สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

T032807

ชื่อหัวข้อ เครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล

Overhead Projector by Remote Control

ชื่อนักศึกษา

1. น.ส.จิราวรรณ	พรหมเวฬุพัฒน์	รหัสประจำตัว	40031205
2. นายดนัย	นามเพ็ง	รหัสประจำตัว	40031208
3. นายสมชาย	อินทรสมบัติ	รหัสประจำตัว	40031231
4. นายสุทิน	แก้วสุทธา	รหัสประจำตัว	40031233

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์โกศล ตราชู

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน ณ อยุธยา	.....
2. อาจารย์โกศล	ตราชู	.....
3. อาจารย์ไพบูลย์	พวงวงศ์ตระกูล	.....
4. อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	.....
5. อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันศุกร์ที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2542 เวลา 10.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 1 เดือน พ.ค. พ.ศ. 42

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 32807
วัน, เดือน, ปี 10 มิ.ย. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล

OVERHEAD PROJECTOR BY REMOTE CONTROL

นางสาวจิราวรรณ พรหมเวฬุพัฒน์

นายดนัย นามเพ็ง

นายสมชาย อินทรสมบัติ

นายสุทิน แก้วสุทธา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล

Overhead Projector by Remote Control

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรรีโมทคอนโทรล, วงจรแปลงไฟ +15 โวลต์ เป็น +5 โวลต์, วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ และวงจรแสดงผล
2. เพื่อออกแบบวงจรเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล
3. เพื่อสร้างต้นแบบเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล
4. เพื่อทดลองและทดสอบต้นแบบเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล
5. เพื่อนำเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรลไปใช้งานจริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ ความเข้าใจ ระบบการทำงานของ วงจรรีโมทคอนโทรล, วงจรแปลงไฟ +15 โวลต์ เป็น +5 โวลต์, วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์และวงจรแสดงผล
2. ได้วงจรต้นแบบของเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล
3. ได้ต้นแบบเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล
4. ได้ผลการทดลองของเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล
5. ได้เครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรลไปใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล
นักศึกษา	นางสาวจิราวรรณ พรหมเวฬุพัฒน์
	นายดนัย นามเพ็ง
	นายสมชาย อินทรสมบัติ
	นายสุทิน แก้วสุทธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
อาจารย์ทีปรึกษาร่วม	อาจารย์โกศล ตราชู
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2541

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล ซึ่งสามารถอำนวยความสะดวกในการนำเสนอผลงานได้รวดเร็วและต่อเนื่อง ผู้นำเสนอผลงานไม่ต้องคอยมาเปลี่ยนแผ่นใสด้วยตนเองเพียงแต่ใช้รีโมทคอนโทรลเลือกแผ่นใสที่ต้องการนำเสนอตัวเครื่องก็จะเลื่อนแผ่นใสให้โดยอัตโนมัติ

เครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรลนี้จะประกอบด้วย ส่วนขับเคลื่อนทำงานโดยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ MCS-51 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเลื่อนแผ่นใสไปและกลับได้ครั้งละหน้าหรือระบุหน้าที่ต้องการนำเสนอตามความต้องการของผู้ใช้ เครื่องฉายแผ่นใสนี้สามารถบรรจุแผ่นใสได้ทั้งหมด 30 แผ่น ใช้ได้กับเครื่องฉายแผ่นใสขนาด 38 เซนติเมตร × 46 เซนติเมตร ทุกเครื่อง และสามารถปรับระดับของแผ่นใสให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Overhead Projector by Remote Control	
Students	Miss Jirawan	Promwerupat
	Mr. Danai	Nampeng
	Mr. Somchai	Intarasombat
	Mr. Sutin	Kaewsutta
Advisor	Assist.Prof.Dr.Threraphon	Thephasadin Na Ayuthya
Co-Advisor	Mr. Koson	Trachu
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Academic Year	1998	

ABSTRACT

This thesis is present the overhead projector with a remote controlling. This instrument can facilitate the work with continually and so fast. A user does not place or replace transparencies by himself/herself. In this case, when user controls a remote, the instrument will select or change his/her needed transparency automatically.

The overhead projector with a remote controlling consisted of a driver that working with stepping motor, controlling with Micro-controller No. MCS-51. The function of stepping motor is to drive each or special number of transparency going forward or backward. The maximum of 30 transparencies can be used with this instrument, each overhead projector 38 cm. × 46 cm. Size. Moreover, it also can be adjudged the transparency level into other appropriate levels.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ที่สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น เนื่องมาจากความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ของหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์ที่ปรึกษาทั้ง 2 ท่าน รวมทั้งอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะ

ผู้ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของโครงงานนี้ก็คือ คุณพ่อ, คุณแม่ ที่ได้ให้กำเนิดและอบรมเลี้ยงดู คอยสนับสนุนรวมทั้งให้กำลังใจ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้คำแนะนำจนโครงงานสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 รีโมทคอนโทรล	3
2.2.1 ระบบการรับ-ส่งสัญญาณ	3
2.2.2 ระบบของสัญญาณควบคุม	8
2.2.3 การสร้างสัญญาณควบคุมและวงจรจ่ายกำลัง	18
2.2.4 สัญญาณอนุกรมพัลส์	26
2.2.5 การควบคุมด้วยสัญญาณโทนเบริสต์ (Tone burst)	36
2.2.6 การส่งรหัสควบคุมแบบพีพีเอ็ม	43
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ MCS-51	50
2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	50
2.3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์	51
2.3.3 การทำงานของ 8051	53
2.4 สเต็ปปิ้งมอเตอร์	54
2.4.1 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	54
2.5 ทฤษฎีเครื่องฉายแผ่นใส	55
2.5.1 ระบบเครื่องฉายแผ่นภาพโปร่งใส	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.2 ส่วนประกอบของเครื่องฉายแผ่นใส	56
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้างและการทำงาน	61
3.1 แผนผังการทำงานของโครงงาน	61
3.2 วงจรรีโมทคอนโทรล	61
3.2.1 วงจรภาคส่ง	61
3.2.2 วงจรภาครับ	62
3.3 วงจรภาคจ่ายไฟ	63
3.4 วงจรแปลงไฟ +15 โวลต์ เป็น +5 โวลต์	64
3.5 ชุดควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	65
3.6 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	66
3.7 วงจรแสดงผล	66
3.8 การออกแบบโครงสร้างด้านกลไก	68
3.8.1 ส่วนประกอบภายในโครงครอบเครื่องฉายแผ่นใส	68
3.8.2 การออกแบบ	69
3.9 การออกแบบและการสร้างซองใส่แผ่นใส	71
3.9.1 การออกแบบซองใส่แผ่นใส	71
3.9.2 การสร้างซองใส่แผ่นใส	71
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	74
4.1 การทดลองภาครีโมทคอนโทรล	74
4.1.1 การทดลองการถอดรหัสของภาครับ	74
4.1.2 การทดลองวัดระยะทางในการส่งและการรับรีโมทคอนโทรล	75
4.2 การทดลองวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	76
4.2.1 การทดลองวัดค่ากระแสและแรงดันอินพุต	76
4.2.2 การทดลองวัดกระแสและแรงดันที่เอาต์พุต	76
4.3 การทดลองการขับเคลื่อนของเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล	77
4.3.1 วิธีการทดลอง	77
4.3.2 ตารางการทดลอง	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไขและพัฒนา	79
5.1 บทสรุป	79
5.2 ปัญหาในการทำงาน	79
5.3 แนวทางการพัฒนา	79
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	81
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	85
ภาคผนวก ค ผังการทำงานและโปรแกรม	97
ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน	113
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	126
บรรณานุกรม	130
ประวัติผู้แต่ง	131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบระบบควบคุมแบบไร้สายโดยการควบคุมด้วยแสงกับใช้คลื่นวิทยควบคุม	10
ตารางที่ 2.2 ค่ากระแสและแรงดันที่ทำงานของไอซีประเภทต่างๆ	23
ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างการกำหนดรหัสและฟังก์ชั่นการทำงานสำหรับควบคุมโทรทัศน์	27
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการถอดรหัสของเครื่องรับรีโมทคอนโทรล	74
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการส่งและการรับชุดควบคุมระยะไกลในห้องเรียน	75
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการส่งและการรับชุดควบคุมระยะไกลในที่โล่ง	75
ตารางที่ 4.4 การวัดค่ากระแสและแรงดันอินพุตที่ป้อนให้วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	76
ตารางที่ 4.5 การวัดค่ากระแสและแรงดันที่ขาเอาต์พุตของวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	77
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองเมื่อทดลองตามขั้นตอนที่ 4.3.1	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างและหลักการทำงานของระบบควบคุมระยะไกล	4
รูปที่ 2.2 วงจรส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิกอย่างง่าย	5
รูปที่ 2.3 วงจรรับสัญญาณเสียงอัลตราโซนิก	6
รูปที่ 2.4 รูปแบบการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเบื้องต้น	7
รูปที่ 2.5 แผนผังการทำงานของระบบวิทยุบังคับ	9
รูปที่ 2.6 โครงสร้างของระบบควบคุมด้วยแสงแบบไร้สาย	11
รูปที่ 2.7 การส่งสัญญาณแสงควบคุมด้วยวงจรง่ายๆ	11
รูปที 2.8 วงจรภาครับที่มีการตอบสนองดีขึ้น	12
รูปที่ 2.9 วงจรรับแสงที่มีประสิทธิภาพในการใช้งาน	13
รูปที่ 2.10 วงจรสร้างสัญญาณอินฟราเรดอย่างง่าย	14
รูปที่ 2.11 วงจรพัลส์ของแสงอินฟราเรด	15
รูปที 2.12 วงจรรับแสงอินฟราเรดแบบพื้นฐาน	16
รูปที่ 2.13 วงจรรับแสงอินฟราเรดที่มีความไวเพิ่มขึ้น	17
รูปที่ 2.14 วงจรรับแสงอินฟราเรดที่มีกำลังขยายสูง	18
รูปที่ 2.15 การสร้างสัญญาณท็อกเกิลจาก J-K ฟลิปฟลอป	19
รูปที่ 2.16 วงจรถอดรหัสจากวงจรนับ 4 และฟังก์ชั่นการทำงานที่เอาต์พุตของไอซี ตามตารางการทำงาน	20
รูปที่ 2.17 การเพิ่มฟังก์ชั่นการทำงาน	21
รูปที่ 2.18 วงจรนับควบคุมที่มี 6 ฟังก์ชั่น	22
รูปที่ 2.19 หลักการใช้ทรานซิสเตอร์กับวงจรจ่ายกำลังให้กับโหลดที่ต้องการแรงดันไฟตรง	24
รูปที่ 2.20 วงจรขับโหลดที่ต้องการแรงดันและประเภทของโหลดที่แตกต่างออกไป จากวงจรควบคุม	25
รูปที่ 2.21 การควบคุมอุปกรณ์ (มอเตอร์) ด้วยรีเลย์	26
รูปที่ 2.22 ลักษณะของพัลส์ที่ใช้เป็นรหัสควบคุม	28
รูปที่ 2.23 (ก) การทำงานของชิพต์รีจิสเตอร์ (ข) การสร้างพัลส์อนุกรม	30
รูปที่ 2.24 ตัวอย่างการใช้งาน	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.25 สัญญาณการสร้างสัญญาณพรีเซต	32
รูปที่ 2.26 วงจรพื้นฐานของการเข้ารหัสดิจิตอลแบบไบนารี	33
รูปที่ 2.27 วงจรแปลงรหัสอนุกรมเป็นรหัสขนานของเครื่องรับ	34
รูปที่ 2.28 แผนผังการทำงานของสัญญาณในรูปที่ 2.27	35
รูปที่ 2.29 (ก) สัญญาณพัลส์ธรรมดา (ข) สัญญาณโทนเบิรสต์	37
รูปที่ 2.30 (ก) วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซี 555 (ข) วงจรหารความถี่ที่ใช้ฟลิปฟลอป	38
รูปที่ 2.31 การสร้างสัญญาณควบคุมแบบโทนเบิรสต์	38
รูปที่ 2.32 วงจรรับสัญญาณอย่างง่าย	39
รูปที่ 2.33 แผนผังการทำงานของเฟสล็อกลูป	40
รูปที่ 2.34 ตัวอย่างวงจรเฟสล็อกลูป	40
รูปที่ 2.35 การควบคุมอุปกรณ์ 2 ชนิดด้วยวงจรส่งเดียว	42
รูปที่ 2.36 รูปแบบของสัญญาณพีพีเอ็ม	43
รูปที่ 2.37 แผนผังการทำงานของภาคส่ง	44
รูปที่ 2.38 วงจรใช้งานของ SL490	45
รูปที่ 2.39 การต่อ LED เพื่อแสดงสภาวะการส่งสัญญาณควบคุม	46
รูปที่ 2.40 แสดงการเปลี่ยนแปลงคาบเวลาของข้อมูล	47
รูปที่ 2.41 วงจรขับสัญญาณ	48
รูปที่ 2.42 แผนผังการทำงานภาครับ	48
รูปที่ 2.43 ส่วนของวงจรภาครับสำหรับรับสัญญาณควบคุม 4 บิต	49
รูปที่ 2.44 การจัดวางขาของ 8051	52
รูปที่ 2.45 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์	53
รูปที่ 2.46 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟส แบบยูนิโพลาร์เพอร์มาเนนต์แม็กเนต	54
รูปที่ 2.47 แสดงระบบฉายตรง	56
รูปที่ 2.48 เครื่องฉายแผ่นใส	56
รูปที่ 2.49 หลอดของเครื่องฉายแผ่นใส	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.50 รูปพัดลมระบายอากาศของเครื่องฉายแผ่นใส	57
รูปที่ 2.51 เลนส์เกลี่ยแสง	58
รูปที่ 2.52 กระจกเงาสะท้อนแสงภายในตัวเครื่อง	58
รูปที่ 2.53 ปุ่มปรับความชัดของเครื่องฉายแผ่นใส	59
รูปที่ 2.54 กระจกเงาสะท้อนแสง	60
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของโครงงาน	61
รูปที่ 3.2 วงจรภาคส่ง 15 ช่อง ระบบอินฟราเรด	62
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรภาครับ	62
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรภาคจ่ายไฟ	63
รูปที 3.5 วงจรแปลงไฟ +15 โวลต์ และ +5 โวลต์	64
รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	65
รูปที่ 3.7 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	67
รูปที่ 3.8 วงจรแสดงผล	68
รูปที่ 3.9 ส่วนประกอบต่างๆ ของโครงครอบเครื่องฉายแผ่นใส	68
รูปที 3.10 โครงครอบเครื่องฉายแผ่นใส	70
รูปที่ 3.11 ตัวยึดแกนเพลาตัวนอก	70
รูปที่ 3.12 ตัวยึดแกนเพลาตัวใส	70
รูปที่ 3.13 แกนเพลาตัวนอก	70
รูปที่ 3.14 แกนเพลาตัวใน	71
รูปที่ 3.15 ตัวยึดสเต็ปปิ้งมอเตอร์	71
รูปที่ 3.16 การติดพลาสติกแข็งลงบนแผ่นใสแบบต่อเนื่อง	72
รูปที่ 3.17 ขนาดซองใส่แผ่นใส	73
รูปที่ ก.1 การต่ออุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล	82
รูปที่ ก.2 ลักษณะภายนอกของกล่องควบคุมเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล	82
รูปที่ ก.3 เครื่องส่งรีโมทคอนโทรล	83
รูปที่ ก.4 โครงครอบเครื่องฉายแผ่นใส	83
รูปที่ ก.5 ลักษณะการวางโครงครอบบนเครื่องฉายแผ่นใส	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ก.6 การวางซองใส่แผ่นใส	84
รูปที่ ข.1 วงจรรีโมทคอนโทรลภาคส่ง	86
รูปที่ ข.2 ลายวงจรรีโมทคอนโทรลภาคส่ง	86
รูปที่ ข.3 การวางอุปกรณ์ของวงจรรีโมทคอนโทรลภาคส่ง	87
รูปที่ ข.4 วงจรรีโมทคอนโทรลภาครับ	87
รูปที่ ข.5 ลายวงจรควบคุมระยะไกลภาครับ	88
รูปที่ ข.6 การวางอุปกรณ์วงจรรีโมทคอนโทรลภาครับ	88
รูปที่ ข.7 วงจรแปลงไฟ +15 โวลต์ เป็น 5 โวลต์	89
รูปที่ ข.8 ลายวงจรแปลงไฟ +15 โวลต์ เป็น +5 โวลต์	90
รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์ของวงจรแปลงไฟ +15โวลต์ เป็น +5 โวลต์	90
รูปที่ ข.10 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	91
รูปที่ ข.11 ลายวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	92
รูปที่ ข.12 การวางอุปกรณ์วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	93
รูปที่ ข.13 วงจรภาคจ่ายไฟ	94
รูปที่ ข.14 ลายวงจรภาคจ่ายไฟ +15 โวลต์ และ +5 โวลต์	94
รูปที่ ข.15 การลงอุปกรณ์วงจรภาคจ่ายไฟ +15 โวลต์ และ +5 โวลต์	95
รูปที่ ข.16 ลายวงจรแหล่งจ่ายไฟ +12 โวลต์	95
รูปที่ ข.17 การลงอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายไฟ +12 โวลต์	96
รูปที่ ค.1 ผังการทำงานของโปรแกรมหลัก	98
รูปที่ ค.2 ผังการทำงานของโปรแกรมเปรียบเทียบจำนวนหน้า	100
รูปที่ ค.3 ผังการทำงานของโปรแกรมหมุนสเต็ปปิ้งมอเตอร์ไปทางขวา	100
รูปที่ ค.4 ผังการทำงานของโปรแกรมหมุนสเต็ปปิ้งมอเตอร์ไปทางซ้าย	101
รูปที่ ค.5 ผังการทำงานของโปรแกรมแสดงผล	101
รูปที่ ค.6 ผังการทำงานของการเลื่อนหน้าแผ่นใสไปทางขวา	102
รูปที่ ค.7 ผังการทำงานของการเลื่อนแผ่นใสไปทางซ้าย	102
รูปที่ ค.8 ผังการทำงานของการเลื่อนหน้าแผ่นใสไปทางขวาเป็น Step	103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ค.9 ผังการทำงานของการเลื่อนหน้าแผ่นใสไปทางซ้ายเป็น Step	103
รูปที่ ค.10 ผังการทำงานของโปรแกรม Scankey	104
รูปที่ ค.11 โปรแกรมควบคุมการทำงานเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล	104
รูปที่ จ.1 ด้านหน้าของกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล	127
รูปที่ จ.2 ด้านหลังของกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล	127
รูปที่ จ.3 หน้าปัทม์ควบคุมการทำงานที่ตัวรีโมทคอนโทรล	128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

เนื่องจากเครื่องฉายแผ่นใสได้เข้ามามีบทบาทในการใช้งานในที่ประชุมมากขึ้นซึ่งจะอำนวยความสะดวกสบายในการเสนอผลงานให้ทราบทั่วกันในที่ประชุมได้ดี แต่ผู้ใช้เครื่องฉายแผ่นใสยังคงต้องคอยเปลี่ยนแผ่นใสเอง ทำให้ผู้ที่เสนอผลงานต้องอยู่กับเครื่องฉายแผ่นใสตลอดเวลา อีกทั้งยังมีความยุ่งยากในการค้นหาแผ่นใสด้วยตนเอง ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะอำนวยความสะดวกโดยการใช้รีโมทคอนโทรลเครื่องฉายแผ่นใส ซึ่งทำให้ผู้ที่เสนอผลงานสามารถที่จะเคลื่อนย้ายตัวเองไปมาได้ โดยไม่ยึดติดอยู่กับเครื่องฉายแผ่นใสตลอดเวลาและยังทำให้ผู้เสนอผลงานนั้นมีความสะดวกในการเสนอผลงานได้มากขึ้นอีกด้วย

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังต่อไปนี้

1. สามารถเลื่อนแผ่นใสไปข้างหน้าได้ครั้งละ 1 แผ่น
2. สามารถเลื่อนแผ่นใสไปข้างหลังได้ครั้งละ 1 แผ่น
3. สามารถระบุหน้าของการเลื่อนแผ่นใสที่ต้องการได้
4. สามารถปรับระดับของแผ่นใสให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้
5. สามารถบรรจุแผ่นใสได้ครั้งละจำนวน 30 แผ่น
6. สามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยรีโมทคอนโทรล

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆเพื่อความสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ หลักการของรีโมทคอนโทรล, สเต็ปปิ้งมอเตอร์, หลักการของเครื่องฉายแผ่นใสและไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน กล่าวถึง แผนผังการทำงานของโครงงาน, การออกแบบวงจร, หน้าที่ การทำงานของวงจรต่างๆ และการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ในโครงงาน

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงขั้นตอนการทดลองและการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของโครงงานนี้ เพื่อตรวจสอบว่าโครงงานสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและพัฒนา เป็นการสรุปการทำงาน และได้เสนอแนะแนวทางในการแก้ไขและแนวทางในการพัฒนา ให้มีประสิทธิภาพ มีการใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น

ในภาคผนวกแสดงรายละเอียดของโปรแกรมและรายการอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้จัดทำโครงงานดังนี้

ภาคผนวก ก รูปต้นแบบ

ภาคผนวก ข ผังการทำงานและโปรแกรมการทำงาน

ภาคผนวก ค วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ง รายละเอียดข้อมูลและคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทเป็นทฤษฎีและหลักการที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงาน โดยประกอบด้วยเรื่องของ รีโมทคอนโทรล, ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ MCS-51, สเต็ปปิ้งมอเตอร์ และหลักการของเครื่องฉายแผ่นใสซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดดังต่อไปนี้

2.2 รีโมทคอนโทรล

2.2.1 ระบบการรับ-ส่งสัญญาณ

การดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบันล้วนยึดติดกับสิ่งอำนวยความสะดวกในรูปแบบของเครื่องใช้ไฟฟ้าอันทันสมัยมากมาย ในด้านของความบันเทิง สื่อทางโทรทัศน์นับว่ามีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของมนุษย์มาก ยิ่งการสื่อสารเจริญรุดหน้ามากขึ้น มนุษย์ก็สามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ผ่านทางสื่อโทรทัศน์ได้รวดเร็วยิ่งขึ้นไปด้วยอุปกรณ์ที่จำเป็นอย่างยิ่งในการช่วยให้ผู้ชมสามารถเปลี่ยนช่องสถานีเพื่อรับรู้ข่าวสารได้ทันที โดยไม่ต้องลุกขึ้นไปที่เครื่องรับ คือ อุปกรณ์ที่เรียกว่า รีโมทคอนโทรล ซึ่งนับวันจะเริ่มแพร่กระจายเข้าไปสู่เครื่องไฟฟ้าชนิดต่างๆ มากขึ้น

รีโมทคอนโทรล หมายถึง ระบบควบคุมระยะไกล ที่ทำหน้าที่เสมือนแขนขาของมนุษย์ จึงทำให้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและเริ่มเป็นสิ่งจำเป็นควบคู่กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในปัจจุบัน ปริญญานิพนธ์นี้กล่าวถึงลักษณะของรีโมทคอนโทรล หรือระบบควบคุมระยะไกลในรูปแบบต่างๆ

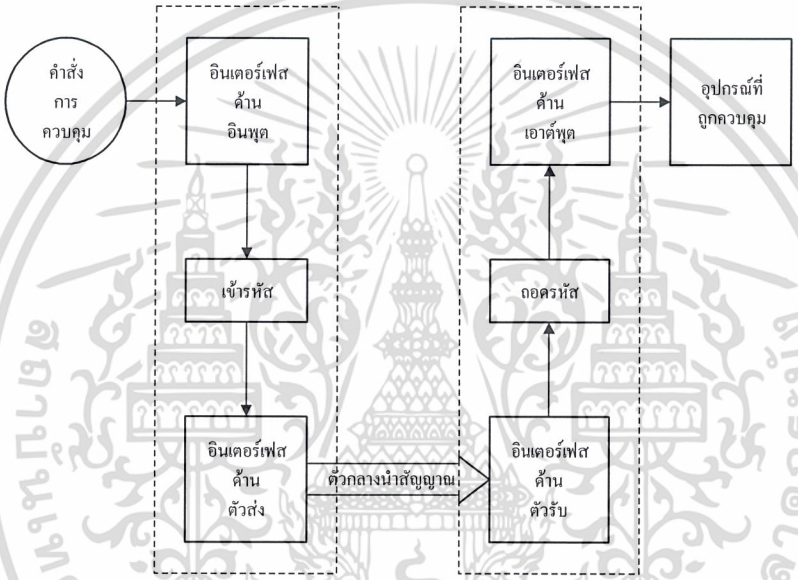
เริ่มจากระบบง่ายๆ ทั่วไป ระบบการทำงานที่ใช้กันในปัจจุบัน ระบบการเข้ารหัสและถอดรหัส ไปจนถึงแนวความคิดของการประยุกต์ใช้งานในรูปแบบต่างๆ อย่างละเอียด รวมทั้งการประยุกต์ใช้งานของวงจรรีโมทคอนโทรลด้วย

1) หลักการของรีโมทคอนโทรลหรือระบบการควบคุมระยะไกล

แผนผังการทำงาน ในรูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้าง และหลักการทำงานของระบบควบคุมระยะไกลโดยทั่วไป ในลักษณะองค์การควบคุมแบบทางเดียว เริ่มจากตัวกำหนดคำสั่ง เป็นต้น เมื่อมีการกำหนดรูปแบบของคำสั่งแล้ว รูปแบบของคำสั่งที่ถูกเลือกจะถูกส่งไปยังภาคส่งสัญญาณที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณหรือรวมสัญญาณควบคุมให้มีรูปแบบที่เหมาะสมกับวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอาจทำการเข้ารหัสสัญญาณให้แต่ละคำสั่งมีรหัสสัญญาณให้แต่ละคำสั่งมีรหัสเฉพาะของตัวมันเองให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ก่อนที่จะถูกส่งออกไปยังภาครับโดยตัวอินเตอร์เฟสด้านตัวส่งเพื่อทำหน้าที่ส่งสัญญาณที่ภาครับต้องเข้าใจได้ นั่นก็คือต้องเป็นระบบเดียวกัน สัญญาณที่ถูกส่งออกมาอาจอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า, สัญญาณแสง หรือสัญญาณเสียงความถี่สูง สัญญาณนี้สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นสายนำสัญญาณหรือผ่านตัวกลางอากาศ ขึ้นอยู่กับระบบที่ถูกออกแบบ



รูปที่ 2.1 โครงสร้าง และหลักการทำงานของระบบควบคุมระยะไกล

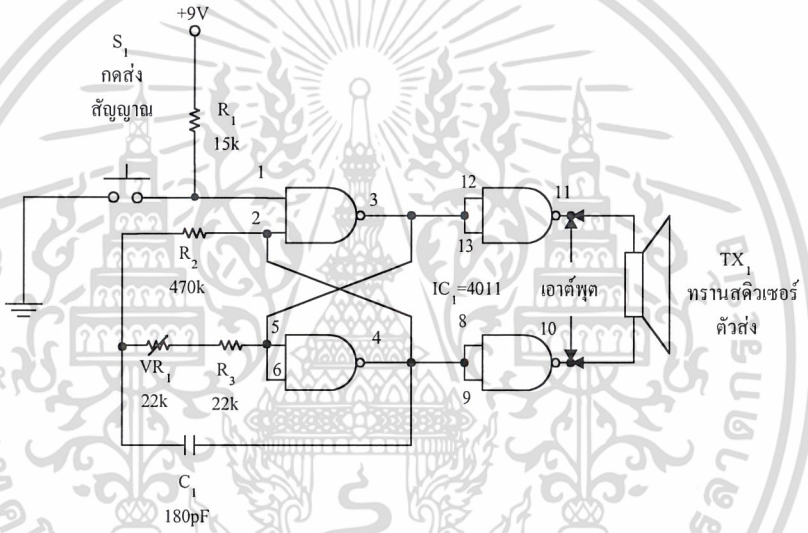
หากใช้สายสัญญาณเป็นตัวนำสัญญาณจะเรียกว่า ระบบใช้สาย ซึ่งถ้าใช้สัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณควบคุม (ที่มีการจัดรูปแบบหรือเข้ารหัสแล้ว) ก็จะใช้สายไฟฟ้าเป็นตัวนำสัญญาณ แต่ถ้าใช้สัญญาณแสงเป็นตัวควบคุม ตัวนำสัญญาณจะเป็นเส้นใยแก้วนำแสง (Optical Fiber) ในกรณีที่สัญญาณควบคุมถูกส่งไปในอากาศ เพื่อเดินทางไปยังเครื่องรับ เช่น การใช้สัญญาณไฟฟ้าในรูปของคลื่นวิทยุ หรือการใช้สัญญาณแสงอินฟราเรดโดยตรง จะมีชื่อว่า ระบบไร้สาย ซึ่งนิยมใช้กันอยู่มากในปัจจุบัน

สัญญาณที่เข้ามายังเครื่องรับหรือภาครับ จะถูกตัวอินเตอร์เฟสทำหน้าที่แปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าที่เข้ากับระบบของตัวรับ ก่อนถูกถอดรหัสเพื่อทราบวัตถุประสงค์ของคำสั่ง จากนั้นส่วนของวงจรอินเตอร์เฟสด้านเอาต์พุตจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่ต้องการ ตามลักษณะคำสั่งที่ได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ระบบรับ-ส่ง ด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิกอย่างง่าย

ระบบควบคุมระยะไกลระบบที่ง่ายที่สุด อาจประกอบด้วยการส่งคำสั่งเพียงคำสั่งเดียว เพื่อการทำงานในลักษณะของสวิตช์ปิด-เปิดเท่านั้น ในระบบรีโมทคอนโทรลแบบไร้สาย สัญญาณควบคุมดังกล่าวอาจอยู่ในรูปของสัญญาณความถี่คลื่นวิทยุหรือคลื่นแสง วงจรในรูปที่ 2.2 เป็นตัวอย่างเครื่องส่งอย่างง่ายที่ใช้ชนิดของสัญญาณควบคุมที่แตกต่างออกไป คือใช้คลื่นแสง วงจรในรูปที่ 2.2 เป็นตัวอย่างเครื่องส่งอย่างง่ายที่ใช้ชนิดของสัญญาณควบคุมที่แตกต่างออกไป คือใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิกเป็นคลื่นพาหะสำหรับนำสัญญาณควบคุม ซึ่งถือเป็นระบบควบคุมที่ง่ายที่สุด



รูปที่ 2.2 วงจรส่งคลื่นเสียงอัลตราโซนิกอย่างง่าย

วงจรประกอบด้วยวงจรภาคกำเนิดความถี่ในช่วง 40 กิโลเฮิรตซ์ โดยใช้ไอซีชนิดซีมอสเบอร์ 4011 ที่ประกอบด้วย แนนด์เกต 4 ตัว แนนด์เกต $IC_{1/1}$ และ $IC_{1/2}$ ต่อร่วมกับ R_3, VR_1 และ C_1 เพื่อสร้างสัญญาณในลักษณะของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ สวิตช์ S_1 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรพร้อมส่งสัญญาณความถี่ 40 กิโลเฮิรตซ์ ออกมาที่ขาเอาต์พุตของ $IC_{1/1}$ และ $IC_{1/2}$ เนื่องจากสัญญาณออกนี้ไม่อยู่ในรูปของสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ดี จึงต้องนำแนนด์เกต $IC_{1/3}$ และ $IC_{1/4}$ ที่เหลือมาต่อพ่วงท้าย เพื่อจัดรูปสัญญาณให้เป็นพัลส์สี่เหลี่ยมที่สมบูรณ์ สำหรับขับทรานสดิวเซอร์แปลงเป็นสัญญาณเสียงส่งออกไป

3) ทดสอบเครื่องส่งอัลตราโซนิก

เมื่อต่อวงจรในรูปที่ 2.2 แล้ว เราอาจยังไม่ต่อทรานสดิวเซอร์กับวงจรทันที แต่จะใช้ออสซิลโลสโคป มาวัดสัญญาณดูก่อนว่ามีรูปสัญญาณและค่าความถี่ตามต้องการหรือไม่

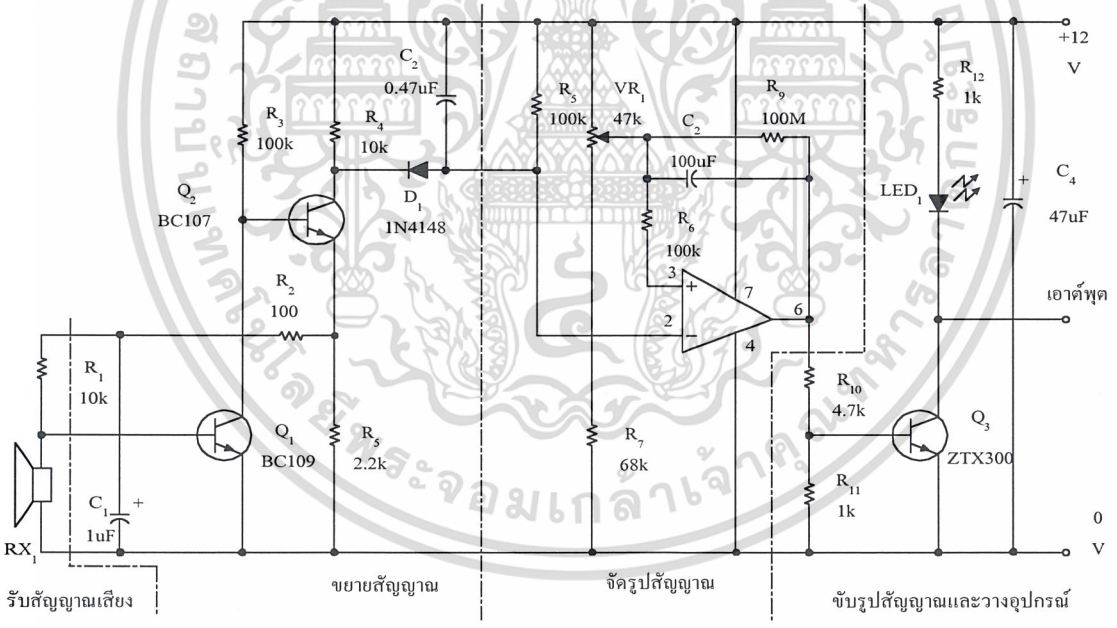
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวความต้านทานปรับค่าได้ VR_1 จะใช้สำหรับปรับแต่งความถี่ให้ได้ 40 กิโลเฮิรตซ์ ตามต้องการ ในขณะทดสอบสัญญาณ เราควรสำรวจดูสัญญาณที่จุดอื่นไปด้วย จะได้ทราบลักษณะสัญญาณในจุดต่างๆ ของวงจร

ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบสัญญาณด้วยโวลต์มิเตอร์ตามจุดต่างๆ ของวงจรให้เปลี่ยนค่า C_1 เป็น 100 ไมโครฟารัด เพื่อให้วงจรทำงานที่ความถี่ประมาณ 0.1 เฮิรตซ์ ซึ่งเป็นเวลาที่นานพอสำหรับการใช้โวลต์มิเตอร์วัดสัญญาณ อย่างไรก็ตาม การทำงานที่จุดต่างๆ ของวงจรเหมือนกันทุกประการไม่ว่าความถี่จะเป็นเท่าไร เมื่อวงจรทำงานเรียบร้อยสมบูรณ์ดีจึงค่อยต่อทรานสดิวเซอร์เข้าไป

4) เครื่องรับสัญญาณอัลตราโซนิก

วงจรเครื่องรับสัญญาณอัลตราโซนิกขนาด 40 กิโลเฮิรตซ์ แสดงดังรูปที่ 2.3 ซึ่งประกอบด้วยส่วนย่อยๆ 4 ส่วนคือ ส่วนรับสัญญาณ, ส่วนขยายสัญญาณ, ส่วนจัดรูปสัญญาณและส่วนส่งสัญญาณควบคุมอุปกรณ์



รูปที่ 2.3 วงจรรับสัญญาณเสียงอัลตราโซนิก

ในส่วนแรก เป็นส่วนรับสัญญาณอัลตราโซนิกขนาด 40 กิโลเฮิรตซ์ โดยตัวรับทรานสดิวเซอร์ RX_1 ต้องทำงานที่ความถี่ประมาณ 40 กิโลเฮิรตซ์ พอดี ทั้งนี้เพื่อป้องกันการส่งสัญญาณที่ความถี่อื่นเข้ามารบกวนภาครับ ในทางปฏิบัติเวลาใช้ทรานสดิวเซอร์ทั้งตัวส่งและตัวรับควรดูคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่สามารถทำงานด้วยกันเป็นคู่ทั้งตัวส่งและตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

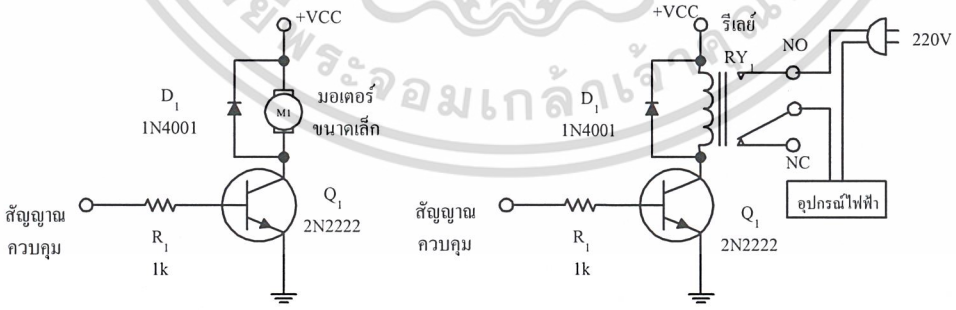
เมื่อมีสัญญาณเสียงอัลตราโซนิกส่งเข้ามา ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะนำกระแส ทำให้แรงดันตกคร่อมที่ขาคอลเล็คเตอร์ตกลงมา (น้อยกว่า 0.1 โวลต์) โดยขณะไม่มีสัญญาณรับเข้ามา แรงดันคอลเล็คเตอร์ ของ Q_1 จะมีค่าสูงประมาณ 10 โวลต์ ทั้ง Q_1 และ Q_2 เป็นส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ได้จากตัวรับ RX_1 ให้มีขนาดความแรงสัญญาณพอสำหรับวงจรทำงานได้ สัญญาณที่ถูกขยายจะถูกเรียงกระแสด้วยไดโอด D_1 แล้วส่งต่อไปยังวงจรส่วนจัดรูปสัญญาณ

วงจรในส่วนจัดรูปสัญญาณ ใช้ออปแอมป์ เบอร์ 301A ทำหน้าที่ในการเปรียบเทียบสัญญาณอินพุตที่ ขา 2 กับขา 3 ของออปแอมป์ สัญญาณเอาต์พุตจากขา 6 ของออปแอมป์ถูกทำให้มีค่าคงที่อยู่ในช่วงเวลาสั้นๆ โดยใช้คุณสมบัติการเก็บประจุของตัวเก็บประจุ C_3 ที่มีทิศทางการคายประจุผ่านตัวต้านทาน R_9 หากค่าของ C_3 มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 150 ไมโครฟารัดช่วงเวลาที่แสดงสัญญาณเอาต์พุตนี้จะนานถึง 10 วินาที

ส่วนควบคุมอุปกรณ์ ประกอบด้วยวงจรทรานซิสเตอร์ที่ใช้การทำงานของ LED_1 แสดงสถานะของการควบคุม หรือสภาวะที่มีการส่งสัญญาณออกมาควบคุม ในที่นี้เมื่อมีการส่งสัญญาณ LED_1 จะติด และจะดับเมื่อไม่มีการส่งสัญญาณ

5) การควบคุมอุปกรณ์

จากวงจรภาคส่งและภาครับจะเห็นว่าเราสามารถควบคุม LED_1 (ที่ภาครับ) ให้ติดหรือดับได้ โดยการกดปุ่มส่งสัญญาณที่ภาคส่ง ซึ่งถือว่าหลักการพื้นฐานของระบบรีโมทคอนโทรลจากวงจรเดียวกันนี้ เราสามารถต่ออุปกรณ์เพิ่มเติมลงไปที่ขาเอาต์พุตของภาครับ เพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ตามที่เราต้องการได้



(ก) ควบคุมมอเตอร์ขนาดเล็ก (ข) ควบคุมเครื่องใช้ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า

รูปที่ 2.4 รูปแบบการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากต้องการควบคุมมอเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ขับเคลื่อนรถเด็กเล่น สามารถใช้วงจรในรูปที่ 2.4 (ก) ต่อเพิ่มลงไปในอุปกรณ์เครื่องรับ แล้วติดตั้งส่วนของภาครับทั้งหมดไว้บนตัวรถ เราก็จะสามารถควบคุมรถให้เคลื่อนที่หรือหยุดได้ อีกตัวอย่างหนึ่งเป็นแนวความคิดของการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยวงจรในรูปที่ 2.4 (ข) โดยการเพิ่มวงจรในส่วนที่ใช้ขับรีเลย์ให้ทำงาน การทำงานของรีเลย์ใช้เป็นตัวควบคุมอุปกรณ์ทางไฟฟ้า เช่น พัดลม โคมไฟ เป็นต้น

ของการรับส่งสัญญาณเสียงอัลตราโซนิกชนิดทิศทางเดียวนี้ มีระยะรัศมีทำการไม่เกิน 5 เมตร ทั้งนี้เป็นผลมาจากกำลังส่งของเครื่องส่งเอง การใช้งานในห้องอาจให้ผลดีกว่ากลางแจ้ง เพราะคลื่นเสียงจะถูกสะท้อนโดยผนังห้อง ทำให้เดินทางถึงเครื่องรับได้หลายทางและมีกำลังมากขึ้น แต่ถ้าใช้กลางแจ้ง เสียงที่ส่งออกจะกระจายออกไปทำให้รับสัญญาณได้น้อย

2.2.2 ระบบของสัญญาณควบคุม

ปัจจุบันนี้การแบ่งประเภทการควบคุมของระบบรีโมทคอนโทรล จำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของการส่งผ่านสัญญาณหรือตัวกลางในการเชื่อมโยงสัญญาณ

1) ระบบใช้สาย

เป็นระบบควบคุมที่ต้องมีตัวนำสัญญาณจากตัวส่ง (สถานีส่ง) ไปยังตัวรับ (สถานีรับ) อุปกรณ์การนำสัญญาณนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสัญญาณพาหะ ซึ่งอาจได้แก่สัญญาณไฟฟ้าและสัญญาณแสง เป็นต้น

ในกรณีของสัญญาณควบคุมที่เป็นสัญญาณไฟฟ้า ตัวนำสัญญาณอาจได้แก่ สายไฟ, สายโทรศัพท์, สายโคแอกเชียล ฯลฯ แต่ถ้าในกรณีของสัญญาณควบคุมที่เป็นสัญญาณแสง ตัวนำสัญญาณจะเป็นเส้นใยแก้วนำแสง

ตัวอย่างของรีโมทคอนโทรลแบบใช้สายไฟ จะเห็นได้จากเครื่องใช้ไฟฟ้ารุ่นเก่า เช่น เครื่องเล่นวีดีโอ, แอร์ ที่มีสายไฟเสียบต่อกับรีโมทคอนโทรลออกมาภายนอกเครื่อง ทำให้ไม่มีความสะดวกในการใช้งาน ปัจจุบันจึงไม่ค่อยเป็นที่นิยม จะมีก็แต่งานบางประเภทเท่านั้นในส่วนของ รีโมทคอนโทรลที่ใช้เส้นใยแก้วนำแสง อาจจะไม่ค่อยได้พบเห็นกันบ่อยนักเนื่องจากว่าไม่ได้ใช้ในงานควบคุม แต่ใช้ในการส่งสัญญาณในลักษณะการสื่อสารข้อมูลที่ไม่เกี่ยวกับการควบคุมในปลายทางแทนสายส่งสัญญาณแบบธรรมดาเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบสายไฟธรรมดาในหลายๆ ด้าน

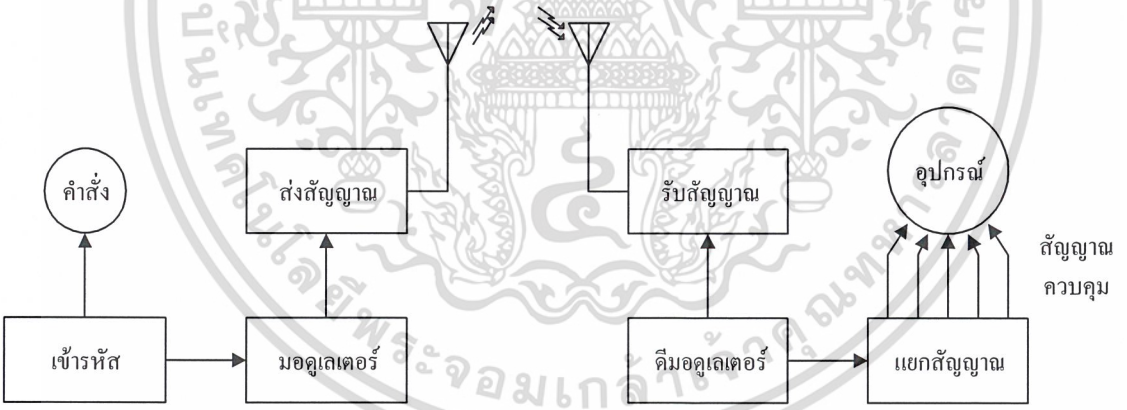
2) ระบบไร้สาย

เป็นระบบควบคุมที่ไม่ต้องมีอุปกรณ์ใดๆ เป็นตัวนำสัญญาณ โดยสัญญาณควบคุมจะเดินทางผ่านไปในอากาศ ชนิดของสัญญาณควบคุมที่เดินทางผ่านไปในอากาศได้ อาจอยู่ในรูปของสัญญาณเสียง สัญญาณแสง และคลื่นวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้สัญญาณเสียงเป็นตัวส่งสัญญาณควบคุม ได้กล่าวไว้แล้วในตอนแรก ในส่วนของการใช้สัญญาณแสงกำลังเป็นที่นิยมกัน ในการนำมาเพื่อใช้ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านเรือน ดังนั้นเนื้อหาส่วนใหญ่จะเน้นที่ระบบเป็นหลัก สำหรับกรณีของการควบคุมด้วยการใช้คลื่นด้วยการใช้คลื่นวิทยุนั้น นิยมใช้กับเครื่องเล่นประเภทวิทยุบังคับ เช่น เครื่องบินเล็ก, เรือเร็ว, รถเด็กเล่น เป็นต้น ทั้งนี้ก็เพราะรัศมีทำการของระบบวิทยุบังคับ มีรัศมีการควบคุมที่ไกลมาก ขึ้นอยู่กับกำลังการส่งสัญญาณออกอากาศ และใช้ได้แม้ในพื้นที่คับแคบ, คดเคี้ยว แต่รัศมีทำการอาจจะแคบเข้ามาด้วย เพราะคลื่นวิทยุสามารถทะลุผ่านสิ่งกีดขวางได้ สัญญาณควบคุมของระบบวิทยุอาจถูกกำหนดและเข้ารหัสด้วยวิธีเดียวกับระบบรีโมทคอนโทรลทั่วไปเพียงแต่จะถูกนำมามอดูเลตกับคลื่นวิทยุที่ภาคส่งก่อน การมอดูเลตสัญญาณใช้หลักการของการสื่อสารทั่วไป เช่น การมอดูเลตแบบ เอเอ็ม, เอฟเอ็ม เป็นต้น

ส่วนของวงจรภาครับ เมื่อได้รับสัญญาณวิทยุก็จะทำการดีมอดูเลตเพื่อแยกชนิดของสัญญาณควบคุมออกมาจากความถี่วิทยุ สำหรับใช้สั่งงานอุปกรณ์ส่วนอื่นต่อไปดังแผนผังการทำงานรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แผนผังการทำงานของระบบวิทยุบังคับ

หากทำการเปรียบเทียบระบบรีโมทคอนโทรลชนิดไร้สายแบบใช้แสงกับใช้คลื่นวิทยุแล้ว สามารถสรุปได้ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าทำไมระบบควบคุมด้วยแสงจึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในเครื่องไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

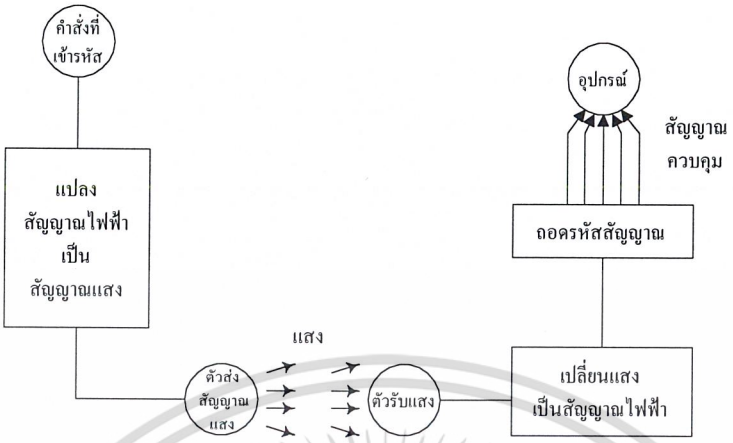
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบระบบควบคุมแบบไร้สายโดยการควบคุมด้วยแสง กับใช้คลื่นวิทยุควบคุม

ข้อเปรียบเทียบ	ควบคุมด้วยแสง	ควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ
1.ส่วนของวงจร	-วงจรไม่ซับซ้อนออกแบบง่าย	-วงจรค่อนข้างซับซ้อน การออกแบบค่อนข้างพิถีพิถัน
2.รัศมีทำการควบคุม	-ใกล้ แต่เหมาะกับห้องที่มีฝาผนัง เพราะมีการสะท้อนได้ดี	-ไกลตามกำลังส่ง มีอำนาจทะลุทะลวงสิ่งกีดขวาง เหมาะกับการใช้งานกลางแจ้ง
3.ปัญหาสัญญาณรบกวน	-ไม่มีหรือน้อยมาก	-อาจสร้างสัญญาณรบกวนให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นได้ง่ายและถูกรบกวนได้ง่ายเช่นกัน
4.ปัญหาด้านกฎหมาย	-ไม่มีกฎหมายควบคุม	-ต้องขออนุญาตจากทางราชการเพื่อขอใช้คลื่นวิทยุ
5.ราคา	-ราคาถูก-ปานกลาง	ราคาปานกลาง-แพง
6.ขนาดรูปร่าง	-สามารถปรับปรุงให้มีขนาดเล็กลงได้	-ไม่สามารถลดขนาดให้เล็กได้มากเท่าที่ควรเนื่องจากเหตุผลทางด้านกำลังส่งและอุปกรณ์ประกอบ

สาเหตุที่ระบบควบคุมด้วยแสงเป็นที่นิยมมากที่สุดในปัจจุบันเมื่อดูจากตารางที่ 2.1 พอจะสรุปได้ว่าระบบการควบคุมด้วยแสงมีคุณสมบัติที่ดีกว่าระบบที่ควบคุมด้วยคลื่นวิทยุดังนี้ คือ วงจรการทำงานที่ไม่ซับซ้อน, รัศมีที่เหมาะกับการที่จะใช้ควบคุมอุปกรณ์ในห้องเรียน , มีสัญญาณรบกวนในการควบคุมน้อยมา ไม่มีข้อจำกัดทางด้านกฎหมายที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ระบบควบคุมด้วยแสงนี้มีราคาถูก เพราะมีขนาดเล็ก

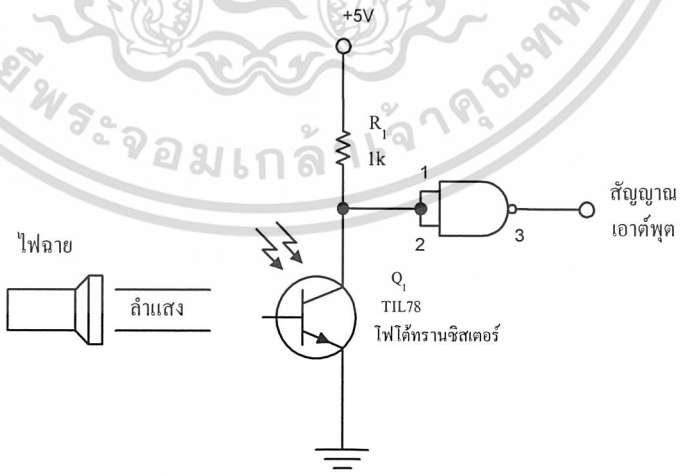
ในการควบคุมด้วยสัญญาณแสงสัญญาณควบคุมที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณแสงก่อน แล้วจึงถูกส่งออกไปยังตัวรับ ซึ่งก็จะต้องมีอุปกรณ์พิเศษทำหน้าที่รับสัญญาณแสงแล้วแปลงกลับให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นจึงทำการแยกชนิดของสัญญาณว่าเป็นสัญญาณควบคุมที่สอดคล้องกับคำสั่งของตัวส่งอย่างไร ดังแผนผังการทำงานที่แสดงในรูปที่ 2.6 ลักษณะของแสงที่ใช้ส่งสัญญาณแบ่งเป็น 2 ประเภท ตามค่าความถี่ของแสง คือประเภทแสงที่มองเห็นได้ และประเภทแสงที่มองไม่เห็น ซึ่งมักได้แก่แสงในย่านของความถี่อินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของระบบควบคุมด้วยแสงแบบไร้สาย

ในระบบของแสงที่มองเห็นได้ ความเข้มแสงที่ใช้รับ-ส่งถือเป็นสิ่งสำคัญ เพราะไม่เช่นนั้นแสงทั่วไปอาจส่งผลกระทบต่อวงจรภาครับได้ง่าย โดยทั่วไปลำแสงจะมีลักษณะกระจายออกจากแหล่งกำเนิดทุกทิศทุกทาง ดังนั้นในกรณีของรีโมทคอนโทรล ทิศทางของแสงควบคุมอาจต้องทำการกำหนดให้แน่นอน ตัวอย่างของตัวส่งและตัวรับแสงที่เห็นโดยทั่วไป ได้แก่ตัวส่งสัญญาณที่เป็นไฟฉายธรรมดา และส่วนของตัวรับที่เป็นอุปกรณ์รับแสง ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เช่น โฟโต้ทรานซิสเตอร์ หรือโฟโต้ไดโอดต่อกันเป็นวงจรดังรูปที่ 2.7

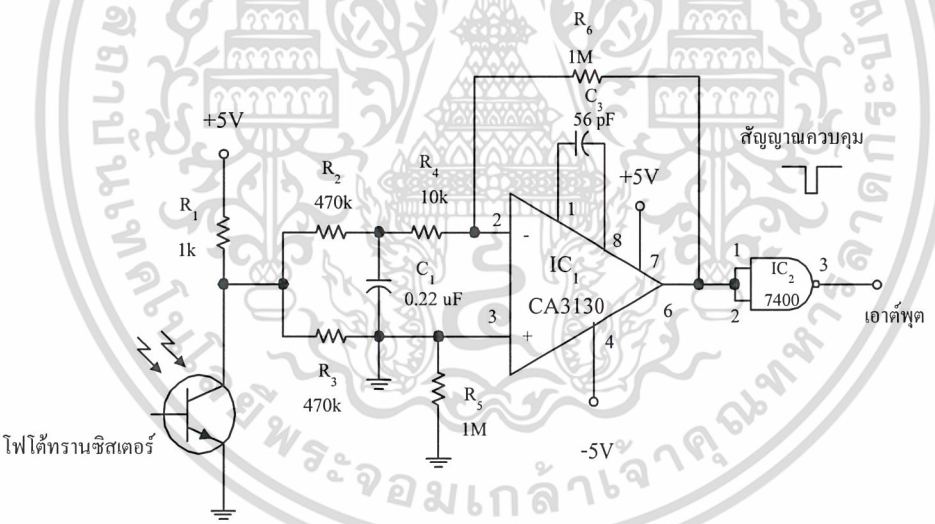


รูปที่ 2.7 การส่งสัญญาณแสงควบคุมด้วยวงจรง่ายๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.7 เมื่อแสงจากไฟฉายตกกระทบโฟโต้ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแส และแรงดันที่ตกคร่อมขาคอลเล็คเตอร์ เกิดเป็นสัญญาณเอาต์พุทออกมา การต่อแนนด์เกตในลักษณะของอินเวอร์เตอร์จะช่วยแยกระดับของสัญญาณ “0” กับ “1” ออกมาให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้น สัญญาณที่ได้นี้สามารถนำไปดัดแปลงควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ได้

ส่วนสำคัญที่เป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพการรับ หรือความไวในการรับของภาครับ คือ โฟโต้ทรานซิสเตอร์ และภาคขยายสัญญาณซึ่งมีรายละเอียดและข้อกำหนดพอสมควร ดังจะได้กล่าวต่อไป จากรูปวงจรเราปล่อยขาเบสลอยไว้ ซึ่งปกติจะเป็นเช่นนี้อยู่แล้ว ถ้าเราอยากให้การตอบสนองของสัญญาณดีขึ้น อาจต่อขาเบสนี้เข้ากับไฟบวก 5 โวลต์ โดยใช้ตัวต้านทานอนุกรมเพื่อจำกัดกระแสเบสให้เป็นไปตามคุณสมบัติของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ก็พอจะช่วยให้วงจรรับทำงานได้ดีขึ้น ก็พอจะช่วยให้วงจรรับทำงานได้ดีขึ้น แต่การแก้ไขที่ดีที่สุดคือ การเลือกใช้ตัวรับแสงที่มีประสิทธิภาพสูงๆ



รูปที่ 2.8 วงจรภาครับที่มีการตอบสนองดีขึ้น

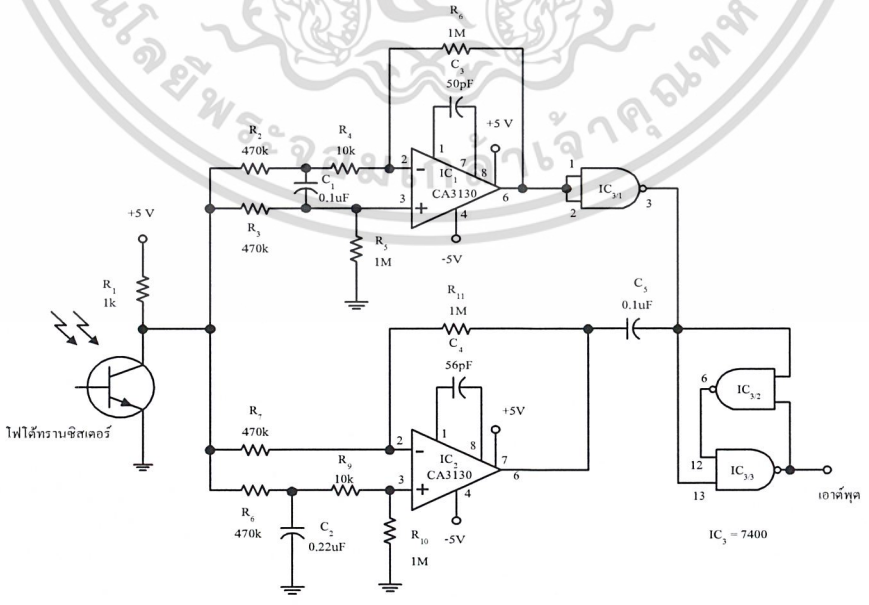
จากวงจรรับแสงในรูปที่ 2.7 สามารถดัดแปลงให้มีการรับสัญญาณแสงได้ดีขึ้นดังวงจรในรูปที่ 2.8 โดยสัญญาณแสงที่รับได้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่ขาคอลเล็กเตอร์ของอุปกรณ์โฟโต้ทรานซิสเตอร์ Q_1 แล้วถูกป้อนเข้าสู่วงจรออปแอมป์ที่ทำหน้าที่เสมือนวงจรขยายชนิดเปรียบเทียบผลต่างของสัญญาณ โดยสัญญาณอินพุตจาก Q_1 จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ทาง สู่ขานอนอินเวอร์ติ้งอินพุตและขาอินเวอร์ติ้งอินพุตของออปแอมป์ เมื่อไม่มีการส่งสัญญาณมาที่ตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับแรงดัน หรือสัญญาณที่ขาอินพุตของออปแอมป์ จะมีค่าเท่ากัน ทำให้เอาต์พุตขา 6 ของออปแอมป์มีระดับสัญญาณเป็น “0” ส่งผลให้สัญญาณเอาต์พุตขา 3 ของ IC_2 เป็นสัญญาณพัลส์อยู่ในสภาวะ “1”

แต่ถ้าเมื่อใดที่มีแสงมาตกที่ตัวรับแสง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่ตัวรับในทันที ทำให้ระดับแรงดันที่ขานอนอินเวอร์ติ้งและขาอินเวอร์ติ้งอินพุตมีค่าไม่เท่ากัน ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากตัวเก็บประจุ C_1 ที่ต่อไว้ช่วยหน่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงสัญญาณของขาอินเวอร์ติ้งอินพุต ทำให้สัญญาณเอาต์พุตขา 6 ของออปแอมป์มีระดับสัญญาณเป็น “1” ส่งไปผ่าน IC_2 ซึ่งทำหน้าที่เป็นอินเวอร์เตอร์ ได้สัญญาณพัลส์เอาต์พุตที่ขา 3 ของ IC_2 ออกมาเป็น “0” ดังนั้นถ้าแสงที่ตกมายังตัวรับแสงหายไป เอาต์พุตที่ขา 3 ของ IC_2 ก็จะกลับไปเป็น “1” เหมือนเดิม ซึ่งเป็นไปโดยการทำงานของวงจร

ในวงจรรูปที่ 2.8 ถ้าหากว่าแสงที่มาตกที่ตัวรับแสงมีการส่งอยู่ตลอดเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลง เอาต์พุตของวงจรจะมีสภาวะเป็น “1” อยู่ตลอดเช่นกัน กล่าวคือวงจรจะรับรู้ช่วงเวลาเริ่มต้นการับส่งสัญญาณ แล้วแสดงออกมาเป็นลอจิก “0” เพียงชั่วขณะเท่านั้น และระยะเวลาการคงอยู่ที่สภาวะ “0” ขึ้นกับค่าของตัวเก็บประจุ C_1 ซึ่งในทางปฏิบัติยังไม่ถือว่าสะดวกในการใช้งาน การแก้ไขและปรับปรุงประสิทธิภาพของวงจรภาครับแสง อาจทำได้ด้วยวงจรในรูปที่ 2.9 ที่เพิ่มอุปกรณ์บางส่วนที่มีฟังก์ชั่นการทำงานคล้ายกับวงจรเดิมเข้าไป เพื่อให้สามารถแสดงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของการส่งสัญญาณออกมา



รูปที่ 2.9 วงจรรับแสงที่มีประสิทธิภาพในการใช้งาน

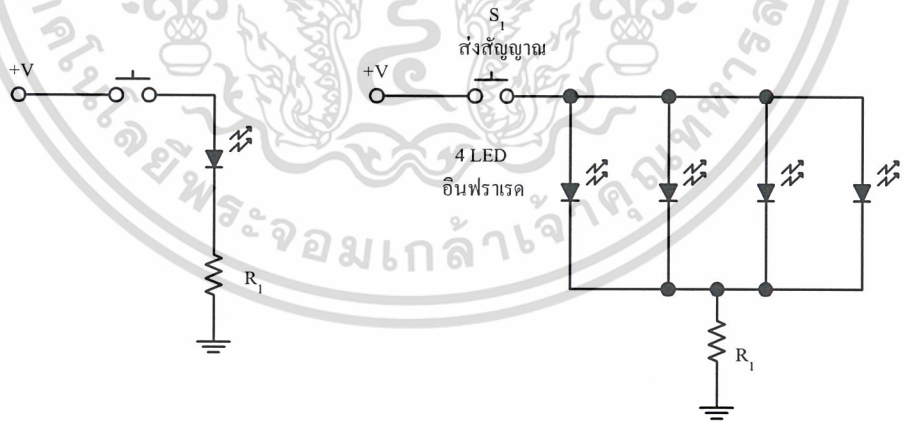
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดสุดท้ายของการส่งสัญญาณถูกตรวจสอบโดยออปแอมป์ IC_2 ที่ต่อตัวเก็บประจุ C_3 ไว้ที่ขานอนอินเวอร์ติ้งอินพุตสัญญาณเอาต์พุตจากออปแอมป์จะผ่านตัวเก็บประจุ C_5 ก่อนป้อนเป็นสัญญาณอินพุตให้กับวงจรไบสเตเบิล $IC_{3/2}$ และ $IC_{3/3}$ ต่อในภาคสุดท้าย ขาอินพุตอีกอันหนึ่งของวงจรไบสเตเบิลมาจากส่วนของการตรวจสอบจุดเริ่มต้นของการส่งสัญญาณหรือที่ขา 3 ของ $IC_{3/1}$ สัญญาณเอาต์พุตสุดท้ายจะถูกจัดเป็นสัญญาณพัลส์ที่แสดงตำแหน่งเวลาขณะส่งและสิ้นสุดสัญญาณส่งด้วยขอบของพัลส์ตามลำดับ

3) ระบบอินฟราเรด

การใช้แสงอินฟราเรดเป็นสัญญาณควบคุมของรีโมทคอนโทรล สามารถตัดปัญหาการรบกวนของแสงภายนอกอื่นๆ (ที่มองเห็น) ลงไปได้โดยเด็ดขาด ยิ่งไปกว่านั้นวงจรใช้งานของระบบอินฟราเรด ยังเป็นวงจรที่ง่ายและไม่ซับซ้อน แถมยังมีความเชื่อถือได้สูงในการใช้งานอีกด้วย

การส่งสัญญาณแสงย่านอินฟราเรดสามารถกระทำได้ด้วยวงจรดังรูปที่ 2.10 (ก) ซึ่งประกอบด้วย LED ที่เปล่งแสงในย่านอินฟราเรด (เช่น TIL38) ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ โดยมีตัวความต้านทาน R_1 ทำหน้าที่จำกัดกระแส ตัวอย่างเช่น สำหรับ LED ที่กินกระแสได้สูงสุดประมาณ 150 มิลลิแอมป์ หากใช้แหล่งจ่ายไฟขนาด 5 โวลต์ R_1 จะมีค่า ประมาณ 22 โอห์ม แต่ในทางปฏิบัติไม่ควรออกแบบให้ LED กินกระแสสูงสุด R_1 ที่ใช้จึงควรมีค่ามากกว่านี้ (เช่น 100 โอห์ม)



(ก) การไบอัสอินฟราเรดธรรมดา

(ข) การไบอัสอินฟราเรดเพื่อเพิ่มปริมาณความเข้มของแสง

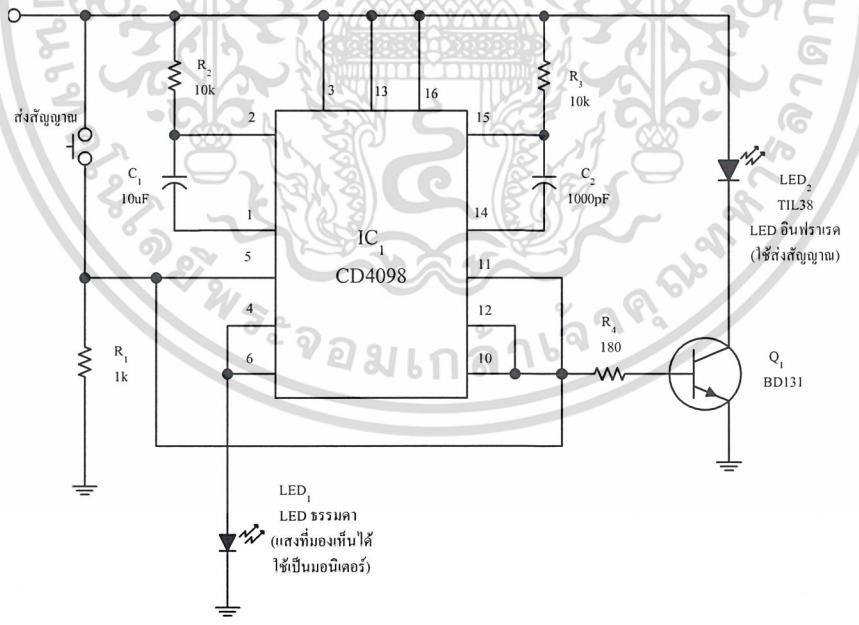
รูปที่ 2.10 วงจรสร้างสัญญาณอินฟราเรดอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณแสงที่ส่งออกโดย LED เพียงตัวเดียว จะเหมาะกับการใช้งานในระยะเพียงไม่กี่เมตรเท่านั้น การเพิ่มกำลังส่งของแสงอินฟราเรดให้ไปได้ไกลขึ้นทำได้โดยใช้ LED หลายตัวต่อขนานกันดังรูปที่ 2.10 (ข) โดยที่ R1 จะต้องมีค่าลดลงจากเดิม เพราะต้องขับกระแสมากขึ้น ปัจจุบันมี LED ย่านอินฟราเรดรุ่นใหม่ที่ให้กำลังส่งหรือความเข้มแสงสูง ช่วยให้ส่งสัญญาณไปได้ไกลกว่าเดิมมาก ดังนั้นหากเราต้องเลือก LED ตัวส่งสำหรับใช้งานแล้ว ควรจะศึกษาถึงคุณสมบัติทางเทคนิคให้ละเอียดด้วย

4) เครื่องส่งอินฟราเรด

การเพิ่มระยะทางในการทำงานของแสงอินฟราเรด นอกเหนือจากการเพิ่มจำนวน LED ดังรูปที่ 2.10 (ข) แล้วอาจทำได้ด้วยวิธีอื่นอีก ถึงแม้ว่าจะใช้ LED เพียงตัวเดียวก็ตาม นั่นคือการเพิ่มกระแสขับ LED ให้สูงขึ้น โดยที่ LED ต้องไม่เสียหาย ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการจำกัดช่วงเวลาทำงานของ LED ให้สั้นลง ด้วยการใช้สัญญาณพัลส์เป็นตัวขับกระแสให้ LED จากวงจรในรูปที่ 2.10 (ก) หากเราป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างพัลส์ไม่เกิน 10 ไมโครวินาที กระแสที่ใช้ขับ LED อาจมีค่าสูงได้ถึง 2 แอมป์ โดยที่ LED ไม่เสียหาย ซึ่งจะส่งผลทำให้ความเข้มแสงที่เปล่งออกมีค่าสูงมากและเดินทางไปได้ไกลกว่าเดิมมาก



รูปที่ 2.11 วงจรพัลส์ของแสงอินฟราเรด

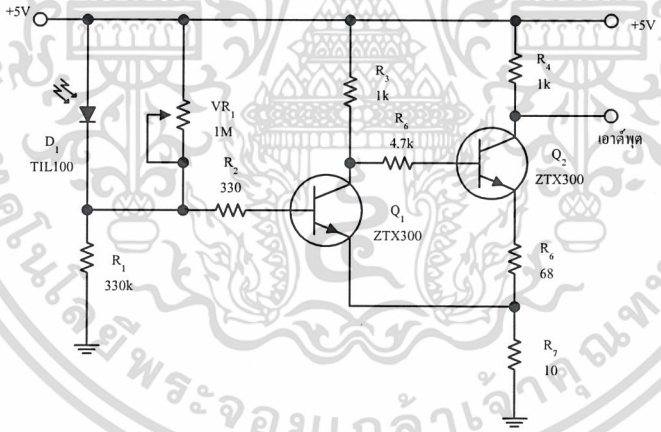
วงจรในรูปที่ 2.11 ใช้สำหรับสร้างพัลส์ขนาดเวลา 10 ไมโครวินาที ให้กับ LED โดยมีทรานซิสเตอร์ Q_1 เป็นตัวขับกระแส สัญญาณควบคุมทรานซิสเตอร์มาจากวงจรโมโนสเตเบิล IC_1 ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใช้ไอซีเบอร์ CD4098 เป็นตัวสร้างสัญญาณ การใช้สวิตช์ธรรมดาต่อร่วมกันกับวงจรโมโนสเตเบิลในรูปที่ 2.11 บางครั้งอาจก่อให้เกิดปัญหาในการส่งสัญญาณได้ เพราะตัวสวิตช์เองอาจมีปัญหาด้านกลไกในตัวมัน เมื่อมีการกดสวิตช์ ระบบหน้าสัมผัสภายในอาจเกิดการสั่นหรือสัมผัสกันมากกว่าหนึ่งครั้งทำให้สัญญาณที่ได้เสมือนเปิด-ปิด ติดๆ กันหลายครั้ง ส่งผลให้สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมโนสเตเบิลมีการผิดพลาดได้ การแก้ไขอาจทำได้โดยการเพิ่มเกตแบบชมิตต์ทริกเกอร์เข้าไป เพื่อตัดปัญหาของสวิตช์ดังกล่าว

5) เครื่องรับแสงอินฟราเรด

การรับสัญญาณแสงอินฟราเรดด้วยวงจรพื้นฐานแสดงดังรูปที่ 2.12 ซึ่งประกอบด้วยส่วนของตัวรับแสง ที่ใช้โฟโต้ไดโอดทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ในการติดตั้งโฟโต้ไดโอดเพื่อรับแสง ควรมีแผ่นกรองแสงหรือฟิลเตอร์ชนิดที่ให้แสงอินฟราเรดผ่านได้ (เช่น แผ่นพลาสติกใสสีแดงเข้ม) วางไว้ด้านหน้า เพื่อป้องกันการรบกวนของคลื่นแสงตัวอื่นที่อาจตกกระทบเข้ามา

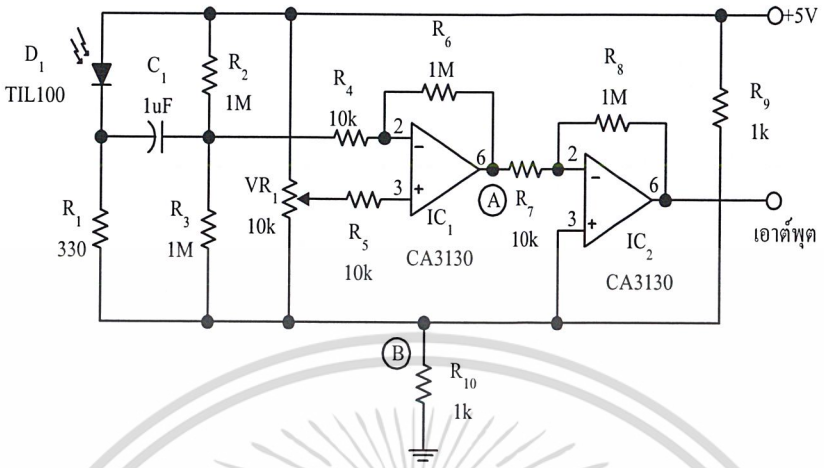


รูปที่ 2.12 วงจรรับแสงอินฟราเรดแบบพื้นฐาน

กระแสที่ไหลผ่านโฟโต้ไดโอดและตัวต้านทาน R_1 จะมีค่ามากขึ้นตามความเข้มของแสงที่รับได้ อันจะส่งผลให้เกิดการเพิ่มกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1 ทำให้ Q_1 ทำงาน และเมื่อ Q_1 ทำงานกระแสเบสทรานซิสเตอร์ Q_2 จะลดลง ส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ Q_2 ไม่ทำงาน ทำให้เอาต์พุตของวงจรอยู่ในสภาวะ “1” เมื่อมีสัญญาณอินฟราเรดเข้ามาความไวในการรับสัญญาณของวงจรขึ้นกับระดับที่ตกคร่อม R_1 อันเนื่องมาจากปริมาณของกระแสที่ไหลผ่านโฟโต้ไดโอด VR_1 ที่ทำหน้าที่กำหนดปริมาณกระแสไบแอสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.13 วงจรรับแสงอินฟราเรดที่มีความไวเพิ่มขึ้น

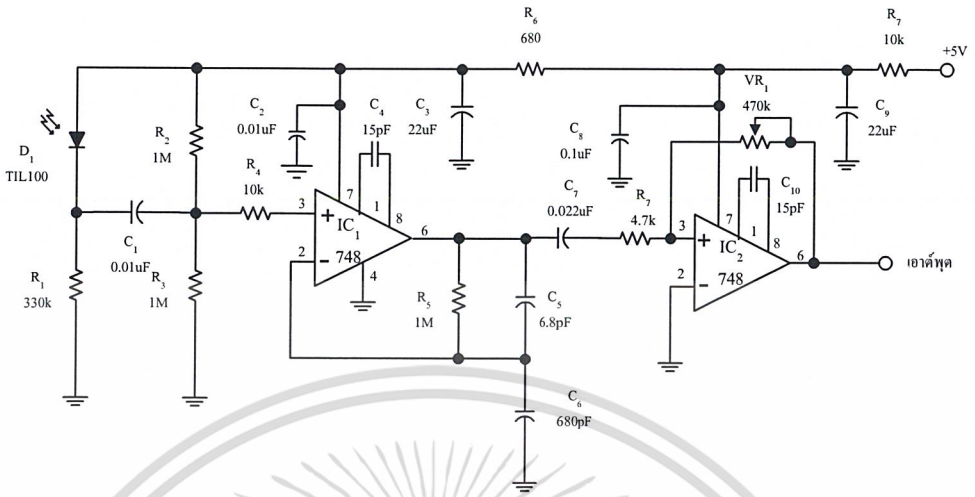
วงจรในรูปที่ 2.13 เป็นวงจรรับแสงอินฟราเรดที่ถูกปรับปรุงให้มีความไวในการรับสัญญาณแสงได้ดีขึ้น โดยการใช้ตัวเก็บประจุ C_7 เป็นตัวผ่านของสัญญาณเริ่มต้นที่รับได้ ซึ่งช่วยให้วงจรมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสัญญาณชั่วขณะได้ดีขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติในการเก็บประจุและคายประจุของ C_1

สัญญาณอินพุตที่รับได้จะถูกส่งไปเข้าวงจรขยายโดย IC_1 ซึ่งเป็นวงจรขยายแบบเปรียบเทียบแรงดัน โดยที่ขา 3 ของ IC_1 เป็นขาตั้งระดับแรงดันอ้างอิงมี VR_1 เป็นตัวปรับแรงดัน และแรงดันอินพุตที่ขา 2 เป็นแรงดันที่มาทำการเปรียบเทียบกับแรงดันที่ขา 3 ซึ่งแรงดันที่ขา 3 นั้นปกติจะปรับให้เป็นครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่ายเอาต์พุตขา 6 ของ IC_1 จะถูกส่งไปทำการขยายสัญญาณโดย IC_2 ต่อเป็นวงจรขยายแบบกลับสัญญาณให้เอาต์พุตออกมา ที่ขา 6 เพื่อส่งไปควบคุมวงจรใช้งานอื่นๆ อีกต่อไป

วงจรรับแสงอินฟราเรดในรูปที่ 2.14 เป็นวงจรที่มีความไวในการรับสูงมาก กำลังการขยายสัญญาณของวงจรค่อนข้างสูง ลักษณะวงจรในภาครับแสงจะคล้ายกับวงจรในรูปที่ 2.9 เพียงแต่ใช้ตัวเก็บประจุ (C_1) ที่มีค่าต่างกันแสดงตัวเก็บประจุ C_1 มีผลกระทบต่อการกำหนดความไวในการรับสัญญาณพอสมควร ส่วนของวงจรขยายใช้ ออปแอมป์มี 2 ตัว ตัวแรก IC_1 ต่อเป็นวงจรขยายแบบไม่กลับสัญญาณมี VR_1 ทำหน้าที่ปรับระดับความไวของวงจรโดยรวม เนื่องจากวงจรนี้มีความไวสูงอาจเกิดการรบกวนจากสัญญาณทางไฟฟ้าจากที่อื่นได้ง่าย หากมีการนำมาใช้งานควรต่อกราวด์ของวงจรกับตัวกล่องพร้อมทั้งชีลด์ให้ดี หรือใช้กล่องโลหะบรรจุอุปกรณ์ทั้งหมดไว้ ตัวเก็บประจุขนาดเล็ก ที่มีหลายตัวในวงจรนี้ ส่วนใหญ่ใส่ไว้ก็เพื่อช่วยแก้ปัญหาสัญญาณรบกวนด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32807



รูปที่ 2.14 วงจรรับแสงอินฟราเรดที่มีกำลังขยายสูง

2.2.3 การสร้างสัญญาณควบคุมและวงจรจ่ายกำลัง

โดยทั่วไปการสร้างสัญญาณควบคุมแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ การควบคุมแบบจัดลำดับก่อนหลังหรือแบบอนุกรม ที่มีรูปแบบวงจรที่ง่ายไม่ซับซ้อนและสามารถใช้กับวงจรส่งที่มีสัญญาณรูปแบบเดียวได้ อีกประเภทหนึ่งเป็นการควบคุมโดยใช้การเข้ารหัส วิธีนี้ทั้งวงจรส่งและ วงจรรับต้องมีส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัสที่สัมพันธ์กัน

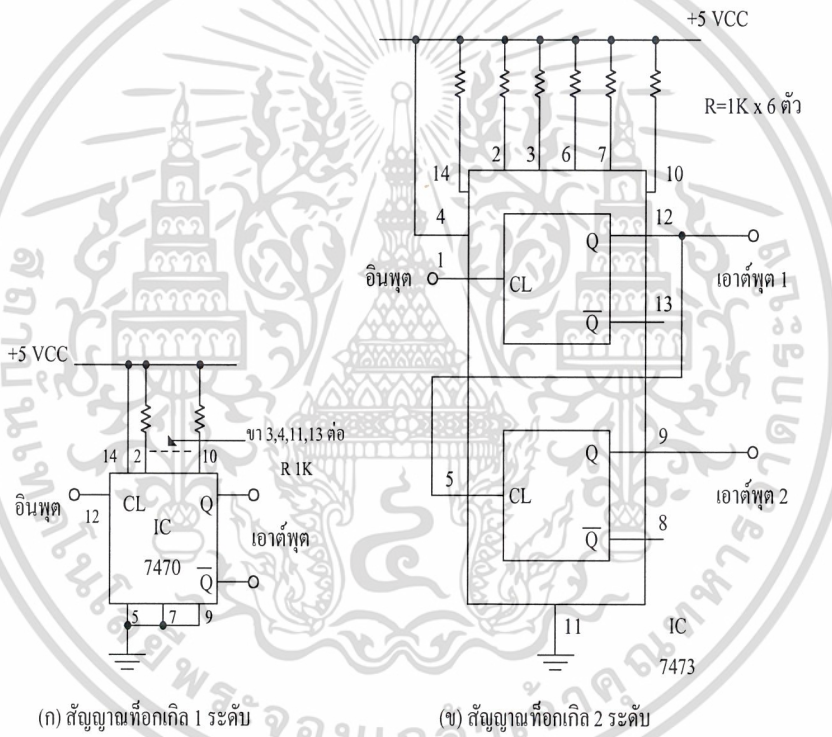
1) การควบคุมแบบจัดลำดับอนุกรม

พิจารณาสัญญาณเอาต์พุตของวงจรภาครับ ที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_3 ในรูปที่ 2.7 อาจทำให้เป็นสัญญาณกระตุ้นที่มีรูปร่างเป็นพัลส์ที่แน่นอนได้ โดยการใช้ไอซีทีทีแอลเบอร์ 7470 ทำหน้าที่เป็น J-K ฟลิปฟลอป ต่อเป็นวงจรดังแสดงในรูปที่ 1.15 (ก) โดยป้อนสัญญาณเอาต์พุต Q เป็นตัวที่ถูกเลือกใช้เพื่อเป็นสัญญาณควบคุมในส่วนอื่นต่อไป เมื่อสัญญาณอินพุตที่ขา 12 เปลี่ยนสถานะจาก “1” ไปเป็น “0” สัญญาณเอาต์พุต Q เป็นตัวที่ถูกเลือกใช้เพื่อเป็นสัญญาณควบคุมในส่วนอื่นต่อไป เมื่อสัญญาณอินพุตที่ขา 12 เปลี่ยนสถานะจาก “1” ไปเป็น “0” สัญญาณเอาต์พุต Q จะเปลี่ยนสถานะไปจากเดิม ในขณะที่มันจะมีการรอจังหวะและคงสถานะไว้เมื่อลักษณะสัญญาณทางอินพุตเปลี่ยนสถานะจาก “0” ไปเป็น “1” คล้ายกับการทำงานของวงจรนับ สมมติถ้าต่อ LED เข้ากับสัญญาณเอาต์พุต Q นี้ เมื่อกดปุ่มส่งสัญญาณที่ตัวส่งครั้งหนึ่ง LED จะติด (หรือดับแล้วแต่ลักษณะการต่อวงจร) เสมือนกับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เริ่มทำงาน และเมื่อกดปุ่มส่งสัญญาณอีกครั้งหนึ่ง LED ก็จะดับ เสมือนกับการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ลักษณะสัญญาณควบคุมการปิด/เปิดนี้เรียกว่าสัญญาณ ท็อกเกิล (toggle) ซึ่งหมายถึงการที่สัญญาณเอาต์พุตเปลี่ยนค่าไปเป็นตรงกันข้ามในทุกครั้งที่ขาคล็อกเปลี่ยนสภาวะจาก “1” ไปเป็น “0”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เพิ่มฟังก์ชั่นการควบคุม

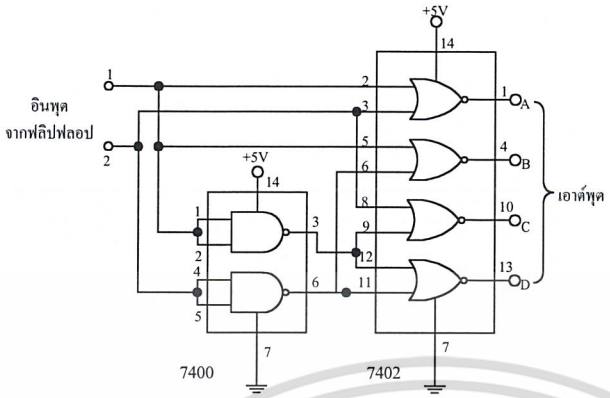
จากสัญญาณควบคุมแบบท็อกเกิลที่มีฟังก์ชั่นควบคุมการทำงาน 2 ฟังก์ชั่นการควบคุมการทำงาน 2 ฟังก์ชั่นนี้ อาจดัดแปลงให้ฟังก์ชั่นการทำงานมากขึ้นอีกได้ โดยการเพิ่มวงจรบางส่วนเข้าไป ลักษณะของวงจรที่นำมาใช้เป็นประเภทเดียวกับวงจรนับ ดังแสดงในรูปที่ 2.15 (ข) ที่ใช้ J-K ฟลิปฟลอป 2 ตัว ต่อเรียงกัน ซึ่งอาจทำได้โดยเพิ่มไอซี 7470 เข้าไปอีกตัวจากวงจรเดิม ในรูป 2.15 (ก) หรือใช้ไอซีเบอร์ 7473 ที่ประกอบด้วยฟลิปฟลอบ 2 ตัวอยู่ภายในตัวถังเดียวกัน ก็จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและลดจำนวนอุปกรณ์ลงไปได้



รูปที่ 2.15 การสร้างสัญญาณท็อกเกิลจาก J-K ฟลิปฟลอบ

สัญญาณเอาต์พุตในรูปที่ 2.15 (ข) มี 2 เอาต์พุต เปรียบเสมือนเป็นค่าทางไบนารี 2 หลัก หรือวงจรนับ 4 ซึ่งทำให้เกิดสัญญาณควบคุมที่มีรูปแบบที่มีรูปแบบต่างกัน 4 แบบ และสามารถนำไปดัดแปลงเพื่อควบคุมอุปกรณ์ได้ถึง 4 ฟังก์ชั่นการทำงานโดยเพิ่มส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนจากรหัสไบนารีไปเป็นสัญญาณควบคุม ด้วยวงจรถอดรหัสหรือดีโคดเดอร์ สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากขา 12 และขา 9 ของไอซี 7473 ในรูปที่ 2.15 (ข) ดังวงจรถอดรหัสที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางการทำงาน

จำนวนคล็อก	อินพุต 2 1	เอาต์พุต D C B A
0	L L	L L L H
1	L H	L L H L
2	H L	L H L L
3	H H	H L L L

รูปที่ 2.16 วงจรถอดรหัสจากวงจรนับ 4 และฟังก์ชันการทำงานที่เอาต์พุตของไอซีตามตารางการทำงาน

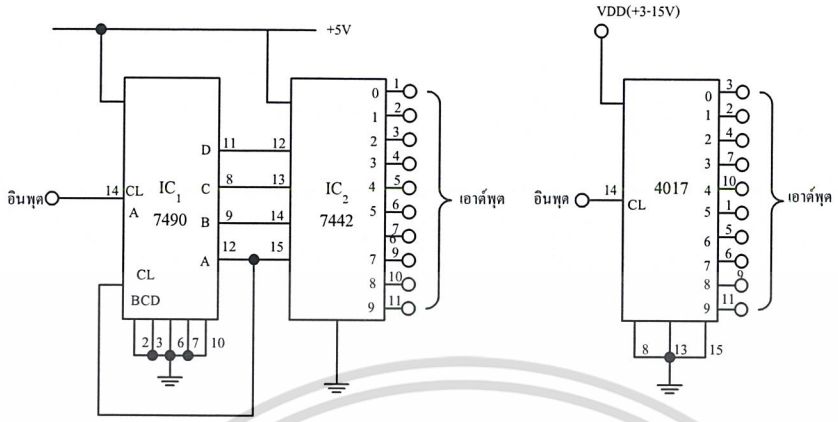
วงจรในรูปที่ 2.16 เป็นโครงสร้างของวงจรถอดรหัสที่ประกอบด้วยแนนด์เกตทั้งหมด 6 ตัว ซึ่งอาจมาจากไอซี 7400 และ 7402 สัญญาณควบคุมเอาต์พุต คือตำแหน่งเอาต์พุต A, B, C, D ซึ่งสามารถส่งสัญญาณไปควบคุมได้เมื่อเอาต์พุตขณะนั้นมีสภาวะเป็น "1" ดังแสดงในตารางฟังก์ชั่นการทำงาน โดยเป็นสภาวะลอจิกทางเอาต์พุต A,B,C และ D

จากหลักการเดียวกันนี้ หากต้องการออกแบบวงจรนับที่มีหลักของการนับทางไบนารีมากขึ้นไปอีก เช่น 3 หลัก หรือ 4 หลัก ก็จะได้ฟังก์ชั่นการควบคุมทางเอาต์พุตมากขึ้นเป็นจำนวนเท่ากับ 2^n เมื่อ n เป็นจำนวนหลักของการนับทางไบนารีที่ต้องการกำหนดขึ้น ดังเช่นวงจรในรูปที่ 2.17 (ก) เป็นการใช้ไอซีเบอร์ 7490 ซึ่งเป็นวงจรนับสิบต่อเข้ากับสัญญาณนาฬิกาโดยตรง สัญญาณขาออกเป็นไบนารี 4 หลัก (ที่ขา 12, 9, 8 และ 11 ตามลำดับ) ซึ่งจะถูกส่งไป ถอดรหัสไบนารีโดยใช้ไอซีเบอร์ 7442 ทำให้ได้สัญญาณทางเอาต์พุตถึง 10 ฟังก์ชั่นการทำงาน หรืออาจจะใช้ไอซี CMOS เพียงตัวเดียว คือเบอร์ 4017 ที่ทำหน้าที่เป็นวงจรนับสิบและวงจรถอดรหัสภายในตัวเดียว ดังรูปที่ 2.17 (ข) ก็จะช่วยให้วงจรดูง่ายขึ้น

3) เลือกจำนวนฟังก์ชันที่ต้องการ

จากวงจรในรูปที่ 2.17 (ข) ที่มีฟังก์ชั่นการทำงานสูงถึง 10 ฟังก์ชั่น ซึ่งมากเกินไปสำหรับงานควบคุมธรรมดา หากต้องการลดจำนวนฟังก์ชั่นการควบคุมให้เหลือเพียง 6 ฟังก์ชั่น จากวงจรนี้จะมีส่วนเกินที่ไม่เป็นประโยชน์ถึง 4 ฟังก์ชั่นทำให้เวลาที่ทำการส่งสัญญาณควบคุม จะต้องส่งสัญญาณไปในช่องที่ไม่ได้ใช้มาอีก 4 ครั้ง เพื่อรีเซตให้วงจรกลับไปการนับเริ่มใหม่ในฟังก์ชั่นอันดับแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจรถอดรหัส และนับแยกกันต่างหาก (ข) วงจรที่มีวงจรนับและถอดรหัสภายในไอซี

รูปที่ 2.17 การเพิ่มฟังก์ชั่นการทำงาน

การแก้ปัญหาทำได้โดยเพิ่มวงจรบางส่วนให้ทำการสร้างสัญญาณรีเซตให้กับวงจรนับ เพื่อให้เกิดการเริ่มต้นนับใหม่ที่ฟังก์ชั่นเริ่มแรก เมื่อวงจรนั้นมีวงจรนับมาถึงฟังก์ชั่นการทำงานที่ 7 ก็จะเริ่มนับฟังก์ชั่นที่ 1 ใหม่ทันที ดังแสดงในรูปที่ 2.18

เนื่องจากวงจรนับที่เป็นไอซี 4017 ถูกออกแบบให้ทำงานเมื่อสัญญาณนาฬิกาเปลี่ยนสถานะที่ขอบขาขึ้น หรือจาก "0" ไป "1" เมื่อวงจรนับทำงานมาถึงสัญญาณนาฬิกาลูกที่ 7 ทำให้ขา 5 มีสภาวะเป็น "1" ในขณะที่ขาเอาท์พุตอื่นเป็น "0" ส่งผลให้วงจรนอร์เกต (IC2) ที่เพิ่มเข้าไปไอซีซีมอส เบอร์4001 สร้างสัญญาณรีเซตออกมาเป็น "1" ที่ขา 10 (IC2/4) สัญญาณรีเซตที่เป็น "1" จะทำหน้าที่รีเซตไอซี 4017 ที่ขา 15 ให้นับถอดรหัสออกมาที่ฟังก์ชั่นเริ่มต้น (ขา 3) ทันทีทำให้วงจรมีฟังก์ชั่นการทำงานเพียง 6 ฟังก์ชั่นเท่านั้น

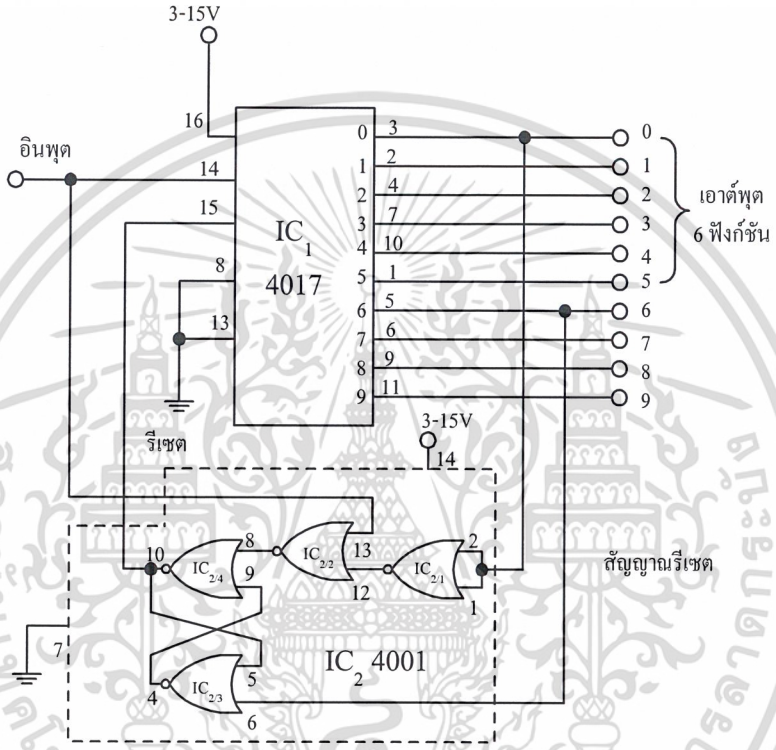
ในทำนองเดียวกัน หากต้องการเปลี่ยนฟังก์ชั่นการทำงาน ก็เพียงย้ายจุดต่อที่ขา 5 ของไอซี 4001 ไปต่อเข้ากับขาเอาต์พุตในหลักที่ต้องการให้นับถึงของไอซี 4017 เท่านั้น โดยที่วงจรในส่วนอื่นยังคงเหมือนเดิม

4) วงจรขยายกำลัง

การนำสัญญาณควบคุมไปใช้ในการเปิด-ปิดให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน จำต้องอาศัยชุดวงจรจ่ายกำลังสำหรับโหลด หรือวงจรขับโหลดทางเอาต์พุต เพื่อจ่ายกระแสและแรงดันที่เหมาะสมกับโหลดแต่ละชนิด หากสัญญาณควบคุมถูกใช้เพียงแค่สำหรับขับ LED ให้สว่าง/ดับ เพื่อแสดงสภาวะการทำงาน อาจนำ LED ต่อเข้าโดยตรงกับสัญญาณควบคุมได้เลยแต่ถ้าหากต้องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการกระแสและแรงดันมากกว่าที่ไอซีจะขับได้ ต้องใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์หรือขยายกระแสให้กับโหลด โดยใช้สัญญาณควบคุมเป็นตัวกำหนดลักษณะการทำงานของทรานซิสเตอร์ โดยปกติสัญญาณควบคุมที่กล่าวถึงมักอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลที่ขับออกมาจากไอซีเบอร์ต่างๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.18 วงจรนับควบคุมที่มี 6 ฟังก์ชั่น

วงจรจ่ายกำลังที่ใช้ทรานซิสเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.19 (ก) โหลดที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการไฟตรง จะทำงานเมื่อสัญญาณควบคุมทางขาเบสของทรานซิสเตอร์เป็น “1” ค่าของกระแสที่ต้องการจะต้องไม่เกินค่าของกระแสเบสซึ่งเป็นสัญญาณควบคุมในรูปดิจิตอล วงจรนี้สามารถใช้กับโหลดที่กินกระแสได้หลายขนาด ขึ้นกับอัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ที่เลือกใช้ เช่นหากเลือกใช้ทรานซิสเตอร์กำลังสูงเบอร์ 2N3055 จะสามารถจ่ายกระแสให้กับโหลดได้มากถึง 15 แอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ค่ากระแสและแรงดันที่ทำงานของไอซีประเภทต่างๆ

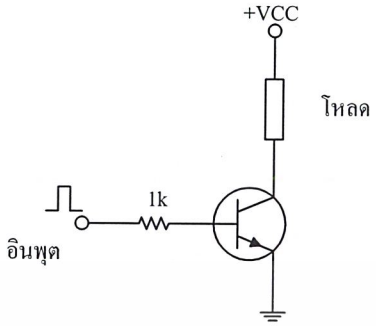
ไอซีประเภทต่างๆ	กระแสสูงสุด (มิลลิแอมป์)	แรงดันทำงาน (โวลต์)
ทีทีแอลธรรมดา	16	5
ทีทีแอลที่เป็นบัฟเฟอร์	50	5
ทีทีแอลกำลังต่ำ	0.18	5
ทีทีแอลชอตต์กี้	0.36	5
ซีมอส (แรงดันทำงาน 5 โวลต์)	4	5
(แรงดันทำงาน 10 โวลต์)	11	10

สำหรับวงจรในรูปที่ 2.19 (ข) มีหลักการทำงานตรงข้ามกับรูปที่ 2.19 (ก) คือโหลดจะทำงานเมื่อสัญญาณอินพุตเป็น "0" เนื่องจากขณะที่อินพุตเป็น "0" ทรานซิสเตอร์จะไม่ทำงาน ทำให้มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดสูงเกือบเท่าแหล่งจ่าย ทำให้กระแสไหลผ่านตัวต้านทาน R_X ผ่านโหลดครบวงจร ถ้าอินพุตเป็น "1" ทรานซิสเตอร์จะทำงาน ทำให้แรงดันคร่อมโหลดเป็นศูนย์ จึงไม่มีกระแสไหลผ่านโหลดจึงไม่ทำงาน

ส่วนในรูปที่ 2.19 (ค) นั้นเป็นการรวมการทำงานในรูป 2.19 (ก) และ 2.19 (ข) เข้าด้วยกันคือเมื่ออินพุตเป็น "0" ทำให้ Q_1 ไม่ทำงาน มีแรงดันตกคร่อม V_{CE} สูงเกือบเท่าแหล่งจ่าย ทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวความต้านทาน 560 โอห์ม ไบแอสให้ขาเบสของ Q_2 และ Q_2 ก็จะทำงานมีกระแสไหลผ่านโหลดครบวงจร แต่เมื่อสัญญาณอินพุตเป็น "1" จะทำให้ Q1 ทำงานมีแรงดันตกคร่อม V_{CE} ของ Q_1 เป็นศูนย์โวลต์ ทำให้ Q_2 ที่ขาเบสได้รับไบแอสกลับจึงไม่มีกระแสไหลผ่าน โหลดจึงไม่ทำงานในจังหวะที่อินพุตเป็น "1"

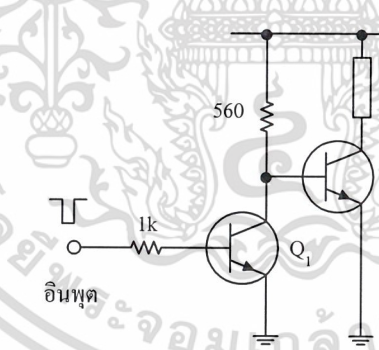
ในกรณีที่โหลดเป็นอุปกรณ์ที่ต้องการค่าแรงดันสูงๆ หรือค่าของแรงดัน $+V_{CC}$ สูงๆ อาจมีค่าตามที่โหลดต้องการได้ หากมีการเลือกใช้วงจรขับโหลดและทรานซิสเตอร์ที่เหมาะสม หรืออาจใช้ในวงจรในรูปที่ 2.20 (ก) ซึ่งใช้กำลังทรานซิสเตอร์ต่ำและกำลังสูงร่วมกัน แต่แยกวงจรจ่ายแรงดันให้กับทรานซิสเตอร์ทั้งสอง โดยที่ยังใช้กราวด์ร่วมกันอยู่ ในการใช้ทรานซิสเตอร์กำลังสูงกับโหลดที่ต้องการค่าแรงดันหรือกระแสมากๆ ต้องมีการใส่แผ่นระบายความร้อน ให้กับทรานซิสเตอร์กำลังด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) โหลดทำงานเมื่ออินพุตเป็น "1"

(ข) โหลดทำงานเมื่ออินพุตเป็น "0"



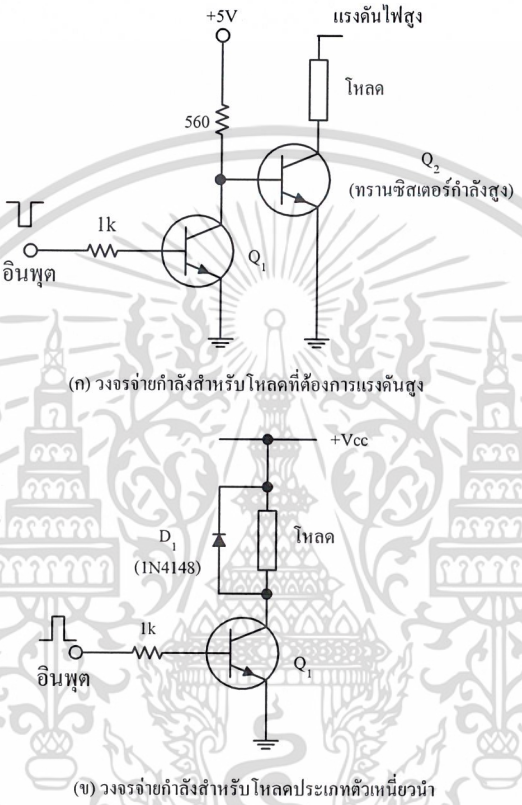
(ค) โหลดทำงานเมื่ออินพุตเป็น "0" โดยมีการขยายกระแสด้วย Q_1 ก่อน

รูปที่ 2.19 หลักการใช้ทรานซิสเตอร์กับวงจรจ่ายกำลังให้กับโหลดที่ต้องการแรงดันไฟตรง

ในกรณีที่โหลดเป็นอุปกรณ์ประเภทตัวเหนี่ยวนำ เช่น ขดลวดในรีเลย์ มอเตอร์ไฟฟ้า หรือกระดิ่งไฟฟ้า เมื่อมีการป้อนไฟเข้าไปจึงจะทำงาน ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นรอบขดลวดนั้นและขณะที่ขดลวดเริ่มทำงานหรือหยุดทำงานจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กกระทันหันขึ้นที่ขดลวด และจะทำให้ปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Electromotive Force (EMF) หรือเกิดการย้อนกลับของแรงดันไฟฟ้านั้นเอง ซึ่งจะมีขนาดของแรงไฟที่สูงมาก อาจเป็นอันตรายต่อวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมได้ โดยเฉพาะตัวทรานซิสเตอร์กำลังที่ขับโหลดนั้นเองจะเป็นตัวที่เสียหายก่อน เนื่องจากกระแสแรงดันที่ไหลย้อนกลับมานั้นมีทิศทางตรงข้ามกับกระแสและแรงดันอันเดิมจึงทำให้อุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับขดลวดได้รับความเสียหาย



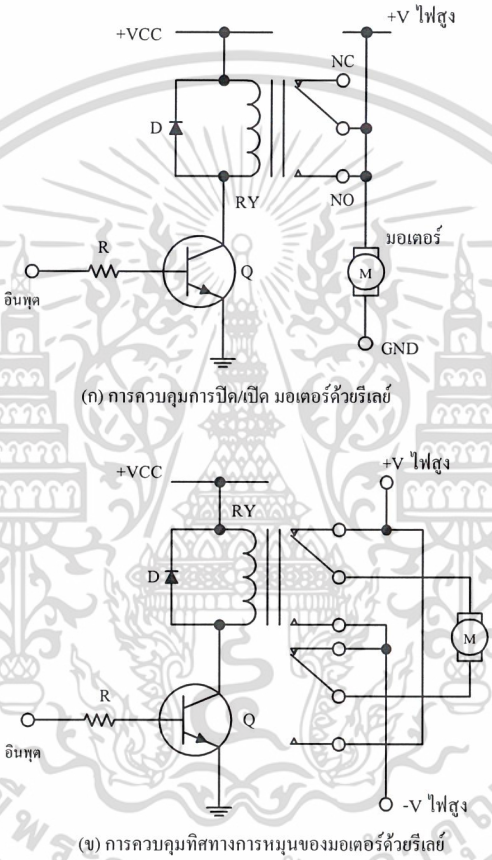
รูปที่ 2.20 วงจรขับโหลดที่ต้องการแรงดันและประเภทของโหลดที่แตกต่างออกไปจากวงจรควบคุม

แต่ก็มีวิธีหรือทางแก้ไขได้ โดยการทำให้กระแสที่ไม่ต้องการเหล่านี้ออกไป โดยใช้ไดโอดต่อคร่อมกับโหลดประเภทตัวเหนี่ยวนำ ดังแสดงในรูปที่ 2.20 (ข) ในทางปฏิบัติอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมมักมีความต้องการใช้แรงดันที่สูงกว่าแรงดันที่ใช้ในภาคควบคุม เช่นใช้ ไฟบ้าน 220 โวลต์ จึงมักนิยมใช้เป็นโหลดเป็นอุปกรณ์ประเภทรีเลย์ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด-เปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าอีกต่อหนึ่ง

ในกรณีที่ต้องการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ มักไม่นิยมต่อเป็นโหลดโดยตรง แต่จะใช้รีเลย์เป็นโหลดเพื่อทำหน้าที่ของสวิตช์ อันจะทำให้มอเตอร์ได้รับกระแสที่แน่นอนจากแหล่งจ่ายภายนอก หรือเป็นการแยกแหล่งจ่ายของวงจรควบคุมหรือมอเตอร์ออกจากกัน นอกเหนือจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมการปิด-เปิดมอเตอร์แล้ว ยังอาจดัดแปลงวงจรให้เป็นการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้อีกด้วย โดยการเลือกใช้รีเลย์ชนิด 2 คอนแทกต์เพื่อใช้กลับขั้วของแหล่งจ่ายไฟ ทำให้สามารถควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์เป็นหมุนทวนหรือตามเข็มนาฬิกาได้ ดังแสดงในวงจรที่ 2.21



รูปที่ 2.21 การควบคุมอุปกรณ์ (มอเตอร์) ด้วยรีเลย์

2.2.4 สัญญาณอนุกรมพัลส์

การส่งสัญญาณควบคุมแบบจัดลำดับอนุกรม โดยใช้สัญญาณท็อกเกิ้ล (toggle) ร่วมกับวงจรนับมีข้อเสียตรงที่การทำงานของส่วนควบคุมไม่สามารถข้ามขั้นตอนได้ หากเราต้องการควบคุมอุปกรณ์ให้มีฟังก์ชั่นการทำงานที่เป็นอิสระต่อกัน คือสั่งให้ส่วนไหนทำงานก่อนก็ได้ ต้องใช้วิธีการเข้ารหัสและจัดช่องสัญญาณแทน โดยต้องสามารถเลือกรหัสหรือช่องสัญญาณใดๆ ได้ตามต้องการไม่มีลำดับก่อนหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การกำหนดช่องสัญญาณรีโมทคอนโทรล

ในการกำหนดรหัสเฉพาะเพื่อใช้ควบคุมช่องสัญญาณ มักใช้รหัสที่เป็นสัญญาณดิจิตอลของเลขไบนารี โดยจำนวนช่องสัญญาณหรือจำนวนฟังก์ชั่นการทำงานที่สามารถเลือกควบคุมได้ขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ กล่าวคือ หากกำหนดให้สัญญาณควบคุมมีขนาด 8 บิต จะสามารถสร้างสัญญาณควบคุมได้ถึง 2^8 หรือ 256 ช่อง โดยที่การทำงานของวงจรในแต่ละช่องสัญญาณยังคงมีหลักการในทำนองเดียวกันทุกประการ

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการกำหนดรหัสและฟังก์ชั่นการทำงานสำหรับควบคุมโทรทัศน์

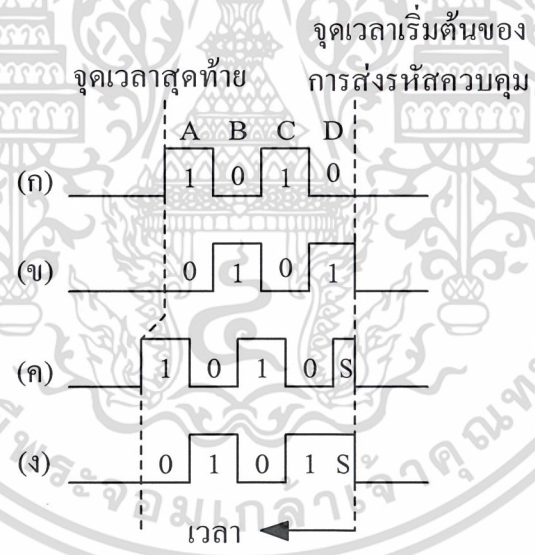
รหัสควบคุม	ฟังก์ชั่นควบคุม
0000	เปลี่ยนช่องโทรทัศน์
0001	เปลี่ยนช่องโทรทัศน์
0010	เปิดโทรทัศน์
0011	ปิดโทรทัศน์
0100	เพิ่มความดังโทรทัศน์
0101	ลดความดังโทรทัศน์
.	.
.	.
.	.
1111	เพิ่มความสว่าง

ในแต่ละบิตของสัญญาณควบคุมแสดงด้วยสัญญาณพัลส์สำหรับค่าของบิตที่เป็น “1” และไม่มีพัลส์หรือคงสถานะต่ำไว้เมื่อค่าของบิตเป็น “0” ข้อมูลทั้งหมดตามจำนวนบิตที่ใช้มักถูกจัดเรียงเป็นลำดับอนุกรมของพัลส์ แล้วส่งไปยังเครื่องรับ ตัวอย่าง เช่น หากออกแบบรีโมทคอนโทรลให้มีจำนวนบิตของสัญญาณควบคุมเป็น 4 บิต จะสามารถควบคุมอุปกรณ์ได้สูงสุดถึง 2^4 หรือ 16 ช่องสัญญาณโดยในแต่ละช่องสัญญาณอาจกำหนดรหัสและฟังก์ชั่นการทำงานสำหรับควบคุมโทรทัศน์ได้ดังตารางที่ 2.3

ลักษณะของรหัสสัญญาณที่กำหนด เมื่อถูกส่งออกจะจัดเรียงลำดับเป็นอนุกรมออกไป เช่น รหัส 0101 และ 1010 ในรูปที่ 2.22 (ก) และ (ข) ตามลำดับ จากรูปลำดับความสำคัญเรียงจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือจัดเรียงจากบิต D, C, B และ A แต่ที่เห็นพัลส์ในรูปแสดงลำดับกลับกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(A, B, C, D) เป็นเพราะเราคิดว่าพัลส์ด้านขวาส่งถึงเครื่องรับก่อนข้อสังเกตของสัญญาณในรูปที่ 2.23 (ก) และ (ข) แม้ว่าเกิดจากรหัสที่แตกต่างกัน เครื่องรับอาจมีการผิดพลาดในการตีความได้หากช่วงเวลาของการส่งรหัสควบคุม ซึ่งกำหนดด้วยเส้นประที่แสดงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเวลาของการส่งข้อความเกิดคลาดเคลื่อนไป อาจส่งผลให้เครื่องรับตีความหมายของรูป (ก) สลับกับรูป (ข) ได้ จึงจำเป็นต้องมีการส่งสัญญาณซิงโครนัส หรือสัญญาณที่บอกให้ทราบจุดเวลาเริ่มต้นที่แน่นอนของรหัสสัญญาณควบคุมไปพร้อมกัน โดยทั่วไปมักใช้พัลส์ที่แสดงสภาวะสูงเป็นตัวบอกจุดเริ่มต้นของเวลาในการส่งสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 2.22 (ค) และ (ง) อันเป็นรูปแบบของรหัสจากรูปที่ 2.22 (ก) และ (ข) ตามลำดับ เมื่อมีสัญญาณพัลส์เริ่มต้น (S) ขนาดความกว้างเท่ากับครึ่งลูกคลื่นบิตปกติเป็นตัวกำหนดเวลาซิงโครนัส ขนาดความกว้างของพัลส์ S ไม่มีข้อจำกัดที่แน่นอน แต่ขึ้นอยู่กับการเลือกและออกแบบ



รูปที่ 2.22 ลักษณะของพัลส์ที่ใช้เป็นรหัสควบคุม

2) การจัดรหัสเป็นอนุกรมพัลส์

การสร้างรหัสสัญญาณดิจิตอลให้เป็นพัลส์อนุกรมสำหรับส่งออก สามารถใช้วงจรของชิฟต์รีจิสเตอร์ ดังรูปที่ 2.23 (ก) เมื่อต้องการส่งสัญญาณควบคุมขนาด 4 บิต ที่มีพัลส์ซิงโครนัส (S)

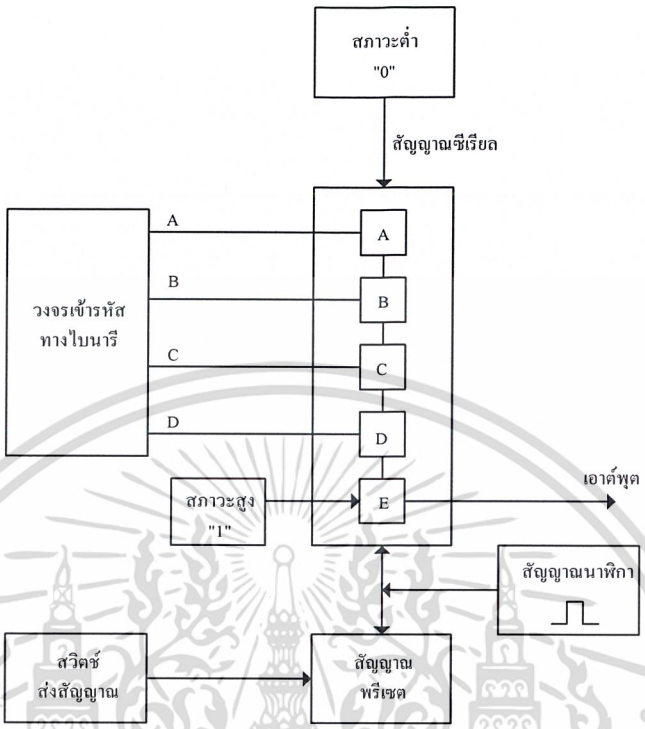
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาวะสูงนำหน้า การทำงานของวงจรถูกกำหนดความเร็วจากอัตราของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดความกว้างของแต่ละบิตที่เป็นรหัสควบคุม รหัสควบคุมที่ถูกสร้างขึ้นจากวงจรเข้ารหัสจะไปรออยู่หน้ารีจิสเตอร์แต่ละตัวไว้ก่อนแล้ว เมื่อมีการกดสวิตช์ส่งสัญญาณ จะเกิดการสร้างสัญญาณพัลส์พรีเซตที่เป็น "1" ป้อนให้กับชิฟต์รีจิสเตอร์ จากนั้นรีจิสเตอร์แต่ละตัวจะทำการโหลดข้อมูลจากวงจรเข้ารหัสมาเก็บไว้ (ดูรูปที่ 2.23 (ข) ประกอบ) เมื่อสัญญาณพรีเซตเปลี่ยนกลับมาเป็น "0" รีจิสเตอร์ทำงานในลักษณะของการเลื่อนหรือชิฟต์ข้อมูลในแต่ละส่วนลงมา ในขณะที่สัญญาณนาฬิกาเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะต่ำไปสูง (ขอบขาขึ้น) โดยข้อมูลถูกเลื่อนลงมาเรื่อยๆ จาก A, B, C, D ไปยัง E ทำให้ได้เอาต์พุตที่ E เป็นสัญญาณพัลส์อนุกรมที่บรรจุข้อมูลเรียงลำดับจากบิต E , D, C, B, A สำหรับใช้ส่งออกไป โดยที่สัญญาณสภาวะสูงของรีจิสเตอร์ E ตอนต้นใช้เป็นสัญญาณซิงโครนัส (S) เมื่อข้อมูลที่ถูกเลื่อนลงมาหมดแล้ว รีจิสเตอร์จะมีสภาวะเป็น "0" เพราะไม่มีการโหลดข้อมูลเข้าสู่รีจิสเตอร์ใหม่นอกจากต้องรอให้มีการสร้างสัญญาณพรีเซตเป็น "1" ใหม่ จึงจะมีการโหลดข้อมูลจากวงจรเข้ารหัส และเกิดการเลื่อนข้อมูลในลักษณะเช่นเดิมต่อไป

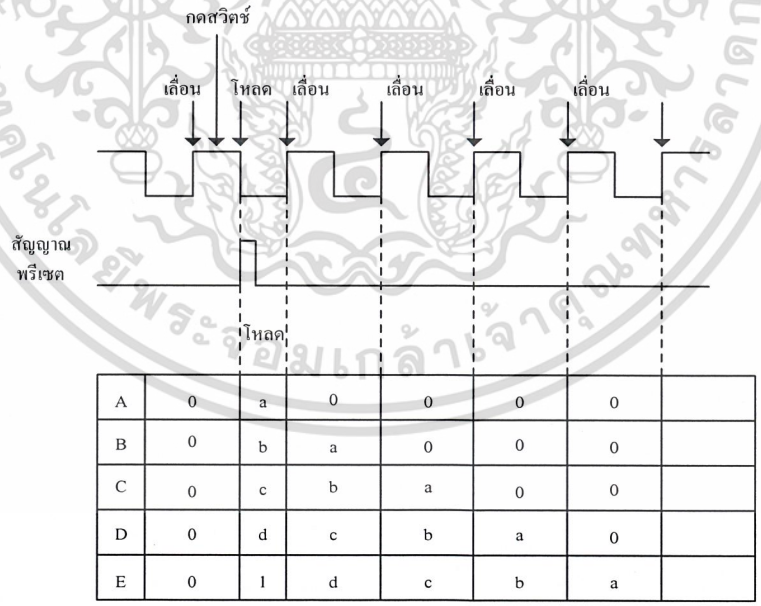
วงจรใช้งานจริงอาจเป็นดังรูปที่ 2.24 ที่ใช้ไอซีทีทีแอลเบอร์ 7496 เป็นชิฟต์รีจิสเตอร์ ส่วนของสัญญาณนาฬิกาใช้ไอซีเบอร์ 555 ที่กำหนดความถี่ด้วย ค่าของ R_1, R_2, $+V_{R1}$ และ C_1 ส่วนของวงจรพรีเซตใช้แนนด์เกตต่อร่วมกับ เจ-เค ฟลิบฟลอบ โดยมีสวิตช์ S_1 เป็นตัวกำหนดความต้องการในการส่งสัญญาณ

ลักษณะของสัญญาณพรีเซต มีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ที่สภาวะสูง ที่มีช่วงเวลาสั้นๆ เพื่อใช้ควบคุมการทำงานเริ่มต้นของชิฟต์รีจิสเตอร์ หลักการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณพรีเซตแสดงด้วยไดอะแกรมสัญญาณในรูปที่ 2.25 เริ่มจากเมื่อมีการกดสวิตช์ S_1 ขาอินพุต K ของ ฟลิปฟลอป จะอยู่ในสภาวะต่ำ "0" ในขณะที่ขาอินพุต J มีค่าเป็นสูง "1" อันเนื่องมาจากการกลับสัญญาณด้วยแนนด์เกต $IC_{3/1}$ สัญญาณเอาต์พุต Q มีสถานะเป็นสูง "1" เมื่อสัญญาณนาฬิกาถัดไปเปลี่ยนสภาวะจาก "1" มาเป็น "0" (ขอบขาลง) สัญญาณเอาต์พุต Q จะรักษาสถานะ "1" ไปจนถึงขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกาลูกถัดไปหลังจากสวิตช์ S_1 ถูกปล่อยออก (เปิดวงจร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) การทำงานของชิพต์รีจิสเตอร์

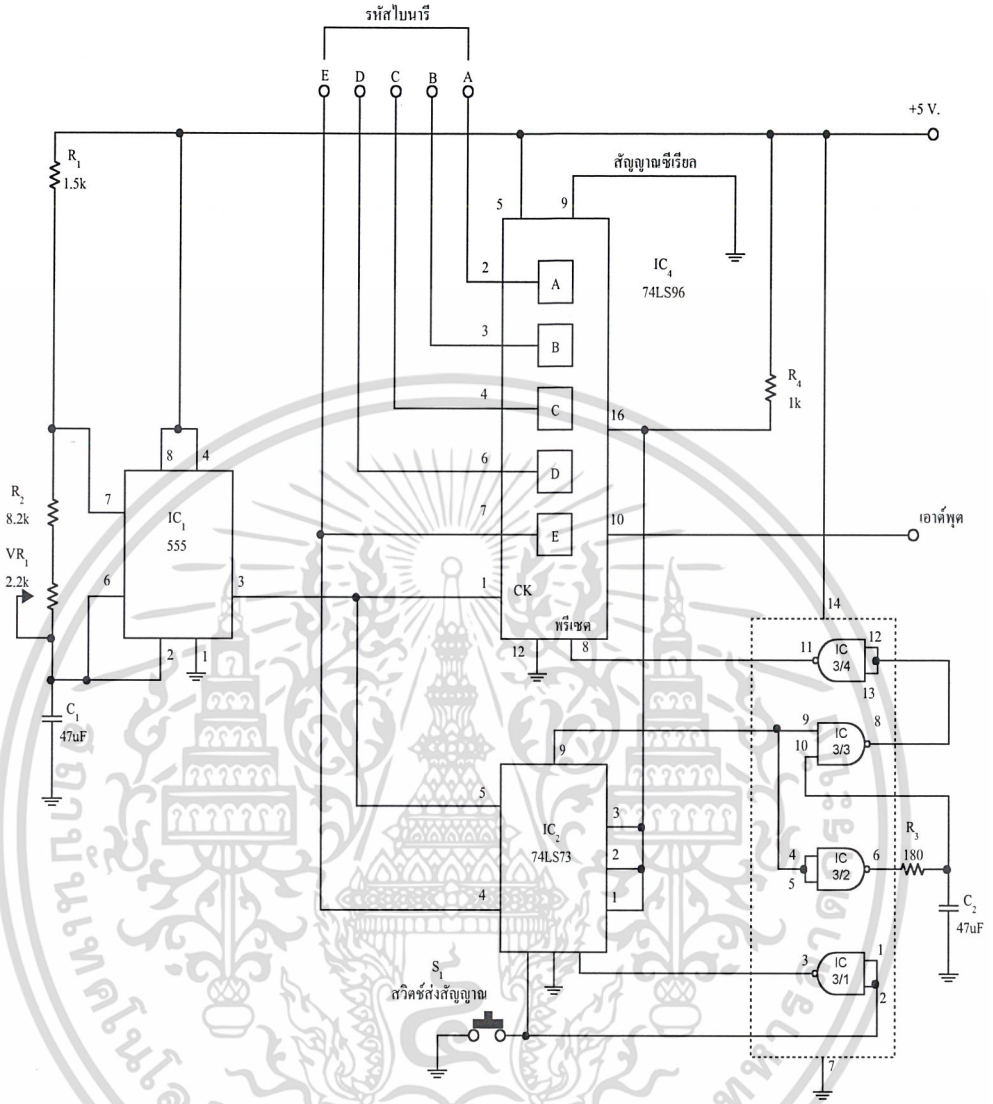


A	0	a	0	0	0	0	
B	0	b	a	0	0	0	
C	0	c	b	a	0	0	
D	0	d	c	b	a	0	
E	0	1	d	c	b	a	

(ข) การสร้างพัลส์อนุกรม

รูปที่ 2.23 การทำงานของวงจรชิพรีจิสเตอร์

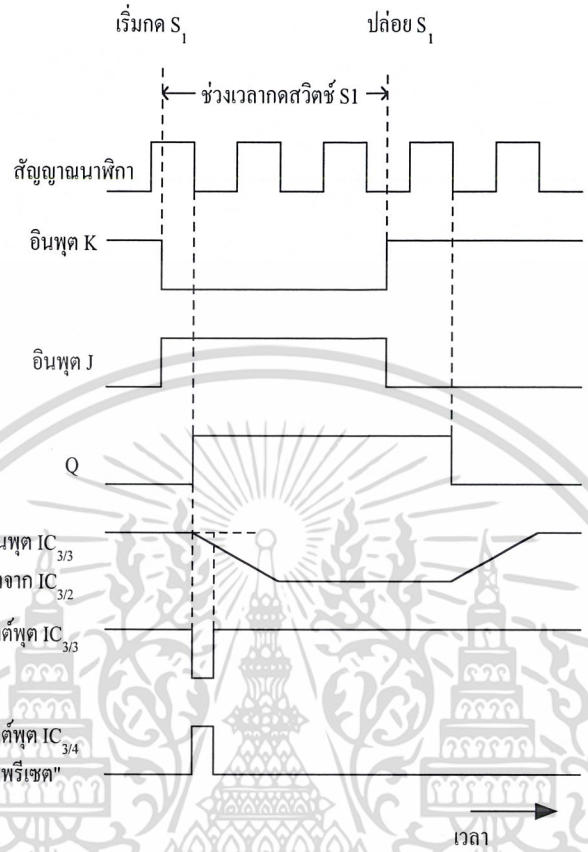
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 ตัวอย่างวงจรใช้งาน

พิจารณาในขณะที่ เอาต์พุต Q เริ่มเป็น “1” เอาต์พุตของแนนด์เกต $IC_{3/2}$ ควรเป็น “0” ด้วย แต่เนื่องจากที่ตำแหน่งนี้มีการต่อวงจรด้วยตัวต้านทาน R_3 และตัวเก็บประจุ C_2 สัญญาณอินพุตของเกต $IC_{3/3}$ จึงเกิดการหน่วงเวลาเมื่อสัญญาณเปลี่ยนสถานะ (ดังรูปที่ 2.25) ผลของการหน่วงเวลาขาอินพุตหนึ่งของเกต $IC_{3/3}$ เมื่อเทียบกับสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงทันทีที่ขาอินพุตที่เหลือ จึงทำให้สัญญาณเอาต์พุตของเกต $IC_{3/4}$ จึงทำให้ได้สัญญาณพัลส์แคบๆ ในสภาวะสูงสำหรับใช้เป็นสัญญาณพรีเซตได้ ขนาดความกว้างของสัญญาณพัลส์นี้ สามารถกำหนดให้มีค่าต่างๆ ได้โดยการเลือกค่าของ R_3 และ C_2 ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

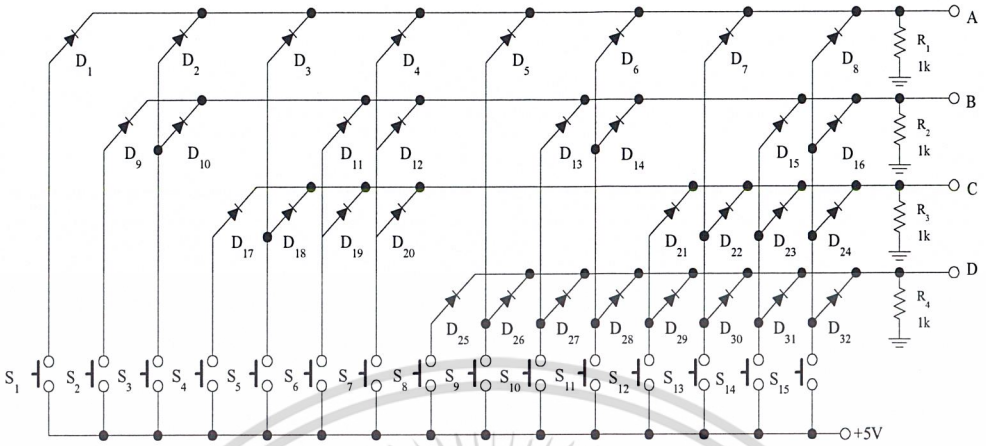


รูปที่ 2.25 สัญญาณการสร้างสัญญาณพรีเซต

3) วงจรเข้ารหัสทางดิจิตอล

การเข้ารหัสทางดิจิตอลที่มีรากฐานมาจากเลขไบนารีสามารถทำได้ด้วยวงจรไดโอดธรรมดา ดังรูปที่ 2.26 โดยการกำหนดตำแหน่งของบิตต่างๆ เป็น A, B, C, D แล้วกำหนดสัญญาณให้เป็นสภาวะต่ำหรือ “0” ด้วยกราวด์ ผ่านตัวต้านทาน R_1-R_4 ที่เชื่อมต่อกับส่วนของบิตต่างๆ ลงกราวด์เพื่อทำให้สัญญาณออกมีรหัสเป็น 0000 ทั้งหมดอยู่ตลอดเวลาเมื่อไม่มีการส่งสัญญาณการกำหนดรหัสที่มีค่าเป็นหนึ่ง ใช้ตัวไดโอดต่อเป็นสะพานระหว่างตำแหน่งของบิตที่กำหนดกับ แหล่งจ่ายไฟ โดยมีสวิตช์เป็นตัวเชื่อมต่ออีกทีหนึ่ง เช่นหากกดสวิตช์หมายเลข 1 จะทำให้สัญญาณของบิต A อยู่ในสภาวะสูง หรือมีค่าทางไบนารีเป็น 1 ในขณะที่สัญญาณของบิต A อยู่ในสภาวะสูง หรือมีค่าทางไบนารีเป็น 1 ในขณะที่สัญญาณของบิต B, C และ D เป็น 0 ข้อมูลรหัสของ DCBA จึงเป็น 0001 หรือหากสวิตช์หมายเลข 7 ถูกกดลงเอาต์พุตของบิต C, B และ A จะเป็น 1 ในขณะที่สัญญาณของบิต D เป็น 0 ข้อมูลรหัส DCBA ก็จะเป็น 0111 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 วงจรพื้นฐานของการเข้ารหัสดิจิตอลแบบไบนารี

สาเหตุที่ต่อไดโอดไว้ในวงจรรูปที่ 2.26 เพราะในขณะที่ไดโอดทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมทางเดินของไฟนั้น จะทำหน้าที่ป้องกันแรงดันในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องหรือกลับขั้วกัน เช่น เมื่อเรากดสวิตช์หมายเลข 1 ก็จะทำให้มีกระแสไหลผ่าน D_1 ไปยังจุดเอาต์พุต A ได้เท่านั้น โดยไดโอด D_2-D_8 จะป้องกันแรงดันไว้ (เกิดไบแอสกลับ) ไม่ให้ไหลย้อนเข้าไปในเอาต์พุตของบิตอื่นได้ สำหรับกรณีที่เราต้องการให้มีจำนวนช่องสัญญาณควบคุมน้อยกว่านี้เราอาจตัดสวิตช์และไดโอดที่ไม่จำเป็นออกไป เช่น หากต้องการใช้ช่องสัญญาณควบคุมเพียง 10 ช่อง ก็ไม่จำเป็นต้องมีสวิตช์หมายเลข 10-15 รวมทั้งไดโอด D_6-D_8, D_{13}-D_{16}, D_{21}-D_{24}, D_{27}-D_{32} ก็ไม่จำเป็นต้องใส่ลงไป

สัญญาณพัลส์อนุกรมที่สร้างขึ้นตามรหัสควบคุม สามารถนำไปต่อเชื่อมกับวงจรขับสัญญาณเพื่อส่งออกไปต่อเชื่อมกับส่วนวงจรขับสัญญาณเพื่อส่งออกไปยังเครื่องรับในรูปแบบใดๆ ได้

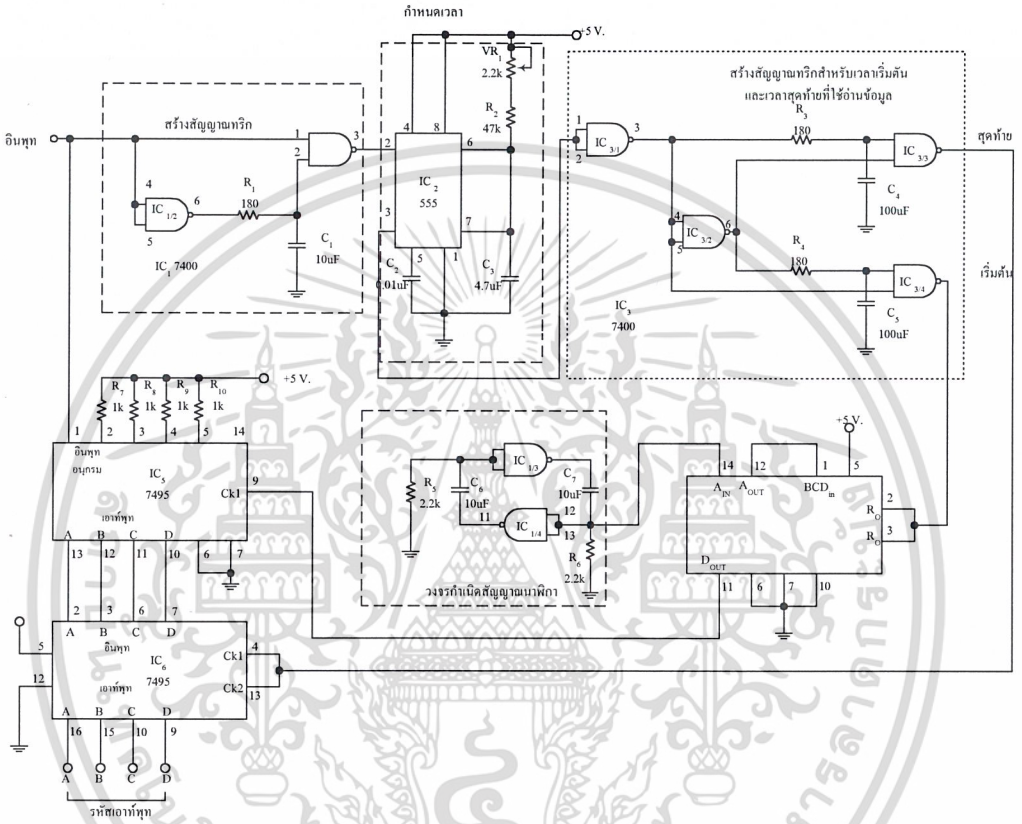
4) วงจรรับสัญญาณควบคุม

เมื่อสัญญาณพัลส์อนุกรมถูกส่งมา เครื่องรับต้องทำหน้าที่ถอดรหัสของพัลส์อนุกรมออกมาเป็นรหัสแบบขนานตามเดิมเสียก่อน เพื่อนำไปตีความเป็นฟังก์ชั่นควบคุมการทำงานต่อไป ตัวอย่างการทำงานของวงจรรับแสดงดังรูปที่ 2.27

สัญญาณพัลส์อนุกรมที่รับได้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกใช้สำหรับการส่งข้อมูลซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับขา 1 ของ IC_5 เบอร์ 7495 สัญญาณอีกส่วนหนึ่งใช้สำหรับการซิงโครนัส คือบอกเวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดของการส่งข้อมูล แผนผังการทำงานของสัญญาณในส่วนต่างๆ อธิบายได้จากรูปที่ 2.28 เริ่มจากบรรทัดแรกเป็นลักษณะของข้อมูลพัลส์อนุกรมที่ส่งออกมาจากเครื่องส่งซึ่งประกอบด้วยสัญญาณซิงโครนัส (S) และข้อมูล dcba ตามลำดับ สัญญาณนี้จะถูกส่งเข้าไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

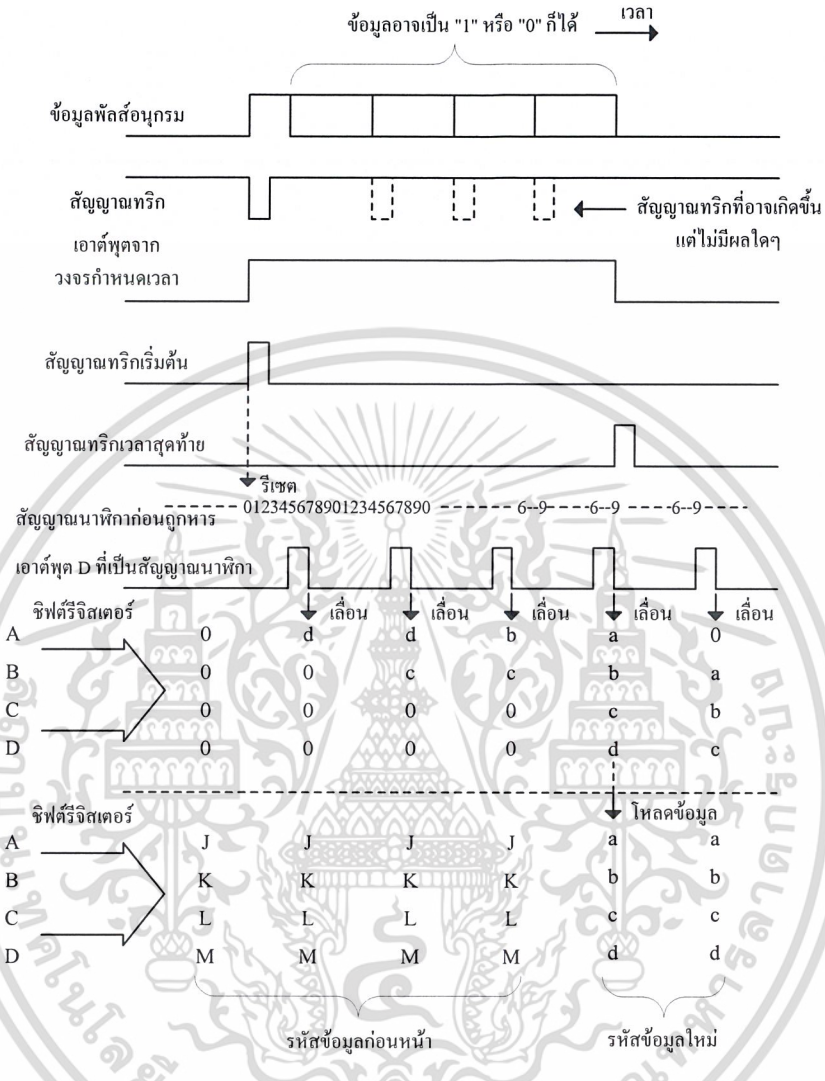
ภาคสร้างสัญญาณกระตุ้นในรูปที่ 2.27 ที่ประกอบด้วยแนนด์เกต 2 ตัว ต่อร่วมกับ R_1 และ C_1 เพื่อสร้างสัญญาณกระตุ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นเมื่อได้รับสัญญาณซิงโครนัส (S) ของข้อมูล โดยหลักการทำงานของมันเป็นเช่นเดียวกับวงจรสร้างสัญญาณพรีเซตในภาคส่ง



รูปที่ 2.27 วงจรแปลงรหัสอนุกรมเป็นรหัสขนานของเครื่องรับ

ลักษณะสัญญาณที่ออกจากภาคสร้างสัญญาณกระตุ้น แสดงด้วยแผนผังการทำงานบรรทัดที่ 2 ของรูปที่ 2.28 สัญญาณกระตุ้นนี้ถูกส่งไปยังส่วนของวงจรกำหนดช่วงเวลาที่ใช้ส่งรหัสข้อมูล โดยใช้ไอซี 555 ต่อวงจรให้ทำงานแบบโมโนสเตเบิล เพื่อผลิตพัลส์ที่มีความกว้างครอบคลุมช่วงเวลาในการอ่านข้อมูลได้ เช่นอาจเป็นพัลส์สภาวะสูงที่ทำงานด้วยเวลาเดียวกับช่วงของพัลส์อนุกรมที่ถูกส่งออกมาเป็นต้น ดังแสดงด้วยแผนผังการทำงานในบรรทัดที่ 3 ในช่วงเวลานี้สัญญาณกระตุ้นจากภาคแรกอาจถูกสร้างขึ้นมา หากข้อมูลที่ส่ง dcba มีจุดของการเปลี่ยนแปลงจาก 0 ไป 1 (ขอบขาขึ้น) แต่ไม่มีผลกระทบใดๆ เพราะอยู่ในช่วงพัลส์ที่เกิดจากวงจรโมโนสเตเบิลก่อนหน้า จึงไม่สามารถกระตุ้นใหม่ได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 แผนผังการทำงานของสัญญาณในวงจรแปลงรหัสอนุกรมเป็นรหัสขนานของเครื่องรับ

สัญญาณที่ได้จากวงจรกำหนดเวลาจะถูกนำมาสร้างเป็นสัญญาณทริกที่จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของช่วงเวลาที่ทำการส่งชุดข้อมูล โดยใช้วงจรที่มีลักษณะเดียวกันกับภาคสร้างสัญญาณกระตุ้น 2 วงจร แต่ออกแบบให้ทำงานกลับกัน ทำให้ได้สัญญาณเริ่มต้นและสัญญาณสุดท้ายในการอ่านข้อมูล ดังแผนผังการทำงานในบรรทัดที่ 4 และ 5 ในรูปที่ 2.28 ตามลำดับ

สัญญาณกระตุ้นที่ใช้เป็นสัญญาณเริ่มต้น เป็นตัวนำไปกำหนดเวลาเริ่มต้นทำงานของวงจรนับสิบที่เป็น IC_4 เบอร์ 7490 สัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้แก่ IC_4 สร้างขึ้นด้วยวงจรแนนด์เกตกำหนดให้มีความถี่สูงกว่าในวงจรส่งถึง 10 เท่า โดยวงจรนับจะทำการหารสิบลงมาให้มีค่าความถี่เท่ากับความถี่ของวงจรส่ง ออกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาที่ขาเอาต์พุต D หรือขา 11 ของ IC_7 สาเหตุที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องมีการสร้างสัญญาณนาฬิกาให้มีความถี่สูง 10 เท่า แล้วหารลงมา ก็เพื่อต้องการให้ช่วงเวลาเริ่มต้นในการอ่านข้อมูลตรงกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด ในขณะเดียวกัน สัญญาณนาฬิกาใหม่จากเอาต์พุต ของ IC_4 นี้ มีค่าดิวตี้ไซเกิล ต่างกันกับสัญญาณนาฬิกาของวงจรส่งเพราะการเลือกขาเอาต์พุตของบิต D ทำให้เกิดสัญญาณแสดงด้วยแผนผังการทำงานในบรรทัดที่ 7 ของรูปที่ 2.28 ซึ่งมีช่วงเวลาการทริกขอบขาลงอยู่ในช่วงของข้อมูล d, c, b, a พอดีซึ่งสัญญาณนาฬิกาขอบขาลงนี้จะต่อกันกับขาคล็อก ของ IC_5 ที่เป็นชิฟต์รีจิสเตอร์ สำหรับรับข้อมูลในลักษณะของพัลส์อนุกรมจากขา 1 เข้าสู่ตำแหน่งบิต A เลื่อนไปยัง B, C และ D ตามลำดับ ในขณะที่สัญญาณนาฬิกาเป็นสัญญาณขอบขาลง เมื่อ IC_5 ทำหน้าที่เลื่อนข้อมูลตรงกับบิตในรีจิสเตอร์ที่ต้องการแล้ว จะถึงช่วงเวลาสุดท้ายของการอ่านข้อมูลที่กำหนดด้วยสัญญาณทริกเวลาสุดท้ายพอดี สัญญาณข้อมูลจากตำแหน่งในบิตต่างๆ จะต่อเข้ากับ IC_6 เบอร์ 7475 เพื่อทำหน้าที่แลตช์สัญญาณออกมาที่ขา 16, 15, 10 และ 9 ของ IC_6 ในขณะเวลาที่มีข้อมูลครบพอดี ทำให้ได้สัญญาณเอาต์พุต ออกมาในรูปของรหัสแบบขนานตามต้องการ

2.2.5 การควบคุมด้วยสัญญาณโทนเบิรสต์

ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างชนิดที่มีชุดเครื่องรับส่งแยกเฉพาะในแต่ละอุปกรณ์ และอยู่ในบริเวณเดียวกัน สัญญาณควบคุมอาจเกิดการรบกวนซึ่งกันและกันได้ ถ้าหากระบบควบคุมมีลักษณะการทำงานในทำนองเดียวกัน เช่น มีรูปแบบการเข้ารหัสเหมือนกัน เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้หากใช้คลื่นวิทยุเป็นตัวส่งสัญญาณ จะสามารถกำหนดความถี่ของชุดรับส่งในแต่ละชุดให้มีค่าความถี่แตกต่างกัน เพื่อให้สามารถนำมาใช้ภายในพื้นที่เดียวกันได้โดยไม่เกิดการรบกวนกัน

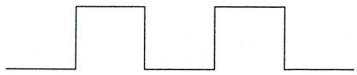
แต่ถ้าหากเป็นการส่งสัญญาณแสงอินฟราเรด ต้องมีการดัดแปลงรูปแบบของสัญญาณให้มีลักษณะคล้ายกับการส่งคลื่นวิทยุ โดยใช้การส่งสัญญาณแบบ โทนเบิรสต์ แทนการส่งสัญญาณแบบพัลส์ธรรมดา

1) สัญญาณโทนเบิรสต์

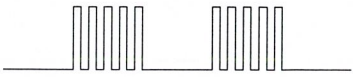
ลักษณะสัญญาณแบบโทนเบิรสต์แสดงดังรูปที่ 2.29 (ข) ซึ่งสร้างจากสัญญาณพัลส์ที่มีสภาวะสูงของสัญญาณควบคุมแบบธรรมดาในรูปที่ 2.29 (ก) สัญญาณโทนเบิรสต์ประกอบด้วยพัลส์ความถี่สูงแบบต่อเนื่องตลอดช่วงความกว้างของบิตที่เป็น “1” ในขณะที่บิตข้อมูลอยู่ในสภาวะต่ำสัญญาณจะคงเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง

สำหรับวงจรรับต้องทำการออกแบบให้มีการตอบสนองต่อสัญญาณโทนเบิรสต์ในช่วงความถี่ที่เหมาะสมกัน จึงสามารถออกแบบชุดรีโมทคอนโทรล ที่มีค่าความถี่ของโทนเบิรสต์แตกต่างกัน เพื่อนำมาควบคุมอุปกรณ์ในพื้นที่ใกล้เคียงกันได้ โดยปราศจากการรบกวนซึ่งกันและกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) สัญญาณพัลส์ธรรมดา



(ข) สัญญาณโทนเบริสต์

รูปที่ 2.29 สัญญาณพัลส์ธรรมดาและสัญญาณโทนเบริสต์

ในขณะเดียวกัน ตัววงจรส่งอาจถูกออกแบบให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ของสัญญาณโทนเบิรสต์เป็นค่าต่างๆ ได้ซึ่งช่วยให้สามารถใช้เครื่องส่งเพียงตัวเดียวสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิดได้พร้อมกัน

ข้อดีอีกประการของการส่งสัญญาณแบบโทนเบิรสต์ ก็คือสามารถขจัดสัญญาณรบกวนจากภายนอกได้ดีมาก ตัวอย่างเช่นระบบควบคุมที่ใช้สัญญาณแสง หรือแสงอินฟราเรดที่ส่งด้วยพัลส์ธรรมดา อาจมีแสงจากภายนอก แสงจากหลอดไฟหรือแสงอาทิตย์เข้าไปรบกวนที่เครื่องรับจนอาจเกิดข้อผิดพลาดในการรับสัญญาณโทนเบิรสต์แล้ว สิ่งรบกวนต่างๆ เหล่านี้จะถูกขจัดออกไปทั้งหมดโดยไม่มีการรบกวนเกิดขึ้นเลย

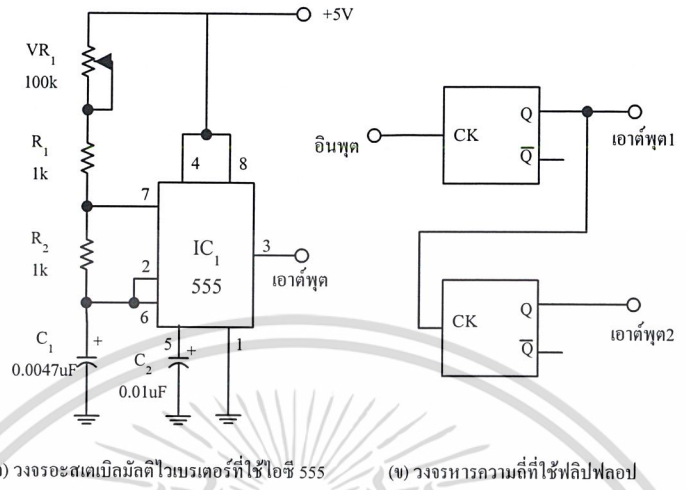
2) วงจรส่งสัญญาณโทนเบิรสต์

เนื่องจากสิ่งที่ถูกเพิ่มเข้ามาจากสัญญาณพัลส์ธรรมดาก็คือพัลส์ความถี่สูงดังนั้นวงจรส่งสัญญาณควบคุมจึงต้องเพิ่มภาคกำเนิดสัญญาณความถี่สูงเข้ามาด้วยวงจรกำเนิดสัญญาณอย่างง่ายๆ อาจใช้ไอซี เบอร์ 555 ต่อเป็นวงจรชนิดอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ดังรูปที่ 2.30 การปรับค่าความถี่ของสัญญาณทำได้โดยการปรับค่าของ VR_1 ในวงจรตัวอย่างนี้ ช่วงของการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่อยู่ระหว่าง 300 เฮิรตซ์ - 10 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งกว้างพอที่เราจะเลือกค่าความถี่สำหรับรีโมทคอนโทรลได้หลายชุด

นอกเหนือจากการปรับค่าความถี่ด้วย VR_1 แล้ว อาจเพิ่มส่วนของวงจรหารความถี่ที่สัญญาณเอาต์พุต เพื่อลดค่าความถี่ลงมาเป็นความถี่ใช้งานอื่นอีกก็ได้ วงจรหารความถี่อย่างง่ายๆ อาจได้แก่วงจรฟลิปฟลอป ดังแสดงในรูปที่ 2.30 (ข)

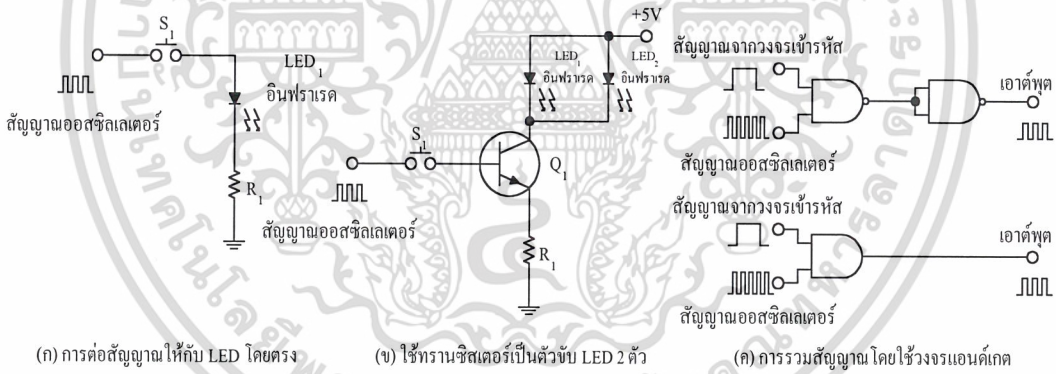
สัญญาณเอาต์พุตความถี่สูงจากไอซี 555 สามารถนำไปขับ LED ชนิดอินฟราเรด เพื่อส่งเป็นสัญญาณควบคุมได้เลย หากต้องการส่งเพียงบิตเดียวออกไป โดยต่อกับวงจรในรูปที่ 2.31 (ก) หรือหากต้องการเพิ่มกำลังให้ไปได้ไกลขึ้นอาจใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวขับสัญญาณให้กับ LED 2 ตัว ดังรูปที่ 2.31 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซี 555 (ข) วงจรหารความถี่ที่ใช้ฟลิปฟลอป

รูปที่ 2.30 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซี 555 และวงจรหารความถี่ที่ใช้ฟลิปฟลอป



(ก) การต่อสัญญาณให้กับ LED โดยตรง (ข) ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวขับ LED 2 ตัว (ค) การรวมสัญญาณโดยใช้วงจรแอนด์เกต

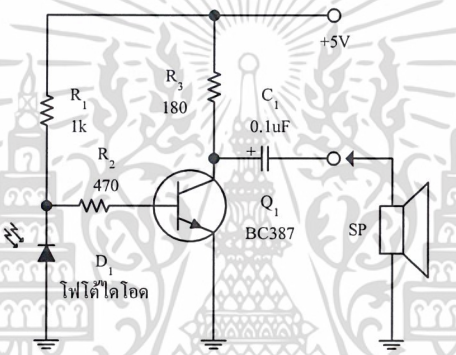
รูปที่ 2.31 การสร้างสัญญาณควบคุมแบบโทนเบิรสต์

ในกรณีที่สัญญาณควบคุมเป็นลักษณะของอนุกรมพัลส์ที่มีการจัดรหัสควบคุม ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในเรื่องสัญญาณอนุกรมพัลส์ การส่งสัญญาณแบบโทนเบิรสต์สามารถทำได้โดยการรวมสัญญาณระหว่างอนุกรมพัลส์ความถี่สูงเข้าด้วยกัน ด้วยวงจรแอนด์เกต หรือวงจรแนนด์เกต ดังแสดงในรูปที่ 2.31 (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วงจรรับสัญญาณโทนเบิรสต์

การรับสัญญาณโทนเบิรสต์ที่ส่งที่ส่งมากับสัญญาณแสง อาจทำได้ด้วยวงจรง่ายๆ ซึ่งประกอบด้วยโฟโต้ไดโอดต่ออนุกรมกับตัวความต้านทาน R_1 ก็จะได้สัญญาณเอาต์พุตที่มีลักษณะ เช่นเดียวกับภาคส่งออกมาด้วยวงจรในรูปที่ 2.30 มีค่าความถี่ในช่วงของความถี่เสียงมนุษย์ที่ได้ยิน ระหว่าง 100 เฮิรตซ์ ถึง 20,000 เฮิรตซ์โดยใช้หูฟังมาต่อคร่อมจุด A กับกราวด์เพื่อรับฟังสัญญาณและใช้วงจรทรานซิสเตอร์ขยายสัญญาณให้สามารถรับฟังได้อย่างชัดเจน ดังวงจรในรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 วงจรรับสัญญาณอย่างง่าย

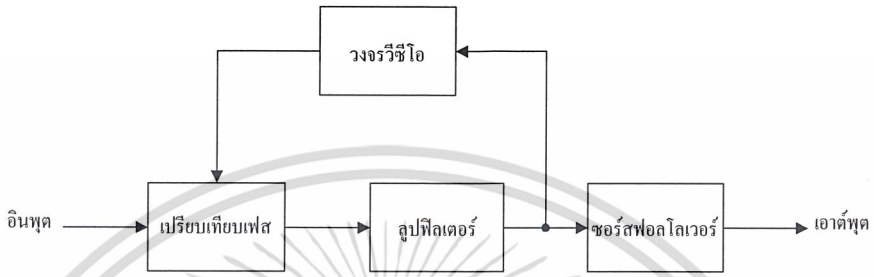
4) เฟสล็อคลูป

ในการออกแบบระบบรีโมทคอนโทรล ให้สามารถควบคุมฟังก์ชั่นการทำงานหรือมีช่องสัญญาณควบคุมมากๆ นั้นนอกเหนือจากการเข้ารหัสดังที่ได้กล่าวมาในตอนที่แล้ว หากใช้การส่งสัญญาณแบบโทนเบิรสต์ สามารถเพิ่มช่องสัญญาณได้ด้วยการเปลี่ยนค่าความถี่ของสัญญาณส่ง ซึ่งสามารถทำได้โดยเพิ่มวงจรออสซิลเลเตอร์ต่างๆ เข้าไปในวงจรส่ง แล้วใช้สวิตช์เลือกค่าความถี่แทนสวิตช์ควบคุมของแต่ละช่องสัญญาณในส่วนของวงจรรับก็ต้องมีส่วนที่สามารถเลือกค่าความถี่ที่เหมาะสมกับช่องสัญญาณด้วยเช่นกัน โดยการใช้วงจรหรือไอซีชนิดเฟสล็อคลูปเข้ามาเสริมการทำงาน

รูปที่ 2.33 เป็นแผนผังการทำงานของวงจรเฟสล็อคลูป (Phase Locked Loop : PLL) เริ่มจาก วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ที่ถูกควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage Controlled Oscillator : VCO) สัญญาณที่ถูกสร้างขึ้นจากวงจรวีซีโอจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณความถี่ที่เป็นอินพุตของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

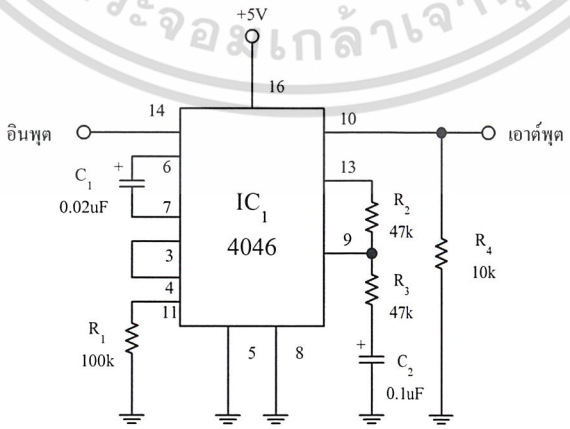
ระบบด้วยวงจรเปรียบเทียบเฟสสัญญาณแตกต่างของเฟสที่เกิดขึ้น จะถูกส่งไปยังวงจรกรองสัญญาณเพื่อผลิตแรงดันไฟตรงออกมา ก่อนผ่านวงจรซอร์สฟอลโลเวอร์เป็นเอาต์พุต ออกไป



รูปที่ 2.33 แผนผังการทำงานของเฟสล็อกลูป

ในขณะเดียวกัน สัญญาณจากลูปฟิลเตอร์ในรูปของขนาดของแรงดันที่เปลี่ยนแปลงตามค่าเฟสที่แตกต่างกันในตอนต้น จะถูกป้อนกลับไปยังวงจรวีซีโอ เพื่อปรับค่าความถี่ของวงจรวีซีโอสำหรับเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตใหม่ เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

หากสัญญาณอินพุตมีค่าความถี่เท่ากับหรือสูงกว่าความถี่ที่กำหนดไว้ในวงจรวีซีโอ จะได้สัญญาณเอาต์พุตแสดงออกมาจากเฟสล็อคลูป แต่ถ้าสัญญาณอินพุตมีค่าความถี่นอกเหนือจากนี้จะไม่มีสัญญาณเอาต์พุตออกมาในภาคสุดท้าย



รูปที่ 2.34 ตัวอย่างวงจรเฟสล็อกลูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างวงจรเฟสล็อคลูป อาจใช้ไอซีสำเร็จรูปทั่วไป เช่น เบอร์ LM565 แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงไอซีชนิดซีมอสเบอร์ 4046 โดยต่อร่วมกับอุปกรณ์บางอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.34 วงจรภายในไอซี 4046 ประกอบด้วยส่วนของวงจรวีซีโอ วงจรเปรียบเทียบเฟส และวงจรซอร์สฟอลโลเวอร์อยู่ในตัวอยู่แล้ว สำหรับวงจรลูปฟิลเตอร์ เป็นส่วนวงจรภายนอกที่ต่อเพิ่มอันประกอบด้วย R_3, R_4 และ C_2

การเลือกความถี่ของวงจรวีซีโอกำหนดด้วยค่าของ C_1, R_1 และค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟตรง จากวงจรในที่นี้กำหนดให้สามารถทำงานที่ความถี่ประมาณ 300 เฮิรตซ์ หากต้องการให้ความถี่ทำงานสูงกว่านี้ อาจลดค่าของ C_1 ลงมาแต่ต้องไม่ต่ำกว่า 100 พิโกฟารัด หรืออาจเปลี่ยนค่าของ R_1 ให้ต่ำลงเหลือเพียง 10 กิโลโอห์ม ก็จะทำให้สามารถเพิ่มความถี่ทำงานขึ้นไปได้ถึง 10 เท่า

สำหรับตัวต้านทาน R_5 ทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวความต้านทานโหลดให้กับวงจรและควรมีค่าไม่น้อยกว่า 10 กิโลโอห์มเพื่อกันการดึงกระแสจากไอซีมากเกินไป สัญญาณเอาต์พุตที่ขา 10 ของไอซี 4046 ในสภาวะสูง จะมีค่าสูงสุดประมาณ 3 โวลต์ ทั้งนี้เป็นผลมาจากแรงดันของแหล่งจ่ายไฟตรงที่มีค่าเพียง 5 โวลต์เท่านั้น

5) แนวความคิดวงจรใช้งาน

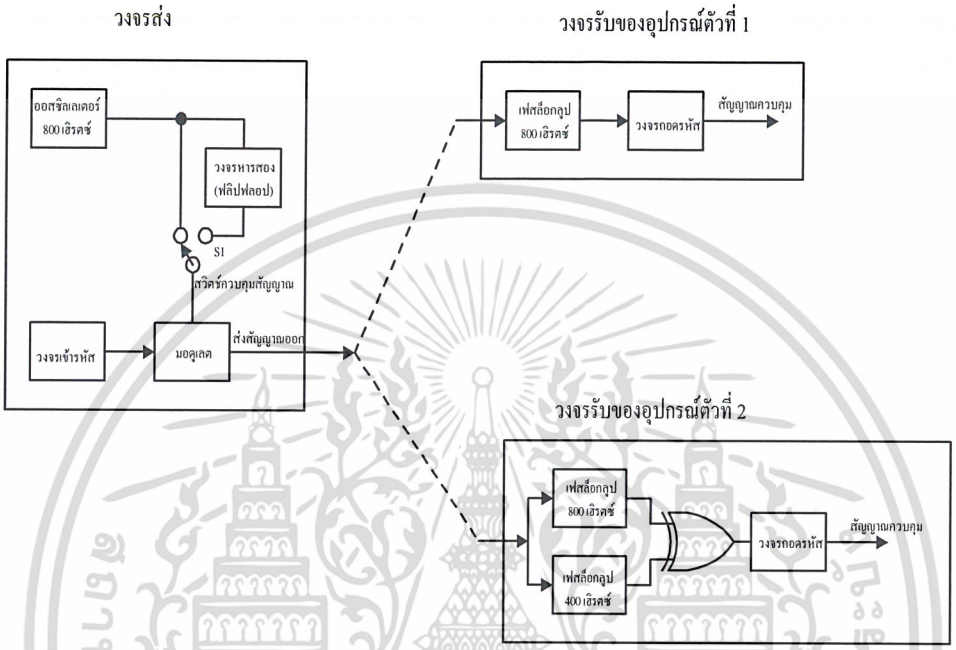
จากคุณสมบัติของวงจรเฟสล็อคลูป สามารถออกแบบชุดรีโมทคอนโทรลที่ใช้ความถี่ต่างกันในแต่ละชุด เพื่อให้สามารถนำมาใช้ร่วมกันในพื้นที่เดียวกันได้ หรืออาจออกแบบวงจรส่งเพียงชุดเดียวแต่ให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ได้หลายชนิดด้วยการสร้างวงจรกำเนิดความถี่ค่าต่างๆ ขึ้นที่วงจรส่งก็ได้

ในกรณีที่ต้องการควบคุมอุปกรณ์เพียง 2-3 ชนิด โดยให้แต่ละชนิดมีฟังก์ชั่นในการทำงานเหมือนกัน อาจไม่จำเป็นต้องสร้างชุดกำเนิดความถี่ตามจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม เพราะการเพิ่มอุปกรณ์ที่วงจรส่ง ทำให้เครื่องส่งมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งไม่สะดวกในการใช้งาน โดยสร้างชุดกำเนิดความถี่ขึ้นเพียงชุดเดียวร่วมกับวงจรหารความถี่ แล้วใช้คุณสมบัติการล็อคค่าความถี่ฮาร์มอนิก ของวงจรเฟสล็อคลูป เป็นส่วนแยกช่องสัญญาณของตัวรับแทน

แผนผังการทำงานในรูปที่ 2.35 เป็นแนวความคิดที่จะต้องการควบคุมอุปกรณ์ 2 ชนิดด้วยวงจรส่งเพียงตัวเดียวและมีวงจรกำเนิดสัญญาณโทนเบิรสต์ที่ 800 เฮิรตซ์ ความถี่สำหรับควบคุมอุปกรณ์ตัวที่สอง จะใช้ฟลิปฟลอป ทำหน้าที่หารความถี่ลงมาเหลือ 400 เฮิรตซ์ ก็จะได้ความถี่ควบคุมที่แตกต่างกัน 2 ความถี่ โดยมีสวิตช์เป็นเลือก ฟังก์ชั่นการทำงานของอุปกรณ์ถูกกำหนดจากวงจรเข้ารหัส แล้วนำไปมอดูเลตกับสัญญาณโทนเบิรสต์ ซึ่งใช้แอนด์เกตดังวงจรรูปที่ 2.31 (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากสัญญาณที่ความถี่ 800 เฮิรตซ์ถูกส่งออกมา เฟสล็อคลูปของวงจรรับที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ตัวที่หนึ่งจะทำงานและส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาสู่วงจรถอดรหัสเพื่อควบคุมอุปกรณ์ ต่อไป ในขณะที่ความถี่ 400 เฮิรตซ์ จะไม่มีผลต่อวงจรรับของอุปกรณ์ตัวนี้



รูปที่ 2.35 การควบคุมอุปกรณ์ 2 ชนิดด้วยวงจรส่งเดียว

สำหรับวงจรรับของอุปกรณ์ตัวที่สอง จะใช้เฟสล็อคลูป 2 วงจร ทำงานที่ความถี่ 800 เฮิรตซ์ และ 400 เฮิรตซ์ เมื่อมีการส่งสัญญาณความถี่ 800 เฮิรตซ์เมื่อมีการส่งสัญญาณความถี่ 800 เฮิรตซ์ ออกมา เฟสล็อคลูปทั้ง 2 ตัวจะทำงานโดยเฟสล็อคลูปตัวที่ถูกกำหนดความถี่ทำงานเป็น 400 เฮิรตซ์ จะมองค่าความถี่อินพุต 800 เฮิรตซ์ เป็นความถี่ฮาร์มอนิกทำให้สามารถทำงานได้ สัญญาณเอาต์พุตจากเฟสล็อกลูปทั้งสองจึงมีสภาวะสูงทั้งคู่ เมื่อป้อนสัญญาณให้กับเกตชนิดเอ็กซ์ คลูซีฟออร์จะได้สัญญาณออกมาเป็นศูนย์หรืออยู่ในสภาวะต่ำ

ในทำงานเดียวกัน หากไม่มีการส่งสัญญาณโทนเบิรสต์เข้ามา เอาต์พุตทั้งสองของเฟสล็อคลูปจะมีสภาวะต่ำเหมือนกัน ทำให้เอาต์พุตที่ได้จากเกตชนิดเอ็กซ์คลูซีฟออร์เป็นศูนย์ด้วยเช่นกัน ในสถานการณ์ทั้งสองนี้ วงจรถอดรหัสจะไม่ทำงาน และไม่มีการสั่งงานไปยังอุปกรณ์ตัวที่สอง

แต่ถ้าหากมีการส่งสัญญาณที่ความถี่ 400 เฮิรตซ์ ออกมาเฟสล็อคลูปที่มีค่าความถี่ตรงกันจะทำงานเพียงตัวเดียว โดยที่เฟสล็อคลูปในความถี่ 800 เฮิรตซ์จะไม่ทำงาน สัญญาณอินพุตของเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดเอ็กซ์คลูซีฟออร์จึงมีสภาวะต่างกัน ทำให้ได้สัญญาณเอาต์พุตส่งออกไปยังวงจรถอดรหัสเพื่อสั่งการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตัวที่สองได้

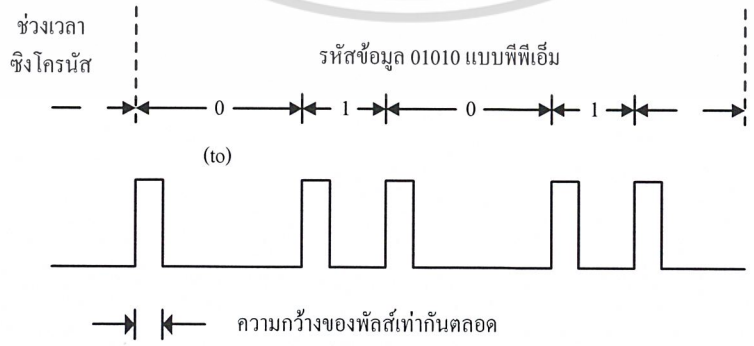
2.2.6 การส่งรหัสควบคุมแบบพีพีเอ็ม

การส่งสัญญาณควบคุมในรูปแบบทางดิจิตอลที่ได้กล่าวมาแล้ว เช่น การส่งสัญญาณพัลส์เดี่ยว สำหรับการควบคุมอย่างง่าย ที่อาศัยการทำงานแบบท็อกเกิลและการส่งสัญญาณอนุกรมพัลส์ซึ่งสร้างจากรหัสทางไบนารี เพื่อความเป็นอิสระในการเลือกฟังก์ชั่นควบคุม ซึ่งทั้งสองรูปแบบนี้ยังสามารถจัดส่งในลักษณะของสัญญาณโทนเบิรสต์ ที่ใช้คลื่นความถี่สูงเป็นคลื่นพาห์ส่งรวมเข้าไป อันเป็นการช่วยลดสัญญาณรบกวนและยังช่วยเพิ่มฟังก์ชั่นการควบคุมได้อีกเท่าตัว อีกรูปแบบของการส่งรหัสควบคุมแบบดิจิตอลที่ค่อนข้างเป็นที่นิยมมาก คือระบบ พีพีเอ็มหรือพัลส์โพสิชั่นมอดูเลชั่น (Pulse Position Modulation)

1) พีพีเอ็ม

รูปแบบสัญญาณชนิด พีพีเอ็ม (PPM : Pulse Position Modulation) เกิดจากการมอดูเลตสัญญาณในลักษณะของตำแหน่งพัลส์ กล่าวคือขนาดความกว้างของสัญยาณพัลส์จะมีค่าเท่ากันตลอดและไม่มีความสำคัญในการบ่งบอกชนิดของข้อมูลเลย แต่จะใช้คาบเวลา ของพัลส์แต่ละลูกเป็นตัวกำหนดชนิดของข้อมูล เช่น ข้อมูลที่เป็น “1” แทนด้วยพัลส์ที่มีคาบเวลาคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งแตกต่างจากคาบเวลาของพัลส์ที่แสดงข้อมูลเป็น “0” ดังแสดงในรูปที่ 2.36

โดยหลักการแล้ว การมอดูเลตสัญญาณแบบพีพีเอ็มจะใช้การแบ่งช่วงสัญญาณด้วยคาบเวลาที่เท่ากัน แต่จุดเวลาที่แสดงสัญญาณพัลส์ต่างกัน เช่น หากสัญญาณเป็นศูนย์ สัญญาณพัลส์จะปรากฏขึ้น ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของคาบเวลาที่กำหนดถ้าหากสัญญาณมีแอมปลิจูดเป็นบวกสัญญาณพัลส์จะปรากฏในตำแหน่งที่ล้ำไปทางขวาของจุดกึ่งกลางคาบเวลา โดยมีระยะห่างขึ้นกับค่าของ แอมปลิจูดในลักษณะเป็นสัดส่วนกัน



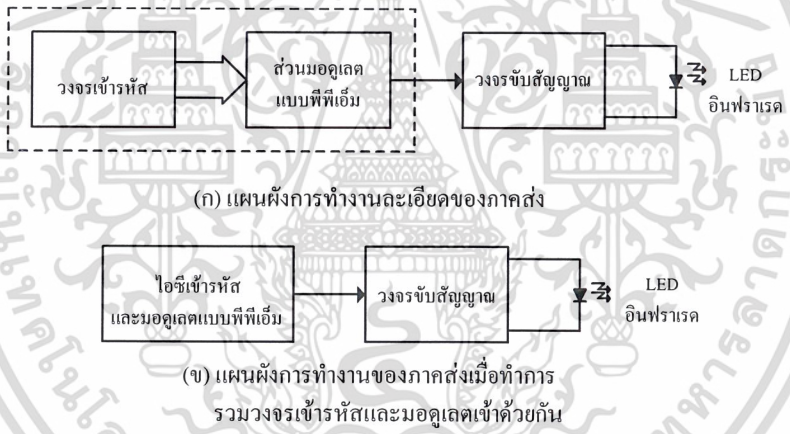
รูปที่ 2.36 รูปแบบของสัญญาณพีพีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทำนองกลับกัน หากสัญญาณมีแอมปลิจูดเป็นลบ สัญญาณพัลส์จะปรากฏอยู่ในช่วงแรกของคาบเวลา ดังนั้นการมอดูเลตแบบพีพีเอ็มจึงสามารถใช้ได้ทั้งสัญญาณที่เป็นอะนาลอก และดิจิตอลเราจะเห็นระยะห่างของพัลส์ได้แน่นอนกว่า เพราะมีขนาดสัญญาณเพียงสองระดับ จึงดูเสมือนว่าคาบเวลาของพัลส์เป็นตัวกำหนดชนิดของข้อมูล

2) ภาคส่งสัญญาณ

รูปที่ 2.37 แสดงแผนผังการทำงานของวงจรในภาคส่งสัญญาณควบคุมที่ใช้แสง ซึ่งประกอบด้วย วงจรเข้ารหัสควบคุมตามที่กำหนด จากนั้นทำการมอดูเลตให้เป็นสัญญาณพีพีเอ็มก่อนส่งไปยังวงจรขับสัญญาณ เพื่อแปลงให้เป็นแสงสำหรับส่งออกไป ในทางปฏิบัติเราสามารถใช้ไอซีสำเร็จรูปซึ่งทำหน้าที่เข้ารหัสและมอดูเลตแบบพีพีเอ็มไปพร้อมกันได้เลย เช่นไอซีเบอร์ SL490 ซึ่งจะช่วยให้วงจรมีขนาดเล็กลง และลดความยุ่งยากซับซ้อนของวงจรลงได้



รูปที่ 2.37 แผนผังการทำงานของภาคส่ง

ไอซี SL490 เป็นไอซีที่ถูกออกแบบมาสำหรับระบบรีโมทคอนโทรลโดยเฉพาะ โดยใช้กระแสไฟเพียง 6 ไมโครแอมป์ ในขณะที่ไม่มีการส่งสัญญาณลักษณะของสัญญาณพีพีเอ็มที่ได้สามารถใช้ส่งออกไปได้เลย หรืออาจรวมกับคลื่นพาห์ในแบบของสัญญาณโทนเบิรสต์ ก็ได้

วงจรใช้งานของไอซี SL490 แสดงดังรูปที่ 2.38 การเข้ารหัสของไอซี LS490 สามารถทำได้สูงสุดถึง 32 รูปแบบ โดยการต่อสวิตช์เชื่อมถึงในลักษณะเมตริกซ์แบบ 8×4 จากกลุ่มขาชุดแรกคือขา 5-12 กลุ่มขาอีกชุดหนึ่งคือขา 1, 13, 15 รหัสข้อมูลที่กำหนดมีอยู่ 5 บิตเรียงกันแบบ EDCBA โดยบิต EDC กำหนดจากขาชุดแรก และกำหนดจากขาชุดหลัง และบิต BA กำหนด

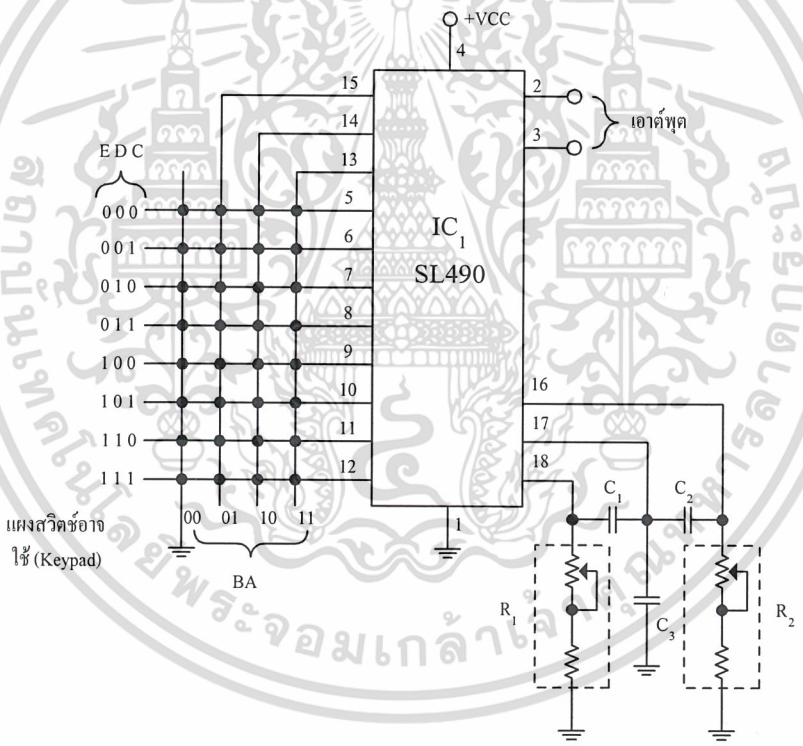
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากขาชุดหลัง ตัวอย่างเช่นหากกดสวิตช์เชื่อมระหว่างขา 7 กับ 14 จะได้รหัสควบคุมออกมาเป็น 01010 เป็น ในการออกแบบวงจรใช้งานอาจเลือกใช้สวิตช์บางตัวก็ได้

การส่งสัญญาณควบคุมแบบโทนเบิรสต์ สามารถทำได้จากวงจรใช้งานในรูปที่ 2.38 โดยกำหนดค่าของ R_1 และ C_1 จากสมการ

$$f = \frac{1}{C_1 R_1} \tag{2.1}$$

เมื่อ f เป็นความถี่ในหน่วยของเฮิรตซ์ C_1 และ R_1 มีหน่วยเป็นฟารัดและโอห์ม



รูปที่ 2.38 วงจรใช้งานของ SL490

ตัวความต้านทาน R_1 ควรเลือกค่าระหว่าง 20 - 80 กิโลโอห์ม และค่าความถี่ที่ออกแบบไม่ควรสูงกว่า 200 กิโลเฮิรตซ์ ในกรณีที่ต้องการส่งสัญญาณควบคุมโดยไม่มีคลื่นพาห์ร่วมไปด้วย ให้ถอด C_1 ออก แล้วเลือกใช้ตัวความต้านทานขนาด 2.2 กิโลโอห์ม ต่อแทน R_1 คาบเวลาที่ใช้สำหรับส่งข้อมูลที่เป็น "0" หรือ t_0 กำหนดด้วยค่าของ C_2 และ R_2 จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

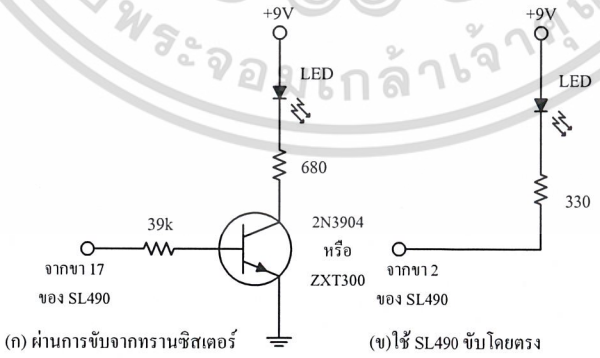
$$T_0 = 1.4C_2R_2 \qquad (2.2)$$

เมื่อ t_0 ที่มีหน่วยเป็นวินาที C_2 และ R_2 มีหน่วยเป็นฟารัดและโอห์ม

สำหรับคาบเวลาของที่เป็น " 1 " จะถูกกำหนดอย่างอัตโนมัติให้มีค่าประมาณ 2 ใน 3 ของเวลา t_0 และในกรณีที่ชุดข้อมูลถูกส่งมาติดๆ กัน (ซึ่งอาจเกิดการกดสวิตช์ค้างนานเกินไป) จะมีการสร้างช่วงเวลาซิงโครนัส (S) กั้นไว้ระหว่างรหัสชุดข้อมูล โดยค่าเวลาซิงโครนัสจะมีคาบเวลาเป็น 2 เท่าของ t_0 ควรออกแบบให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 มิลลิวินาที ถึง 1 วินาทีและค่าของตัวความต้านทาน R_2 ควรอยู่ระหว่าง 15-100 กิโลโอห์ม

ข้อดีประการหนึ่งของไอซีเบอร์ SL490 คือขณะทำการกดสวิตช์ส่งสัญญาณ ชุดข้อมูลจะถูกสร้างข้อตามรหัสไบนารี EDCBA แล้วส่งออก หากส่งไปหมดแล้วกดสวิตช์ยังคงกดค้างอยู่ ข้อมูลชุดเดิมจะถูกสร้างขึ้นมาใหม่แล้วส่งออกต่อไปอีกเรื่อยๆ โดยมีช่วงเวลาซิงโครนัส S เป็นตัวแยกชุดข้อมูลไว้ และหากมีการปล่อยสวิตช์ ข้อมูลในบิตที่เหลือยังคงถูกส่งออกไปจนหมดแล้วจึงหยุดสัญญาณเอาต์พุตที่เป็นสัญญาณพีพีเอ็มจะถูกส่งมาที่ขา 2

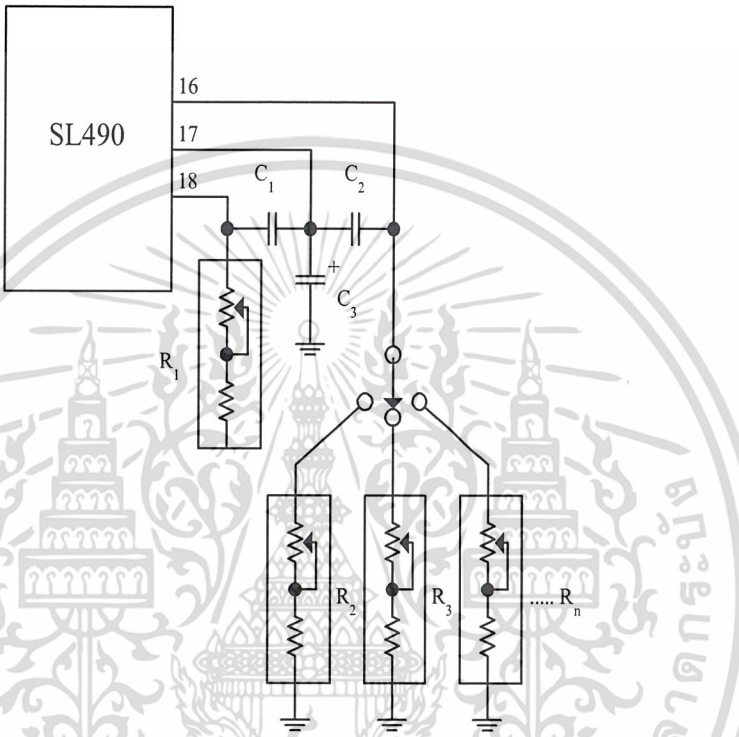
ส่วนขา 3 เป็นเอาต์พุตของไอซีมีสถานภาพทางเฟสตรงกันข้ามกับสัญญาณพีพีเอ็มที่ได้จากขา 2 สัญญาณเอาต์พุตอีกอันหนึ่งเป็นสัญญาณที่ได้จากขา 17 โดยปกติขณะไม่มีการส่งสัญญาณ เอาต์พุตที่ขา 17 จะอยู่ในสภาวะต่ำ และเมื่อมีการกดสวิตช์ส่งสัญญาณ เอาต์พุตนี้จะอยู่ในสภาวะสูง ทั้งสัญญาณที่ได้จากขา 2 และขา 17 สามารถนำมาใช้เป็นตัวบอกสภาวะชั่วขณะที่ทำการกดสวิตช์ส่งข้อมูลได้ โดยการต่อวงจรเพิ่มดังรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.39 การต่อ LED เพื่อแสดงสภาวะการส่งสัญญาณควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่เราต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวอื่นเพิ่มเติม โดยที่รายละเอียดของฟังก์ชั่นการควบคุมการใช้สวิตช์เครื่องส่งตัวเดิม อาจทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงคาบเวลาของข้อมูลให้ต่างออกไป โดยการเพิ่มค่าความต้านทานของ R_2 หรืออาจทำเป็นสวิตช์เลือกได้ดังรูปที่ 2.40



รูปที่ 2.40 แสดงการเปลี่ยนแปลงคาบเวลาของข้อมูล

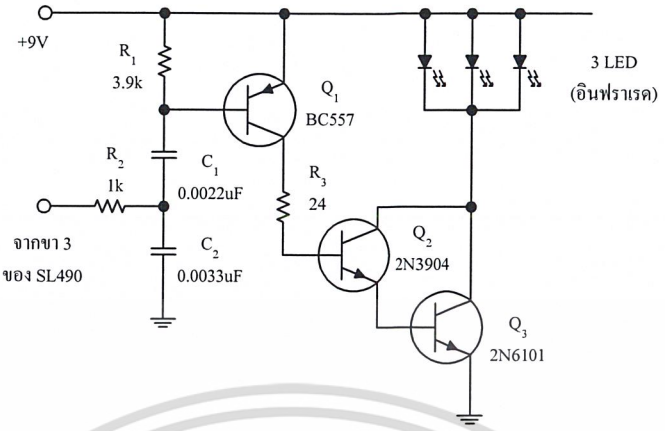
3) วงจรขับสัญญาณ

สัญญาณเอาต์พุตที่ขา 2 และขา 3 ของไอซี SL490 จะจ่ายกระแสออกมาไม่เกิน 5 มิลลิแอมป์ ซึ่งไม่เพียงพอกับการขับ LED อินฟราเรด จึงจำเป็นต้องมีวงจรขับสัญญาณที่ใช้ทรานซิสเตอร์เพิ่มเข้าไปอาจเลือกใช้วงจรตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.40 ซึ่งแสดงทั้งการเลือกใช้สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากขา 3 ในรูปที่ 2.41 (ก) และสัญญาณเอาต์พุตจากขา 2 ในรูปที่ 2.41 (ข)

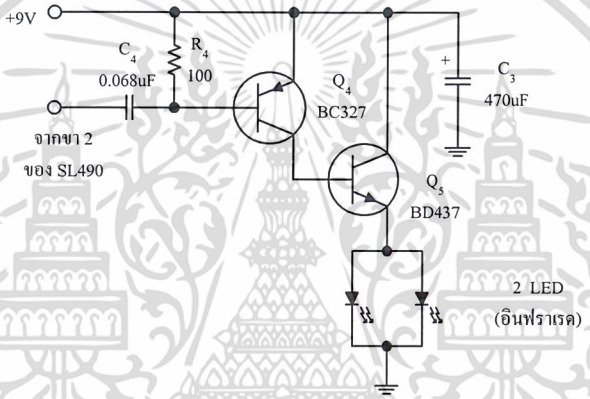
4) ภาครับสัญญาณ

รูปที่ 2.42 เป็นแผนผังการทำงานของภาครับสัญญาณ เริ่มจากไฟโต้ไดโอด D_1 ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า แล้วทำหน้าที่ขยายสัญญาณด้วยวงจรปรีแอมป์ ก่อนถูกดีมอดูเลตออกเป็นรหัสไบนารีจากนั้นทำการถอดรหัสสำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

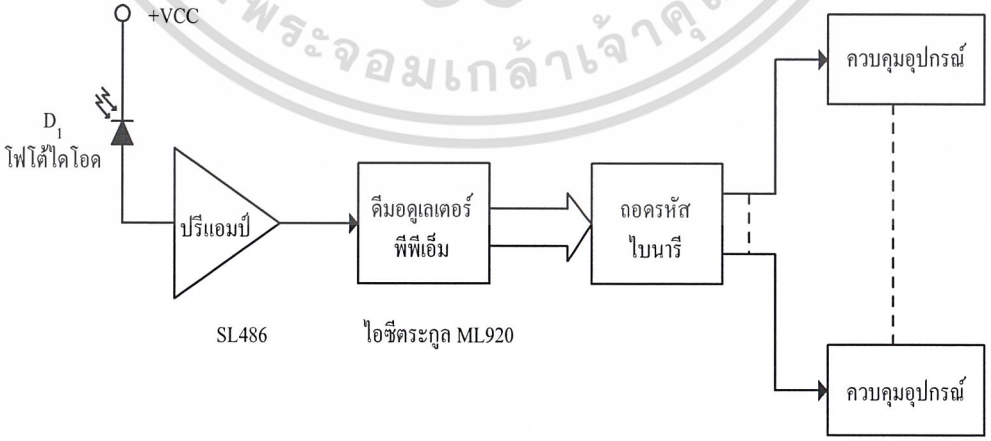


(ก) ใช้สัญญาณจาก ขา 3 ของ SL490



(ข) ใช้สัญญาณจาก ขา 2 ของ SL490

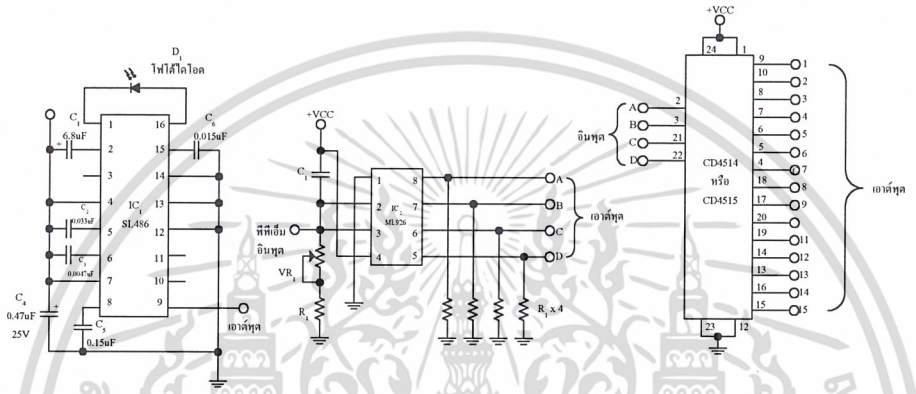
รูปที่ 2.41 วงจรขับสัญญาณ



รูปที่ 2.42 แผนผังการทำงานภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของวงจรปรีแอมป์สามารถใช้ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ SL486 ซึ่งถูกออกแบบมาใช้กับสัญญาณอินฟราเรด ที่เป็นการส่งข้อมูลแบบดิจิตอลโดยเฉพาะ สัญญาณไฟฟ้าจากโฟโต้ไดโอดที่มีค่าในช่วง นาโนแอมป์และโมโครแอมป์ จะถูกขยายและถูกส่งออกทางขา 9 ของไอซี SL486 ด้วยค่าของกระแสที่มากถึง 5 มิลลิแอมป์ ข้อดีของไอซีตัวนี้ ก็คือสามารถตัดปัญหาสัญญาณรบกวนภายนอกที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดี วงจรใช้งานของไอซี SL486 แสดงดังรูปที่ 2.43 (ก)



รูปที่ 2.43 ส่วนของวงจรภาครับสำหรับรับสัญญาณควบคุม 4 บิต

5) วงจรดีมอดูเลต

การดีมอดูเลตสัญญาณพีพีเอ็มที่ได้จากขาเอาต์พุตของไอซี SL486 สามารถทำได้ด้วยไอซีสำเร็จรูปในตระกูล ML920 เช่น ML920, ML922, ML926 และ ML927 เป็นต้น ในกรณีที่ต้องการใช้ฟังก์ชั่นควบคุมครบ 32 ช่องสัญญาณ จากวงจรส่งสามารถใช้ไอซีเบอร์ ML922 ได้เพียงตัวเดียว หรือจะใช้ไอซี ML926 ร่วมกับ ML927 ซึ่งไอซีแต่ละตัวจะดีมอดูเลตสัญญาณออกมาได้ 16 ช่องสัญญาณเท่านั้น โดย ML926 จะทำงานเมื่อบิต E เป็น 0 และ ML927 ทำงานเมื่อบิต E เป็น 1

การทำงานของไอซี ML926 จากวงจรในรูปที่ 2.43 (ข) ถูกกำหนดด้วยสัญญาณนาฬิกาภายในที่มีค่าความถี่ที่หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$f = \frac{1}{0.15C_1(VR_1 + R_1)} \tag{2.3}$$

เมื่อค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุมีหน่วยเป็นโอห์มและฟารัดตามลำดับ และค่าของความต้านทาน VR_1 รวมกับ R_1 ควรมีค่าอยู่ระหว่าง (2-200) กิโลโอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความถี่ (f) ของวงจรรับนี้ ต้องมีความสัมพันธ์กับความถี่ในวงจรส่ง โดยกำหนดจาก

$$f = \frac{40}{t_0} \tag{2.4}$$

เมื่อ t_0 เป็นคาบเวลาของข้อมูลบิตที่เป็น “0” ในสัญญาณพีพีเอ็มจากภาคส่ง

จากวงจรที่ออกแบบสำหรับรหัสควบคุม 4 บิต สัญญาณไบนารีที่ถูกดีมอดูเลตแล้วจะถูกส่งออกมาที่ขา 8, 7, 6, 5 เป็นบิต DCBA ตามลำดับ ข้อสังเกตในการออกแบบวงจรภาคส่งเพื่อใช้กับ ML926 ที่ภาครับ ก็คือต้องกำหนดให้บิต E เป็น “0” เท่านั้น ซึ่งเหมาะกับการควบคุมที่มีจำนวนช่องสัญญาณสูงสุดไม่เกิน 16 ช่อง

6) วงจรถอดรหัส

รหัสสัญญาณไบนารี DCBA จากขาเอาต์พุตของไอซี ML926 จะถูกนำไปถอดรหัสด้วยไอซีซีมอสเบอร์ CD4514 หรือ CD4515 ดังรูปที่ 2.43 (ค) เพื่อให้ได้สัญญาณเอาต์พุตออกมา โดยไอซี CD4514 จะให้สัญญาณเอาต์พุตเป็น “1” ในช่องสัญญาณที่ถูกเลือก ในขณะที่ช่องสัญญาณอื่นเป็น “0” และไอซี CD4515 จะทำงานกลับกัน คือช่องที่ถูกเลือกจะให้สัญญาณเอาต์พุตเป็น “1” สัญญาณควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งอาจเป็นวงจรรีเลย์หรือวงจรออปโต้คับเปลอร์ก็ได้

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ MCS-51

2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1) ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5V ชุดเดียว
2) หน่วยความจำประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
3) หน่วยความจำโปรแกรมภายใน(Program Memory)ขนาด 4 กิโลไบต์
4) หน่วยความจำข้อมูลภายใน(Data Memory)ขนาด 128 ไบต์
5) อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมได้ถึง 64 กิโลไบต์
6) อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์
7) หน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิพ แยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
8) มีพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต แบบขนานจำนวน 4 พอร์ต (32 บิต)แยกกันอย่างอิสระ
9) มีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิต 2 ชุด ทำงานได้ 4 โหมด
10) มีพอร์ตการสื่อสารอนุกรม (Universal Asynchronous Receiver Transmitter : UART) รับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน (Full Duplex) สามารถเลือกรูปแบบการส่งได้ 4 โหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ 6 แหล่ง กระโดดไปตอบสนองการทำงานได้ 5 ตำแหน่ง

12) มีวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

13) นำข้อมูลมา AND, OR หรือทำ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 1 บิต

2.3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

MCS-51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตเป็นแบบ NMOS และ CMOS เบอร์ 8032 และ 8052 จะมี ROM BASIC อยู่ภายในจึงสะดวกสำหรับผู้ใช้เขียนโปรแกรมที่จะเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิก โครงสร้างภายในสำหรับเบอร์ 8051 ดังรูปที่ 2.44 และ 2.45

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

1) CPU (Central Processing Unit) ส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่า วงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุม ได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ,อุปกรณ์รับข้อมูลเข้า หรือส่งข้อมูลออก ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะและส่วนควบคุมบัสก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณจากวงจรควบคุมจาก CPU นี้จะทำการสร้างสัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่งที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อทำให้ทุกๆ ส่วนทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง

ใน CPU ยังประกอบด้วยส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก, ลบ, คูณ, หรือหารข้อมูล แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ต้องการ

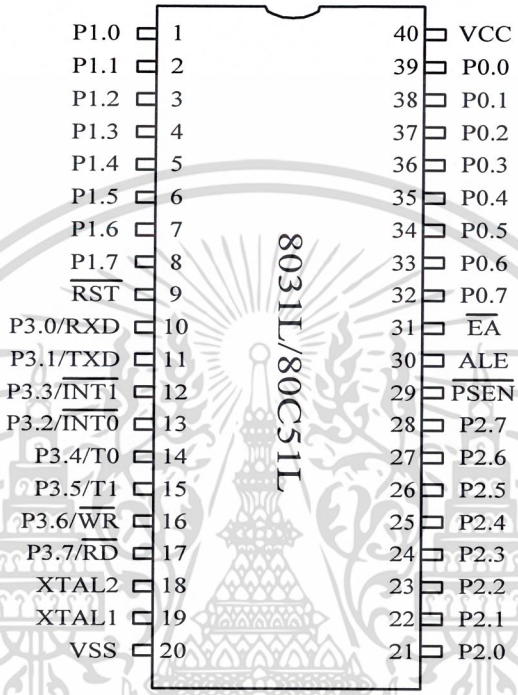
2) หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล ซึ่งในการนำข้อมูลเข้าและออกจากหน่วยความจำ จำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำ ในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บในหน่วยความจำเรียกว่า การเขียนข้อมูล และการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำ เรียกว่า การอ่าน ข้อมูลในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้น แต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะสามารถเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 00000000_2 หรือ 11111111_2 หรือ 00H ถึง 0FFH ในการติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่ม คือ

2.1) ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ซึ่ง MCS-51 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลได้สูงสุดชนิดละ 65,536 ตำแหน่ง (64 kBytes) ดังนั้นการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น (2^{16} เท่ากับ 65,536)

2.2) ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3) สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านข้อมูลหรือเขียนข้อมูลโดยวงจรถอดรหัสคำสั่งจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมจาก คำสั่งที่อ่านเข้ามาจากหน่วยความจำโปรแกรม



รูปที่ 2.44 การจัดวางขาของ 8051

3) อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Device) เป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือนำข้อมูลออกจาก MCS-51 ทำให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตได้แก่ 4 I/O Port, Timer/Counter 0, Timer/counter 1, Serial Port

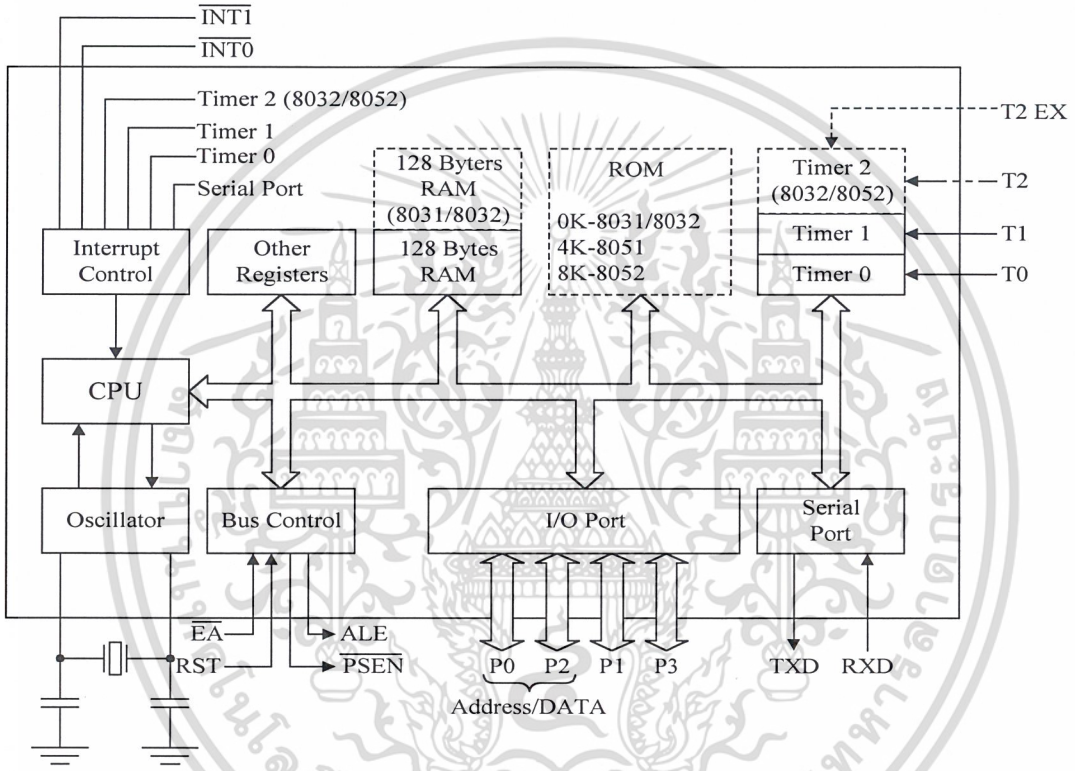
3.1) 4 I/O Port หรือพอร์ตแบบขนาน เป็นที่สำหรับใช้รับส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าหรือออกจากตัว MCS-51 มีทั้งหมด 4 พอร์ต โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตจะใช้งานมากกว่า 1 อย่างก็ได้

3.2) Timer/Counter 0 และ Timer/Counter 1 เป็นวงจรนับที่สามารถทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก MCS-51 หรือจำนวนของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS-51 ก็ได้ สามารถตั้งค่าเริ่มต้นของการนับและการอ่านค่าการนับได้โดย CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3) Serial Port หรือพอร์ตอนุกรม CPU จะอ่านและเขียนข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมเป็นแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก MCS-51 เรียงไปทีละบิตออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลจะรับที่ละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ CPU อ่านไปใช้งานต่อไป

ใน MCS-51 มีพอร์ตให้ใช้งานได้หลายแบบ ทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่างๆ ได้มากมาย การจะนำพอร์ตไปใช้งานได้จะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม



รูปที่ 2.45 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3.3 การทำงานของ 8051

คำสั่งแต่ละคำสั่งของ 8051 จะใช้เวลาทำงาน 1, 2 หรือ 3 Machine Cycle แล้วแต่ว่าเป็นคำสั่งประเภทใด 1 Machine Cycle จะใช้เวลา 12 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา ดังนั้น แต่ละคำสั่งของ 8051 จะใช้เวลาทำงาน 12, 24 หรือ 36 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกานั่นเอง แต่ Machine Cycle จะถูกแบ่งออกเป็น 6 สภาวะ คือ S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 และ S_6 แต่ละสภาวะประกอบด้วย 2 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา ในไซเคิลแรกจะเรียกว่าเฟส 1 (P1) และไซเคิลที่ 2 เรียกว่าเฟส 2 (P2) ในแต่ละเฟสจะนับตั้งแต่ขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกาถึงขอบขาล่างของสัญญาณนาฬิกาที่อยู่ถัดไป เมื่อ 8051 ทำงานเสร็จ 1 Machine Cycle จะเริ่มทำงาน State 1 Phase 1 (SIP1) ของไซเคิลต่อไปใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

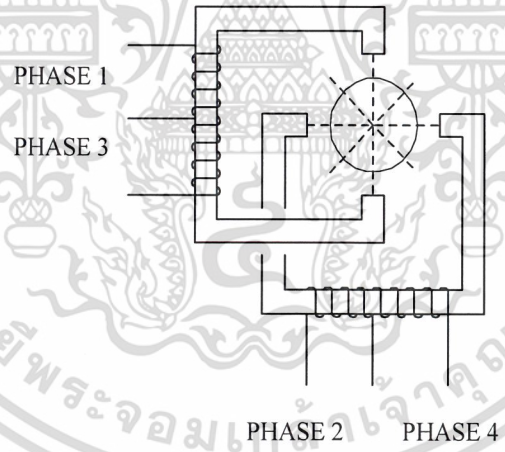
1 Machine Cycle วงจร Timer and Control จะสร้างสัญญาณ ALE ออกมา 2 ไซเคิล เพื่อ Fetch คำสั่งเข้าไป 2 ครั้งเสมอ

2.4 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ถือว่าเป็นอุปกรณ์เอาต์พุตอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ลักษณะการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จะเคลื่อนที่เป็นสเต็ป (Step) ซึ่งอาจเป็น สเต็ปละ 1.8, 5, 7.5 องศา ก็แล้วแต่ชนิดของมอเตอร์ ส่วนใหญ่สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะใช้ในงานควบคุมระบบดิจิเตอร์ เช่น Printer, X-Y Plotter, Disk drive ตลอดจนอุปกรณ์ในงานอิเล็กทรอนิกส์, อุตสาหกรรม, เครื่องมือวัด และระบบควบคุมอื่นๆ

สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1. โรเตอร์ (Rotor) เป็นส่วนที่หมุนได้ จะเป็นแม่เหล็กถาวร และอื่นๆ
2. สเตเตอร์ (Stater) เป็นส่วนที่อยู่กับที่ จะเป็นขดลวดหลายๆ ขด ดังแสดงในรูปที่ 2.46



รูปที่ 2.46 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟส (Phase) แบบยูนิโพลาร์เพอร์มาเนนต์แม็กเนต

2.4.1 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เราสามารถแบ่งสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตามพื้นฐานได้ 3 ชนิด คือ

1) ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable reluctance หรือ VR) สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีข้อเสียคือ เมื่อมีสเต็ปในการหมุนสูง จึงทำให้ความถูกต้องของตำแหน่งและทำงานได้ไม่ดี เราสามารถทดสอบเพื่อให้ทราบว่าเป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้ได้ง่ายมากโดย ใช้มือหมุนที่เพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของมอเตอร์ ซึ่งจะไม่เกิดปรากฏการณ์ทางแม่เหล็ก (Magnetism) จะทำให้หมุนได้โดยไม่ติดขัด แตกต่างจากชนิดอื่นคือ เมื่อทำการหมุนจะรู้สึกขัดๆ เหมือนเป็นฟันเฟือง

2) ชนิดเพอร์มาเนนต์แม็กเนต (Permanent magnet หรือ PM) สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดีคือ มีความถูกต้องของตำแหน่งเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น

3) ชนิดไฮบริด (Hybrid) เป็นชนิดที่นิยมใช้มากที่สุดในเครื่องคอมพิวเตอร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้ มีโครงสร้างภายในคือ สเตเตอร์เป็นชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ ส่วนโรเตอร์เป็นชนิดเพอร์มาเนนต์แม็กเนตนำมาประกอบเข้าด้วยกัน ทำให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีแรงยึดหน่วงสูง มีแรงบิดดึงและผลักดี และยังคงทำงานได้ดีแม้ว่าจะมีจำนวนสเต็ปต่อรอบในการหมุนสูง

4) ชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แม็กเนต (Rare earth permanent magnet) หรือที่เรียกกันว่าชนิดดิสก์แม็กเนตสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Disk magnet steppers) การทำงานจะเป็นแบบเดิม แต่โครงสร้างเป็นแบบใหม่จะทำให้เกิดความเฉื่อยต่ำมาก, มีอัตราเร่งสูง มอเตอร์ชนิดนี้จึงจัดเป็นมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงทั้งในด้าน แรงบิดดึง, กำลังทางกลที่ได้ของมอเตอร์, ความถูกต้องของตำแหน่งสูงมาก และความเร็วในการเริ่มหมุนและหยุดสูงอีกทั้งมีการสูญเสียของกำลังงานต่ำ

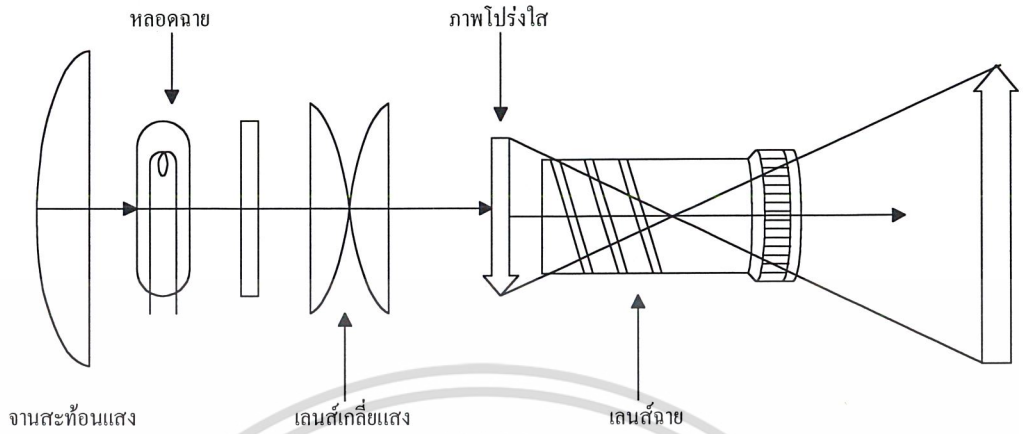
2.5 ทฤษฎีเครื่องฉายแผ่นใส

สื่อการเรียนการสอนที่ใช้ในกระบวนการเรียนการสอนโดยตรงหรือใช้ในการฝึกอบรมมีมากมายหลายชนิด แต่ถ้าจะกล่าวถึงเฉพาะวัสดุฉายแล้วก็อาจจะแบ่งได้เป็ 2 ประเภท คือ วัสดุทึบแสงและวัสดุโปร่งแสง วัสดุทึบแสง ได้แก่ แผ่นภาพฉายในรูปลักษณะต่างๆ ซึ่งต้องฉายภาพด้วยระบบฉายสะท้อน วัสดุโปร่งแสง ได้แก่ สไลด์, ฟิล์มสตริพ, ภาพยนตร์ และแผ่นภาพโปร่งใส ฉายได้ด้วยระบบฉายตรงและฉายอ้อม ซึ่งจะฉายภาพให้ไปปรากฏบนจอได้ด้วยวิธีฉายลำแสงให้ทะลุผ่านวัสดุฉายหักกลับ ผ่านชุดเลนส์ขยาย แล้วฉายภาพบนจอเป็นภาพหัวตั้งขนาดขยายตามกำลังขยายของเลนส์

2.5.1 ระบบเครื่องฉายแผ่นภาพโปร่งใส

เครื่องฉายแผ่นภาพโปร่งใสเป็นเครื่องชนิดเดียวที่ฉายภาพโปร่งใสด้วยระบบการฉายอ้อม โดยแสงจากหลอดฉายจะฉายแสงผ่านเลนส์เกลี่ยแสง (fresnel lens) แผ่นภาพโปร่งใสผ่านเลนส์ฉายซึ่งอาจจะแยกหรือรวมเป็นจุดเดียวกัน กระทบกระจกเงาสะท้อนแสง แล้วฉายภาพปรากฏบนจอจะเห็นได้ว่าการเดินทางของลำแสงที่ฉายจะไม่เป็นลำแสงตรง แต่จะเดินทางเป็นมุมหักเหจากการตกกระทบบนกระจกเงาสะท้อนแสงแล้วสะท้อนแสงของวัตถุนั้นขึ้นไปตามมุมหักเหของกระจกเงาสะท้อนนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.47 แสดงระบบฉายตรง

2.5.2 ส่วนประกอบของเครื่องฉายแผ่นภาพโปร่งใส

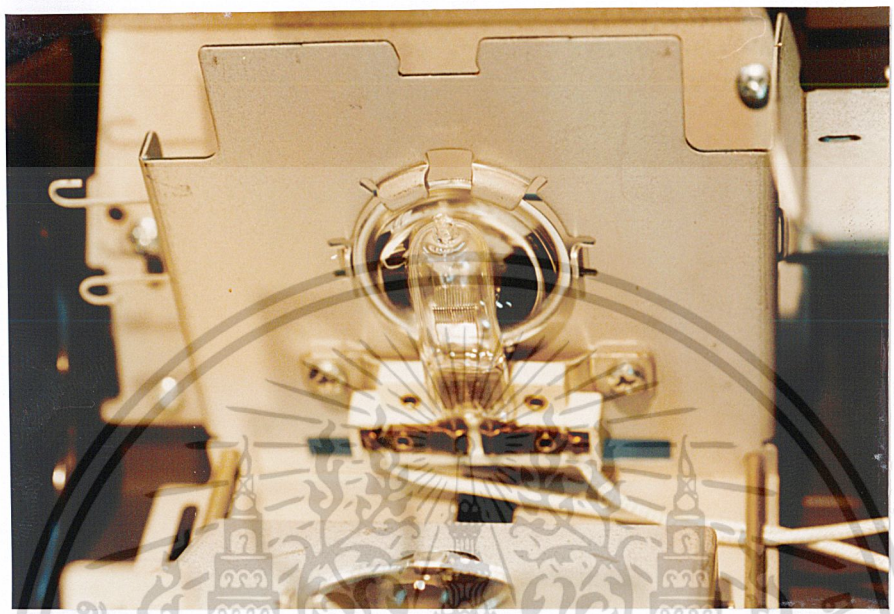
เครื่องฉายแผ่นภาพโปร่งใสทุกเครื่องจะมีหลักการทำงานพื้นฐานเหมือนกัน แต่จะมีรายละเอียดที่แตกต่างกัน เครื่องฉายแผ่นภาพโปร่งใสโดยทั่วไปมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1) เครื่องฉายแผ่นใส มีลักษณะเป็นแท่นเครื่องรูปทรงสี่เหลี่ยม

รูปที่ 2.48 เครื่องฉายแผ่นใส

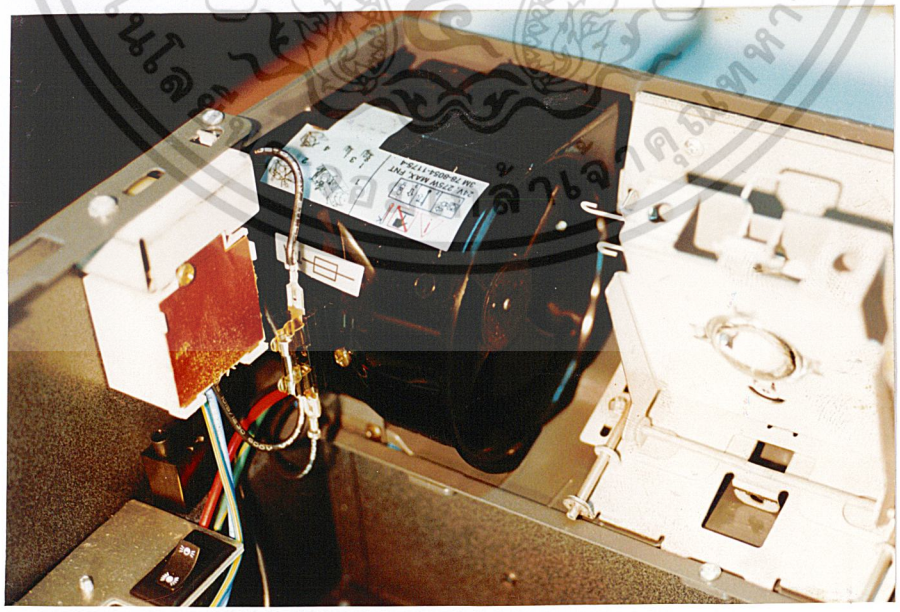
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) หลอดฉาย ถ้าเป็นเครื่องรุ่นเก่าใช้หลอดทังสเตนขนาดใหญ่ ในปัจจุบันใช้หลอดที่มีขนาดเล็ก ไม่เปลืองเนื้อที่ หลอดบางชนิดมีจานแสงในตัว



รูปที่ 2.49 หลอดของเครื่องฉายแผ่นใส

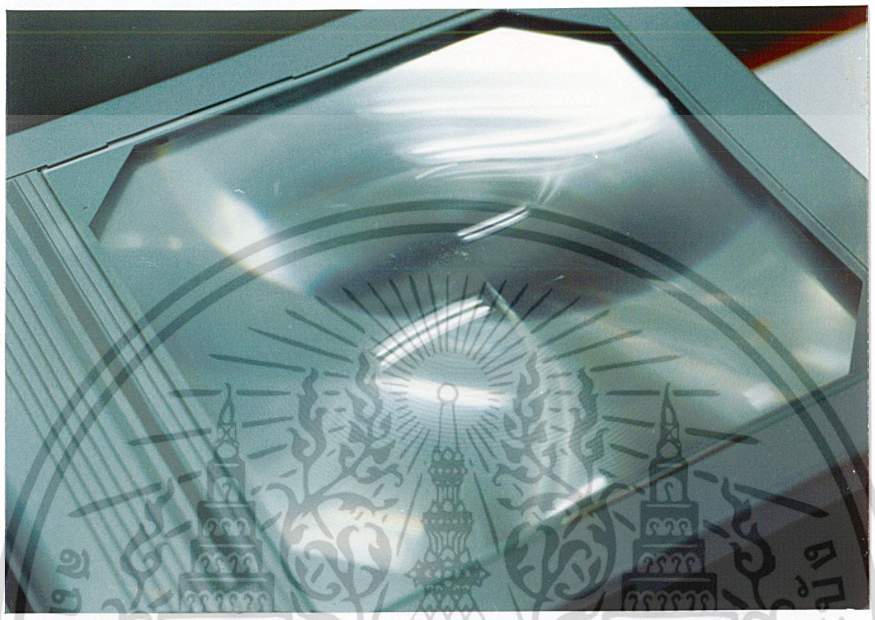
3) พัดลมระบายอากาศ เป็นพัดลมชนิดดูดอากาศร้อนออกจากเครื่องฉาย บางชนิดเป็นพัดลมแบบใบพัด แต่บางชนิดเป็นแบบทรงกระบอก



รูปที่ 2.50 รูปพัดลมระบายอากาศของเครื่องฉายแผ่นใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เลนส์เกลี่ยแสง (Fresmal Lens) มีลักษณะเป็นเลนส์ก้นหอยทำหน้าที่เกลี่ยแสงให้มีความสว่างสม่ำเสมอกันทั่วเนื้อที่ฉาย ถ้าเลนส์นี้ไม่อยู่ในแนวขนานจะทำให้เกิดแสงสีน้ำตาลในบริเวณนั้น



รูปที่ 2.51 เลนส์เกลี่ยแสง

5) กระจกเงาสะท้อนแสงภายในตัวเครื่อง เป็นกระจกเงาขนาดใหญ่มีหน้าที่ในการสะท้อนแสงที่ได้จากหลอดของเครื่องฉายมีขนาด 12 นิ้ว × 12 นิ้ว

รูปที่ 2.52 กระจกเงาสะท้อนแสงภายในตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

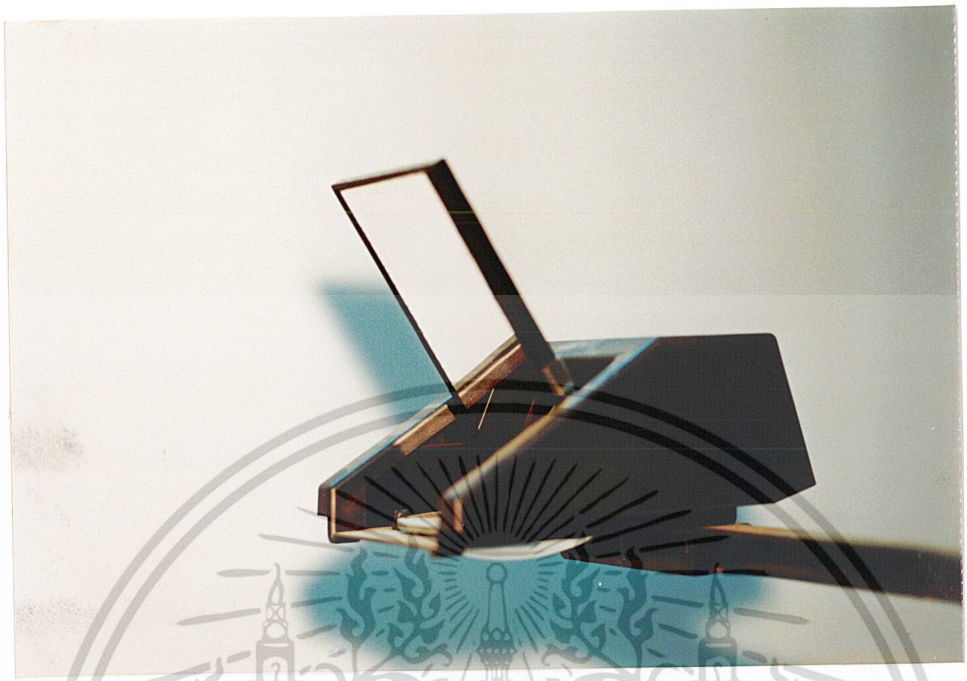
6) ปุ่มปรับความชัด เครื่องส่วนมากจะทำปุ่มปรับความชัดไว้ที่ก้านเลื่อนเลนส์ฉายขึ้นลง แทนที่จะเลื่อนเฉพาะเลนส์ฉายจึงติดตั้งปุ่มปรับความชัดไว้ที่ตัวเครื่องฉาย

รูปที่ 2.53 ปุ่มปรับความชัดของเครื่องฉายแผ่นใส

7) เลนส์ฉาย มีลักษณะเป็นชุดของเลนส์ วางอยู่ตอนบนของเครื่องฉายแผ่นใส โดยที่เครื่องฉายแผ่นใสบางแบบจะเป็นเลนส์รวมเป็นชุดเดียวกันอยู่ด้านล่างของเรือนเลนส์ฉายแผ่นใส แต่บางแบบจะเป็นเลนส์ 2 ตัว แยกติดตั้งในแนวตั้งและแนวนอน เลนส์ฉายมีทางยาวโฟกัสหลายขนาด ซึ่งจะให้มุมการฉายกว้างต่างกันเลนส์ฉายปกติของเครื่องฉายแผ่นภาพโปร่งใส มีทางยาวโฟกัส 300 มิลลิเมตร หรือประมาณ 12 นิ้ว ถ้าฉายในระยะห่างจากจอ 2 เมตร จะได้ภาพฉายขนาด 6 เท่าของแท่นฉาย ถ้าเป็นเลนส์มุมกว้าง ก็จะยิ่งฉายภาพได้ขนาดใหญ่มากขึ้น เช่น ในทางตรงกันข้าม ถ้าใช้เลนส์ฉายมุมแคบ ก็จะได้ภาพฉายขนาดเล็กลง

8) กระจกเงาสะท้อนแสง เป็นกระจกที่ติดอยู่ในเรือนเลนส์ฉาย วางทำมุมกับแท่นฉายทำให้สามารถปรับภาพฉายให้สูงต่ำเพื่อให้ได้ภาพที่ฉายออกมาตามต้องการ โดยที่เครื่องฉายแต่ละแบบนั้นสามารถที่จะปรับมุมการฉายได้ไม่เท่ากัน โดยปกตินั้นผู้ออกแบบมักทำให้เครื่องฉายแผ่นใสสามารถปรับมุมได้ระหว่าง 30-35 องศา ทางด้านกลไกในการปรับกระจกมีทั้งชนิดจับโยกที่เรือนเลนส์ฉาย ใช้การโยกกระจก หรือใช้ปุ่มหมุนขึ้นลงส่วนประกอบพิเศษอื่นๆ ในการปรับเลื่อนกระจกเงาสะท้อนแสงนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



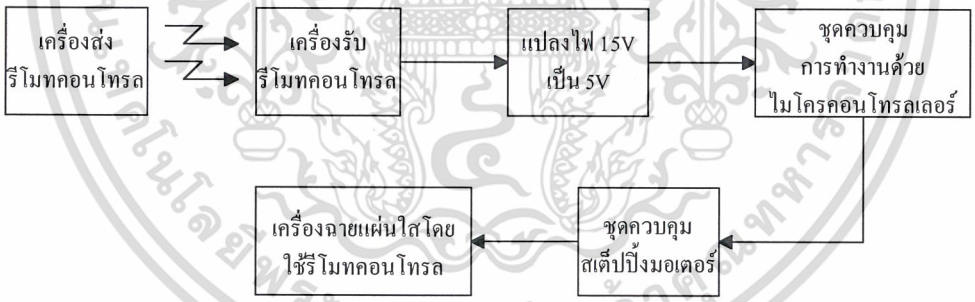
รูปที่ 2.54 กระจกเงาสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 แผนผังการทำงานของโครงงาน

การทำงานของโครงงานตามแผนผังการทำงานดังรูปที่ 3.1 จะเริ่มจากการทำงานของเครื่องส่งรีโมทคอนโทรลโดยเริ่มต้นการส่งสัญญาณออกไปจากนั้นเครื่องรับจะทำการถอดรหัสของสัญญาณออกมาในแต่ละช่องของสัญญาณทางเครื่องรับที่รับได้จะมีไฟออกมาช่องละ +15 โวลต์ ซึ่งแรงดันนี้ไม่สามารถที่จะนำไปเข้าพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เนื่องจากไอซีเบอร์ 8255 ที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องการแรงดันในการทำงานเพียง +5 โวลต์ เท่านั้น จึงมีชุดแปลงไฟจาก 15 โวลต์ เป็น 5 โวลต์ เพื่อนำไปเข้าที่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นชุดควบคุมการทำงานด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะรับเอาสัญญาณที่เข้ามาแต่ละพอร์ตมาประมวลผลเพื่อนำไปควบคุมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ตัวของเครื่องฉายโดยใช้รีโมทคอนโทรลให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน



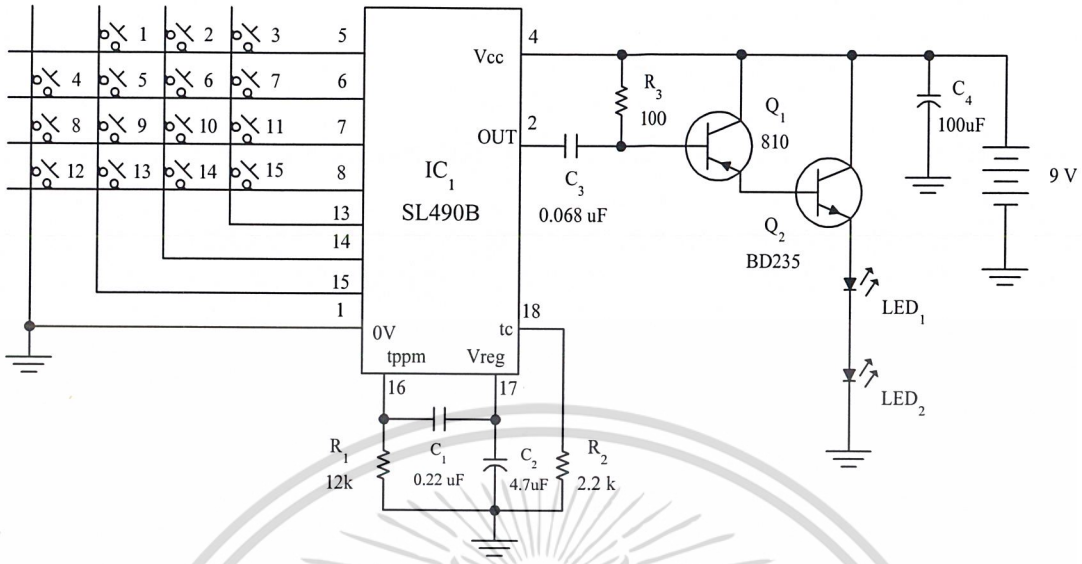
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของโครงงาน

3.2 วงจรรีโมทคอนโทรล

3.2.1 วงจรภาคส่ง

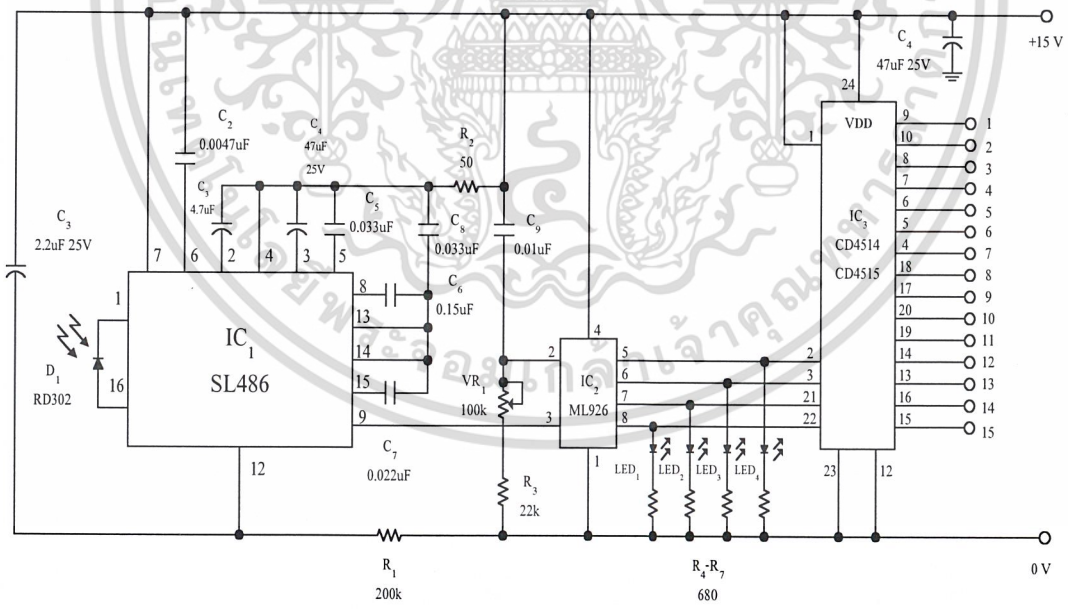
การทำงานของวงจรภาคส่ง วงจรภาคเครื่องส่งใช้ไฟ 9 โวลต์ ป้อนเข้าขา 4 ของ SL490B และเป็นไฟเลี้ยงให้กับทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 เมื่อ ขา 2 ให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นไบแอสสำหรับ Q_1 เพื่อขับ Q_2 ให้ทำงาน LED_1, LED_2 จะส่งพัลส์อินฟราเรดออกมา โดยใช้ R_1, R_2, C_1, C_2 เป็นตัวกำหนดความถี่คลื่นพาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรภาคส่ง 15 ช่อง ระบบอินฟราเรด

3.2.2 วงจรภาครับ



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

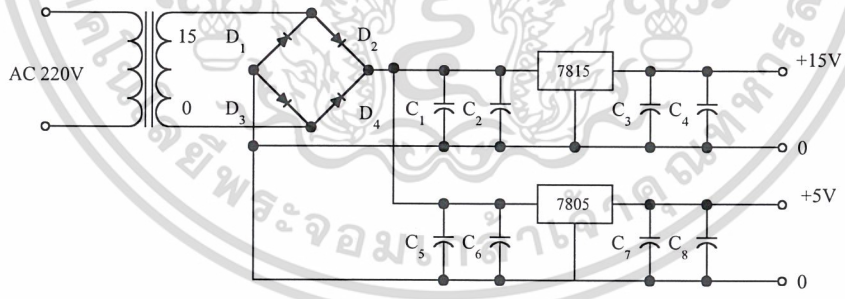
การทำงานของวงจรภาครับ

วงจรภาครับดังรูป ใช้แหล่งจ่ายไฟ 15 โวลต์ เพื่อจ่ายแรงดันให้ ไอซีเบอร์ SL486, ML926 และ CD4514 มีไดโอด RS302 เป็นตัวรับแสงอินฟราเรด ซึ่งต่อเข้ากับ ขา 1 และขา 16 ของ SL486 ซึ่งจะดีโค้ดและขยายสัญญาณพีพีเอ็ม แล้วส่งเข้าอินพุตขา 3 ของ ML926

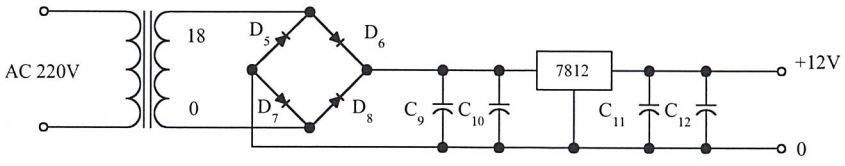
VR_1 100kΩ ปรับค่าได้ใช้สำหรับปรับความถี่ออสซิลเลเตอร์ของ IC_2 ให้ตรงกับอินพุตที่รับเข้ามา ส่วนขา 5, 6, 7, 8 ของ IC_2 เป็นเอาต์พุตสัญญาณเลขฐานสอง ซึ่งจะแสดงผลผ่าน LED_1-LED_4 สำหรับ IC_3 CD4514 (หรือ CD4515) เมื่อยังไม่มีการทำงานเอาต์พุตทั้งหมดจะเป็น "0" เวลากดสวิตช์ช่องใดช่องหนึ่ง ช่องนั้นจะมีเอาต์พุตเป็น "1" ส่วน CD4515 เป็นไปในทางตรงข้าม แต่ ผลลัพธ์ในการควบคุมเหมือนกัน

ตรงอินพุตของ IC_3 จะมีสภาวะเป็น "0" หมดทั้ง 4 อินพุต เมื่อยังไม่กดสวิตช์เลือกช่อง ถ้าสมมติว่าเรามีสวิตช์สำหรับเลือกช่องโดยใช้สัญญาณเลขฐานสองเป็น "0000" จะมีสัญญาณพีพีเอ็มมาจากเครื่องส่ง ผ่านภาครับภาคขยาย พอออกจาก ML926 เอาต์พุตที่ได้จะเป็นสภาวะ "0000" ซึ่งเป็นสภาพปกติของอินพุต IC_3 อยู่แล้ว ดังนั้นจึงไม่มีอะไรเกิดขึ้นทำให้ไม่สามารถใช้งาน ช่อง 0 เป็นสัญญาณควบคุมได้

3.3 วงจรภาคจ่ายไฟ



ก) วงจรแหล่งจ่ายไฟ +15V และ +5V



ข) วงจรแหล่งจ่ายไฟ +12V

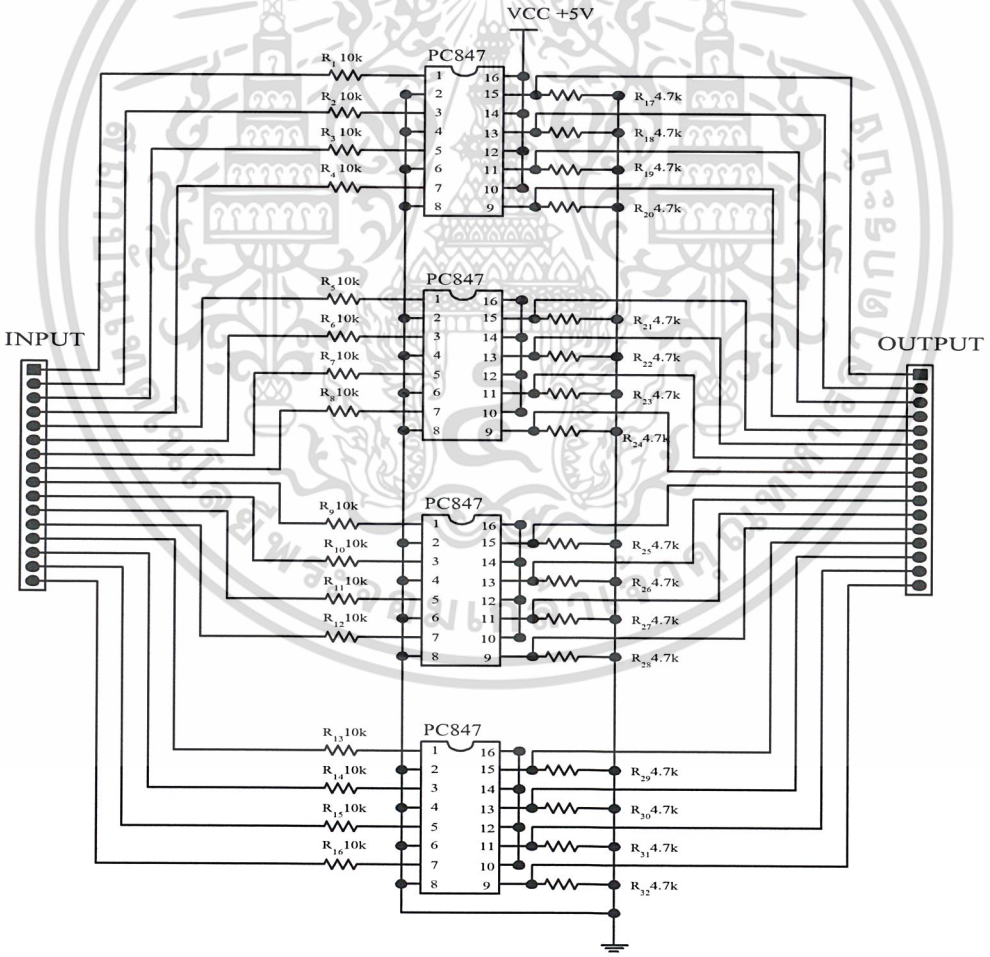
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรภาคจ่ายไฟ

จากรูปที่ 3.4 (ก) จะเป็นวงจรภาคจ่ายไฟ +15 โวลต์ และ +5 โวลต์ โดยแรงดันไฟ +15 โวลต์ ที่ได้จากไอซีเบอร์ 7815 เป็นตัวป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรเครื่องรับรีโมทคอนโทรล ส่วนแรงดัน +5 โวลต์ ที่ได้จากไอซีเบอร์ 7805 จะป้อนแรงดันให้กับชุดควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์, วงจรแปลงแรงดันไฟ +15 โวลต์ เป็น +5 โวลต์ และวงจรแสดงผล (Display) ส่วนในรูปที่ 3.4 (ข) จะเป็นวงจรภาคจ่ายไฟ +12 โวลต์ ใช้ไอซีเบอร์ 7812 ทำหน้าที่เป็นวงจรภาคจ่ายไฟให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ตัวเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล

3.4 วงจรแปลงไฟ +15 โวลต์ เป็น + 5 โวลต์



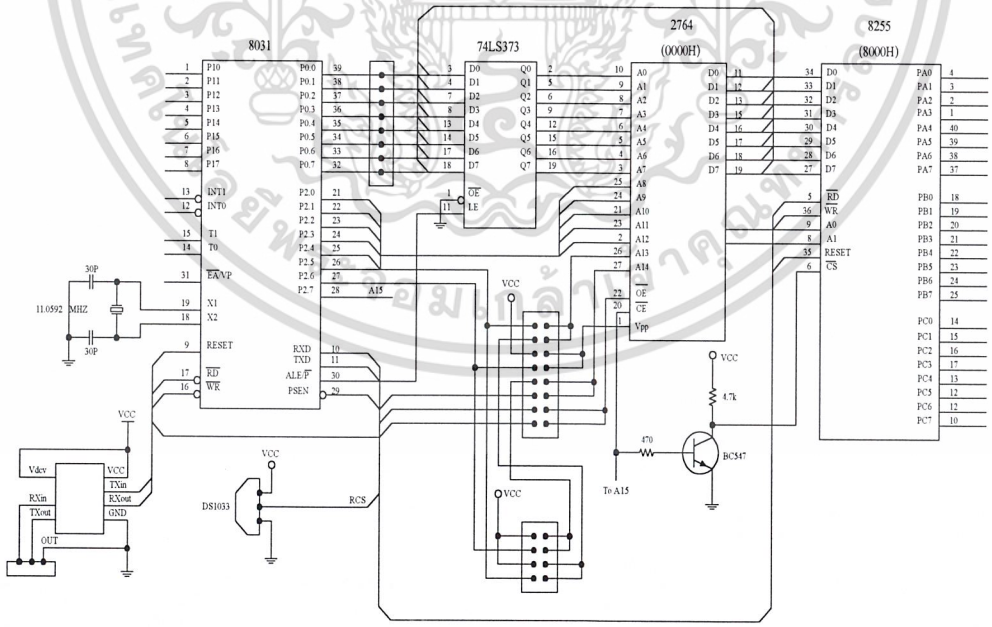
รูปที่ 3.5 วงจรแปลงไฟ 15โวลต์ เป็น 5โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรแปลงไฟ +15 โวลต์ เป็น +5 โวลต์

ลักษณะการทำงานของวงจรแปลงแรงดันไฟ +15 โวลต์ เป็น +5 โวลต์ เริ่มจากเมื่อมีการส่งสัญญาณออกมาจากชุดควบคุมระยะไกล ภาครับก็จะทำการถอดรหัสสัญญาณออกมาโดย แต่ละช่องจะมี แรงดันเอาต์พุต +15 โวลต์ จากนั้นนำมาแปลงให้เป็นแรงดัน +5 โวลต์ เพื่อที่จะไปเป็นแรงดันป้อนให้แก่บอร์ด MCS-51 เพื่อนำไปประมวลผล ลักษณะการทำงานของวงจรจะประกอบไปด้วยพอร์ทอินพุต ทำหน้าที่รับเอาสัญญาณที่ภาครับของวงจรรีโมทคอนโทรลมาป้อนให้กับไอซี PC847 ซึ่งเป็น ออปโต้ทรานซิสเตอร์ (Opto Transister) โดยจะทำงานเมื่อมีแรงดันไฟป้อนเข้ามาก็จะทำให้ไดโอดเปล่งแสงภายในและจะทำงานกระตุ้นให้ทรานซิสเตอร์ภายในทำงานนำกระแสเช่นเดียวกันก็จะทำให้แรงดันที่เราป้อนให้วงจรทางเอาต์พุต +5 โวลต์ไปตกคร่อม ตัวความต้านทานค่า 4.7 กิโลโอห์ม ทำให้ได้เอาต์พุตที่เป็นแรงดันไฟ +5 โวลต์ ตามช่องสัญญาณที่ถูกรับมาจากภาครับสัญญาณรีโมทคอนโทรลทำให้เราสามารถที่จะต่อพอร์ตเอาต์พุตของวงจรแปลงแรงดันไฟ +15 โวลต์ เป็น +5 โวลต์ ไปเข้ายังพอร์ต A และพอร์ต B ของ 8255 ของ MCS-51 เป็นตัวรับสัญญาณไปประมวลผลต่อไป

3.5 ชุดควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 80C31 เป็นหลักแต่อย่างไรก็ตามผู้ใช้สามารถใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ต่างๆ ในตระกูล MCS-51 ที่เป็นแบบ 40-PIN DIP ได้ทั้งหมด เช่น 8032, 8715, 8752, 8951 ซึ่งจะทำให้ได้คุณสมบัติเป็นไปตามโครงสร้างของเบอร์นั้นๆ การเลือกสวิตช์เลือก จั๊มเปอร์ /EA จะใช้เพื่อการเลือกให้ทำงานจาก ROM เบอร์ 2764 ที่มีขนาดหน่วยความจำขนาด 8 กิโลไบต์ โดยถ้าเลือกหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะเลือกไปที่ (INT) หรือเลือกจาก EPROM ภายนอกจะเลือกที่ (EXIT) ทั้งนี้การเลือก /EA ในตำแหน่ง INT จะใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีโปรแกรมอยู่ภายในเท่านั้น ซึ่งปกติจะเป็น 8751, 8752 หรือ 8951 เป็นต้น

3.6 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

การทำงานของวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

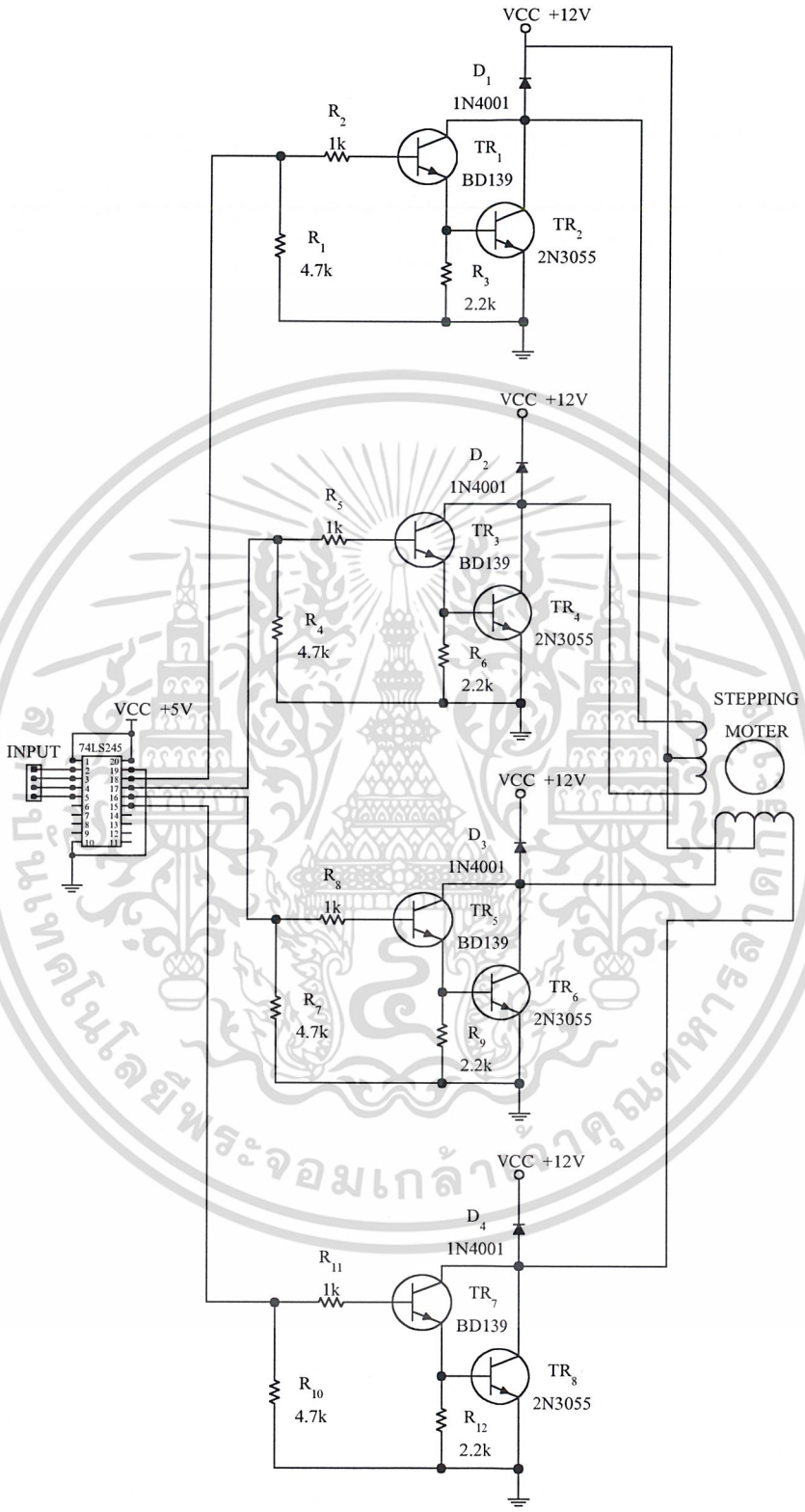
การทำงานของวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์นี้จะเริ่มจากทางด้านอินพุตของวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะรับเอาสัญญาณจากพอร์ตของ MCS-51 โดยจะต่อกับพอร์ต P1.0 – P1.3 แล้วแต่ละพอร์ตจะถูกนำไปต่อเข้ากับขาเบสของทรานซิสเตอร์ เบอร์ BD139 ซึ่งจะทำการขยายสัญญาณให้มีความแรงเป็นอันดับแรกก่อนที่จะส่งไปให้กับขาเบส ของทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2N3055 เพื่อขยายสัญญาณภาคสุดท้ายให้มีกำลังมากขึ้นเพื่อที่จะส่งต่อไปขับยังแต่ละเฟสของ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้ทำงานตามคำสั่งที่รับได้ ส่วนไดโอดเบอร์ 1N4001 ที่ต่อคร่อมแต่ละเฟสของ สเต็ปปิ้งมอเตอร์นั้นทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันแรงดันย้อนกลับเข้าหาวงจรและป้องกันไม่ให้ตัว สเต็ปปิ้งมอเตอร์เสียหายได้

3.7 วงจรแสดงผล

การทำงานของวงจรแสดงผล

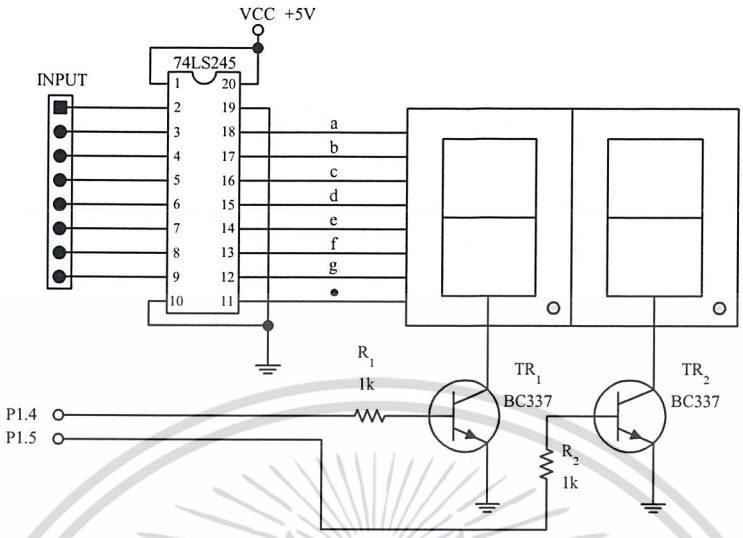
การทำงานของวงจรแสดงผลนี้จะเริ่มจากทางด้านอินพุตของวงจรแสดงผลจะรับเอาสัญญาณจากพอร์ต C ของ 8255 มาเป็นตัวกำหนดตัวเลขที่จะนำออกแสดงผล สัญญาณจะต่อผ่านไอซี 74LS245 ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวบัฟเฟอร์ก่อนที่จะต่อออกไปแสดงผลโดยตัวแสดงผล 7 ส่วน จำนวน 2 หลัก ในการแสดงผลนี้จะแสดงผลได้จำนวน 2 หลัก คือ หลักหน่วยและหลักสิบโดยจะใช้สัญญาณอินพุตจากพอร์ตของ MCS-51 คือ P1.4 เป็นตัวแสดงผลหลักสิบ และ P1.5 เป็นตัวแสดงผลหลักหน่วย โดยตัวแสดงผล 7 ส่วนนี้เป็นแบบขาร่วมคาโถดดังนั้นจึงใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC337 เป็นตัวสวิตช์การต่อขาร่วมลงกราวด์เพื่อกำหนดหลักของการแสดงผลได้ ซึ่งทรานซิสเตอร์เบอร์ BC337 จะถูกจำกัดกระแสด้วยตัวความต้านทานค่า 1 กิโลโอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



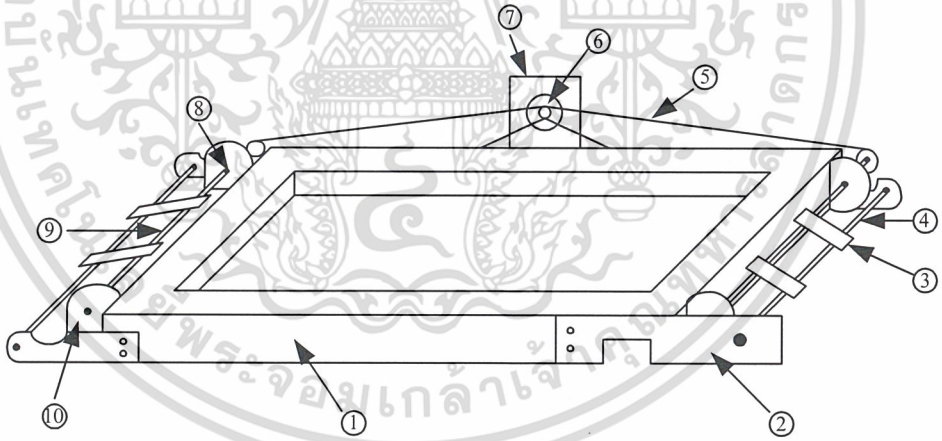
รูปที่ 3.7 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรแสดงผล

3.8 การออกแบบโครงสร้างด้านกลไก



รูปที่ 3.9 ส่วนประกอบต่างๆ ของโครงครอบเครื่องฉายแผ่นใส

3.8.1 ส่วนประกอบภายในโครงครอบเครื่องฉายแผ่นใส

1) โครงครอบเครื่องฉายแผ่นใส

2) ตัวยึดแกนเพลาตัวนอก

3) ตัวยึดซองใส่แผ่นใส

4) แกนเพลาตัวนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) สายพาน

6) เฟืองขับ

7) แท่นยึดสเต็ปปิ้งมอเตอร์

8) ลูกปืนเพลา

9) แกนเพลาตัวใน

10) ตัวยึดแกนเพลาตัวใน

3.8.2 การออกแบบ

1) ตัวโครงครอบเครื่องฉายแผ่นใส จัดทำขึ้นมาจากอลูมิเนียมฉากขนาด 3.8 เซนติเมตร มาประกอบเป็นรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีขนาดตามรูปที่ 3.9

2) ตัวยึดแกนเพลาตัวนอก จัดทำขึ้นมาโดยนำเหล็กแบนขนาดยาว 10 เซนติเมตร กว้าง 3 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร มาทำการกลึงให้ได้ขนาดแล้วทำการเจาะรูที่จะทำการยึดแกนเพลามีขนาดตามรูปที่ 3.10 (ก)

3) ตัวยึดแกนเพลาตัวนอก (มุมในทางด้านขวา) จัดทำขึ้นมาโดยนำเหล็กแบนขนาดยาว 15 เซนติเมตร กว้าง 4 เซนติเมตรและหนา 1 เซนติเมตร มาทำให้ได้ขนาดตามรูปที่ 3.9 (ข)

4) ตัวยึดแกนเพลาตัวใน จัดทำขึ้นมาโดยนำเหล็กแบนขนาดยาว 5 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตรและหนา 1.5 เซนติเมตร มาทำให้ได้ขนาดแล้วทำการเจาะรูที่จะทำการยึดแกนเพลาตามรูปที่ 3.10

5) แกนเพลาตัวนอก ใช้เป็นเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร ยาว 41.5 เซนติเมตร ทำเป็นแกนเพลาตัวนอกทั้งสองข้างมีขนาดตามรูปที่ 3.11

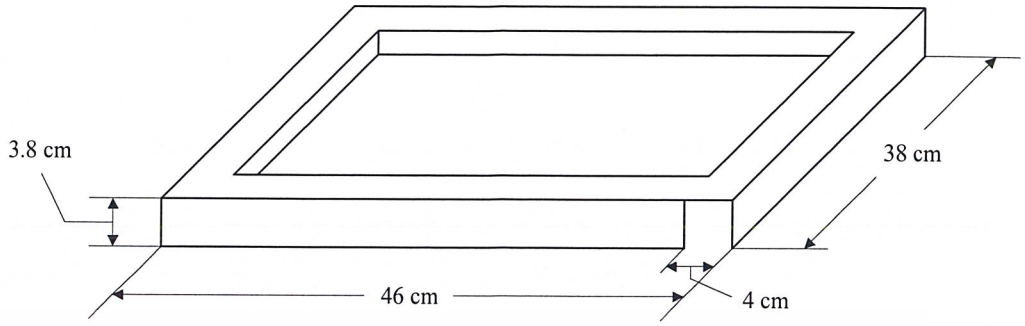
6) แกนเพลาตัวใน ใช้เป็นเหล็กสี่เหลี่ยมขนาด กว้าง 0.6 เซนติเมตร และหนา 0.6 เซนติเมตร ยาว 39 เซนติเมตรมาทำเป็นแกนเพลาตัวในทั้งสองข้างมีขนาดตามรูปที่ 3.12

7) ตัวยึดสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ได้จัดทำโดยนำเหล็กแบนขนาดยาว 6.5 เซนติเมตร กว้าง 6 เซนติเมตรและหนา 1 เซนติเมตร มาทำการกลึงให้ได้ขนาดแล้วทำการเจาะรูที่จะทำการยึดสเต็ปปิ้งมอเตอร์ อีกส่วนใช้เป็นเหล็กแบนวางเป็นฐานแล้วนำมาประกอบตามรูปที่ 3.13

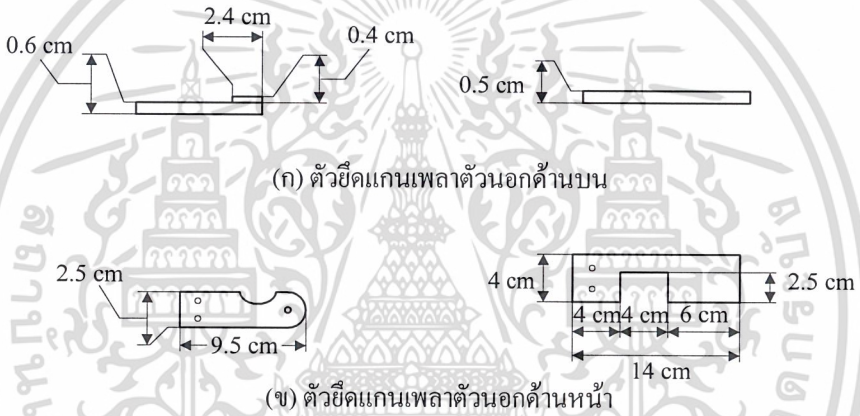
8) สายพาน ใช้สายพานของเครื่องปริ๊นเตอร์ของ เอ็นอีซี รุ่น P1200 (NEC P1200) จำนวน 2 เส้น

9) เฟืองขับ ใช้เฟืองที่ตัวสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้เล็กกว่าเฟืองทั้งสองข้างที่ตัวยึดแกนเพลาตัวในเพื่อให้เครื่องฉายแผ่นใสมีแรงในการขับเคลื่อนให้ทำงานตามที่ต้องการ

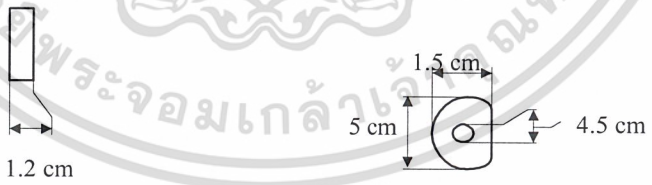
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



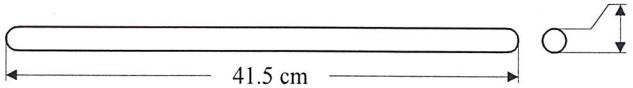
รูปที่ 3.10 โครงครอบเครื่องฉายแผ่นใส



รูปที่ 3.11 ตัวยึดแกนเพลาตัวนอก

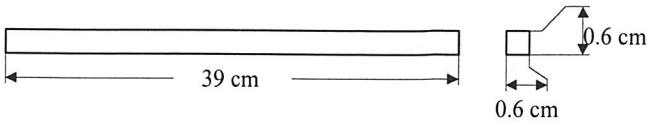


รูปที่ 3.12 ตัวยึดแกนเพลาตัวใน

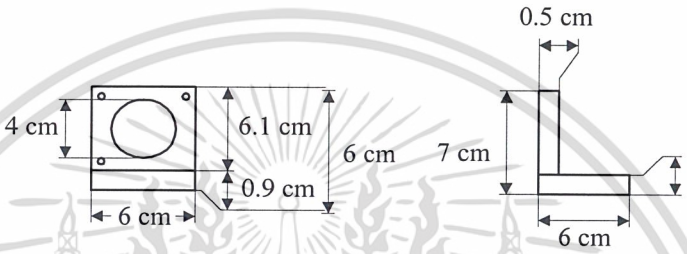


รูปที่ 3.13 แกนเพลาตัวนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แกนเพลาตัวใน



รูปที่ 3.15 ตัวยึดสเต็ปปิ้งมอเตอร์

3.9 การออกแบบและการสร้างซองใส่แผ่นใส

3.9.1 การออกแบบซองใส่แผ่นใส

เนื่องจากแผ่นใสที่ใช้ในปัจจุบันมีลักษณะเป็นแผ่นทำให้เกิดความยุ่งยากในการจัดเรียงและอาจเกิดการสูญเสียได้ จึงได้ทำการออกแบบซองใส่แผ่นใสแบบต่อเนื่อง เพื่อลดเวลาและความยุ่งยากในการจัดเรียง โดยจะออกแบบซองใส่แผ่นใสให้มีความยาวต่อเนื่อง สามารถสอดแผ่นใสไว้ในซองให้ต่อเรียงลำดับตามเนื้อความก่อนหลัง ผู้ใช้สามารถเติมข้อความลงไปในแผ่นใสของตนเองได้ ลักษณะคล้ายกระดาษต่อเนื่องที่ใช้กับเครื่องพรินท์เตอร์ คือ มีรูทั้ง 2 ข้างที่เจาะไว้ในระยะที่เท่าๆ กัน เพื่อให้สามารถเลื่อนขึ้นลงตามความต้องการของผู้ใช้

3.9.2 การสร้างซองใส่แผ่นใส

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบซองใส่แผ่นใส

1.1) แผ่นใสต่อเนื่องแบบม้วน

1.2) พลาสติกแข็ง

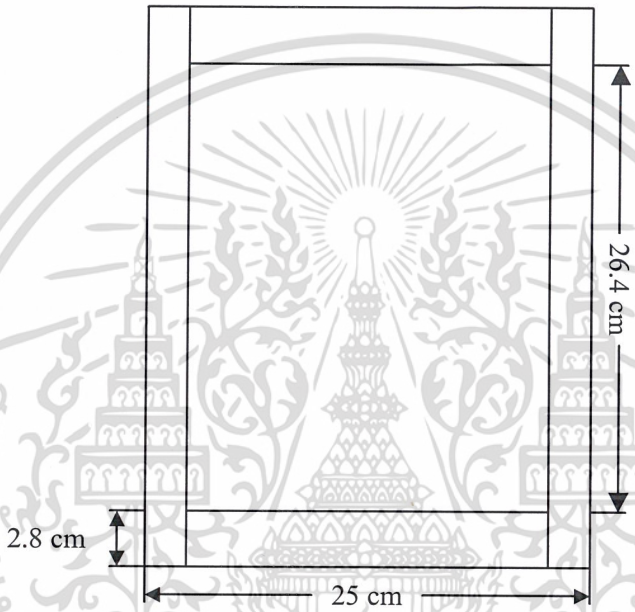
1.3) ที่เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร

1.4) กระดาษกาว 2 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ขั้นตอนการออกแบบซองใส่แผ่นใส

2.1) ใช้พลาสติกแข็งติดลงไปบนแผ่นใสแบบม้วน เพื่อใช้เป็นกรอบใส่แผ่นใสโดยติดทั้ง 4 ด้าน, ด้านข้างมีขนาดกว้าง 1.8 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตร ด้านบนและด้านล่างมีขนาด 2.8 เซนติเมตร โดยใช้กระดาษกาว 2 หน้าในการติดพลาสติกแข็งกับแผ่นใสเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 3.14



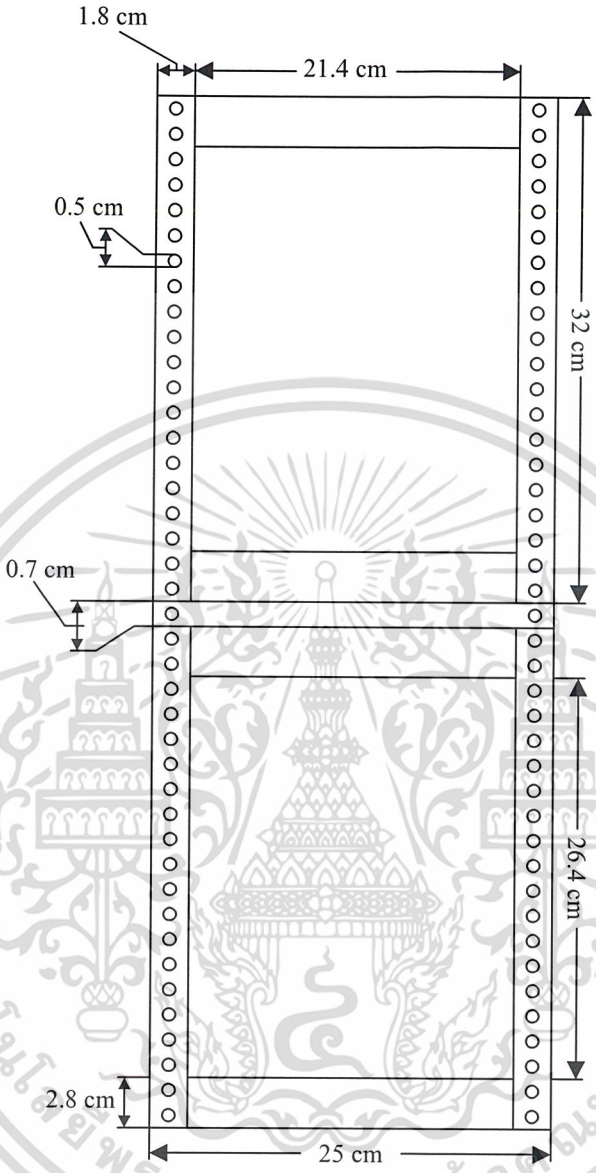
รูปที่ 3.16 การติดพลาสติกแข็งลงบนแผ่นใสแบบต่อเนื่อง

2.2) เจาะรูที่ด้านข้างของแผ่นใสทั้ง 2 ด้าน โดยใช้ที่เจาะรูขนาด 0.5 เซนติเมตร ให้แต่ละรูมีขนาดห่างกัน 0.7 เซนติเมตร ระยะที่ขอบทั้ง 2 ข้างของแผ่นใสจะต้องมีขนาดและระยะห่าง ที่เท่ากัน

2.3) ทำแผ่นต่อไปโดยเว้นระยะห่างจากแผ่นแรก 0.7 เซนติเมตร

2.4) ทำซ้ำตามขั้นตอนข้างต้นไปจนได้แผ่นใสแบบต่อเนื่องตามจำนวนที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ขนาดซองใส่แผ่นใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 การทดลองภาครีโมทคอนโทรล

4.1.1 การทดลองการถอดรหัสของภาครับ

การทดลองนี้เป็นการทดลองการถอดรหัสของภาครับเมื่อกดสวิทช์ที่ตัวกล่องของเครื่องส่งรีโมทคอนโทรลและสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ LED_1-LED_4 ของภาครับว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรซึ่งแสดงให้เห็นดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการถอดรหัสของเครื่องรับรีโมทคอนโทรล

ปุ่มที่เครื่องส่ง	ผลการทดลองที่เครื่องรับ			
	LED2	LED2	LED3	LED4
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	1
5	0	1	1	0
6	0	1	1	1
7	1	0	0	1
8	1	0	1	0
9	1	0	1	1
0	1	1	1	0
>	0	1	0	0
<	1	0	0	0
>>	1	1	0	1
<<	1	1	1	1
enter	1	1	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากผลการทดลองตามตารางที่ 4.1 จะแสดงให้เห็นถึงปุ่มการใช้งานของรีโมทคอนโทรลแต่ละปุ่มว่าใช้ช่องสัญญาณที่เท่าไรของรีโมทคอนโทรลเพื่อที่จะนำผลที่ได้ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องฉายแผ่นใสต่อไป

4.1.2 การทดลองวัดระยะทางในการส่งและการรับชุดควบคุมระยะไกล

การทดลองวัดระยะทางในการส่งและการรับชุดควบคุมระยะไกลนี้จะใช้ในการเปรียบเทียบกันระหว่างในห้องเรียนและในที่โล่งว่ารีโมทคอนโทรลสามารถทำงานในที่ใดได้ดีกว่ากันและสามารถส่งและรับได้ไกลเพียงใด

1) การทดลองการส่งและรับในห้องเรียน

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการส่งและการรับชุดควบคุมระยะไกลในห้องเรียน

ระยะทางในการส่ง	ผลที่ได้จากเครื่องรับ
2 เมตร	รับได้
4 เมตร	รับได้
6 เมตร	รับได้
8 เมตร	รับได้
10 เมตร	รับได้

2) การทดลองภาคส่งและภาครับในที่โล่ง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการส่งและการรับชุดควบคุมระยะไกลในที่โล่ง

ระยะทางในการส่ง	ผลที่ได้จากเครื่องรับ
2 เมตร	รับได้
4 เมตร	รับได้
6 เมตร	รับได้
8 เมตร	รับได้
10 เมตร	รับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากตารางการทดลองเมื่อเปรียบเทียบการรับและการส่งชุดควบคุมระยะไกลจะเห็นได้ว่าการรับส่งในห้องเรียนจะสามารถรับส่งได้ไกลกว่าในสถานที่โล่งแจ้งเนื่องจากในห้องเรียนมีการสะท้อนของคลื่นดีกว่าในที่โล่งเพราะในห้องเรียนมีผนังห้องให้สะท้อนจึงรับส่งได้ไกลกว่า

4.2 การทดลองวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

4.2.1 การทดลองวัดค่ากระแสและแรงดันอินพุต

การทดลองในภาคนี้จะเป็นการทดลองวัดกระแสไฟที่จ่ายให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์เบอร์ BD139 ซึ่งเป็นตัวขยายภาคแรกเพื่อตรวจวัดแรงดันและกระแสที่ทำให้วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำงาน

ตารางที่ 4.4 การวัดค่ากระแสและแรงดันอินพุตที่ป้อนให้วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

อินพุต	แรงดันที่วัดได้	กระแสที่วัดได้
P1.0	0.9 V	0.675 mA
P1.1	0.9 V	0.675 mA
P1.2	0.9 V	0.675 mA
P1.3	0.9 V	0.675 mA

ผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าแรงดันอินพุตที่เข้ามาจากแต่ละพอร์ตของ MCS-51 คือพอร์ต P1.0 – P1.3 ทั้ง 4 พอร์ตจะมีค่าแรงดัน 0.9 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่วัดได้ที่อินพุตขาเบส (Base) ของทรานซิสเตอร์เบอร์ BD139 จะมีค่าเท่ากับ 0.675 มิลลิแอมป์

4.2.2 การทดลองวัดกระแสและแรงดันที่เอาต์พุต

หลังจากทดลองวัดค่าแรงดันและกระแสที่ป้อนเข้ามาทางด้านอินพุตเสร็จแล้วต่อไปก็ทำการวัดกระแสและแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3055 เพื่อจะวัดค่ากระแสและแรงดันที่จ่ายให้ขดลวดแต่ละเฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ เพื่อสามารถบอกถึงกระแสและแรงดันที่วัดได้ขณะที่ สเต็ปปิ้งมอเตอร์กำลังทำงานว่ามีค่าเท่าไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การวัดค่ากระแสและแรงดันที่ขาเอาต์พุตของวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอาต์พุต	กระแสที่วัดได้	แรงดันที่วัดได้
PHASE 1	0.6 A	8.8 V
PHASE 2	0.6 A	8.8 V
PHASE 3	0.6 A	8.8 V
PHASE 4	0.6 A	8.8 V

4.3 การทดลองการขับเคลื่อนของเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล

ในหัวข้อนี้จะทำการทดลองการกดปุ่มต่างๆ ของเครื่องส่งรีโมทคอนโทรลเพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรลว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามที่ต้องการหรือไม่ซึ่งการทดลองจะเป็นไปดังตารางที่ 4.6

4.3.1 วิธีการทดลอง

1) ต่อวงจรเครื่องฉายแผ่นใสรีโมทคอนโทรลเพื่อเตรียมพร้อมใช้งานกดสวิทช์รีเซต (Reset) ที่ตัวเครื่องเพื่อให้ภาคแสดงผลเริ่มต้นที่หน้า 1

2) วางซองใส่แผ่นใสบนตัวเครื่องให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม

3) กดปุ่ม (>) แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง

4) กดปุ่ม (<) แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง

5) กดปุ่ม (>>) ไปเรื่อยๆ แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง

6) กดปุ่ม (<<) ไปเรื่อยๆ แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง

7) กดปุ่มรีเซตที่ตัวเครื่องให้ภาคแสดงผลแสดงเลข 1

8) กดปุ่ม 1 และ 0 สังเกตที่ภาคแสดงผลให้ที่จอแสดงผลเป็น 10 แล้วกดปุ่ม enter สังเกตการเปลี่ยนแปลงแล้วบันทึกผล

9) กดปุ่ม 0 และ 1 สังเกตที่ภาคแสดงผลให้ที่จอแสดงผลเป็น 01 แล้วกดปุ่ม enter สังเกตการเปลี่ยนแปลงแล้วบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ตารางการทดลอง

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองเมื่อทดลองตามขั้นตอนหัวข้อที่ 4.3.1

การทดลองข้อที่	ผลการทดลอง
1	ที่จอแสดงผลจะเริ่มแสดงที่หน้า 1
2	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น
3	แผ่นใสเลื่อนไปข้างหน้า 1 หน้า จอแสดงผลเปลี่ยน เป็นเลข 2 เมื่อเลื่อนครบหน้า
4	แผ่นใสเลื่อนถอยหลัง 1 หน้า จอแสดงผลเปลี่ยนเป็นเลข 1 เมื่อเลื่อนครบหน้า
5	แผ่นใสจะค่อยๆ เลื่อนไปข้างหน้าทีละนิด ตัวเลขจอแสดงผลจะเปลี่ยนเพิ่มขึ้นเมื่อครบ 1 หน้า
6	แผ่นใสจะค่อยๆ เลื่อนถอยหลังทีละนิด ตัวเลขจอแสดงผลจะมีค่าลดลงเมื่อถอยครบ 1 หน้า
7	จอแสดงผลแสดงตัวเลข 1
8	แผ่นใสจะเลื่อนจากหน้า 1 ไปถึงหน้า 10 แล้วหยุด ที่จอแสดงผลจะเพิ่มจาก 1 ไปจนถึง 10 เมื่อเลื่อนครบทีละหน้า
9	แผ่นใสจะถอยหลังกลับจากหน้า 10 กลับมายังหน้า 1 ที่จอแสดงผลจะลดค่าลงเมื่อถอยครบทีละหน้า

ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้จากตารางบันทึกผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเครื่องฉายแผ่นใสสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ โดยสังเกตได้จากการที่แผ่นใสเลื่อนไปตามการกดปุ่มของรีโมทคอนโทรลและที่ภาคแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไขและพัฒนา

5.1 บทสรุป

จากการทำงานของเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล จะพบว่าตัวเครื่องสามารถทำงานควบคุมการเลื่อนแผ่นใสได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้งานเครื่องฉายแผ่นใสเพิ่มมากขึ้น

ข้อดี ของเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล คือ ตัวเครื่องสามารถที่เลื่อนแผ่นใสได้ตั้งแต่หน้า 0 จนถึงหน้า 99 , สามารถเลื่อนไปข้างหน้าและถอยหลังครั้งละ 1 หน้า, สามารถปรับระดับของแผ่นใสไปข้างหน้าและถอยหลังได้ทีละสเต็ปได้อีกด้วย

ขีดจำกัด ของเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล คือ ไม่สามารถเปิด-ปิดเครื่องและรีเซตการทำงานที่ตัวรีโมทคอนโทรลได้ การเลื่อนแผ่นใสนั้นยังช้าเนื่องจากกำลังของมอเตอร์มีขีดจำกัดในการทำงานและตัวเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรลใช้ได้กับเครื่องฉายแผ่นใสขนาด 38 × 46 เซนติเมตรเท่านั้น

5.2 ปัญหาในการทำงาน

5.2.1 การออกแบบตัวเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล และระบบเฟืองยังใช้งานได้ไม่ดีเท่าที่ควร

5.2.2 ความเร็วของการเลื่อนแผ่นใสต่ำเนื่องจากมอเตอร์มีขีดจำกัด

5.2.3 ความเร็วในการหมุนทั้งสองด้านไม่เท่ากันทำให้แผ่นใสเกิดการย่น

5.2.4 การต่อสายตัวรับอินฟราเรดไม่สามารถต่อสายได้ยาวมากนักจึงมีส่วนทำให้การส่งและการรับสัญญาณเกิดการขาดหาย

5.2.5 ซองใส่แผ่นใสไม่ได้มาตรฐานเนื่องจากทำขึ้นเอง

5.3 แนวทางการพัฒนา

5.3.1 การออกแบบเครื่องฉายแผ่นใสควรทดเฟืองขับให้มีความเร็วสูงขึ้น

5.3.2 เพิ่มจำนวนช่องการใช้งานของรีโมทคอนโทรลเพื่อเอาไว้ใช้เปิดปิดและรีเซตได้จากตัวรีโมทคอนโทรลเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

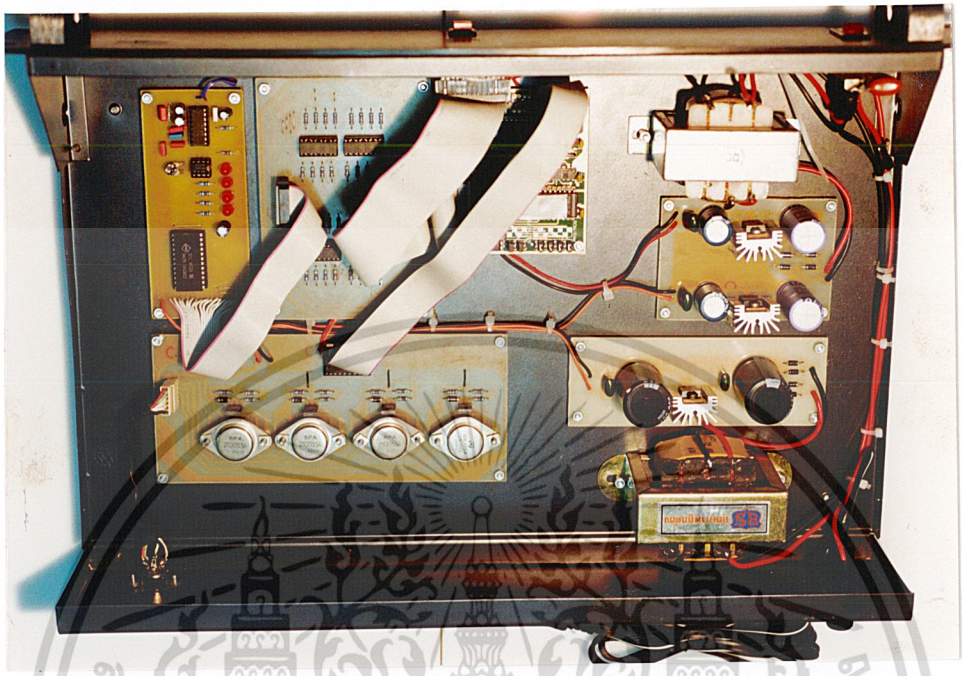
5.3.3 เพิ่มตัวตรวจจับแถบสี (Sensor) เพื่อการทำงานของเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรลมีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น

5.3.4 ออกแบบเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรลให้สามารถใช้งานได้กับเครื่องฉายแผ่นใสทุกขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

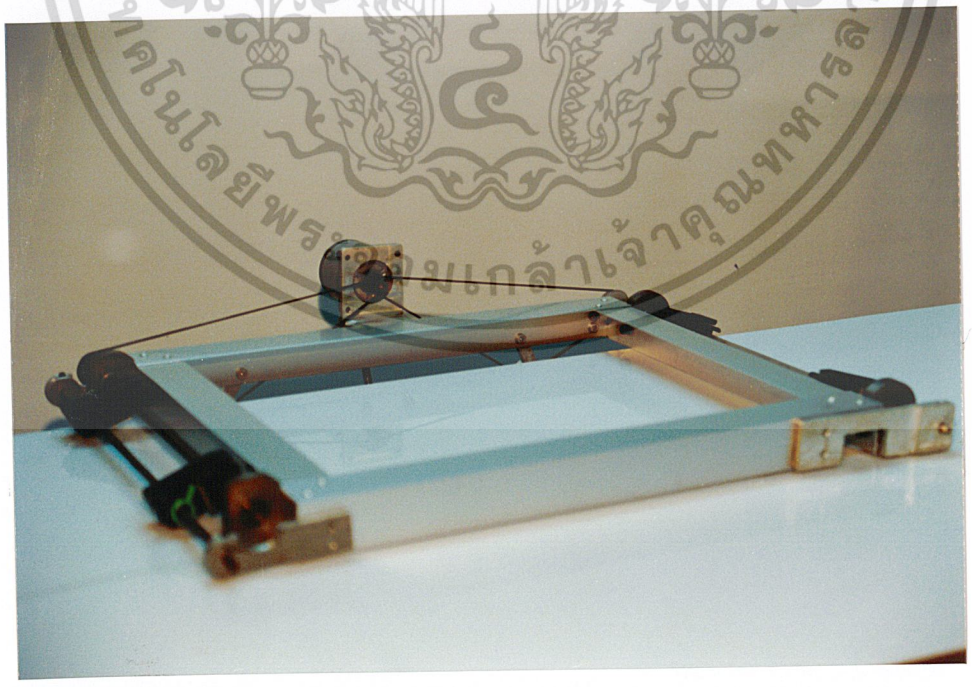


รูปที่ ก.1 การต่ออุปกรณ์ภายในกล่องควบคุมเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล

รูปที่ ก.2 ลักษณะภายนอกของกล่องควบคุมเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล

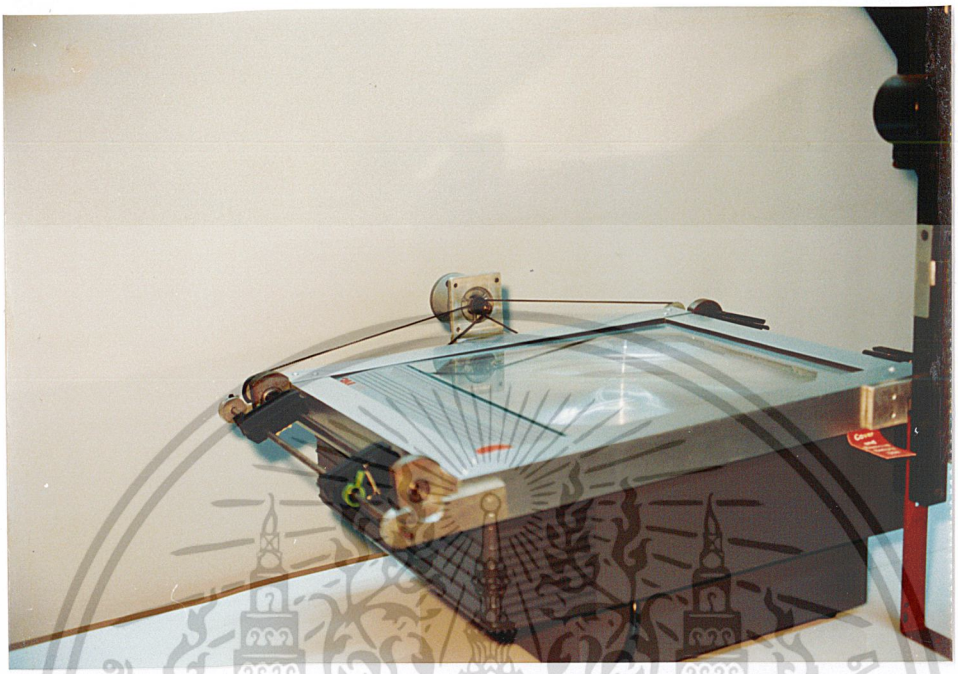
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 เครื่องส่งรีโมทคอนโทรล

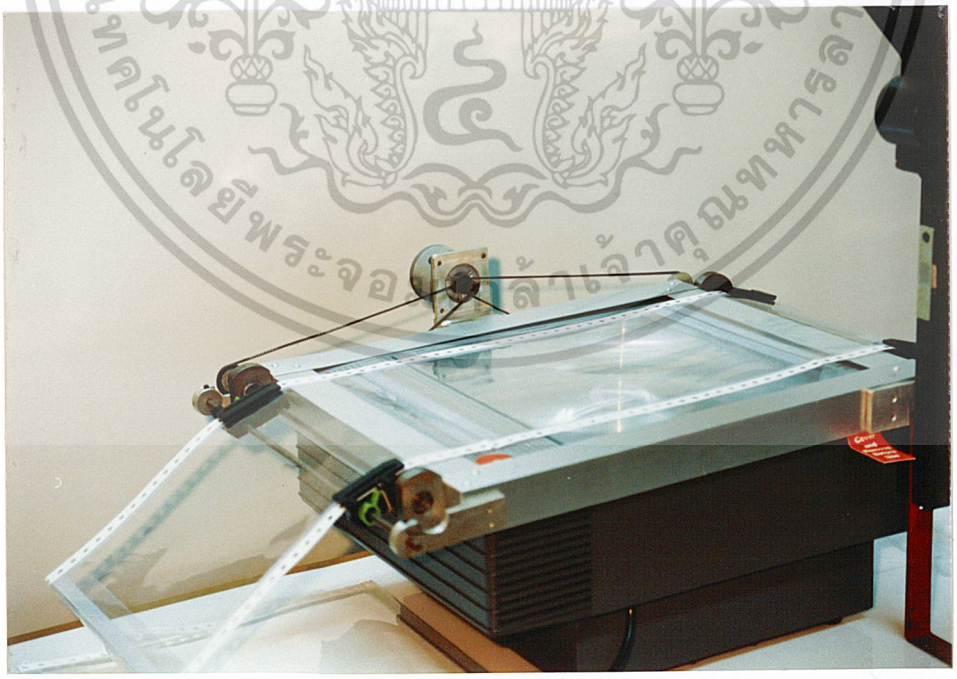


รูปที่ ก.4 โครงครอบเครื่องฉายแผ่นใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 ลักษณะการวางโครงครอบบนเครื่องฉายแผ่นใส



รูปที่ ก.6 การวางซองใสแผ่นใส

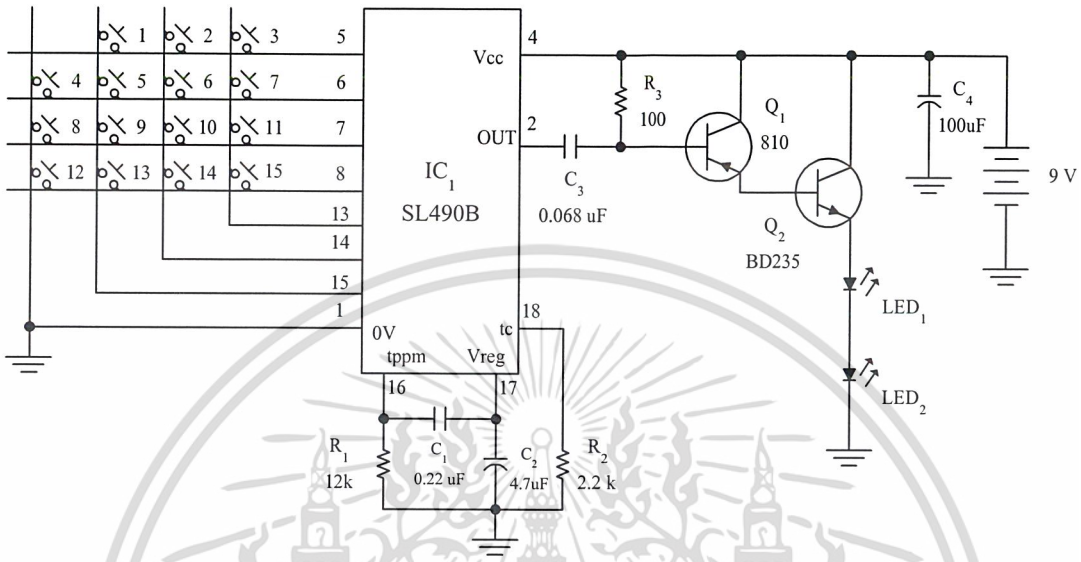
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

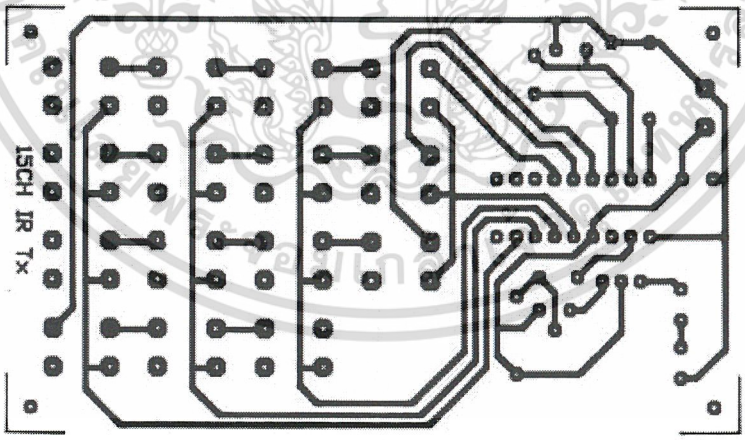
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วงจรรีโมทคอนโทรล

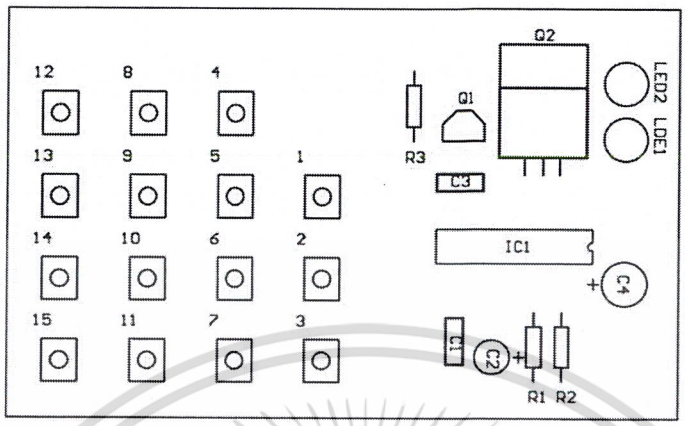


รูปที่ ข.1 วงจรรีโมทคอนโทรลภาคส่ง

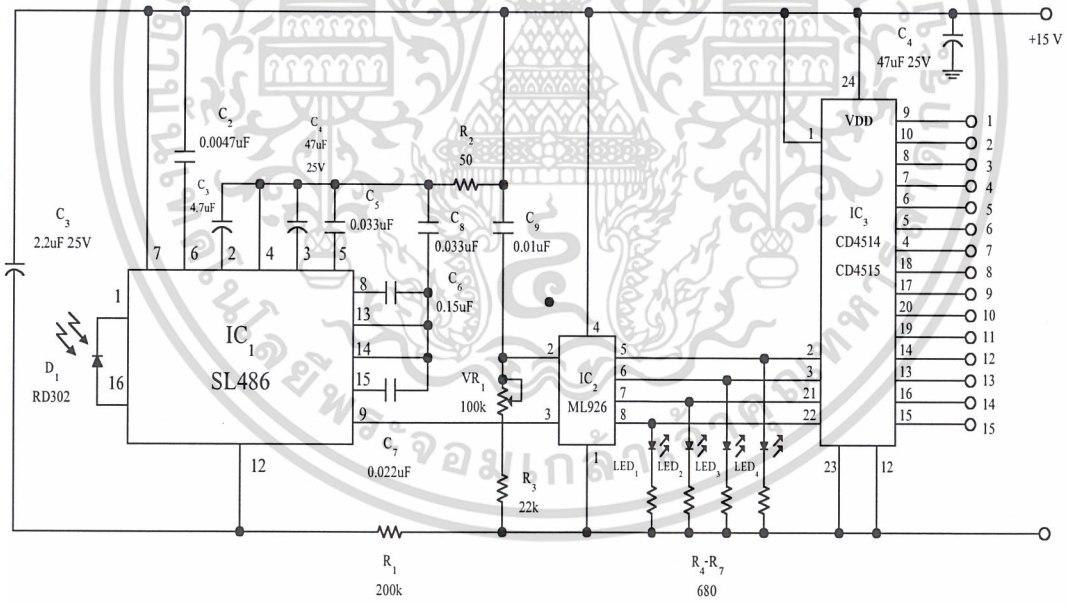


รูปที่ ข.2 ลายวงจรรีโมทคอนโทรลภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

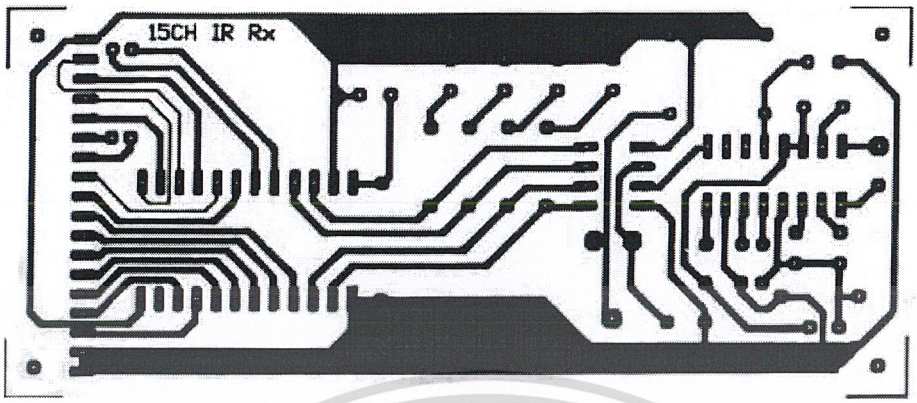


รูปที่ ข.3 การวางอุปกรณ์ของวงจรรีโมทคอนโทรลภาคส่ง

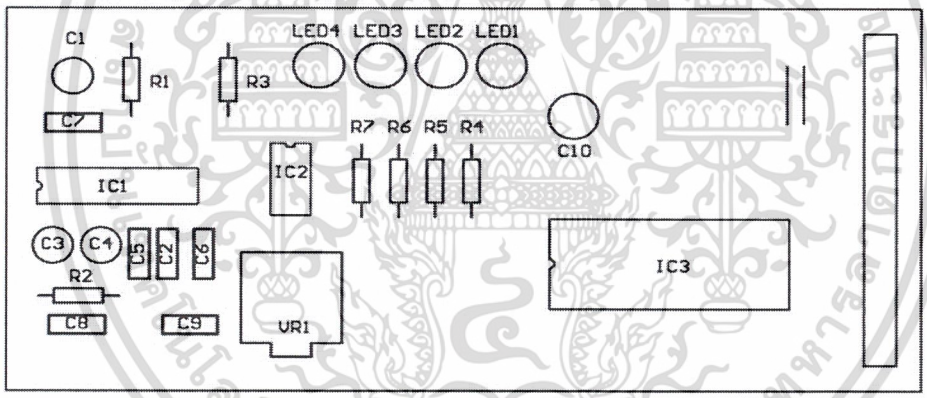


รูปที่ ข.4 วงจรรีโมทคอนโทรลภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



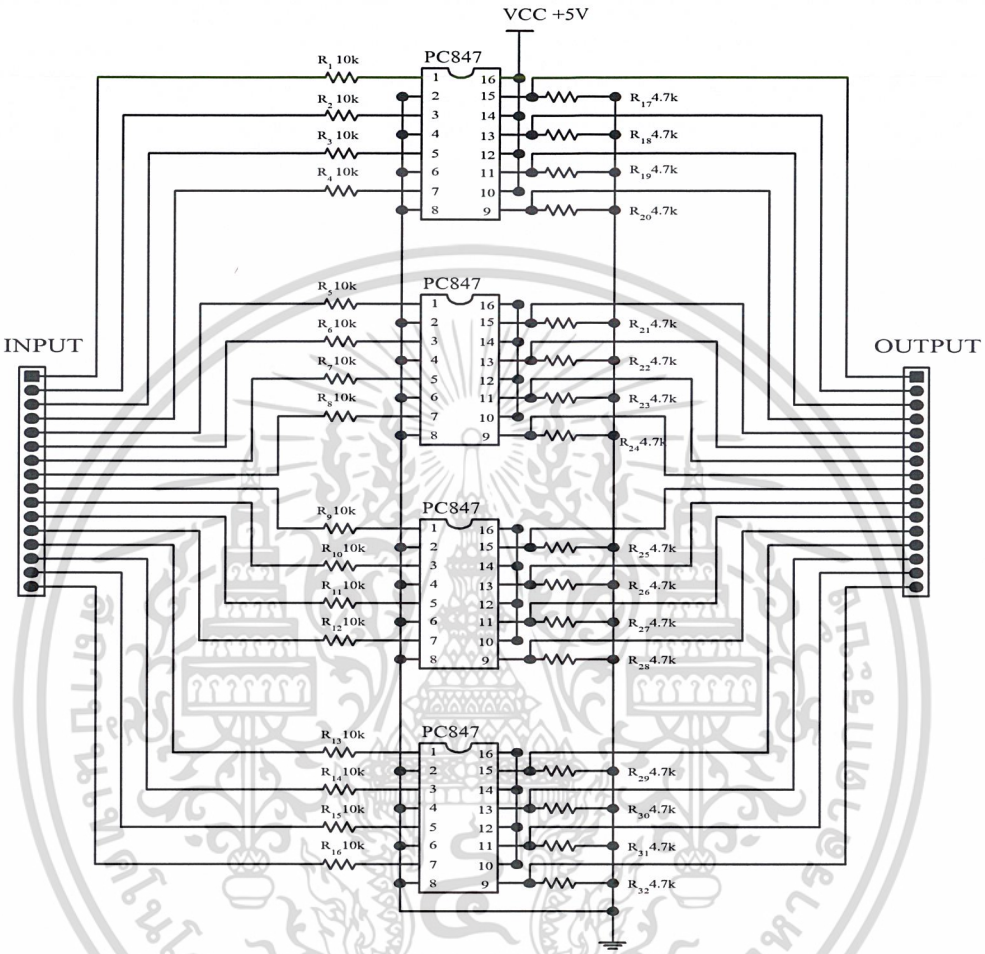
รูปที่ ข.5 ลายวงจรควบคุมระยะไกลภาครับ



รูปที่ ข.6 การวางอุปกรณ์วงจรรีโมทคอนโทรลภาครับ

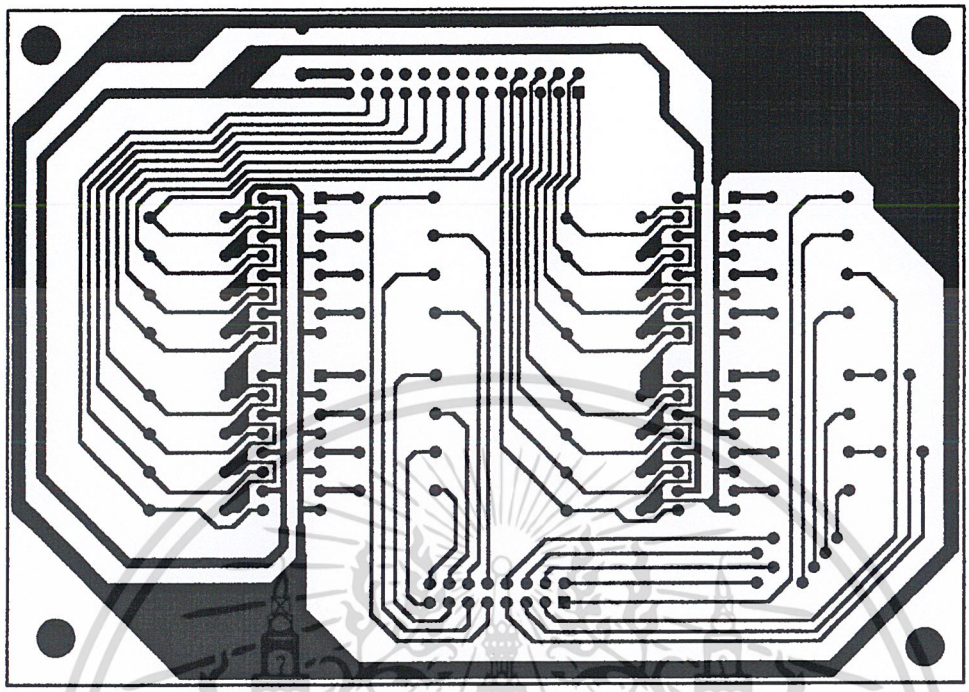
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรแปลงไฟ +15 โวลต์ เป็น +5 โวลต์

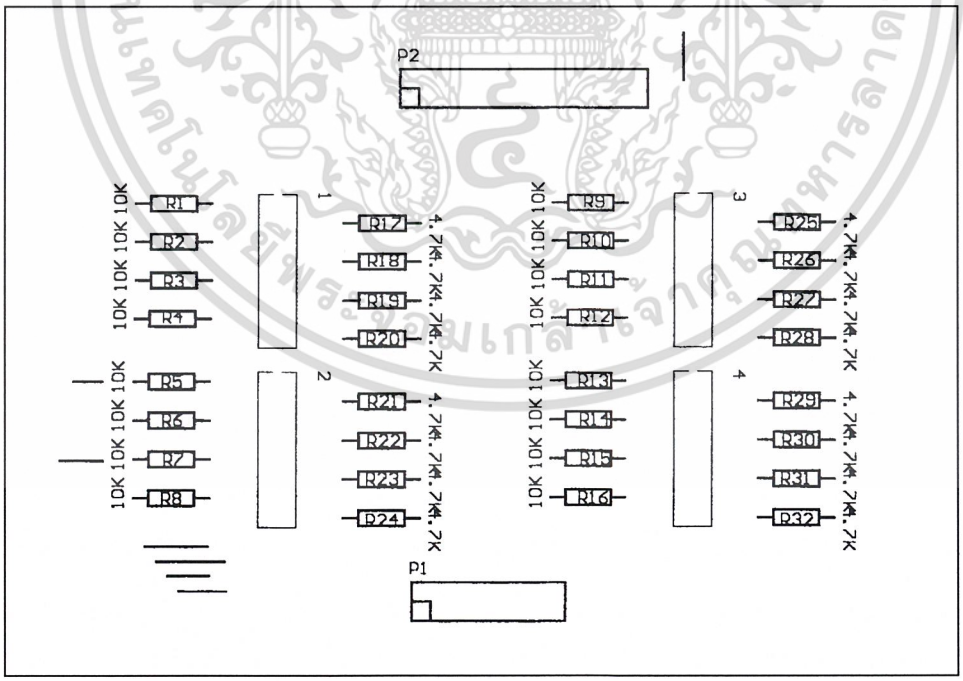


รูปที่ ข.7 วงจรแปลงไฟ +15 โวลต์ เป็น +5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



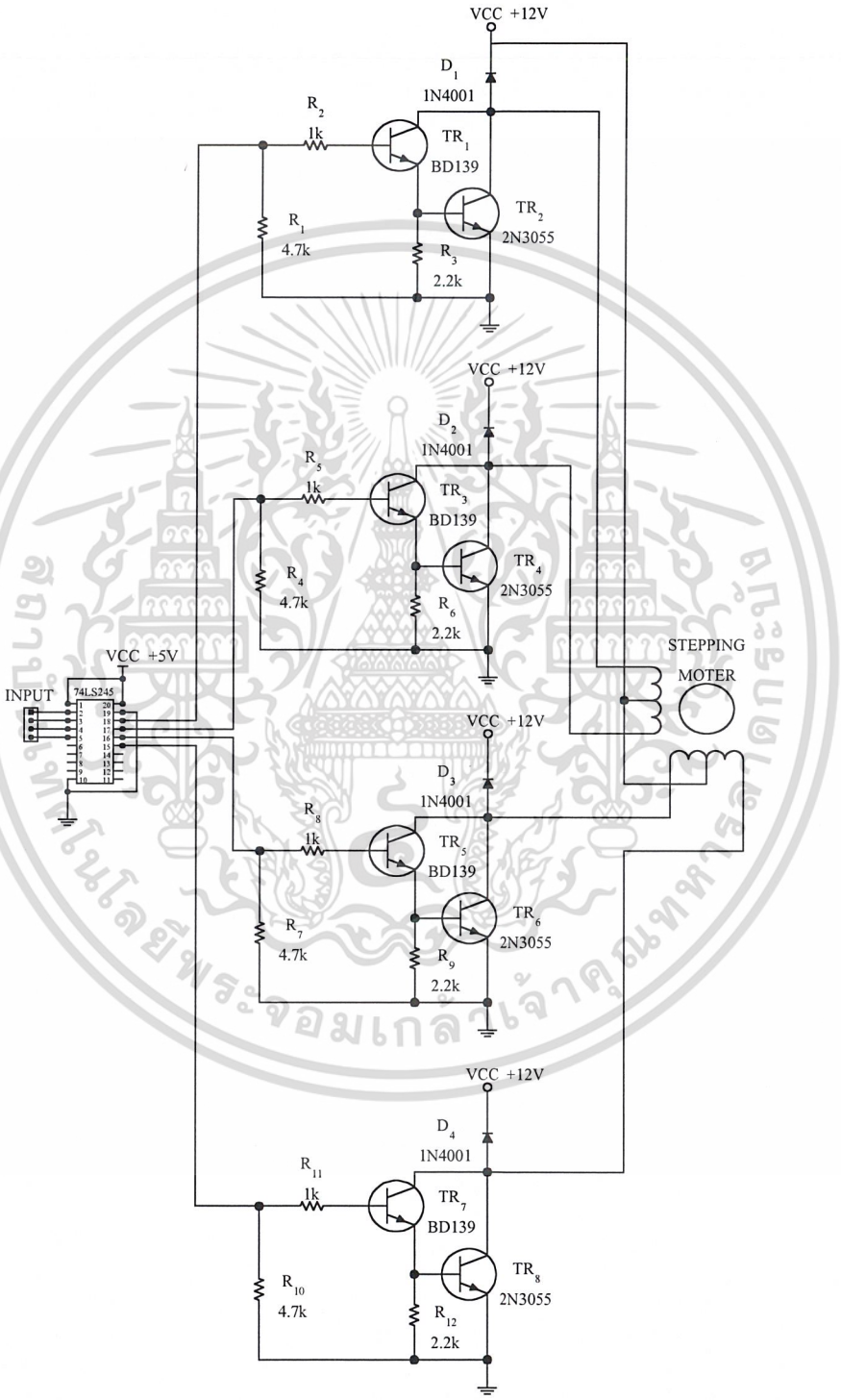
รูปที่ ข.8 ลายวงจรแปลงไฟ +15 โวลต์ เป็น +5 โวลต์



รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์ของวงจรแปลงไฟ +15 โวลต์ เป็น +5 โวลต์

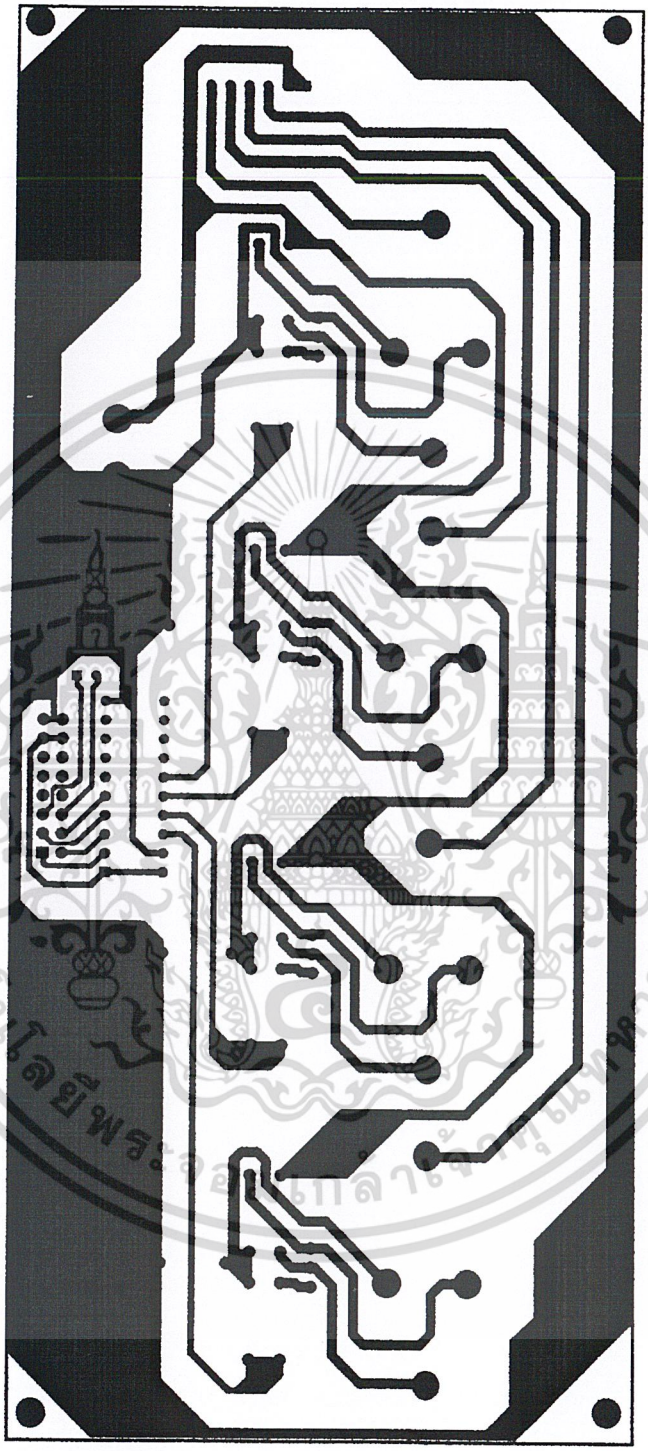
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์



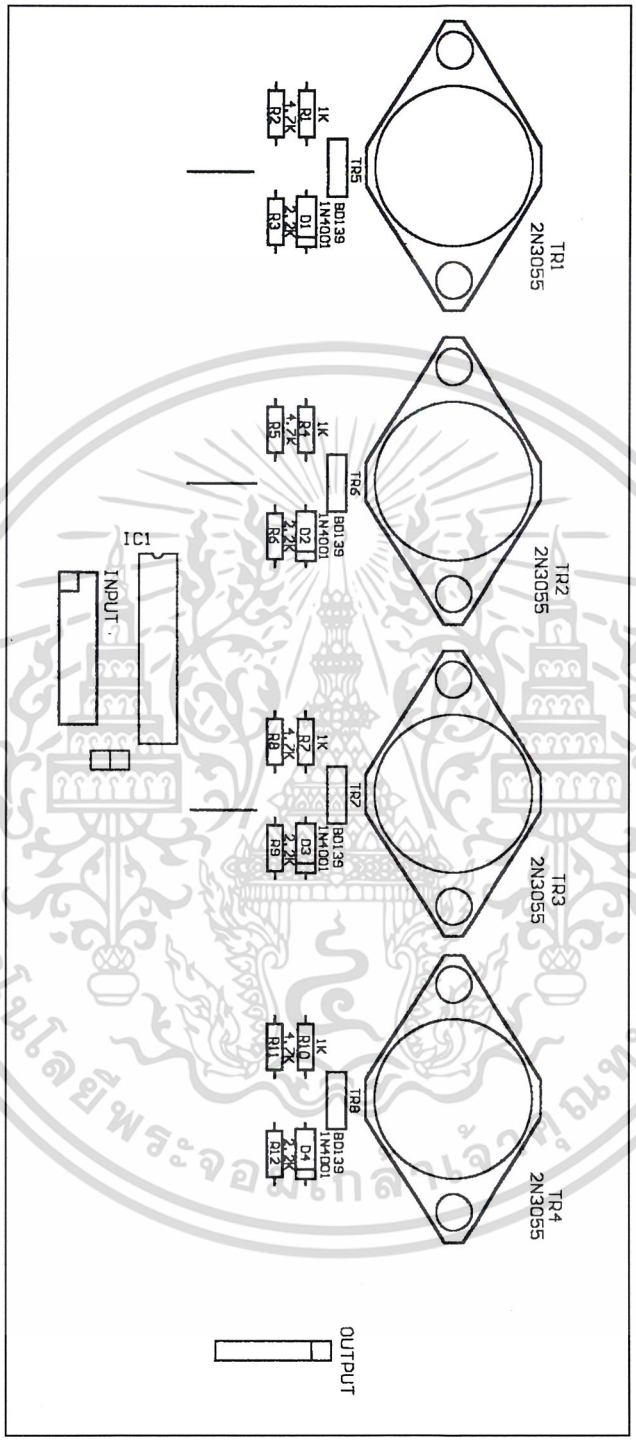
รูปที่ ข.10 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.11 ลายวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

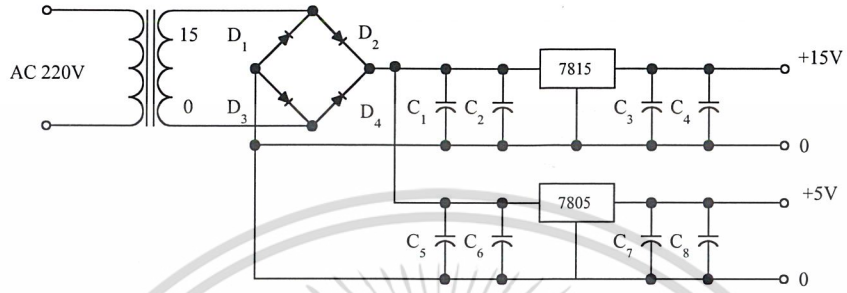
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



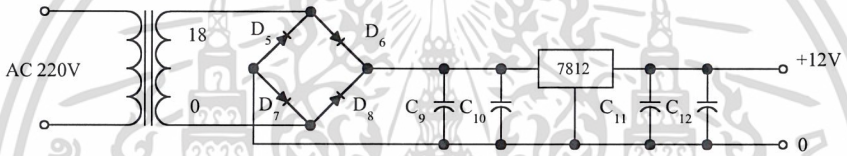
รูปที่ ข.12 การวางอุปกรณ์วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.วงจรแหล่งจ่ายไฟ

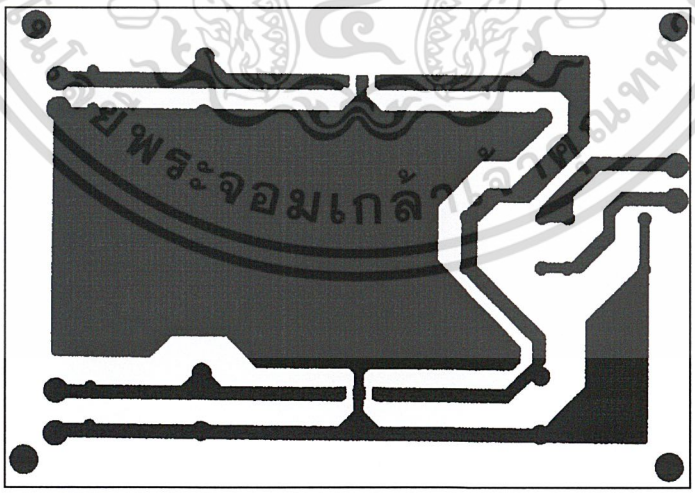


ก) วงจรแหล่งจ่ายไฟ +15V และ +5V



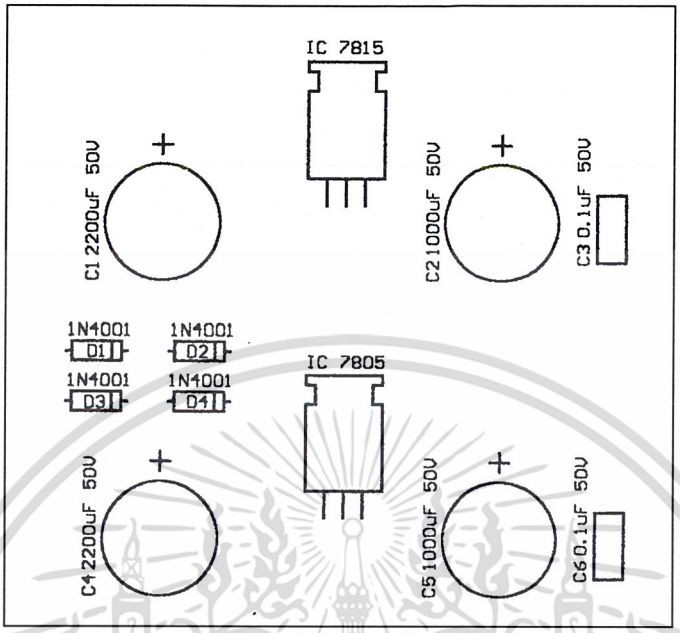
ข) วงจรแหล่งจ่ายไฟ +12V

รูปที่ ข.13 วงจรภาคจ่ายไฟ

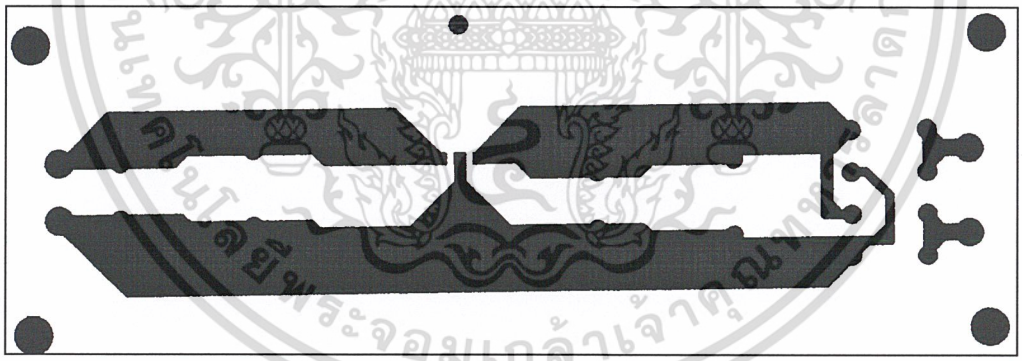


รูปที่ ข.14 ลายวงจรภาคจ่ายไฟ +15 โวลต์ และ +5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

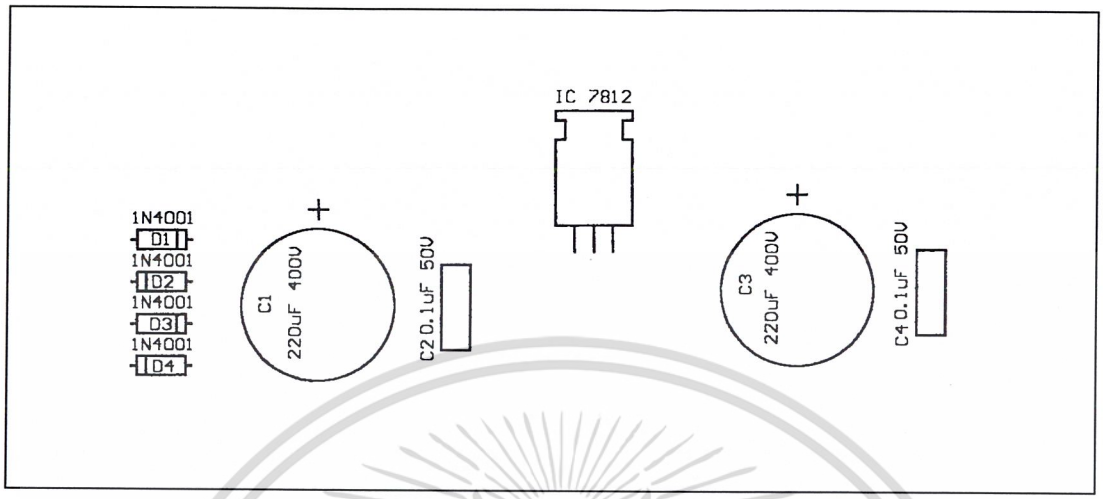


รูปที่ ข.15 การลงอุปกรณ์วงจรภาคจ่ายไฟ +15 โวลต์ และ +5 โวลต์



รูปที่ ข.16 ลายวงจรแหล่งจ่ายไฟ +12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



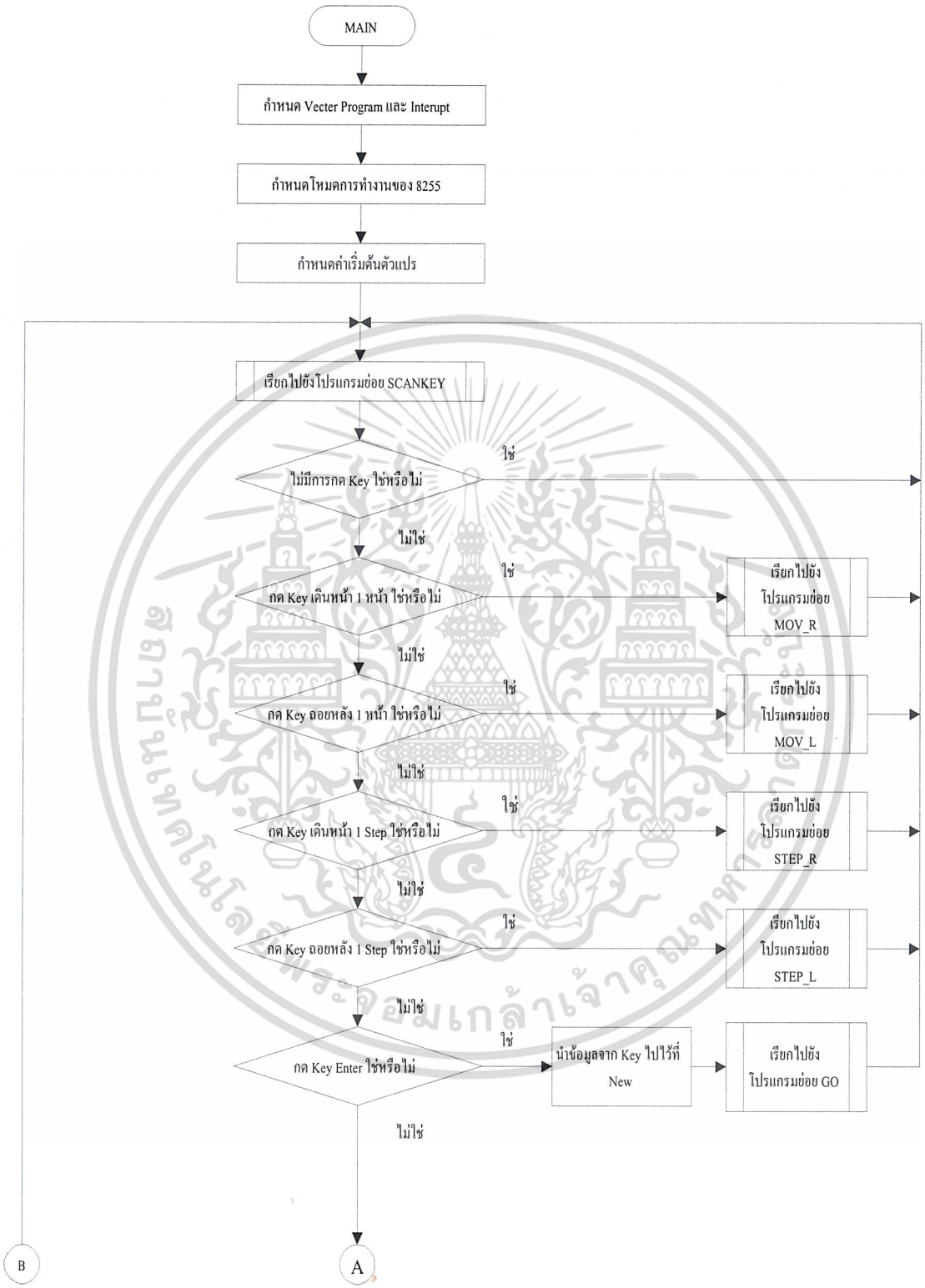
รูปที่ ข.17 การลงอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายไฟ +12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

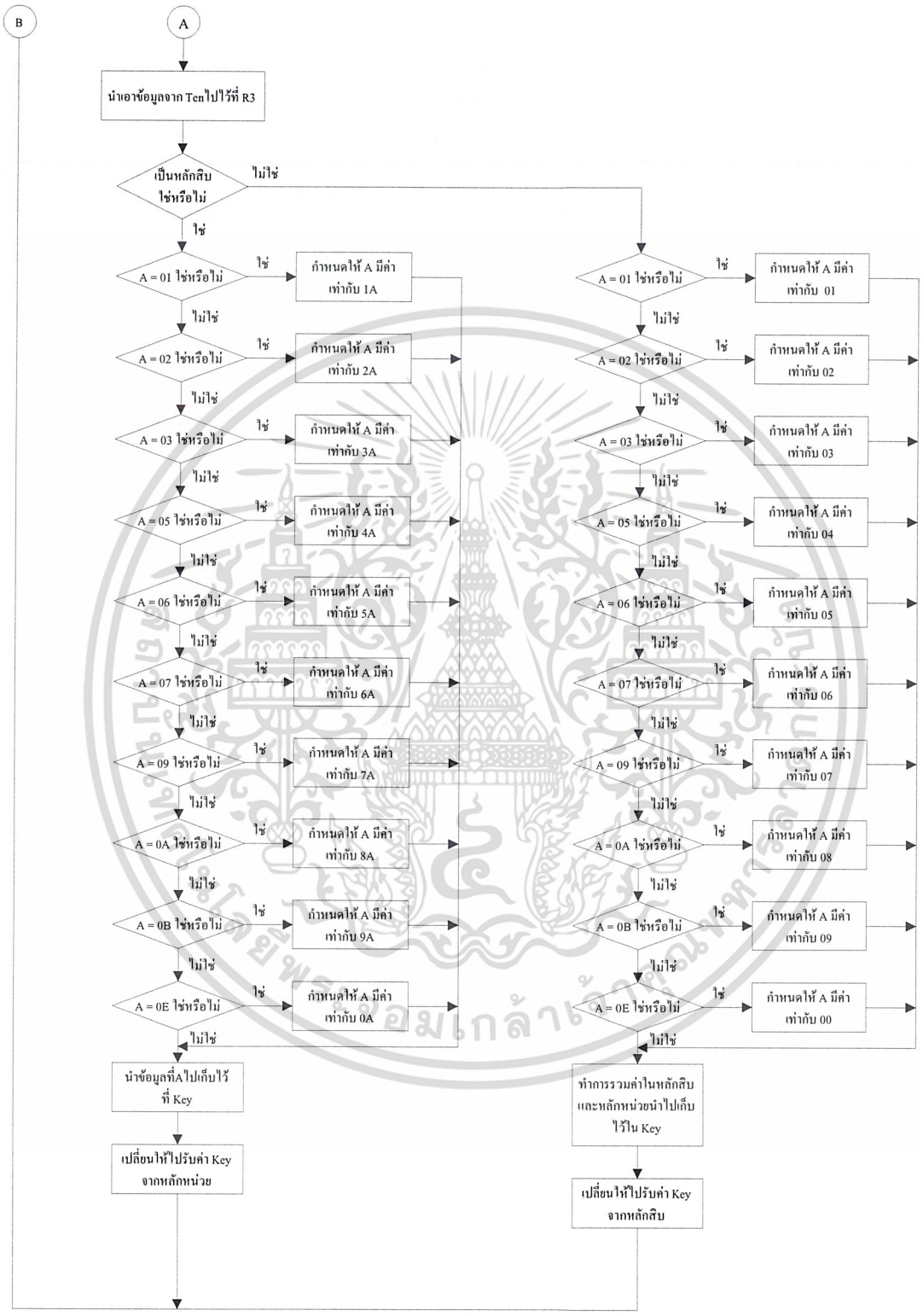
ภาคผนวก ค

ผังการทำงานและโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

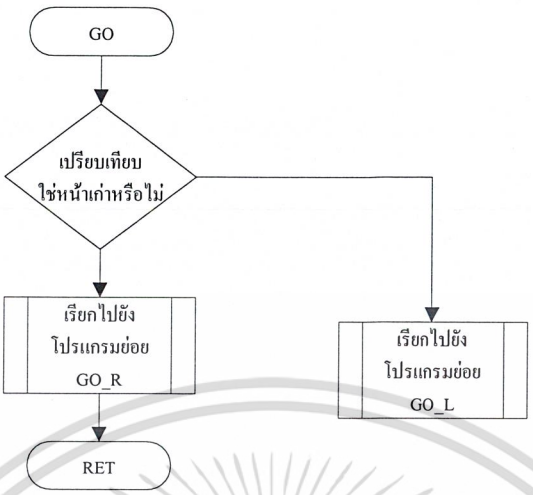


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

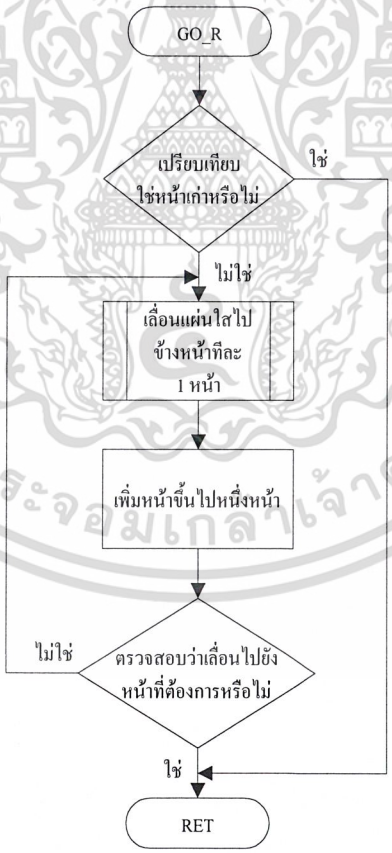


รูปที่ ค.1 ผังการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

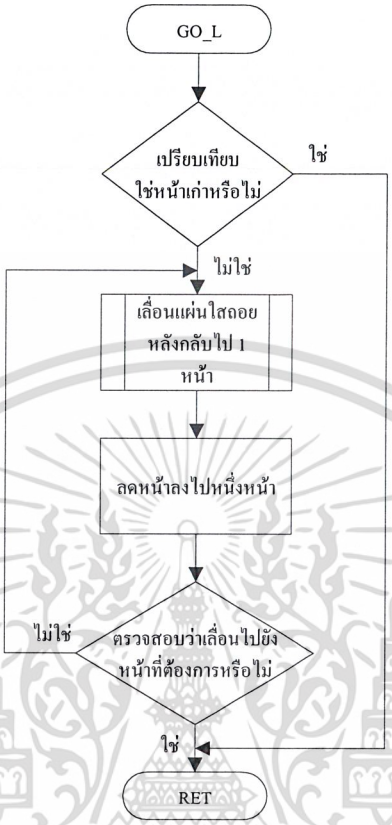


รูปที่ ค.2 ผังการทำงานของโปรแกรมเปรียบเทียบจำนวนหน้า

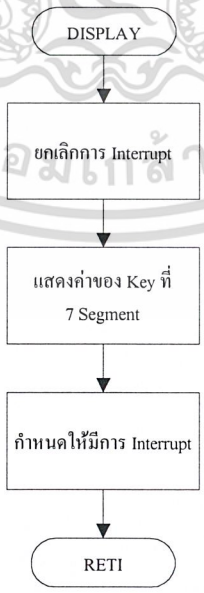


รูปที่ ค.3 ผังการทำงานของโปรแกรมหมุนสเต็ปปิ้งมอเตอร์ไปทางขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

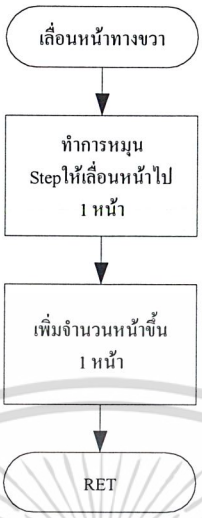


รูปที่ ค.4 ผังการทำงานของโปรแกรมหมุนสเต็ปปิ้งมอเตอร์ไปทางซ้าย



รูปที่ ค.5 ผังการทำงานของโปรแกรมแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.6 ผังการทำงานของการเลื่อนหน้าแผ่นใสไปทางขวา

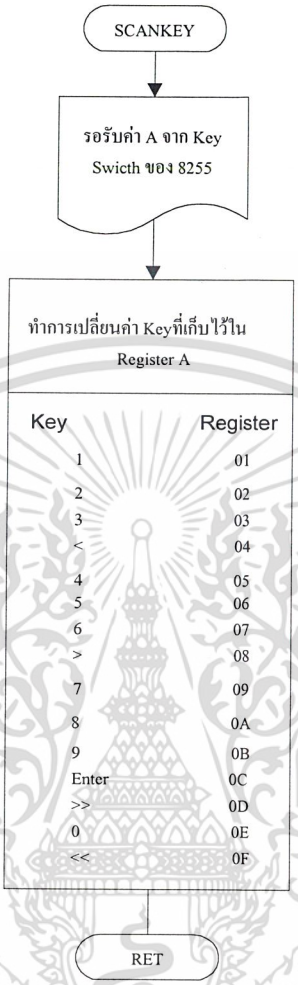
รูปที่ ค.7 ผังการทำงานของการเลื่อนหน้าแผ่นใสไปทางซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.8 ผังการทำงานของการเลื่อนหน้าแผ่นใสไปทางขวาเป็น Step

รูปที่ ค.9 ผังการทำงานของการเลื่อนหน้าแผ่นใสไปทางซ้ายเป็น Step

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.10 ผังการทำงานของโปรแกรม Scankey

```
PORT_A          EQU     08000H
PORT_B          EQU     08001H
PORT_C          EQU     08002H
CONTROL         EQU     08003H
TEN             EQU     20H
KEY             EQU     21H
STEP            EQU     22H
OLD             EQU     23H
NEW             EQU     24H
SPEED           EQU     25H
;*****************************************************************
                ORG     0000H
                JMP     START
                ORG     000BH
                JMP     DISPLAY         ;set vector timer interrupt

START:          CALL    DELAY
                MOV     DPTR,#CONTROL   ;INIT 8255
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#92H
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     TMOD,#02H       ;set timer mode auto_reload
                MOV     TH0,#0fH
                SETB    EA
                SETB    ET0
                SETB    TR0
                MOV     TEN,#0FFH
                MOV     KEY,#00H
                MOV     old,#01H
                MOV     KEY,OLD
                MOV     R7,#00H

                MOV     STEP,#0ACH      ;*********
                MOV     SPEED,#01H      ;*********

LOOP:           LCALL   SCANKEY
                CJNE    A,#00H,JMAIN0
                LJMP    LOOP

JMAIN0:         CJNE    A,#04H,JMAIN1   ;KEY >
                CALL    MOV_R
                LJMP    LOOP
JMAIN1:         CJNE    A,#08H,JMAIN2   ;KEY <
                CALL    MOV_L
                LJMP    LOOP
JMAIN2:         CJNE    A,#0DH,JMAIN3   ;KEY <<
                CALL    STEP_R
                LJMP    LOOP
JMAIN3:         CJNE    A,#0FH,JMAIN4   ;KEY >>
                CALL    STEP_L
                LJMP    LOOP
JMAIN4:         CJNE    A,#0CH,JMAIN5   ;KEY Enter
                MOV     NEW,KEY
                CALL    GO
                LJMP    LOOP
JMAIN5:
                MOV     R3,TEN
JMAIN6:         CJNE    R3,#0FFH,JMAIN17
                CJNE    A,#01H,JMAIN7   ;KEY  1_
                MOV     A,#1AH
                LJMP    JMAIN16
JMAIN7:         CJNE    A,#02H,JMAIN8   ;KEY  2_
                MOV     A,#2AH
                LJMP    JMAIN16
JMAIN8:         CJNE    A,#03H,JMAIN9   ;KEY  3_
                MOV     A,#3AH
                LJMP    JMAIN16
JMAIN9:         CJNE    A,#05H,JMAIN10  ;KEY  4_
                MOV     A,#4AH
                LJMP    JMAIN16
JMAIN10:        CJNE    A,#06H,JMAIN11  ;KEY  5_
                MOV     A,#5AH
                LJMP    JMAIN16
JMAIN11:        CJNE    A,#07H,JMAIN12  ;KEY  6_
                MOV     A,#6AH
                LJMP    JMAIN16
JMAIN12:        CJNE    A,#09H,JMAIN13  ;KEY  7_
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#7AH
                LJMP    JMAIN16
JMAIN13:        CJNE    A,#0AH,JMAIN14   ;KEY  8_
                MOV     A,#8AH
                LJMP    JMAIN16
JMAIN14:        CJNE    A,#0BH,JMAIN15   ;KEY  9_
                MOV     A,#9AH
                LJMP    JMAIN16
JMAIN15:        CJNE    A,#0EH,JMAIN16   ;KEY  0_
                MOV     A,#0AH
JMAIN16:        MOV     TEN,#00H
                MOV     KEY,A
                CALL    DELAY
                LJMP    LOOP
;-----------------------------------------------
JMAIN17:        CJNE    A,#01H,JMAIN18   ;KEY  _1
                MOV     A,#01H
                LJMP    JMAIN27
JMAIN18:        CJNE    A,#02H,JMAIN19   ;KEY  _2
                MOV     A,#02H
                LJMP    JMAIN27
JMAIN19:        CJNE    A,#03H,JMAIN20   ;KEY  _3
                MOV     A,#03H
                LJMP    JMAIN27
JMAIN20:        CJNE    A,#05H,JMAIN21   ;KEY  _4
                MOV     A,#04H
                LJMP    JMAIN27
JMAIN21:        CJNE    A,#06H,JMAIN22   ;KEY  _5
                MOV     A,#05H
                LJMP    JMAIN27
JMAIN22:        CJNE    A,#07H,JMAIN23   ;KEY  _6
                MOV     A,#06H
                LJMP    JMAIN27
JMAIN23:        CJNE    A,#09H,JMAIN24   ;KEY  _7
                MOV     A,#07H
                LJMP    JMAIN27
JMAIN24:        CJNE    A,#0AH,JMAIN25   ;KEY  _8
                MOV     A,#08H
                LJMP    JMAIN27
JMAIN25:        CJNE    A,#0BH,JMAIN26   ;KEY  _9
                MOV     A,#09H
                LJMP    JMAIN27
JMAIN26:        CJNE    A,#0EH,JMAIN27   ;KEY  _0
                MOV     A,#00H
JMAIN27:        PUSH    ACC
                MOV     A,KEY
                ANL     A,#0F0H
                MOV     KEY,A
                POP     ACC
                ORL     KEY,A
                CALL    DELAY
                MOV     TEN,0FFH
JMAIN28:        LJMP    LOOP

;*********************************************************
;               SUB_PROGRAM
;*********************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV_R           PUSH    02
                PUSH    ACC
                CLR     EA
                MOV     R2,STEP
LOOP0:
;-------------------------------------------------------
                PUSH    02
                MOV     R2,#03H
LOOP0_1:        MOV     P1,#01H
                ACALL   DELAY0
                MOV     P1,#02H
                ACALL   DELAY0
                MOV     P1,#04H
                ACALL   DELAY0
                MOV     P1,#08H
                ACALL   DELAY0
                DJNZ    R2,LOOP0_1
                POP     02
;-------------------------------------------------------
                DJNZ    R2,LOOP0
                MOV     A,OLD
                ADD     A,#01H
                DA      A
                MOV     OLD,A
                MOV     KEY,OLD
                POP     ACC
                POP     02
                SETB    AE
                RET
;*******************************************************
MOV_L:          CLR     EA
                PUSH    02
                PUSH    ACC
                MOV     R2,STEP
LOOP1:
;-------------------------------------------------------
                PUSH    02
                MOV     R2,#03H
LOOP1_1:        MOV     P1,#08H
                ACALL   DELAY0
                MOV     P1,#04H
                ACALL   DELAY0
                MOV     P1,#02H
                ACALL   DELAY0
                MOV     P1,#01H
                ACALL   DELAY0
                DJNZ    R2,LOOP1_1
                POP     02
;-------------------------------------------------------
                DJNZ    R2,LOOP1
                MOV     A,OLD
                DEC     A
                CALL    DAA
                MOV     OLD,A
                MOV     KEY,OLD
                POP     ACC
                POP     02
                SETB    EA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    RET
;*************************************************************
STEP_L:             CLR     EA
                    PUSH    ACC
                    PUSH    01
                    PUSH    02
;-----------------------------------------
                    PUSH    02
                    MOV     R,#03H
LSTEP1:             MOV     P1,#01H
                    ACALL   DELAY0
                    MOV     P1,#02H
                    ACALL   DELAY0
                    MOV     P1,#04H
                    ACALL   DELAY0
                    MOV     P1,#08H
                    ACALL   DELAY0
                    DJNZ    R2,LSTEP1
                    POP     02
;-----------------------------------------
                    INC     R7
                    MOV     A,R7
                    CJNE    A,STEP,JSTEP1
                    MOV     A,OLD
                    INC     A
                    DA      A
                    MOV     OLD,A
                    MOV     KEY,OLD
                    MOV     R7,#00H
JSTEP1:             POP     02
                    POP     01
                    POP     ACC
                    SETB    EA
                    RET
;*************************************************************
STEP_R:             CLR     EA
                    PUSH    ACC
                    PUSH    01
                    PUSH    02
;-----------------------------------------
                    PUSH    02
                    MOV     R2,#03H
LSTEP2:             MOV     P1,#08H
                    ACALL   DELAY0
                    MOV     P1,#04H
                    ACALL   DELAY0
                    MOV     P1,#02H
                    ACALL   DELAY0
                    MOV     P1,#01H
                    ACALL   DELAY0
                    DJNZ    R2,LSTEP2
                    POP     02
;-----------------------------------------
                    DEC     R7
                    CJNE    R7,#0FFH,JSTEP2_1
                    MOV     R7,STEP
                    DEC     R7
JSTEP2_1:           MOV     A,R7
```

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    A,#00H,JSTEPEND
                MOV     A,OLD
                DEC     A
                CALL    DAA
                MOV     OLD,A
                MOV     KEY,OLD
                MOV     R7,#00H
JSTEPEND:       POP     02
                POP     01
                POP     ACC
                SETB    EA
                RET
;*************************************************************
DAA:            PUSH    00
                PUSH    ACC
                ANL     a,#0FH
                MOV     R0,A
                CJNE    A,#0FH,JDAA1
                MOV     R0,#09H
JDAA1:          POP     ACC
                ANL     A,#0F0H
                CJNE    A,#0F0H,JDAA2
                MOV     A,#90H
JDAA2:          ORL     A,R0
DAAEND:         POP     00
                RET
;*************************************************************
GO:             PUSH    ACC
                MOV     A,OLD
                SUBB    A,NEW
                JC      JGO1
                CALL    GO_L
                JMP     GOEND
JGO1:           CALL    GO_R

GOEND:          POP     ACC
                RET
;*************************************************************
GO_R:           PUSH    00
                PUSH    ACC
                MOV     A,OLD
                CJNE    A,NEW,JGOR1
                LJMP    GOREND
JGOR1:          MOV     A,OLD
                CALL    MOV_R
                ADD     A,#01H
                DA      A
                MOV     KEY,A
                MOV     OLD,A
                CJNE    A,NEW,LGOR1
GOREND:         POP     ACC
                POP     00
                RET
;*************************************************************
GO_L:           PUSH    00
                PUSH    ACC
                MOV     A,OLD
                CJNE    A,NEW,JGO11
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LJMP    GOLEND
JGOLL:          MOV     A,OLD
                CALL    MOV_L
                DEC     A
                CALL    DAA
                MOV     KEY,A
                MOV     OLD,A
                CJNE    A,NEW,JGOLL
GOLEND:         POP     ACC
                POP     00
                RET
;*************************************************************
SCANKEY:        PUSH    DPH
                PUSH    DPL
                MOV     DPTR,#PORT_A
                MOVX    A,@DPTR
                CALL    DELAY2
                CJNE    A,#00H,JSCAN1
                LJMP    JSCAN9
JSCAN1:         CJNE    A,#01H,JSCAN2
                MOV     A,#01H
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN2:         CJNE    A,#02H,JSCAN3
                MOV     A,#02H
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN3:         CJNE    A,#04H,JSCAN4
                MOV     A,#03H
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN4:         CJNE    A,#08H,JSCAN5
                MOV     A,#04H
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN5:         CJNE    A,#10H,JSCAN6
                MOV     A,#05H
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN6:         CJNE    A,#20H,JSCAN7
                MOV     A,#06H
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN7:         CJNE    A,#40H,JSCAN8
                MOV     A,#07H
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN8:         CJNE    A,#80H,JSCAN9
                MOV     A,#08H
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN9:         MOV     DPTR,#PORT_B
                MOVX    A,@DPTR
                CALL    DELAY2
                ANL     A,#7FH
JSCAN_B:        CJNE    A,#01H,JSCAN10
                MOV     A,#09H
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN10:        CJNE    A,#02H,JSCAN11
                MOV     A,#0AH
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN11:        CJNE    A,#04H,JSCAN12
                MOV     A,#0BH
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN12:        CJNE    A,#08H,JSCAN13
                MOV     A,#0CH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN13:        CJNE    A,#10H,JSCAN14
                MOV     A,#0DH
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN14:        CJNE    A,#20H,JSCAN15
                MOV     A,#0EH
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN15:        CJNE    A,#40H,JSCAN16
                MOV     A,#0FH
                LJMP    ENDSCAN
JSCAN16:        MOV     A,#00H

ENDSCAN:        POP     DPL
                POP     DPH
                RET
;*************************************************************
DISPLAY:        CLR     EA
                CLR     TR0
                PUSH    DPH
                PUSH    DPL
                PUSH    ACC
                MOV     A,KEY
                ANL     A,#0FH
                MOV     DPTR,#TABLE
                MOVC    A,@A+DPTR
                SETB    P1.5
                MOV     DPTR,#PORT_C
                MOVX    @DPTR,A
                CALL    DELAY2
                CLR     P1.5
                MOV     A,KEY
                SWAP    A
                ANL     A,#0FH
                CJNE    A,#00H,JDIS1
                MOV     A,#0BH
JDIS1:          MOV     DPTR,#TABLE
                MOVC    A,@A+DPTR
                SETB    P1.4
                MOV     DPTR,#PORT_C
                MOVX    @DPTR,A
                CALL    DELAY2
                CLR     P1.4
                POP     ACC
                POP     DPL
                POP     DPH
                SETB    TR0
                SETB    EA
                RETI
;*************************************************************
DELAY0:         CLR     EA
                PUSH    00
                PUSH    01
                MOV     R0,SPEED
DELAY01:        MOV     R1,#60H
DELAY02:        NOP     NOP
                DJNZ    R1,DELAY02
                DJNZ    R0,DELAY01
                POP     01
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                POP     00
                SETB    EA
                RET
;-------------------------------------------------------
DELAY:          PUSH    07
                PUSH    06
                MOV     R6,#10H
DELAY1:         MOV     R7,#0FFH
                DJNZ    R7,$
                DJNZ    R6,DELAY1
                POP     06
                POP     07
                RET
;-------------------------------------------------------
DELAY2:         PUSH    07
                PUSH    06
                MOV     R6,#05H
DELAY3:         MOV     R7,#0FFH
                DJNZ    R7,$
                DJNZ    R6,DELAY3
                POP     06
                POP     07
                RET
;*******************************************************
;                       DATA
;*******************************************************

TABLE:   DB     3FH,06H,5BH,4FH,66H,6DH,7DH,07H,7FH,6FH,08H,00h

END
```

รูปที่ ค.11 โปรแกรมควบคุมการทำงานเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PC817 Series

High Density Mounting Type Photocoupler

※ Lead forming type (I type) and taping reel type (P type) are also available. (**PC817I/PC817P**)
※※ TÜV (VDE0884) approved type is also available as an option.

■ Features

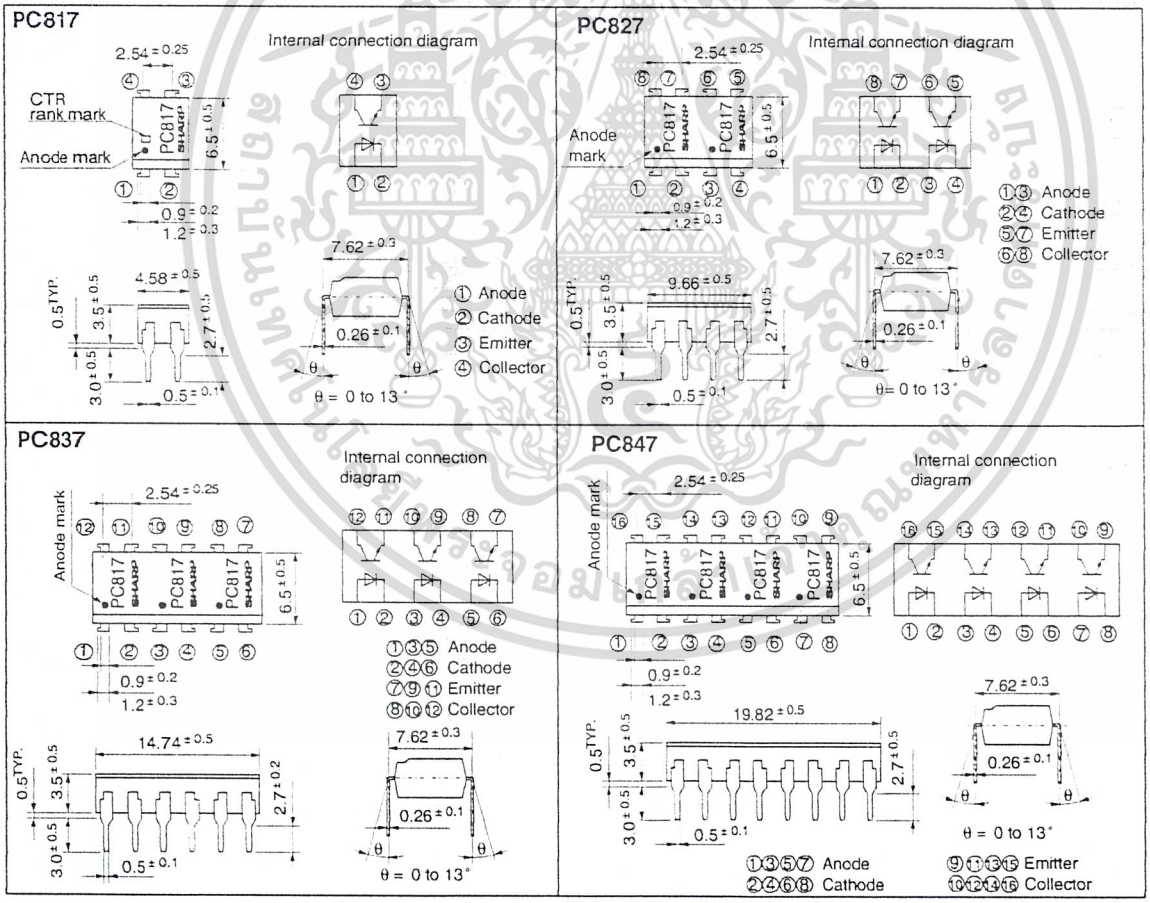
1. Current transfer ratio
   (CTR: MIN. 50% at I_F = 5mA, V_{CE}=5V)
2. High isolation voltage between input and output (V_{iso}: 5 000V $_{rms}$)
3. Compact dual-in-line package
   PC817 : 1-channel type
   PC827 : 2-channel type
   PC837 : 3-channel type
   PC847 : 4-channel type
4. Recognized by UL, file No. E64380

■ Applications

1. Computer terminals
2. System appliances, measuring instruments
3. Registers, copiers, automatic vending machines
4. Electric home appliances, such as fan heaters, etc.
5. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



" In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that occur in equipment using any of SHARP's devices, shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest version of the device specification sheets before using any SHARP's device."

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Absolute Maximum Ratings (Ta= 25°C)

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I_F	50	mA
	*1 Peak forward current	I_{FM}	1	A
	Reverse voltage	V_R	6	V
	Power dissipation	P	70	mW
Output	Collector-emitter voltage	V_{CEO}	35	V
	Emitter-collector voltage	V_{ECO}	6	V
	Collector current	I_C	50	mA
	Collector power dissipation	P_C	150	mW
Total power dissipation		P_{tot}	200	mW
*2 Isolation voltage		V_{iso}	5 000	V_{rms}
Operating temperature		T_{opr}	- 30 to + 100	°C
Storage temperature		T_{stg}	- 55 to + 125	°C
*3 Soldering temperature		T_{sol}	260	°C

*1 Pulse width <=100μs. Duty ratio : 0.001
*2 40 to 60% RH, AC for 1 minute
*3 For 10 seconds

■ Electro-optical Characteristics (Ta= 25°C)

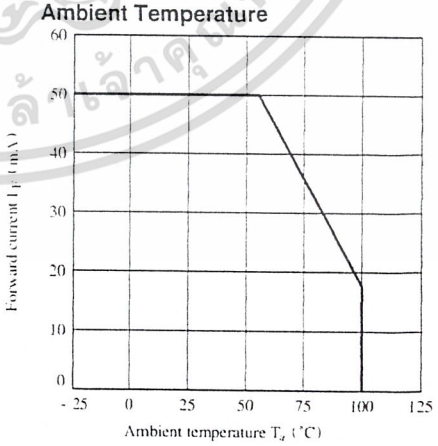
Parameter			Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Input	Forward voltage		V_F	I_F = 20mA	-	1.2	1.4	V
	Peak forward voltage		V_{FM}	I_{FM} = 0.5A	-	-	3.0	V
	Reverse current		I_R	V_R = 4V	-	-	10	μA
	Terminal capacitance		C_t	V = 0, f = 1kHz	-	30	250	pF
Output	Collector dark current		I_{CEO}	V_{CE} = 20V	-	-	10^{-7}	A
Transfer characteristics	*4 Current transfer ratio		CTR	I_F = 5mA, V_{CE} = 5V	50	-	600	%
	Collector-emitter saturation voltage		$V_{CE(sat)}$	I_F = 20mA, I_C = 1mA	-	0.1	0.2	V
	Isolation resistance		R_{ISO}	DC500V, 40 to 60% RH	5×10^{10}	10^{11}	-	Ω
	Floating capacitance		C_f	V = 0, f = 1MHz	-	0.6	1.0	pF
	Cut-off frequency		f_c	V_{CE} = 5V, I_C = 2mA, R_L = 100Ω, -3dB	-	80	-	kHz
	Response time	Rise time	t_r	V_{CE} = 2V, I_C = 2mA, R_L = 100Ω	-	4	18	μs
		Fall time	t_f		-	3	18	μs

*4 Classification table of current transfer ratio is shown below.

Model No.	Rank mark	CTR (%)
PC817A	A	80 to 160
PC817B	B	130 to 260
PC817C	C	200 to 400
PC817D	D	300 to 600
PC8☩7AB	A or B	80 to 260
PC8☩7BC	B or C	130 to 400
PC8☩7CD	C or D	200 to 600
PC8☩7AC	A, B or C	80 to 400
PC8☩7BD	B, C or D	130 to 600
PC8☩7AD	A, B, C or D	80 to 600
PC8☩7	A, B, C, D or No mark	50 to 600

☩ : 1 or 2 or 3 or 4

Fig. 1 Forward Current vs. Ambient Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 2 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

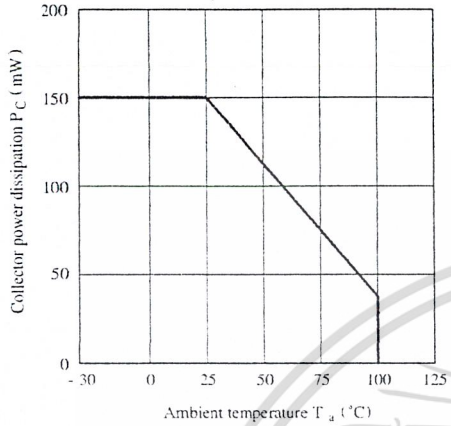


Fig. 3 Peak Forward Current vs. Duty Ratio

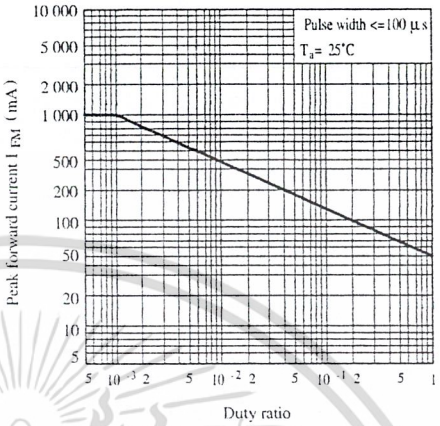


Fig. 4 Current Transfer Ratio vs. Forward Current

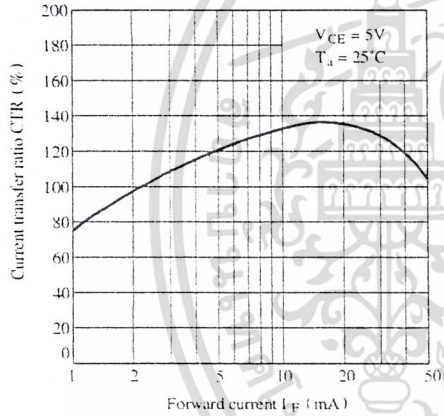


Fig. 5 Forward Current vs. Forward Voltage

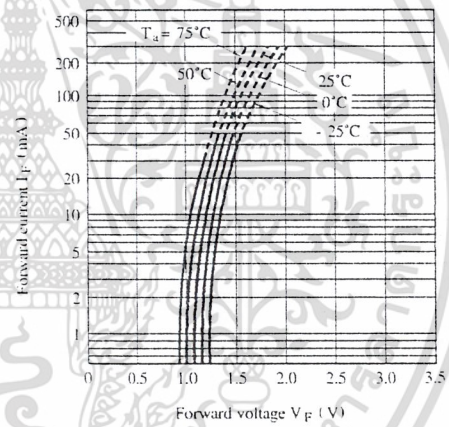


Fig. 6 Collector Current vs. Collector-emitter Voltage

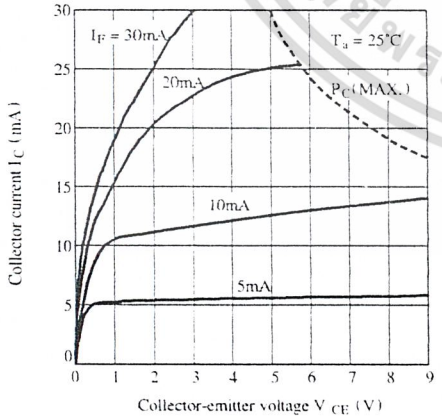
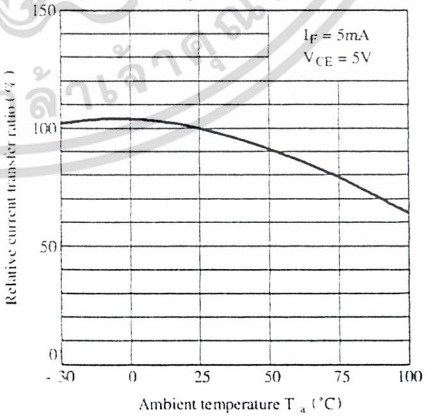


Fig. 7 Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 8 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Ambient Temperature

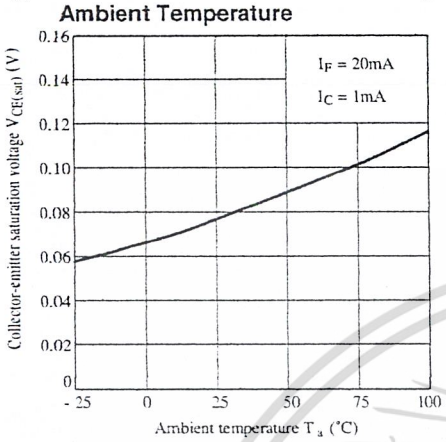


Fig. 9 Collector Dark Current vs. Ambient Temperature

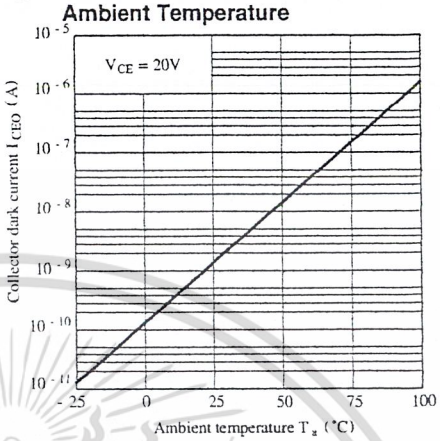


Fig.10 Response Time vs. Load Resistance

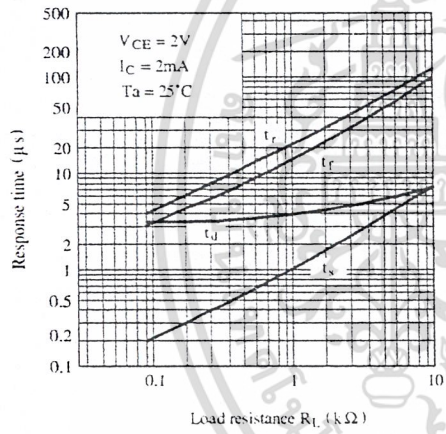
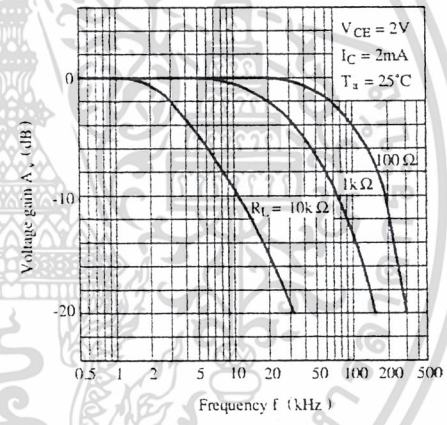
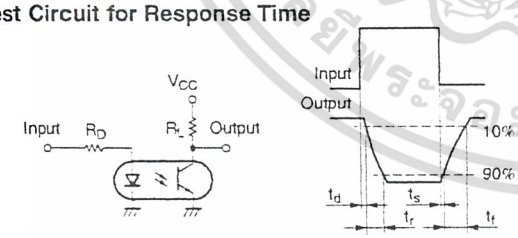


Fig.11 Frequency Response



Test Circuit for Response Time



Test Circuit for Frepuency Response

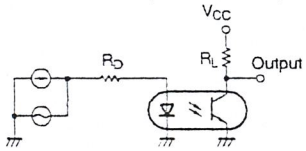
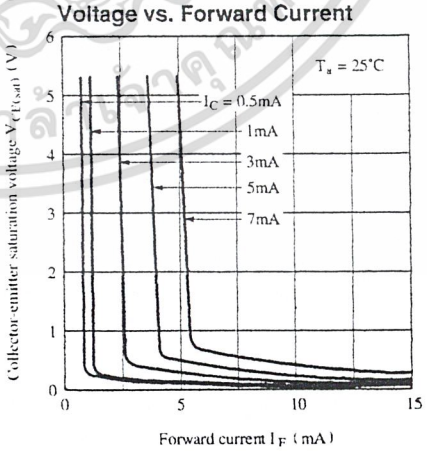


Fig.12 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Forward Current



● Please refer to the chapter "Precautions for Use"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

MC14514B
MC14515B

4-Bit Transparent Latch/4-to-16 Line Decoder

The MC14514B and MC14515B are two output options of a 4 to 16 line decoder with latched inputs. The MC14514B (output active high option) presents a logical "1" at the selected output, whereas the MC14515B (output active low option) presents a logical "0" at the selected output. The latches are R–S type flip–flops which hold the last input data presented prior to the strobe transition from "1" to "0". These high and low options of a 4–bit latch/4 to 16 line decoder are constructed with N–channel and P–channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. The latches are R–S type flip–flops and data is admitted upon a signal incident at the strobe input, decoded, and presented at the output.

These complementary circuits find primary use in decoding applications where low power dissipation and/or high noise immunity is desired.

- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low–power TTL Loads or One Low–power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range

L SUFFIX
CERAMIC
CASE 623

P SUFFIX
PLASTIC
CASE 709

DW SUFFIX
SOIC
CASE 751E

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP	Plastic
MC14XXXBCL	Ceramic
MC14XXXBDW	SOIC

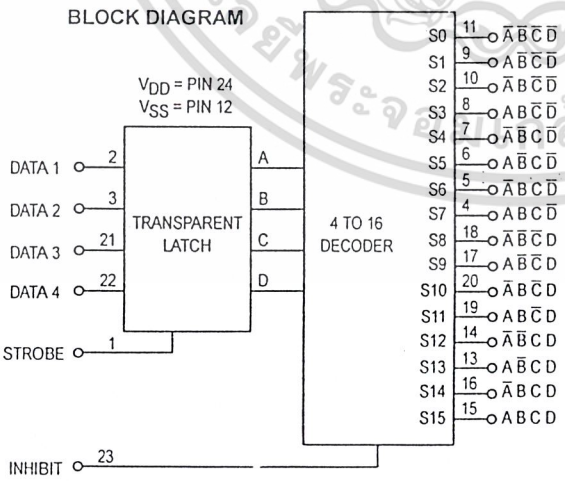
T_A = – 55° to 125°C for all packages.

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage	– 0.5 to + 18.0	V
V_{in}, V_{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	0.5 to V_{DD} + 0.5	V
I_{in}, I_{out}	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	± 10	mA
P_D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T_{stg}	Storage Temperature	– 65 to + 150	°C
T_L	Lead Temperature (8–Second Soldering)	260	°C

* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
†Temperature Derating:
Plastic "P and D/DW" Packages: – 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C
Ceramic "L" Packages: – 12 mW/°C From 100°C To 125°C

BLOCK DIAGRAM



DECODE TRUTH TABLE (Strobe = 1)*

Inhibit	Data Inputs D	C	B	A	Selected Output MC14514 = Logic "1" MC14515 = Logic "0"
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, MC14514 All Outputs = 1, MC14515

X = Don't Care
*Strobe = 0, Data is latched

REV 3
1/94

©MOTOROLA, INC. 1994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V_{DD} Vdc	– 55°C Min	– 55°C Max	25°C Min	25°C Typ #	25°C Max	125°C Min	125°C Max	Unit
Output Voltage "0" Level	V_{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc
V_{in} = V_{DD} or 0		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
		15	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
"1" Level	V_{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	Vdc
V_{in} = 0 or V_{DD}		10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—	
		15	14.95	—	14.95	15	—	14.95	—	
Input Voltage "0" Level	V_{IL}									Vdc
(V_O = 4.5 or 0.5 Vdc)		5.0	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	
(V_O = 9.0 or 1.0 Vdc)		10	—	3.0	—	4.50	3.0	—	3.0	
(V_O = 13.5 or 1.5 Vdc)		15	—	4.0	—	6.75	4.0	—	4.0	
"1" Level	V_{IH}									Vdc
(V_O = 0.5 or 4.5 Vdc)		5.0	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5	—	
(V_O = 1.0 or 9.0 Vdc)		10	7.0	—	7.0	5.50	—	7.0	—	
(V_O = 1.5 or 13.5 Vdc)		15	11	—	11	8.25	—	11	—	
Output Drive Current	I_{OH}									mAdc
(V_{OH} = 2.5 Vdc) Source		5.0	– 1.2	—	– 1.0	– 1.7	—	– 0.7	—	
(V_{OH} = 4.6 Vdc)		5.0	– 0.25	—	– 0.2	– 0.36	—	– 0.14	—	
(V_{OH} = 9.5 Vdc)		10	– 0.62	—	– 0.5	– 0.9	—	– 0.35	—	
(V_{OH} = 13.5 Vdc)		15	– 1.8	—	– 1.5	– 3.5	—	– 1.1	—	
(V_{OL} = 0.4 Vdc) Sink	I_{OL}	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	mAdc
(V_{OL} = 0.5 Vdc)		10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—	
(V_{OL} = 1.5 Vdc)		15	4.2	—	3.4	8.8	—	2.4	—	
Input Current	I_{in}	15	—	± 0.1	—	±0.00001	± 0.1	—	± 1.0	µAdc
Input Capacitance (V_{in} = 0)	C_{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF
Quiescent Current (Per Package)	I_{DD}	5.0	—	5.0	—	0.005	5.0	—	150	µAdc
		10	—	10	—	0.010	10	—	300	
		15	—	20	—	0.015	20	—	600	
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) (C_L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)	I_{TL}	5.0	I_T = (1.35 µA/kHz) f + I_{DD}							µAdc
		10	I_T = (2.70 µA/kHz) f + I_{DD}							
		15	I_T = (4.05 µA/kHz) f + I_{DD}							

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

**The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

$$I_T(C_L) = I_T(50\ pF) + (C_L - 50)\ Vfk$$

where: I_T is in µA (per package), C_L in pF, V = (V_{DD} – V_{SS}) in volts, f in kHz is input frequency, and k = 0.002.

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \le (V_{in}$ or $V_{out}) \le V_{DD}$.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SWITCHING CHARACTERISTICS* (C_L = 50 pF, T_A = 25°C)

Characteristic	Symbol	V_{DD}	All Types			Unit
			Min	Typ #	Max	
Output Rise Time t_{TLH} = (3.0 ns/pF) C_L + 30 ns t_{TLH} = (1.5 ns/pF) C_L + 15 ns t_{TLH} = (1.1 ns/pF) C_L + 10 ns	t_{TLH}	5.0 10 15	— — —	180 90 65	360 180 130	ns
Output Fall Time t_{THL} = (1.5 ns/pF) C_L + 25 ns t_{THL} = (0.75 ns/pF) C_L + 12.5 ns t_{THL} = (0.55 ns/pF) C_L + 9.5 ns	t_{THL}	5.0 10 15	— — —	100 50 40	200 100 80	ns
Propagation Delay Time; Data, Strobe to S t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 ns/pF) C_L + 465 ns t_{PLH}, t_{PHL} = (0.86 ns/pF) C_L + 192 ns t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 ns/pF) C_L + 125 ns	t_{PLH}, t_{PHL}	5.0 10 15	— — —	550 225 150	1100 450 300	ns
Inhibit Propagation Delay Times t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 ns/pF) C_L + 315 ns t_{PLH}, t_{PHL} = (0.66 ns/pF) C_L + 117 ns t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 ns/pF) C_L + 75 ns	t_{PLH}, t_{PHL}	5.0 10 15	— — —	400 150 100	800 300 200	ns
Setup Time Data to Strobe	t_{su}	5.0 10 15	250 100 75	125 50 38	— — —	ns
Hold Time Strobe to Data	t_h	5.0 10 15	– 20 0 10	– 100 – 40 – 30	— — —	ns
Strobe Pulse Width	t_{WH}	5.0 10 15	350 100 75	175 50 38	— — —	ns

* The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.
#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

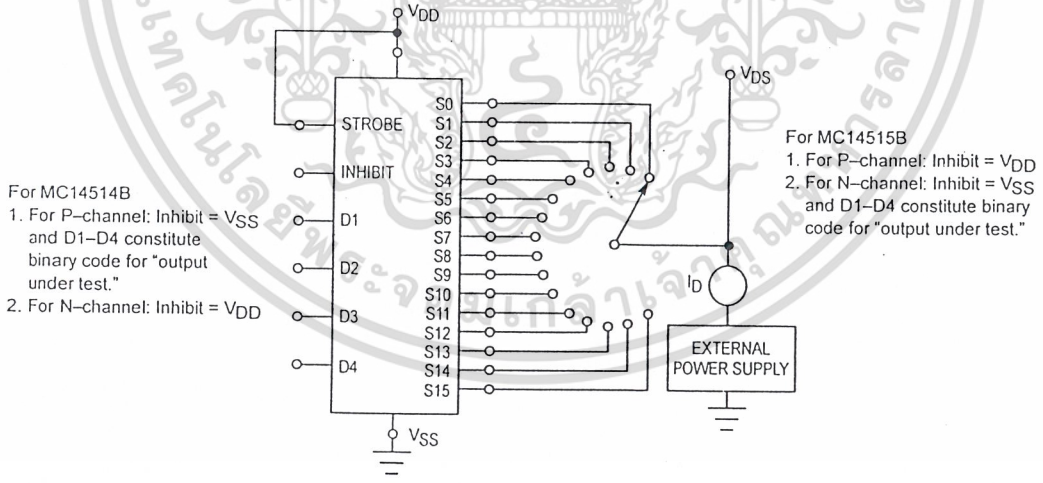


Figure 1. Drain Characteristics Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

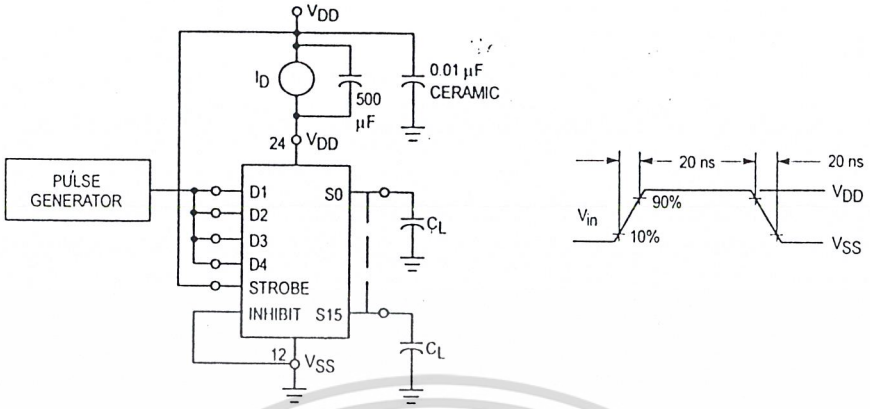


Figure 2. Dynamic Power Dissipation Test Circuit and Waveform

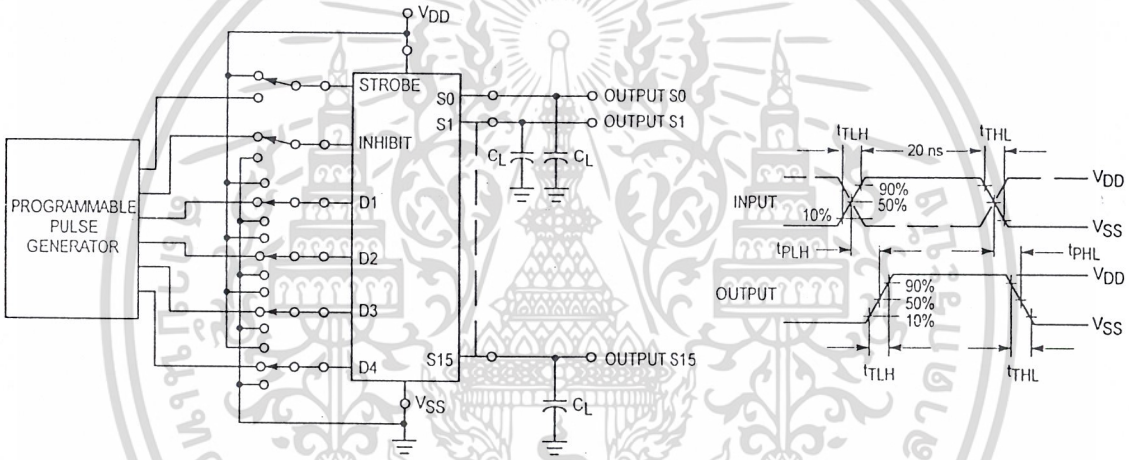
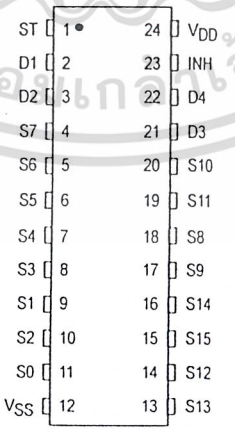


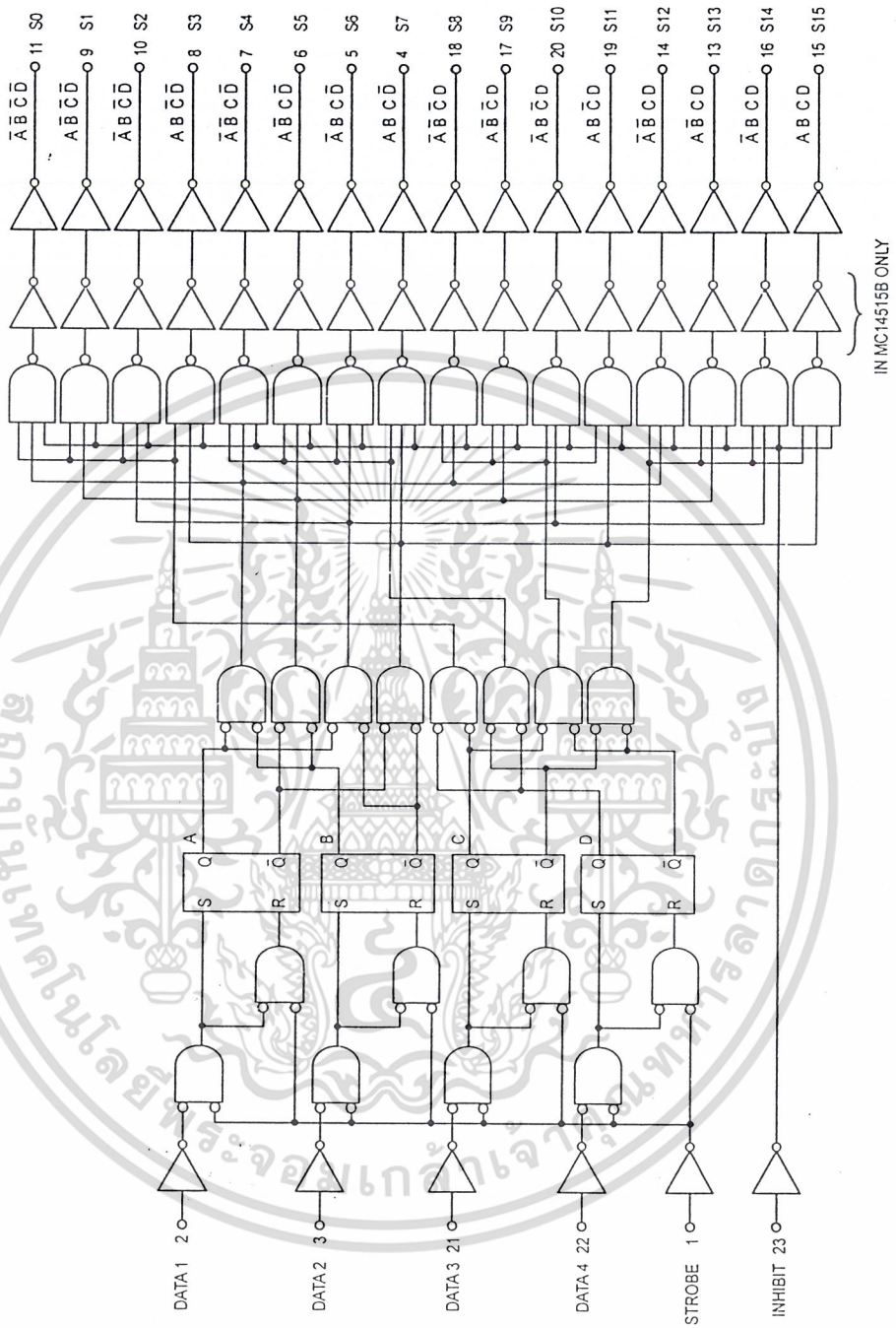
Figure 3. Switching Time Test Circuit and Waveforms

PIN ASSIGNMENT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOGIC DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPLEX DATA ROUTING

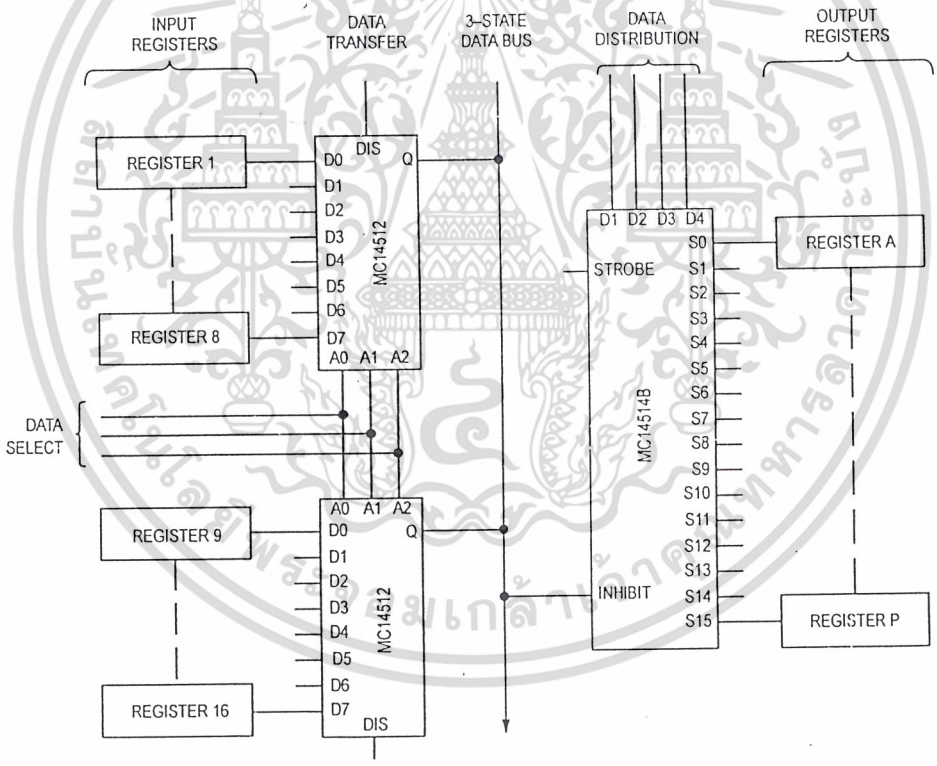
Two MC14512 eight–channel data selectors are used here with the MC14514B four–bit latch/decoder to effect a complex data routing system. A total of 16 inputs from data registers are selected and transferred via a 3–state data bus to a data distributor for rearrangement and entry into 16 output registers. 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 eight inputs on both MC14512 data selectors. One register is assigned to each input. The signals on A0, A1, and A2 choose one of eight inputs for transfer out to the 3–state data bus. A fourth signal, labelled Dis, disables one of the MC14512 selectors, assuring transfer of data from only one register.

In addition to a choice of input registers, 1 thru 16, the rate of transfer of the sequential information can also be varied. That is, if the MC14512 were addressed at a rate that is eight times faster then 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 3–state bus is redistributed by the MC14514B four–bit latch/decoder. Using the four–bit address, D1 thru D4, the information on the inhibit line can be transferred to the addressed output line to the desired output registers, A thru 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.

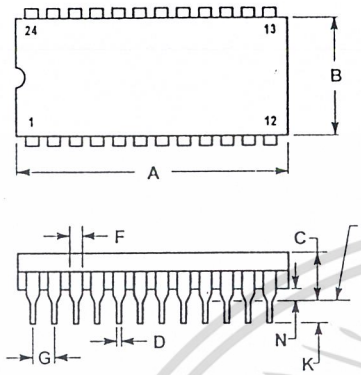
DATA ROUTING SYSTEM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DIMENSIONS

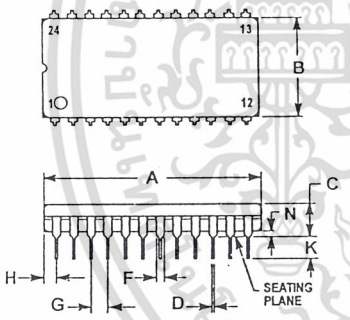
L SUFFIX
CERAMIC DIP PACKAGE
CASE 623–05
ISSUE M



NOTES:
1. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
2. LEADS WITHIN 0.13 (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION (WHEN FORMED PARALLEL).

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	31.24	32.77	1.230	1.290
B	12.70	15.49	0.500	0.610
C	4.06	5.59	0.160	0.220
D	0.41	0.51	0.016	0.020
F	1.27	1.52	0.050	0.060
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
J	0.20	0.30	0.008	0.012
K	3.18	4.06	0.125	0.160
L	15.24 BSC		0.600 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.51	1.27	0.020	0.050

P SUFFIX
PLASTIC DIP PACKAGE
CASE 709–02
ISSUE C



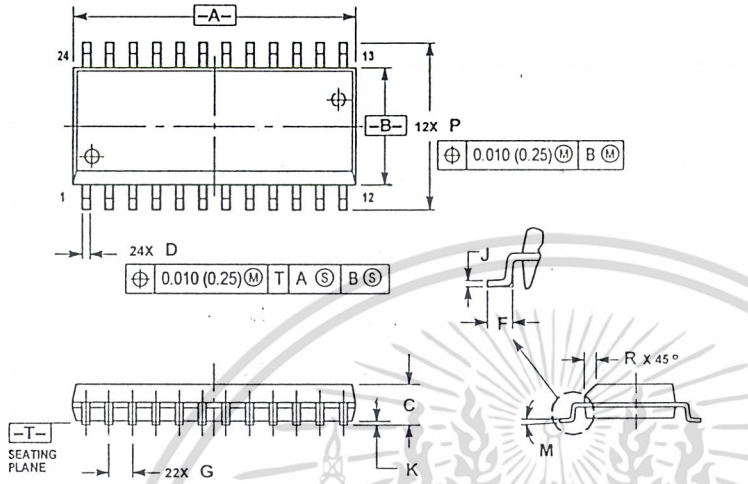
NOTES:
1. POSITIONAL TOLERANCE OF LEADS (D), SHALL BE WITHIN 0.25 (0.010) AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION, IN RELATION TO SEATING PLANE AND EACH OTHER.
2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	31.37	32.13	1.235	1.265
B	13.72	14.22	0.540	0.560
C	3.94	5.08	0.155	0.200
D	0.36	0.56	0.014	0.022
F	1.02	1.52	0.040	0.060
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
H	1.65	2.03	0.065	0.080
J	0.20	0.38	0.008	0.015
K	2.92	3.43	0.115	0.135
L	15.24 BSC		0.600 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.51	1.02	0.020	0.040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DIMENSIONS

DW SUFFIX
PLASTIC SOIC PACKAGE
CASE 751E–04
ISSUE E



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.13 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	15.25	15.54	0.601	0.612
B	7.40	7.60	0.292	0.299
C	2.35	2.65	0.093	0.104
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.41	0.90	0.016	0.035
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.23	0.32	0.009	0.013
K	0.13	0.29	0.005	0.011
M	0°	8°	0°	8°
P	10.05	10.55	0.395	0.415
R	0.25	0.75	0.010	0.029

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and M are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:
USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1–800–441–24 7 or 602–303–5454

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com – TOUCHTONE 602–244–6609
INTERNET: http://Design–NET.com

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi–SPD–JLDC, 6F Seibu–Butsuryu–Center, 3–14–2 Tatsumi Koto–Ku, Tokyo 135, Japan. 03–81–3521–8315

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park, 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852–26629298

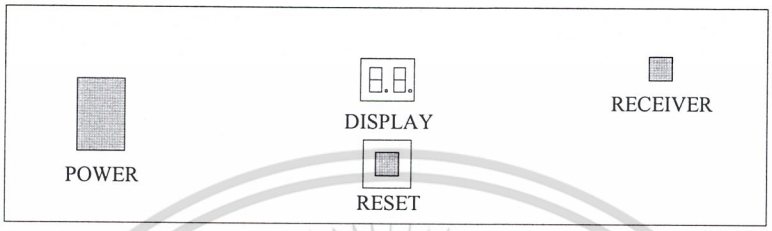
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรลเป็นส่วนที่อธิบายขั้นตอน และวิธีการใช้งานให้สามารถใช้งานเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรลตลอดจนการตรวจซ่อมเบื้องต้นได้ดังนี้



รูปที่ จ.1 ด้านหน้าของกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล

รูปที่ จ.2 ด้านหลังของกล่องควบคุมการทำงานของเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล

หน้าที่การใช้งานของปุ่มควบคุมการทำงานต่างๆที่ตัวเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรล

1) POWER ใช้เปิดปิดชุดควบคุมเครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรลให้มีสภาวะที่พร้อมจะทำงาน

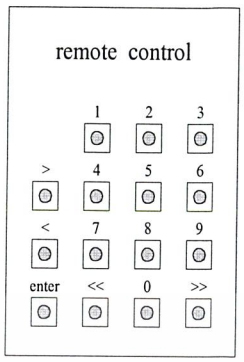
2) RESET ใช้เพื่อเตรียมความพร้อมการทำงานของเครื่องเมื่อกดจะทำให้เริ่มต้นที่หน้าหนึ่ง

3) DISPLAY ใช้เป็นตัวแสดงเลขหน้าการเลื่อนของแผ่นใส ตลอดจนระดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องให้ผู้ใช้รับทราบ

4) RECEIVER ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับแสงอินฟราเรดจากทางเครื่องส่งเพื่อไปประมวลผลการทำงานของการเลื่อนแผ่นใส

5) STEPPING MOTER ใช้ทำหน้าที่เป็นจุดต่อของสายจากเครื่องควบคุมไปยังชุดการเลื่อนของแผ่นใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป จ.3 หน้าปัทม์ควบคุมการทำงานที่ตัวรีโมทคอนโทรล

หน้าที่การใช้งานของปุ่มการทำงานต่างๆ ที่ตัวรีโมทคอนโทรล

1) (0 – 9) = ปุ่มกดสำหรับการเลือกหน้าของแผ่นใส

2) (>) = ปุ่มเลื่อนหน้าแผ่นใสไปด้านหน้าครั้งละ 1 หน้า

3) (<) = ปุ่มเลื่อนหน้าแผ่นใสถอยหลังไปครั้งละ 1 หน้า

4) (>>) = ปุ่มเลื่อนหน้าแผ่นใสไปด้านหน้าครั้งละ 1 Step

5) (<<) = ปุ่มเลื่อนหน้าแผ่นใสถอยหลังไปครั้งละ 1 Step

6) (Enter) = ปุ่มรับคำสั่งไปทำงาน

เริ่มต้นการใช้งาน

1) นำเอาเครื่องต้นแบบเครื่องฉายแผ่นใสไปครอบบนเครื่องฉายแผ่นใส

2) นำเอาสายของ STEPPING MOTOR มาต่อที่ชุดควบคุม

3) เปิดสวิตช์เพาเวอร์

4) ทำการกดสวิตช์ RESET

5) เมื่อทุกอย่างปกติ DISPLAY จะแสดง 1 แสดงว่าเครื่องพร้อมจะทำงาน

การทำงานของรีโมทคอนโทรล

เมื่อเครื่องพร้อมอยู่ในสภาวะการทำงานเราสามารถที่จะทดสอบการทำงานของรีโมทคอนโทรลได้ดังนี้

1) ทดสอบในการเลื่อนหน้าแบบเป็นเลขตัวเดียว เช่น ต้องการจะเลือกไปยังหน้า 6 จะต้องทำการกดเลข 0 ก่อนสัญญลักษณ์จะขึ้นเป็น (_) แล้วจึงทำการกดเลข 6 สัญลักษณ์จะขึ้นเป็น (6) จากนั้นจึงทำการกดปุ่ม Enter เครื่องก็จะทำการเลื่อนแผ่นใสไปยังหน้าที่ 6

2) ทดสอบการเลื่อนแผ่นใสแบบเป็นเลขสองตัว เช่น ต้องการจะเลือกไปยังหน้า 16 จะ ต้องทำการกดเลข 1 ก่อนสัญญลักษณ์จะขึ้นเป็น (1 _) แล้วจึงทำการกดเลข 6 สัญญลักษณ์จะขึ้นเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1 6) จากนั้นจึงกดปุ่ม Enter เครื่องก็จะเลื่อนแผ่นใสไปยังหน้าที่ 16

3) ทดสอบการเลื่อนหน้าแบบไปด้านหน้าครั้งละ 1 หน้า จะสามารถกดที่ปุ่ม > ได้เลย เครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรลก็จะเลื่อนไปด้านหน้าจำนวน 1 หน้าโดยไม่ต้องผ่านการกดปุ่ม Enter

4) ทดสอบการเลื่อนหน้าแบบไปด้านหลังครั้งละ 1 หน้า จะสามารถกดที่ปุ่ม < ได้เลย เครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรลก็จะเลื่อนถอยหลังไปจำนวน 1 หน้าโดยไม่ต้องผ่านการกดปุ่ม Enter

5) ทดสอบการเลื่อนหน้าแบบไปด้านหน้าครั้งละ 1 Step จะสามารถกดที่ปุ่ม >> ได้เลย เครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรลก็จะเลื่อนไปด้านหน้าจำนวน 1 Step โดยไม่ต้องผ่านการกดปุ่ม Enter

6) ทดสอบการเลื่อนหน้าแบบถอยหลังไปครั้งละ 1 Step จะสามารถกดที่ปุ่ม << ได้เลย เครื่องฉายแผ่นใสโดยใช้รีโมทคอนโทรลก็จะเลื่อนถอยหลังไปจำนวน 1 Step โดยไม่ต้องผ่านการกดปุ่ม Enter

การตรวจซ่อมเบื้องต้น

1) หากกดสวิตช์เพาเวอร์แล้วไฟแสดงผลที่เพาเวอร์ไม่ติด ตรวจสอบที่ฟิวส์ว่าขาดหรือไม่

2) หากที่จอแสดงผล (Dispaly) ไม่มีตัวเลข 1 แสดงผลอยู่ตรวจสอบการว่ากดสวิตช์ Reset แล้วหรือยัง

3) หากกดปุ่มที่รีโมทคอนโทรลแล้วตัวเลขไม่เปลี่ยนควรตรวจสอบว่าถ่านหมดหรือไม่

4) หาก Stepping Moter ไม่หมุนให้ตรวจสอบว่าปลั๊กที่ต่อ Stepping Moter ไปยังเครื่องต้นแบบเสียบแน่นหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน). **รีโมทเครื่องควบคุมไร้สาย**. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด เม็ดทรายพริ้นดิ้ง. 2538

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. **เทคโนโลยีการทำและการใช้แผ่นภาพโปร่งแสง**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ดวงกมลจำกัด. 2535

สุนทร วิทูสุรพจน์. **การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51**. กรุงเทพฯ : บริษัทซีเอ็ดยูนิเคชั่นจำกัด (มหาชน). 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นางสาวจิราวรรณ พรหมเวฬุพัฒน์
วันเดือนปีเกิด	13 เมษายน 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดสุรินทร์
ภูมิลำเนาเดิม	32 ถ.สืบศิริ ซ.3 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
ที่อยู่ปัจจุบัน	32 ถ.สืบศิริ ซ.3 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์	(044) 252731

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนสุขานารี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนมารีย์วิทยา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	คนอื่นว่ารักเรายังน้อยกว่าพ่อแม่เกลียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายดนัย นามเพ็ง
วันเดือนปีเกิด	4 มีนาคม 2521
สถานที่เกิด	จังหวัดร้อยเอ็ด
ภูมิลำเนาเดิม	14 เทวาภิบาล ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ร้อยเอ็ด 45000
ที่อยู่ปัจจุบัน	113 ม.2 ต.ดงลาน อ.เมือง จ.ร้อยเอ็ด 45000
โทรศัพท์	(043) 524496

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนเทศบาลวัดป่าเรไร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	พรุ่งนี้ก็เช้าแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

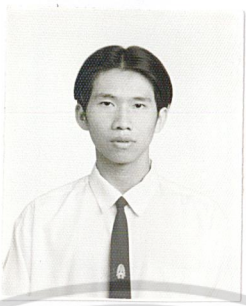
ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายสมชาย อินทรสมบัติ
วันเดือนปีเกิด	19 มีนาคม 2517
สถานที่เกิด	จังหวัดชัยภูมิ
ภูมิลำเนาเดิม	261 ม.1 ต.หนองบัวใหญ่ อ.จัตุรัส จ.ชัยภูมิ 36130
ที่อยู่ปัจจุบัน	261 ม.1 ต.หนองบัวใหญ่ อ.จัตุรัส จ.ชัยภูมิ 36130
โทรศัพท์	-

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนหนองบัวใหญ่
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนจัตุรัสวิทยาคาร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ความอดทนจะทำให้เราประสบผลสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายสุทิน แก้วสุทธา
วันเดือนปีเกิด	6 มิถุนายน 2520
สถานที่เกิด	จังหวัดสระบุรี
ภูมิลำเนาเดิม	81 ม.1 ต.หนองปลาไหล อ.เมือง จ.สระบุรี 18000
ที่อยู่ปัจจุบัน	81 ม.1 ต.หนองปลาไหล อ.เมือง จ.สระบุรี 18000
โทรศัพท์	(036) 302871

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดพระพุทธฉาย
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสระบุรีวิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้