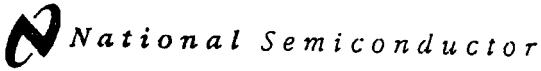
TL/F/5046-5

Switching Time Waveforms



TL/F/5046-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



February 1988

CD4514BM/CD4514BC, CD4515BM/CD4515BC 4-Bit Latched/4-to-16 Line Decoders

General Description

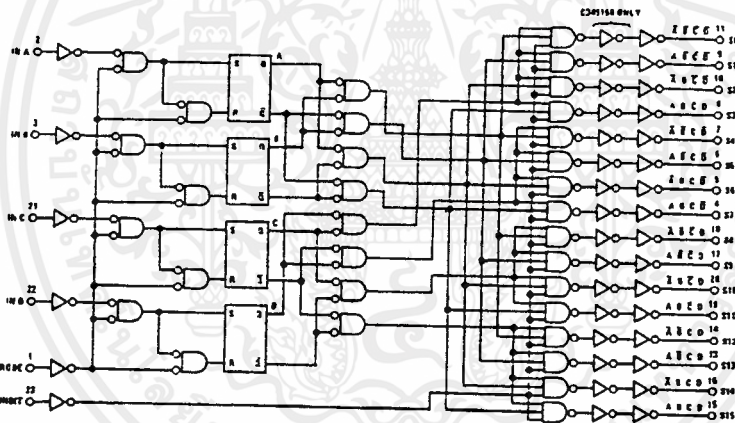
The CD4514B and CD4515B are 4-to-16 line decoders with latched inputs implemented with complementary MOS (CMOS) circuits constructed with N- and P-channel enhancement mode transistors. These circuits are primarily used in decoding applications where low power dissipation and/or high noise immunity is required.

The CD4514B (output active high option) presents a logical "1" at the selected output, whereas the CD4515B presents a logical "0" at the selected output. The input latches are R-S type flip-flops, which hold the last input data presented prior to the strobe transition from "1" to "0". This input data is decoded and the corresponding output is activated. An output inhibit-line is also available.

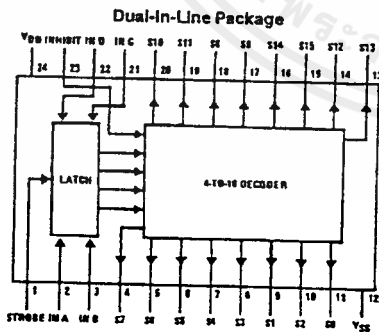
Features

- Wide supply voltage range 3.0V to 15V
- High noise immunity 0.45 V_{DD} (typ.)
- Low power TTL compatibility fan out of 2 driving 74L
- Low quiescent power dissipation 0.025 μ W/package @ 5.0 V_{DC}
- Single supply operation
- Input impedance = 10¹² Ω typically
- Plug-in replacement for MC14514, MC14515

Logic and Connection Diagrams



TU/F/5994-1



Top View

TU/F/5994-2

Order Number CD4514B or CD4515B

TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

CD4514BM/CD4514BC, CD4515BM/CD4515BC 4-Bit Latched/4-to-16 Line Decoders

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 and 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

DC Supply Voltage (V_{DD})	-0.5V to +18V
Input Voltage (V_{IN})	-0.5V to V_{DD} + 0.5V
Storage Temperature Range (T_S)	-55°C to +150°C
Power Dissipation (P_D)	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
Lead Temperature (T_L)	
(Soldering, 10 seconds)	260°C

Recommended Operating Conditions (Note 2)

DC Supply Voltage (V_{DD})	3V to 15V
Input Voltage (V_{IN})	0V to V_{DD}
Operating Temperature Range (T_A)	
CD45148M, CD45158M	-55°C to +125°C
CD45148C, CD45158C	-40°C to +85°C

DC Electrical Characteristics CD45148M, CD45158M (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-55°C		+25°C			+125°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		5		0.005	5	150	μA	
		$V_{DD} = 10V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		10		0.010	10	300	μA	
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		20		0.015	20	600	μA	
V_{OL}	Low Level Output Voltage	$V_{IH} = V_{DD}, I_{OL} < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_{IL} = 0V$		0.05		0	0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 10V$		0.05		0	0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 15V$		0.05		0	0.05		0.05	V
V_{OH}	High Level Output Voltage	$V_{IH} = V_{DD}, I_{OH} < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_{IL} = 0V$	4.95		4.95	5		4.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95	10		9.95		V
		$V_{DD} = 15V$	14.95		14.95	15		14.95		V
V_{IL}	Low Level Input Voltage	$V_O = 0.5V$ or 4.5V								
		$V_{DD} = 5V, I_{OL} < 1 \mu A$		1.5		2.25	1.5		1.5	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$ or 9.0V		3.0		4.50	3.0		3.0	V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$ or 13.5V		4.0		6.75	4.0		4.0	V
V_{IH}	High Level Input Voltage	$V_O = 0.5V$ or 4.5V								
		$V_{DD} = 5V, I_{OH} < 1 \mu A$	3.5		3.5	2.75		3.5		V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$ or 9.0V	7.0		7.0	5.50		7.0		V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$ or 13.5V	11.0		11.0	8.25		11.0		V
I_{OL}	Low Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.64		0.51	0.88		0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.6		1.3	2.25		0.90		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	4.2		3.4	8.80		2.40		mA
I_{OH}	High Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$	-0.64		-0.51	-0.88		-0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.6		-1.3	-2.25		-0.90		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-4.2		-3.4	-8.80		-2.40		mA
I_{IH}	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.1		-10^{-5}	-0.1		-1.0	μA
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.1		10^{-5}	0.1		1.0	μA

DC Electrical Characteristics CD45148C, CD45158C (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		20		0.005	20	150	μA	
		$V_{DD} = 10V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		40		0.010	40	300	μA	
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		80		0.015	80	600	μA	
V_{OL}	Low Level Output Voltage	$V_{IL} = 0V, V_{IH} = V_{DD}, I_{OL} < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$		0.05		0	0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 10V$		0.05		0	0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 15V$		0.05		0	0.05		0.05	V
V_{OH}	High Level Output Voltage	$V_{IL} = 0V, V_{IH} = V_{DD}, I_{OH} < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95	5.0		4.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95	10.0		9.95		V
		$V_{DD} = 15V$	14.95		14.95	15.0		14.95		V

DC Electrical Characteristics CD4514BC, CD4515BC (Note 2) (Continued)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
V _{IL}	Low Level Input Voltage	I _O < 1 μA V _{DD} = 5V, V _O = 0.5V or 4.5V V _{DD} = 10V, V _O = 1.0V or 9.0V V _{DD} = 15V, V _O = 1.5V or 13.5V		1.5		2.25	1.5		1.5	V
				3.0		4.50	3.0		3.0	V
				4.0		6.75	4.0		4.0	V
V _{IH}	High Level Input Voltage	I _O < 1 μA V _{DD} = 5V, V _O = 0.5V or 4.5V V _{DD} = 10V, V _O = 1.0V or 9.0V V _{DD} = 15V, V _O = 1.5V or 13.5V	3.5		3.5	2.75		3.5		V
			7.0		7.0	5.50		7.0		V
			11.0		11.0	8.25		11.0		V
I _{OL}	Low Level Output Current (Note 3)	V _{DD} = 5V, V _O = 0.4V V _{DD} = 10V, V _O = 0.5V V _{DD} = 15V, V _O = 1.5V	0.52		0.44	0.88		0.36		mA
			1.3		1.1	2.25		0.90		mA
			3.6		3.0	8.8		2.4		mA
I _{OH}	High Level Output Current (Note 3)	V _{DD} = 5V, V _O = 4.6V V _{DD} = 10V, V _O = 9.5V V _{DD} = 15V, V _O = 13.5V	-0.52		-0.44	-0.88		-0.36		mA
			-1.3		-1.1	-2.25		-0.90		mA
			-3.6		-3.0	-8.8		-2.4		mA
I _{IN}	Input Current	V _{DD} = 15V, V _{IN} = 0V V _{DD} = 15V, V _{IN} = 15V		-0.3		-10 ⁻⁵	-0.3		-1.0	μA
				0.3		10 ⁻⁵	0.3		1.0	μA

AC Electrical Characteristics*

 All types C_L = 50 pF, T_A = 25°C, t_r = t_f = 20 ns unless otherwise specified

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t _{THL} , t _{TLH}	Transition Times	V _{DD} = 5V		100	200	ns
		V _{DD} = 10V		50	100	ns
		V _{DD} = 15V		40	80	ns
t _{PLH} , t _{PHL}	Propagation Delay Times	V _{DD} = 5V		550	1100	ns
		V _{DD} = 10V		225	450	ns
		V _{DD} = 15V		150	300	ns
t _{PLH} , t _{PHL}	Inhibit Propagation Delay Times	V _{DD} = 5V		400	800	ns
		V _{DD} = 10V		150	300	ns
		V _{DD} = 15V		100	200	ns
t _{SU}	Setup Time	V _{DD} = 5V		125	250	ns
		V _{DD} = 10V		50	100	ns
		V _{DD} = 15V		38	75	ns
t _{WH}	Strobe Pulse Width	V _{DD} = 5V		175	350	ns
		V _{DD} = 10V		50	100	ns
		V _{DD} = 15V		38	75	ns
C _{PD}	Power Dissipation Capacitance	Per Package (Note 5)		150		pF
C _{IN}	Input Capacitance	Any Input (Note 4)		5	7.5	pF

*AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. Except for "Operating Temperature Range" they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The tables of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provide conditions for actual device operation.

 Note 2: V_{SS} = 0V unless otherwise specified.

 Note 3: I_{OH} and I_{OL} are tested one output at a time.

Note 4: Capacitance is guaranteed by periodic testing.

 Note 5: C_{PD} determines the no load AC power consumption of any CMOS device. For complete explanation, see 54C and 74C Family Characteristics application note, AN-80.

Truth Table

Decode Truth Table (Strobe = 1)

Inhibit	Data Inputs				Selected Output CD4514 = Logic "1" CD4515 = Logic "0"
	D	C	B	A	
0	0	0	0	0	S0
0	0	0	0	1	S1
0	0	0	1	0	S2
0	0	0	1	1	S3
0	0	1	0	0	S4
0	0	1	0	1	S5
0	0	1	1	0	S6
0	0	1	1	1	S7
0	1	0	0	0	S8
0	1	0	0	1	S9
0	1	0	1	0	S10
0	1	0	1	1	S11
0	1	1	0	0	S12
0	1	1	0	1	S13
0	1	1	1	0	S14
0	1	1	1	1	S15
1	X	X	X	X	All Outputs = 0, CD4514 All Outputs = 1, CD4515

X = Don't Care

AC Test Circuit and Switching Time Waveforms

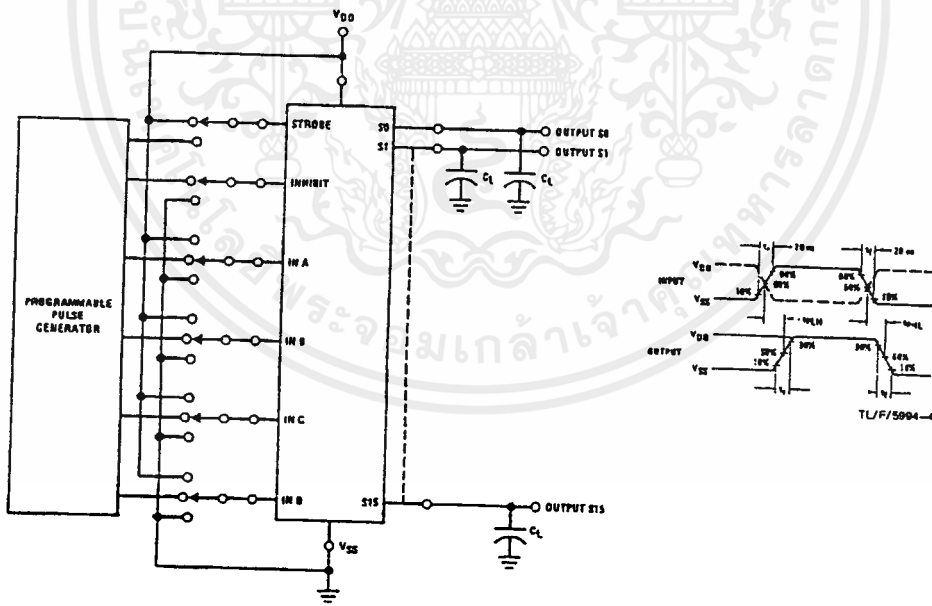


FIGURE 1 TL/F/5994-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications

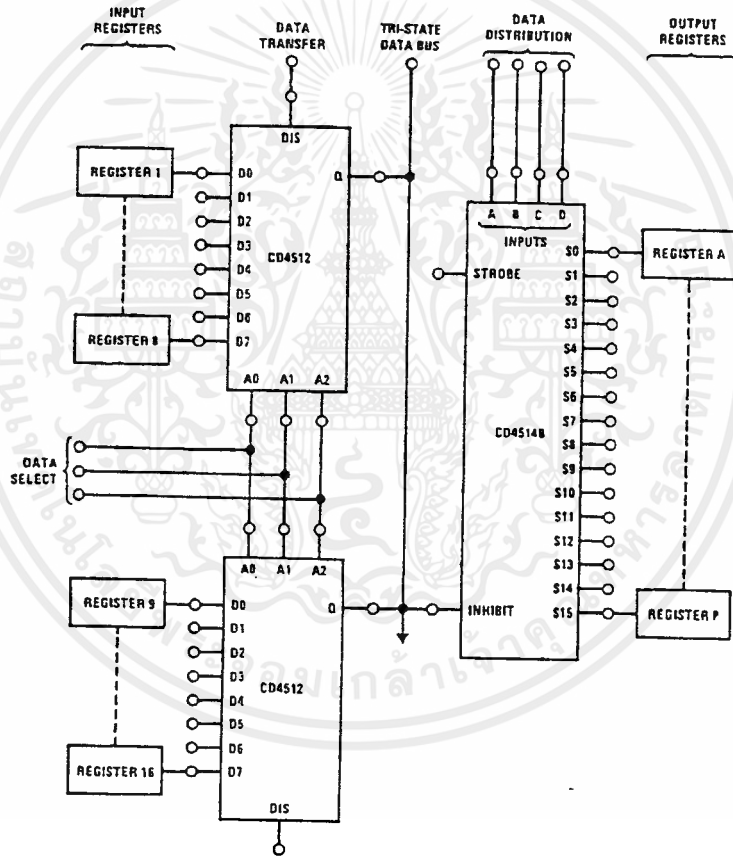
Two CD4512 8-channel data selectors are used here with the CD4514B 4-bit latch/decoder to effect a complex data routing system. A total of 16 inputs from data registers are selected and transferred via a TRI-STATE® data bus to a data distributor for rearrangement and entry into 16 output registers. In this way sequential data can be re-routed or intermixed according to patterns determined by data select and distribution inputs.

Data is placed into the routing scheme via the 8 inputs on both CD4512 data selectors. One register is assigned to each input. The signals on A0, A1 and A2 choose 1-of-8 inputs for transfer out to the TRI-STATE data bus. A fourth signal, labelled Dis, disables one of the CD4512 selectors, assuring transfer of data from only one register.

In addition to a choice of input registers, 1-16, the rate of transfer of the sequential information can also be varied. That is, if the CD4512 were addressed at a rate that is

8 times faster than the shift frequency of the input registers, the most significant bit (MSB) from each register could be selected for transfer to the data bus. Therefore, all of the most significant bits from all of the registers can be transferred to the data bus before the next most significant bit is presented for transfer by the input registers.

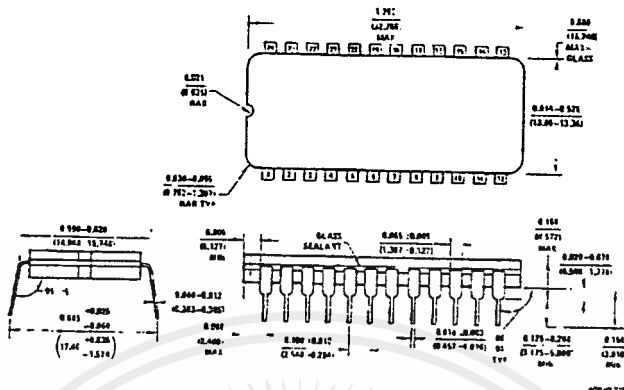
Information from the TRI-STATE bus is redistributed by the CD4514B 4-bit latch/decoder. Using the 4-bit address, INA-IND, the information on the inhibit line can be transferred to the addressed output line to the desired output registers, A-P. This distribution of data bits to the output registers can be made in many complex patterns. For example, all of the most significant bits from the input registers can be routed into output register A, all of the next most significant bits into register B, etc. In this way horizontal, vertical, or other methods of data slicing can be implemented.



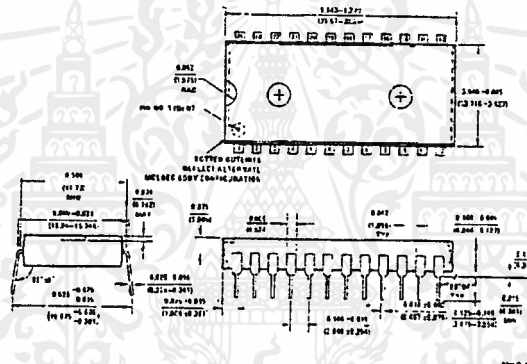
TU/F/5094-5

CD4514BM/CD4514BC, CD4515BM/CD4515BC 4-Bit Latched/4-to-16 Line Decoders

Physical Dimensions inches (millimeters)



Ceramic Dual-In-Line Package (J)
 Order Number CD4514BMJ, CD4514BCJ, CD4515BMJ or CD4515BCJ
 NS Package Number J24A



Molded Dual-In-Line Package (N)
 Order Number CD4514BMN, CD4514BCN, CD4515BMN or CD4515BCN
 NS Package Number N24A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
 1111 West Bardin Road
 Arlington, TX 76017
 Tel: 1(800) 272-8959
 Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe
 Fax: (+49) 0-180-530 85 86
 Email: onpage@infoc2.nsc.com
 Deutsch: Tel: (+49) 0-180-530 85 85
 English: Tel: (+49) 0-180-532 78 32
 Français: Tel: (+49) 0-180-532 93 56
 Italiano: Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.
 13th Floor, Straight Block,
 Ocean Centre, 5 Canton Rd.
 Tsimshatsui, Kowloon
 Hong Kong
 Tel: (852) 2737-1600
 Fax: (852) 2736-9960

National Semiconductor Japan Ltd.
 Tel: 81-043-296-2309
 Fax: 81-043-296-2408

SL490B

3055-1.2

REMOTE CONTROL TRANSMITTER

(Supersedes version in April 1994 Consumer IC Handbook, HB3120 - 2.0)

GPS has developed and produced a range of monolithic integrated circuits which give a wide variety of remote control facilities. As well as ultrasonic or infra-red transmission, cable, radio or telephone links may also be used. Pulse Position Modulation (PPM) is used with or without carrier and automatic error detection is incorporated. Initially designed with TV remote control in mind, the device is also suitable for use in radios, tuners, tape and record decks, lamps and lighting, toys and models, industrial control and monitoring. The SL490B is an easily extendable, 32-command PPM transmitter drawing negligible standby current.

FEATURES

- Ultrasonic or Infra-Red Transmission
- Direct Drive or Ultrasonic Transducer
- Direct Drive of Visible LED when using Infra-Red
- Very Low Power Requirements
- Pulse Position Modulation gives Excellent Immunity from Noise and Multipath Reflections
- Single Pole Key Matrix
- Switch Resistance up to $1k\Omega$ Tolerated
- Low External Component Count
- On-Chip Anti-Bounce Circuitry

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply voltage, V_{CC}	-9-5V
Total power dissipation	500mW
Operating temperature range	-10°C to +60°C
Storage temperature range	-55°C to +150°C

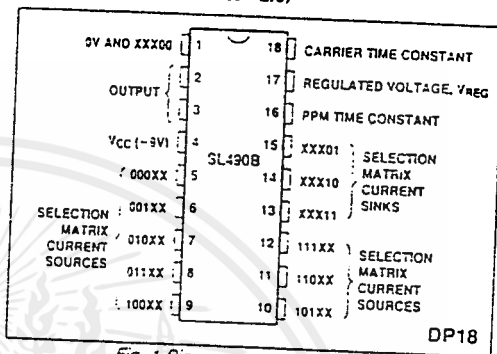


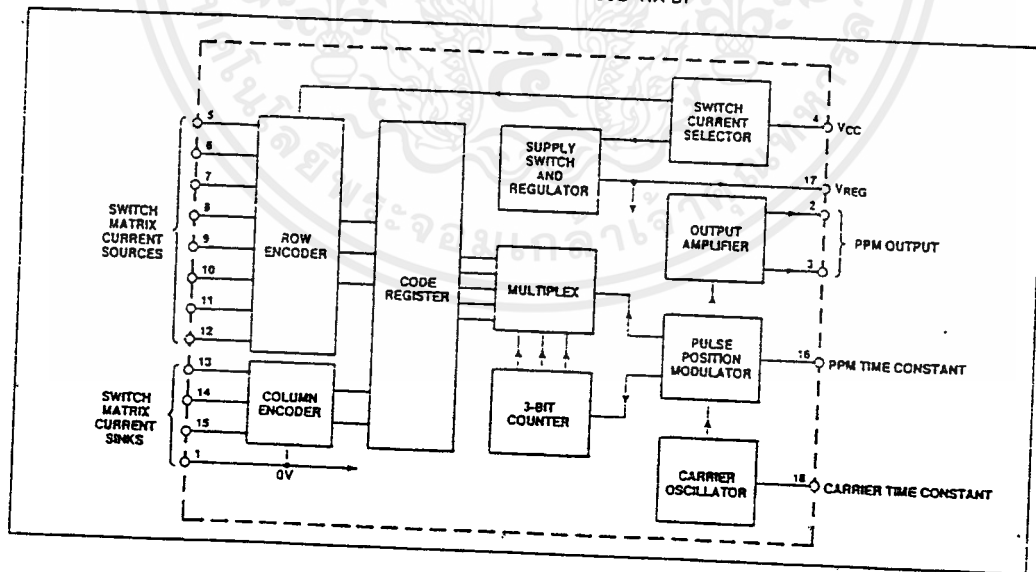
Fig. 1 Pin connections - 100 view

QUICK REFERENCE DATA

- Power Supply: 9V Standby 6 μ A, Operating 8mA
- Modulation: Pulse Position with or without Carrier
- Coding: 5-Bit Word giving a Primary Command Set of 32 Commands
- Key Entry: 8 \times 4 Single Pole Key Matrix
- Data Rate: Selectable 15bit/Sec to 10kbit/Sec.
- Carrier Frequency: Selectable 0Hz (No Carrier) to 200kHz

ORDERING INFORMATION

SL490B NA DP



SL490B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

These characteristics are guaranteed over the following conditions (unless otherwise stated):
 $T_{AMB} = -25^{\circ}C$, $V_{CC} = -7V$ to $+10.5V$. Test circuit: Fig. 4. Timings are defined in Fig. 3.

Characteristic	Pin	Value			Units	Conditions
		Min.	Typ.	Max.		
Operating supply current	4		9.5	16	mA	$V_{CC} = 9.5V$
Standby supply current	4			10	μA	
Regulated voltage, V_{REG}	17	4.1		4.9	V	
Regulator-output current, I_{REG}	17			1	mA	
Output voltage swing	2,3	$V_{CC} - 1$			V	Unloaded
Output voltage	2			1	V	$I_2 = 10mA$ $I_3 = 5mA$ peak value < 1ms
Output voltage	3			1	V	
Keypad switch resistance	5-15			5	k Ω	
Corner time constant resistor, R2	18	20	40	80	k Ω	$C2 = 680pF$, $f_c = 50kHz$; see Fig. 4
PPM time constant resistor, R1	16	15	30	50	k Ω	
t_c deviation from calculated value, using fixed timing components	2,3			± 10	%	$R1 = 15k\Omega$, $t_1 = 0.95C1R1$, see $R1 = 60k\Omega$; Fig. 4
Variation of t_1 and t_2 with V_{CC}	2,3			± 10	%	
Δt_1	2,3			± 4	%	$\Delta V_{CC} = 3.5V$ (7V to 10.5V)
Δt_2	2,3			± 4	%	
Ratio t_2/t_1	2,3	1.4		1.6		
Pulse width, t_p	2,3	0.11t _c		0.22t _c		
Interword gap, t_g	2,3		3t _c			Derived by counting

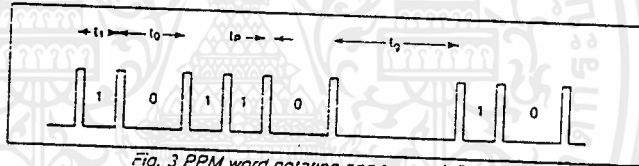
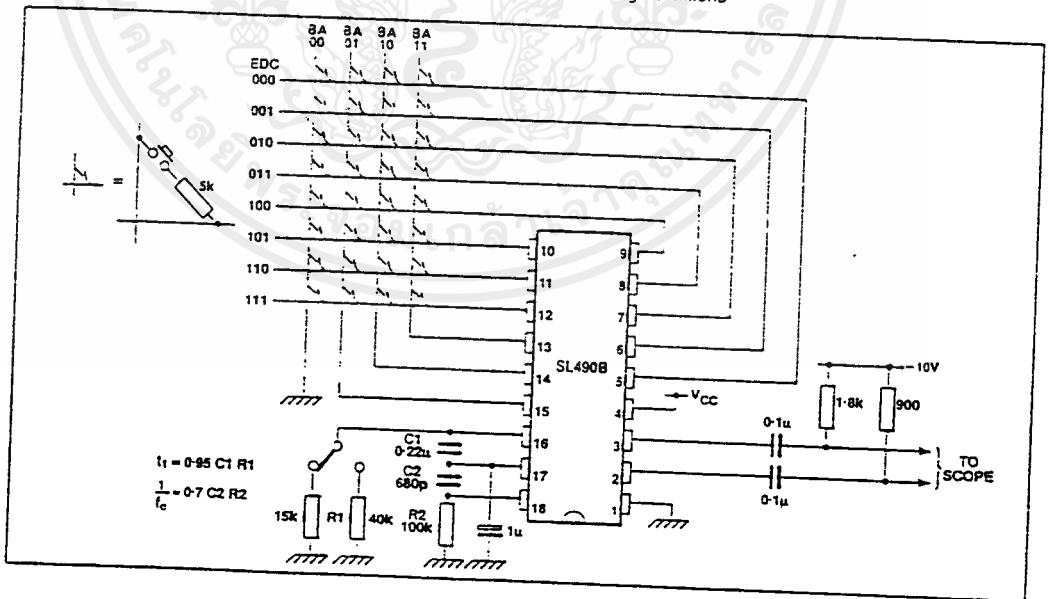


Fig. 3 PPM word notation and timing definitions



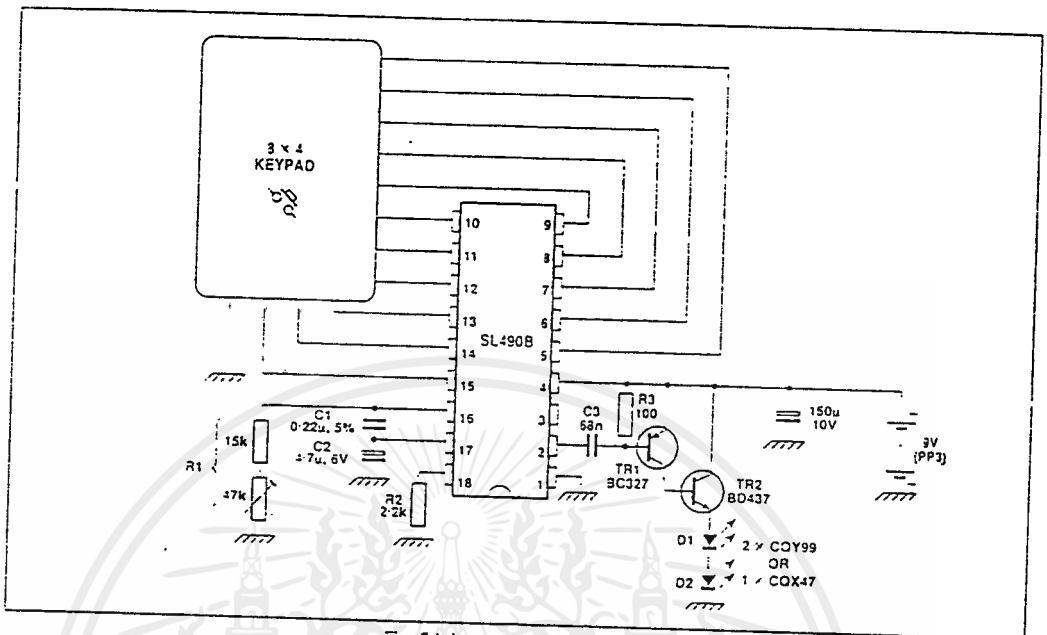


Fig. 5 Infra-red application circuit

OPERATING NOTES

Fig. 5 shows the circuit for a simple infra-red transmitter where the PPM output pulses from pin 2 of the SL4908 are differentiated by C3 and R3 and amplified by TR1 to produce current pulses about 1.5µs wide. These pulses are further amplified by TR2 and applied to the infra-red diodes D1 and D2.

The current in the diodes and the infra-red output is controlled by the quantity, type, and connection method of the diodes and also by the gain, at high currents, of the transistors.

The most common solution where cost is important is to use two single-chip diodes, such as the CQY99 connected in series.

Improved output can be obtained by using four CQY99 diodes in a series/parallel arrangement, but it is usually simpler to use two multi-chip diodes such as the CQX47 connected in parallel or a single CQX19, which gives similar results.

A significant increase in range can be obtained by using diodes such as the CQY99 in conjunction with a plated plastic parabolic reflector.

When building the transmitter, care should be taken with the choice of the capacitor C4 and with the circuit layout, particularly when multi-chip diodes are being used, as the current pulses can be as high as 6 to 8A.

Transistor choice is also important and any substitutes should have high current gain characteristics and switching speeds compatible with the application.

An increase in output can be obtained by connecting TR2 in common emitter configuration, but care should be taken not to exceed the rating of the diodes.

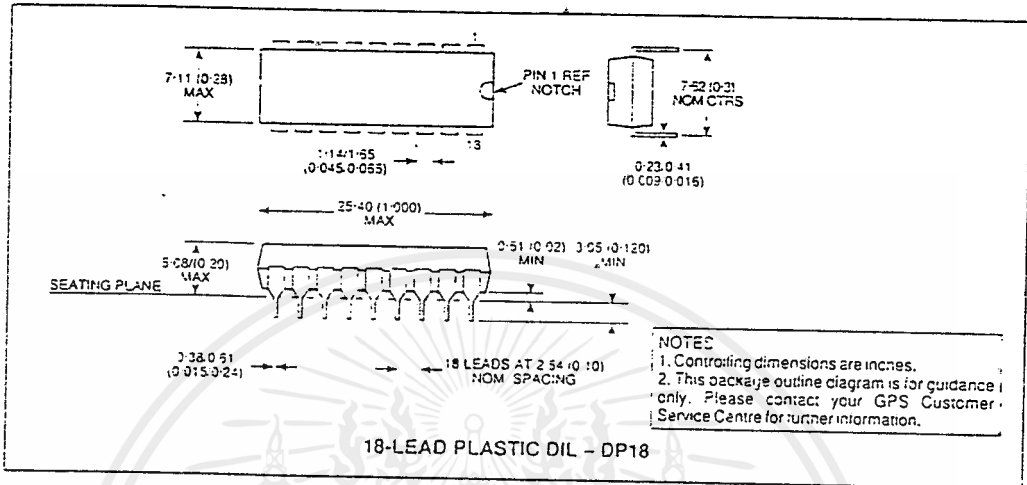
Choice of PPM Frequency

When the transmitter is being used with an infra-red link, with high current pulses fed to the diodes as in Fig. 5, power consumption will increase with frequency. It is thus advisable that, with a battery power supply, the slowest PPM rate consistent with adequate response time should be chosen.

SL490B

PACKAGE DETAILS

Dimensions are shown thus: mm (in)



HEADQUARTERS OPERATIONS
GEC PLESSEY SEMICONDUCTORS
 Cheney Manor, Swindon,
 Wiltshire SN2 2QW, United Kingdom.
 Tel: (0793) 518000
 Fax: (0793) 518411

GEC PLESSEY SEMICONDUCTORS
 P.O. Box 660017
 1500 Green Hills Road,
 Scotts Valley, CA95067-0017
 United States of America.
 Tel (408) 438 2900
 Fax: (408) 438 5576

CUSTOMER SERVICE CENTRES

- FRANCE & BENELUX Les Ulis Cedex Tel: (1) 64 46 23 45 Fax: (1) 64 46 06 07
- GERMANY Munich Tel: (089) 3609 06-0 Fax: (089) 3609 06-55
- ITALY Milan Tel: (02) 66040867 Fax: (02) 66040993
- JAPAN Tokyo Tel: (3) 5276-5501 Fax: (3) 5276-5510
- NORTH AMERICA Scotts Valley, USA Tel: (408) 438 2900 Fax: (408) 438 7023.
- SOUTH EAST ASIA Singapore Tel: (65) 3827708 Fax: (65) 3828872
- SWEDEN Stockholm Tel: 46 8 702 97 70 Fax: 46 8 640 47 36
- UK, EIRE, DENMARK, FINLAND & NORWAY
 Swindon Tel: (0793) 518510 Fax: (0793) 518582

These are supported by Agents and Distributors in major countries world-wide.

© GEC Plessey Semiconductors 1994 Publication No. DS3056 Issue No. 1.3 April 1995

This publication is issued to provide information only which (unless agreed by the Company in writing) may not be used, copied or reproduced for any purpose nor form part of any order or contract nor to be regarded as a representation relating to the products or services concerned. No warranty or guarantee express or implied is made regarding the capability, performance or suitability of any product or service. The Company reserves the right to alter without prior knowledge the specification, design or any of its products or services. Information concerning possible methods of use is provided as a guide only and does not constitute any guarantee that such methods of use will be satisfactory in a specific piece of equipment. It is the user's responsibility to fully determine the performance and suitability of any equipment using such information and to ensure that any publication or data used is up to date and has not been superseded. These products are not suitable for use in any medical products whose failure to perform may result in significant injury or death to the user. All products and materials are sold and services provided subject to the Company's conditions of sale, which are available on request.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปฏิญยานิพนธ์	นาย ขวัญชัย กชสง่า
วันเดือนปีเกิด	2 มกราคม 2518
สถานที่เกิด	จังหวัด นครศรีธรรมราช
ภูมิลำเนาเดิม	54 หมู่ที่ 3 ตำบล โพธิ์เสด็จ อำเภอ เมือง จังหวัด นครศรีธรรมราช 80000
ที่อยู่ปัจจุบัน	257 หมู่ที่ 1 แขวง ลาดกระบัง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียน วัดหนองบัว
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียน เบญจมาภูทิส
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัย เทคนิคนครศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัย เทคนิคนครศรีธรรมราช
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	เพื่อนกินหาง่าย เพื่อนตายหายาก

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญาบัตร	นาย คมสัน วงศ์ช
วันเดือนปีเกิด	15 พฤศจิกายน 2518
สถานที่เกิด	จังหวัด นครศรีธรรมราช
ภูมิลำเนาเดิม	60 หมู่ที่ 7 ตำบล ขุนทะเล อำเภอ ลานสกา จังหวัด นครศรีธรรมราช 80230
ที่อยู่ปัจจุบัน	257 หมู่ที่ 1 แขวง ลาดกระบัง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
ประวัติการศึกษา	โรงเรียน ราษฎร์บำรุง โรงเรียน ขุนทะเลวิทยาคม วิทยาลัย เทคนิคนครศรีธรรมราช วิทยาลัย เทคนิคนครศรีธรรมราช สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญาบัตร	นาย ครรชิต ดำสุค
วันเดือนปีเกิด	20 กุมภาพันธ์ 2516
สถานที่เกิด	จังหวัด ตรัง
ภูมิลำเนาเดิม	147 หมู่ที่ 6 ตำบล บางเป่า อำเภอ กันตัง จังหวัด ตรัง 92110
ที่อยู่ปัจจุบัน	257 หมู่ที่ 1 แขวง ลาดกระบัง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียน วัดศรีพระราชศรีทธา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียน กันตังพิทยากร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัย เทคนิคตรัง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัย เทคนิคหาดใหญ่
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	อดีตคือปัจจุบัน ปัจจุบันคืออนาคต ทำปัจจุบันให้ดีที่สุด

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญาบัตร	นาย รังสรรค์ เพชรพลาย
วันเดือนปีเกิด	26 พฤษภาคม 2518
สถานที่เกิด	จังหวัด นครศรีธรรมราช
ภูมิลำเนาเดิม	146 หมู่ที่ 7 ตำบล บ้านเกาะ อำเภอ พรหมคีรี จังหวัด นครศรีธรรมราช 80320
ที่อยู่ปัจจุบัน	3/102 การเคหะแห่งชาติคลองจั่น ถนนสุขาภิบาล 2 แขวง คลองจั่น เขต บางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240
ประวัติการศึกษา	โรงเรียน ชุมชนวัดอินทคีรี
ประถมศึกษา	โรงเรียน เมืองนครศรีธรรมราช
มัธยมศึกษาตอนต้น	วิทยาลัย เทคโนโลยีนครศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัย เทคโนโลยีนครศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัย เทคโนโลยีนครศรีธรรมราช
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ทำดีรู้อยู่กับตัว ทำชั่วรู้อยู่กับใจ เลือกทำอย่างไร ก็ได้ผลอย่างนั้น

บรรณานุกรม

จนิษฐา ตันฉ่ำเจริญรัตน์, ฉวีวรรณเปาอินทร์, สรียา เพชรเจ็ดจิน. “พีซีเอ็มรีโมตคอนโทรล”.

ปริญญาานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2538

ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด. “รีโมต ควบคุมระยะไกล” ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด กรุงเทพฯ, 2538

วิชัย ศังขจันรานนท์. “ควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง 2”. ดวงกลมสมัย จำกัด. กรุงเทพฯ, 2535.

วิชัย ศังขจันรานนท์. “เครื่องจักรกลไฟฟ้า 1”. ดวงกลมสมัย จำกัด. กรุงเทพฯ, 2535.

ศุภชัย สุริทรวงศ์. “เครื่องกลไฟฟ้า 1 ตอน 2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง”. ดวงกลมสมัย จำกัด. กรุงเทพฯ, 2535

สมพงษ์ อยู่เป็นสุข. “เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าระยะไกลโดยใช้คลื่นวิทยุ”. ปริญญา นิพนธ์สาขาเทคโนโลยีคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2538