



นางสาว กักรศรี คงนิมร 32.3520
นางสาว ธนิษ อึ้งไฉภานนท์ 32.3522

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ปีการศึกษา ๒๕๖๓

เครื่องควบคุมระยะไกลแบบอินฟราเรด 9 ช่อง
INFRARED REMOTE CONTROL 9 CHANNEL

โดย

นางสาว ภักดิ์ศรี คงนิธิ 32.3520

นางสาว ธนิช อึ้งโสภานนท์ 32.3522

อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. อุตัย ศรีธีระวิโรจน์

เลขหมู่...T 33101 ๓3
เลขทะเบียน...027934
วัน, เดือน, ปี...ไปใช้ประโยชน์...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งเมื่อมีการนำไปใช้

027934

ปริญญาโท ประจำปีการศึกษา 2533

คณะ วิศวกรรมศาสตร์
ภาควิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
สาขาวิชา โทรมหาคม

สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องควบคุมระยะไกล 9 ช่อง
INFRARED REMOTE CONTROL 9 CHANNEL

ผู้จัดทำ

- นางสาว ภัทรศรี คงโพธิ์ 32.3520
- นางสาว ยุधि อังโสภาพงษ์ 32.3522

(.....) อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์)

(.....) กรรมการ
(อาจารย์ ประติงษ์ วัชรนิบลย์)

(.....) กรรมการ
(อาจารย์ วิชัย สุรพันธ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INFRARED REMOTE CONTROL 9 CHANNEL

เครื่องควบคุมระยะไกลแบบอินฟราเรด 9ช่อง

โดย

นางสาว กัทตรี คงพิพิศ

นางสาว ยุพิน อังโสภางษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ อุกัย ศรีธีระวิโรจน์

ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

ปริญญาโทฉบับนี้ได้เสนอการออกแบบวงจรควบคุมระยะไกลโดยใช้แสงอินฟราเรด สามารถควบคุมเอาท์พุทได้ 9 ช่องโดยที่แต่ละช่องเป็นอิสระต่อกันซึ่งในการออกแบบนั้น จะใช้วงจรพื้นฐานที่ไม่มีความซับซ้อนยุ่งยาก และมีราคาถูกลงต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน ระยะความสามารถในการรับส่งประมาณ 5-8 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INFRARED REMOTE CONTROL

BY

MISS. PATTARASRI KONGPIPIT

MISS. YUPIN OUNGSOPAPONG

ADVISOR

MR. UTAI SRITERAWIROTE

YEAR 1990

ABSTRACT

THIS THESIS PRESENTS ABOUT INFEARED REMOTE CONTROL, THAT CAN CONTROL ABOUT 9 CHANNELS WHICH EACH CHANNEL IS INDEPENDENT. IN DESIGN CONCEPT IS USED SIMPLE CIRCUIT WHICH NOT COMPLICATED AND ALSO SIMPIFICATION FOR AMPLICATION. THE CAPABILITY OF DISTANCE FOR REMOTE IS ABOUT 5-8 METER.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

<u>บทที่</u>	<u>บทนำ</u>	<u>หน้าที่</u>
บทที่ 1	บทนำ	1-2
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการ	3-31
	2.1 ความรู้พื้นฐานของรีโมทคอนโทรล	3 -5
	2.2 คุณสมบัติของแสงอินฟราเรด	6 -9
	2.3 ตัวกำเนิดแสงอินฟราเรด	10-15
	2.4 ตัวรับแสงอินฟราเรด	16-17
	2.5 ทฤษฎีและการใช้งานไอซี 555	18-21
	2.6 วงจรทรานซิสเตอร์สวิทช์	22-25
	2.7 ทฤษฎีวงจรDecoder โดยPLD	26-31
บทที่ 3	การออกแบบวงจร	32-45
	3.1 การออกแบบวงจรภาคส่ง	32-38
	3.2 การออกแบบวงจรภาครับ	39-43
	3.6 การทำงานของวงจร	45
บทที่ 4	ผลการทดลองและการใช้งาน	48-56
	4.1 ผลการทดลอง	48-53
	4.2 การใช้งาน	54-56
บทที่ 5	บทสรุปและวิจารณ์	57-58

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันนี้ คนเราทุกคนต้องการความสะดวกสบายในชีวิตประจำวันอย่างเต็มที่ เนื่องจากสภาพทางเศรษฐกิจที่รัดตัว อันเป็นผลให้เราต้องการผ่อนคลายเป็นอย่างหนักเมื่ออยู่ที่บ้าน ซึ่งอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆจะเข้ามามีบทบาทสำหรับการพักผ่อนของเรา ซึ่งจะเห็นว่าการควบคุมให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเช่น โทรทัศน์ วิทยุ หรือเครื่องปรับอากาศ เราสามารถทำได้โดยการปรับหรือกดสวิทช์ควบคุมที่ติดอยู่บนแผงหน้าปัทม์ ซึ่งถ้าเราต้องปรับบ่อยๆเราก็ต้องเดินหรือออกไปปรับทำให้ขาดความสะดวกสบายไป หรือในงานทางด้านอุตสาหกรรมนั้น บางครั้งเครื่องจักรบางชนิดที่มีอันตรายถ้าเข้าไปใกล้ๆเราต้องต่อสวิทช์ควบคุมออกมาจากตัวเครื่องเพื่อความปลอดภัย ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองและยังไม่สะดวกเท่าที่ควรจึงได้มีการคิดค้นระบบหนึ่งขึ้นมาเรียกว่า ระบบควบคุมระยะไกล (Remote Control)

Remote Control สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ แบบมีสาย และแบบไร้สาย แบบที่มีสายคือการที่เราต่อสายไฟจากแผงควบคุมที่อยู่ห่างออกไปไปยังตัวเครื่อง ระบบนี้มีข้อเสียคือสายที่ต่อนั้นเกะกะ และเราไม่สามารถเหนี่ยวนำไฟให้ยาวมากๆได้เพราะลักษณะที่เดินผ่านจะถูกลดทอนได้มากเนื่องจากความต้านทานของสาย ส่วนระบบไร้สายนั้นก็คือการที่เราอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นตัวส่งคำสั่งควบคุมไปยังเครื่องที่เราต้องการควบคุม โดยเราสามารถที่จะใช้ คลื่นวิทยุ คลื่นแสง คลื่นเสียงอัลตราโซนิค เป็นสื่อก็ได้ ทำให้เราไม่ต้องต่อสายออกไป ในโครงการนี้จะเป็นการสร้างระบบควบคุมระยะไกลแบบไร้สาย

ระบบควบคุมระยะไกลแบบไร้สาย ในโครงการนี้จะ เป็นแบบที่ใช้แสงอินฟราเรดเป็นตัวส่งรหัสคำสั่ง ขนาด 9 ช่องควบคุม โดยมีระยะในการควบคุมประมาณ 5 - 8 เมตร จึงใช้ชื่อโครงการนี้ว่า *INFRARED REMOTE CONTROL 9 CHANNEL*

จุดเด่นของโครงการคือ

1. เป็นวงจรที่ออกแบบเอง
2. เป็นวงจรง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนแต่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. มีต้นทุนในการสร้างถูก
4. การควบคุมในแต่ละช่องจะเป็นอิสระซึ่งกันและกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของปริกฤษณินพนธ์ฉบับนี้จะแบ่งออกเป็น 5 บทดังนี้

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับแนวทางในการออกแบบที่จำเป็น เกี่ยวกับหลักการพื้นฐานของระบบ คุณสมบัติของแสง ตัวกำเนิดแสง ตัวรับแสง ภาคส่งรหัสข้อมูล ภาครับแสงและถอดรหัสข้อมูล

บทที่ 3 การออกแบบวงจร จะมีรายละเอียดเกี่ยวกับการคำนวณหาค่าต่างๆในวงจรทั้งภาครับและภาคส่ง

บทที่ 4 ผลการทดลองและการใช้งาน

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์ มีรายละเอียดคือสรุปผลการทดลอง แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนา ปัญหาที่พบในการทำโครงงาน ประโยชน์ที่ได้รับ และภาคผนวก

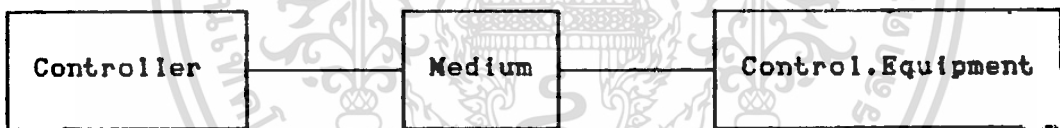


บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ความวิเศษของ Remote Control

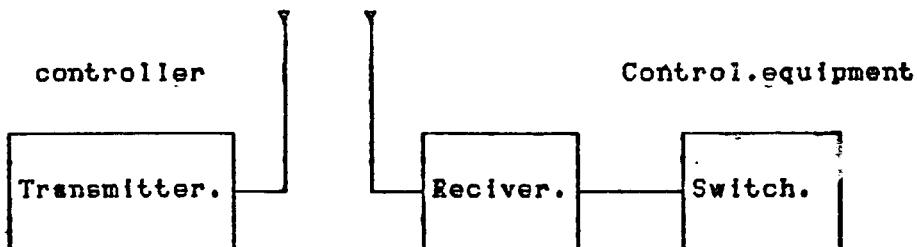
Remote Control เป็นระบบควบคุมระยะไกลทางไฟฟ้า หรือ อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมอยู่ไกลจากตัวควบคุม ระหว่างตัวควบคุมและตัวถูกควบคุมจะต้องมีตัวกลางเป็นตัวส่งผ่านสัญญาณในการควบคุม เช่น สัญญาณจากคลื่นวิทยุ คลื่นเสียง คลื่นแสง หรืออื่นๆ ซึ่งในตัวกลางนี้อาจเป็น อากาศ หรือ สายส่งสัญญาณ ก็ได้

จากรูปที่ 2.1-1 เป็นการแสดงถึงระบบของ Remote Control ตัวควบคุม หรือ Controller จะเป็นตัวผลิตสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมตัวที่ควบคุม หรือ Controlling Equipment โดยมีตัวกลางหรือ Medium เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมไปยังตัวถูกควบคุม สัญญาณที่ถูกส่งออกจากตัวควบคุมอยู่ในรูปของความถี่หรือพัลส์ เมื่อเข้าไปใกล้ตัวถูกควบคุมแล้วความถี่หรือพัลส์จะเป็นตัวกระตุ้นระบบ Switch ของตัวถูกควบคุมให้ทำงาน



รูปที่ 2.1-1 ระบบของ Remote control

ในทางปฏิบัติตัวควบคุมจะเป็นตัวผลิตสัญญาณความถี่ หรือ สัญญาณพัลส์ที่ตัวเครื่องส่ง (Transmitter) ตัวกลางจะเป็นอากาศ และ ตัวถูกควบคุมจะเป็นเครื่องรับ และระบบ Switch ดังรูปที่ 2.1-2



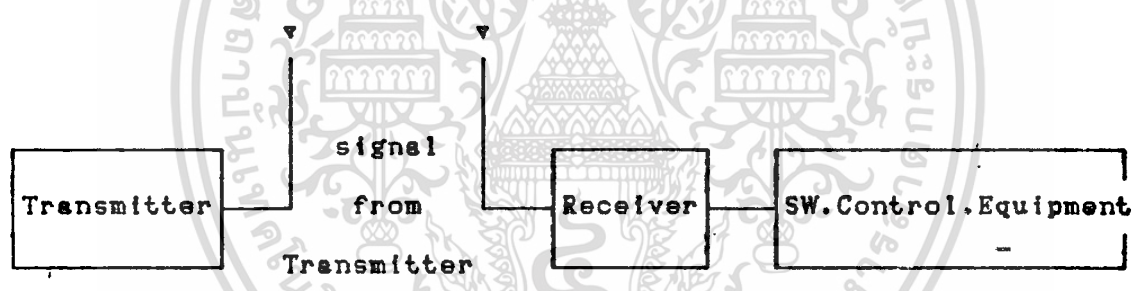
รูปที่ 2.1-2 Remote Control Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transmitter

โดยอาศัยหลักการของเครื่องส่งวิทยุ เราใช้ความถี่ย่านที่สามารถเดินทางในอากาศได้ เช่นความถี่ย่านวิทยุ ความถี่ย่านอินฟราเรด เป็นต้น เมื่อเราผลิตความถี่นี้ส่งออกเดินทางในอากาศ ดังนั้นสำหรับเครื่องส่งจะต้องมีตัวผลิตความถี่ที่จะส่งออกอากาศหรือตัวกำเนิดแสงอินฟราเรด และที่เครื่องรับก็เช่นเดียวกับเครื่องรับวิทยุคือจะรับเอาคลื่นที่อยู่ในอากาศนั้นมาแปลความหมาย ซึ่งตัวผลิตความถี่ของเครื่องส่งจะผลิตความถี่เท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับการใช้งานของเรา

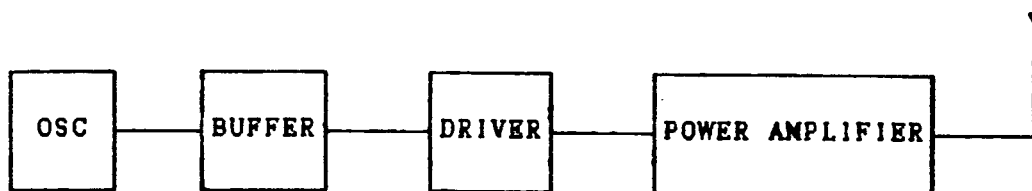
ในการส่งสัญญาณออกทางอากาศของเครื่องส่งสำหรับ Remote Control มีหลักการที่สำคัญ คือ อาศัยความถี่ที่ผลิตได้เป็นตัวควบคุมที่ภาครับเลย ในการส่งแบบนี้ถ้าหากว่าเครื่องส่งผลิตความถี่อินฟราเรด เราก็อาศัยความถี่อินฟราเรดนี้ไปกระตุ้นวงจรให้เกิดการทำงานใน SW.Control.Equipment โดยตรงดังรูปที่ 2.1-3



รูปที่ 2.1-3 อาศัยความถี่จากเครื่องส่งเป็นตัวควบคุม

* หรืออาศัยความถี่ที่เราผลิตได้จากเครื่องส่งเป็นตัวนำภาคคลื่นพาห์เพื่อนำเอาสัญญาณผลส่งไปเป็นตัวกระตุ้นให้ระบบ SW.Controlling Equipment ทำงาน

สรุปได้ว่า ในภาคเครื่องส่งก็สามารถแบ่งลักษณะของเครื่องส่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือชนิดที่มีเฉพาะเครื่องส่งอย่างเดียว และ ชนิดที่มีสัญญาณผลส่งกับเครื่องส่งประกบกัน สำหรับชนิดที่ออกโดยแกรมของเครื่องส่งจะประกอบด้วยตัวผลิตความถี่(Oscillator) ภาคที่กัน OSC กับ DRIVER คือภาค BUFFER ซึ่ง DRIVER ทำหน้าที่เป็นภาคขับสัญญาณ และ ภาคขยายกำลัง (POWER AMP.) เพื่อขยายสัญญาณให้มีขนาดสูงขึ้น จากนั้นส่งออกอากาศ ดังรูปที่ 2.1-4



รูปที่ 2.1-4 Block Diagram ของเครื่องส่ง

RECEIVER

เครื่องรับจะทำหน้าที่รับสัญญาณจากอากาศที่ถูกส่งออกมาโดยเครื่องส่ง ดังนั้นสำหรับภาครับจึงต้องมีความสามารถในการรับความถี่ที่ส่งออกมาจากเครื่องส่งเท่านั้น เพื่อป้องกันการรบกวนจากสัญญาณอื่นๆ วงจรจะประกอบด้วยเครื่องรับและตัวถอดสัญญาณเพื่อให้ตรงกับที่เครื่องส่งได้ส่งออกมา ก่อนที่จะนำสัญญาณไปใช้งานต้องได้รับการขยายเสียงก่อน เพื่อให้สัญญาณมีขนาดแรงขึ้น



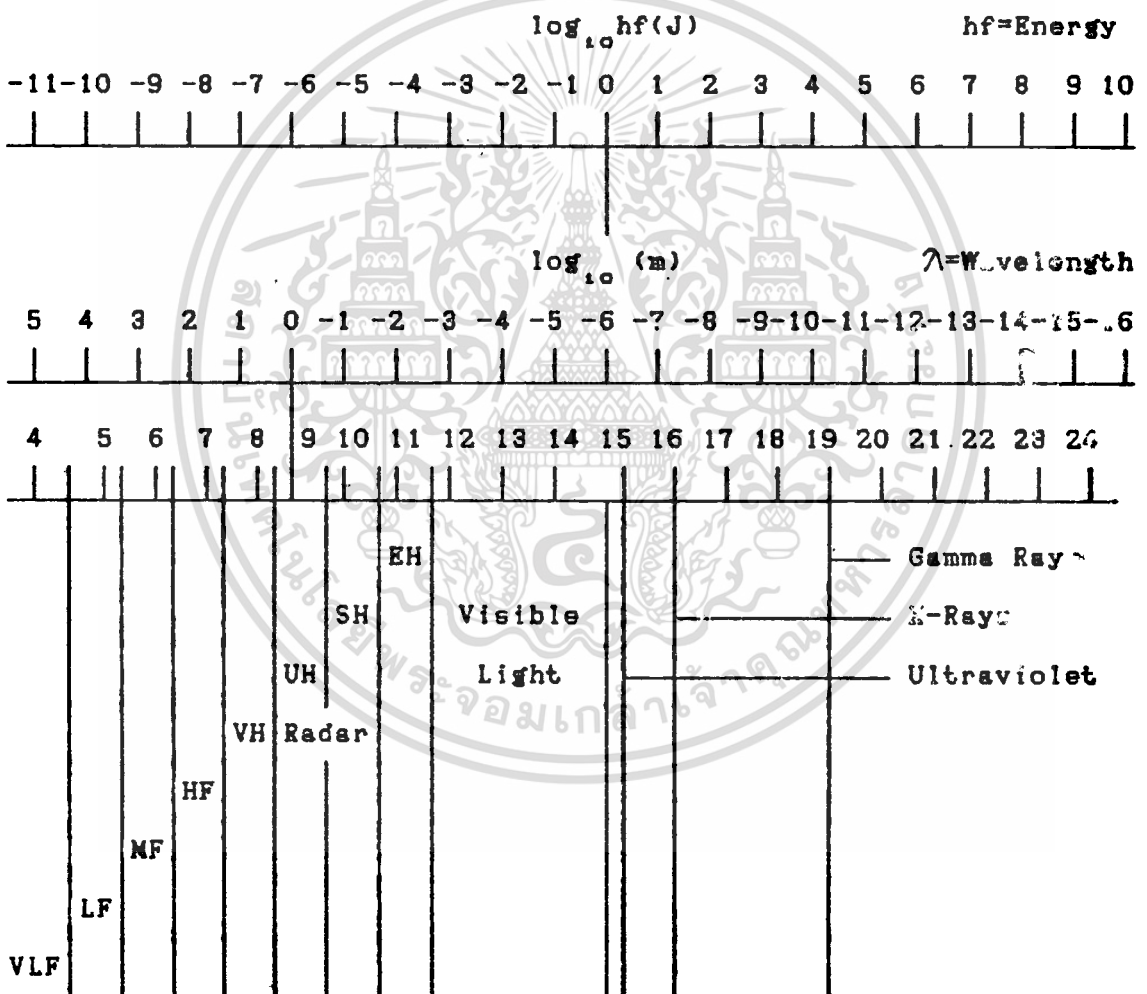
รูปที่ 2.1-5 Block diagram ของเครื่องรับ

2.2 คุณสมบัติของแสงอินฟราเรด

พื้นฐานของแสง

การแยกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum)

ตามธรรมชาติของแสง ที่เรามองเห็นกันอยู่ทุกวันนี้เป็นเพียงส่วนเล็กน้อยของช่วงแถบระยะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กราฟที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความยาวคลื่น ตามรูปที่ 2.2-1 ซึ่งมีความยาวคลื่นเป็น millimicron, nanomicron



รูปที่ 2.2-1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

หน่วยความยาวคลื่น

1 micron = 1×10^{-6} meter = 1μ

1 millimicron = 1×10^{-9} meter = $1 \text{m}\mu$

1 nanomicron = 1×10^{-12} meter = $1 \text{n}\mu$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่และความยาวคลื่นของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้สัมพันธ์กับความเร็วแสงจะได้จากสมการ

$$c = f\lambda$$

โดยที่ c = ความเร็วแสง มีค่าเท่ากับ 3×10^8 เมตร/วินาที
 f = ความถี่ มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์
 λ = ความยาวคลื่น มีหน่วยเป็น เมตร

ทฤษฎีควมตัมของแมกซ์เวลล์กล่าวว่า แหล่งกำเนิดพลังงานจะไม่แผ่หรือปล่อยพลังงานออกมาอย่างต่อเนื่องแต่จะปล่อยออกมาเป็นกลุ่มๆ และมีหน่วยขนาดของกลุ่มเรียกว่า "ควอนตัม (Quantum)" สำหรับการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า "โฟตอน (Photon)" ซึ่งอาจถือว่าเป็นอนุภาคพลังงานแม่ (Radiation) ที่เกิดจากสสารได้ พลังงานแม่ (Radiation) มีคุณสมบัติของคลื่น และจะเคลื่อนที่ผ่านระหว่างที่ว่างเปล่า (Free Space) ด้วยความเร็วของแสง และค่าพลังงานของ 1 โฟตอนคือ

$$1 \text{ Photon} = hf \text{ (Joules)}$$

โดยที่ f = ความถี่ของพลังงานแม่

$$h = \text{ค่าคงตัวของแมกซ์เวลล์} = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

ความถี่ของพลังงานการแผ่แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation) มีช่วงกว้างมากดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

ชนิด	ความยาวคลื่น(เมตร)	ความถี่(เฮิรตซ์)	Quantum Energy(eV)
วิทยุ	$10^4 - 10^{-3}$	$3*10^4 - 3*10^{11}$	$1.2*10^{-10} - 1.2*10^{-3}$
อินฟราเรด	$10^{-3} - 7*10^7$	$3*10^{11} - 4*10^{14}$	$1.2*10^{-3} - 1.7$
Visible	$7*10^{-7} - 4*10^7$	$4*10^4 - 7*10^4$	1.7 - 3
Ultra	$4*10^7 - 10^{-9}$	$7*10^{14} - 3*10^{17}$	3 - $1.2*10^3$
X-Rays	$10^{-8} - 10^{-11}$	$3*10^{17} - 3*10^{20}$	$1.2*10^3 - 1.2*10^4$
γ -Rays	$10^{-11} - 10^{-15}$	$3*10^{19} - 3*10^{23}$	$1.2*10^4 - 1.2*10^7$

ความเร็วของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในสุญญากาศหรือในอากาศ $c = 3*10^8$ m/s

Radiative Process มี 2 แบบ

1. เกิดจาก Electron และ Hole และ ส่วนที่อยู่ใกล้ๆกับ Junction ซึ่งจะให้ Photon Energy ประมาณค่าเท่ากับ Band gap energy ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง
2. จากการที่ Electron และ Hole จะเคลื่อนที่มารวมกันบริเวณ Trap Level Photon จะมีพลังงานเท่ากับ Energy Gap ลบออกด้วยค่า Binding Energy และจาก Process ทั้งสองจะได้ Photon ออกมา ซึ่งจะมีค่าความยาวคลื่นตามสมการข้างล่างนี้

$$\lambda = 1240 / \Delta E$$

ΔE = ค่าความแตกต่างของพลังงานหน่วยเป็น Electron Volt

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า ถ้าใช้สารต่างชนิดกัน ค่า ΔE จะแตกต่างกันออกไป ซึ่งเราสามารถดูได้จากตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 2.2 Some of the Material Available for LED device

Material	Band Gap Energy	Emission (nm)	Transition Type
Ge	0.66	1880	Indirect
Si	1.09	1140	Indirect
GaAs	1.43	910	Direct
Gap	2.24	560	Indirect
GaAs _{0.4} P _{0.6}	1.91	650	Direct
Al Sb	1.60	775	Indirect
In Sb	0.18	6900	Direct
Si c	2.2-3.0	563-413	Indirect

เป็นการแสดงถึง LED ชนิดต่างๆ ซึ่งให้ Photon ที่มีความยาวคลื่นค่าต่างๆกันและ จะเห็นได้ว่า LED ที่สร้างจาก Gallium Arsenide (Ga As) จะให้คลื่นอยู่ในช่วง Infrared ซึ่งมีค่าประมาณ 900 nm

2.3 ตัวกำเนิดแสงอินฟราเรด (Infrared)

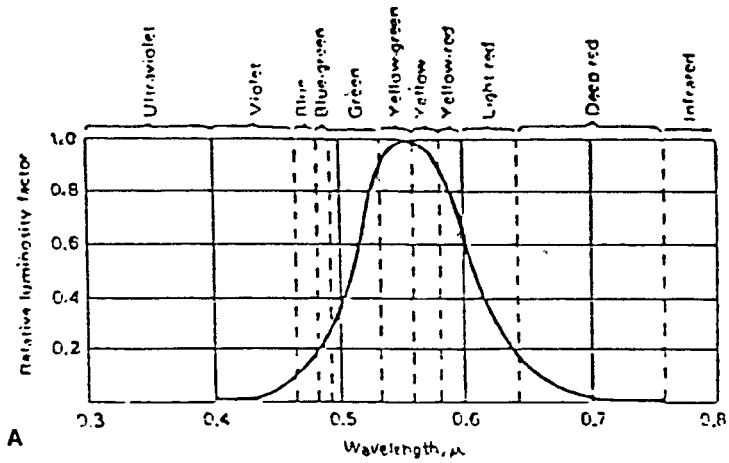
จากหลักการกำเนิดแสงอินฟราเรด โดยการนำเอาอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงซึ่งจะได้ความยาวคลื่นแสงที่ออกจากอุปกรณ์ตัวนี้ที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงอินฟราเรดดังที่กล่าวมา อุปกรณ์ตัวนี้คือ Infrared Light Emitting Diode (Infrared LED.) ซึ่งมีข้อดีหลายประการคือ

1. ใช้กระแสและแรงดันมีค่าน้อยมากในการผลิตคลื่น
2. สามารถควบคุมการทำงานของ LED. ให้มีค่าแน่นอนได้
3. มี Speed Response สูง

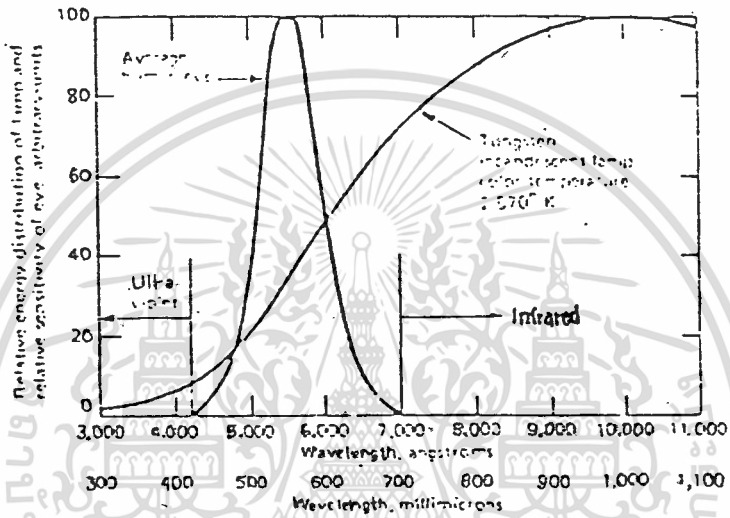
ลักษณะ Infrared LED ที่เหมือนกับ LED โดยทั่วไป คือจะเป็นสารกึ่งตัวนำที่ถูก dope โดยสารที่มี Valance electron ต่างกันโดยสารที่มี electron มากกว่าปกติจะเป็น N-type และสารที่มี electron น้อยกว่าปกติจะเป็น P-type เมื่อนำสารทั้งสองชนิดมาต่อกัน จะทำให้มีการแบ่งกันระหว่าง electron ขึ้นทำให้เกิดความต่างศักดาที่เรียกว่า Potential Barrier (E_b) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขนาดของ Energy gap ดังนั้น electron จากด้าน N-type จะเคลื่อนที่มายังด้าน P-type ต้องใช้พลังงานค่าหนึ่ง เมื่อเราป้อนแรงดันให้กับ LED จะมี electron เคลื่อนที่จากด้าน N-type มารวมกับโฮลทางด้าน P-type ซึ่งการรวมตัวกันนี้มีอยู่ 2 ลักษณะ คือ Radiative process ซึ่งเมื่อรวมตัวกันแล้วจะมีพลังงานบางส่วนพาออกไปจาก electron-pair และกระจายออกมาเป็น Photon ถ้าเป็นแบบ Non-Radiative process พลังงานจะแสดงออกมาในรูป photon หรือ heat

แถบย่านการตอบสนอง (Spectral Response)

อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่แผ่พลังงานออกมาในย่านการมองเห็นและย่านอินฟราเรดดังรูปที่ 2.4-1a) แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ตาของมนุษย์สามารถมองเห็น การแผ่ของคลื่นที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.4-0.76 micron และตามนุษย์เราสามารถตอบสนองในการมองเห็นแสงที่มีความยาวคลื่น 0.55 micron ที่เกิน 50% ขึ้นไปและที่ความยาวคลื่นสูงสุดที่ 0.61 micron

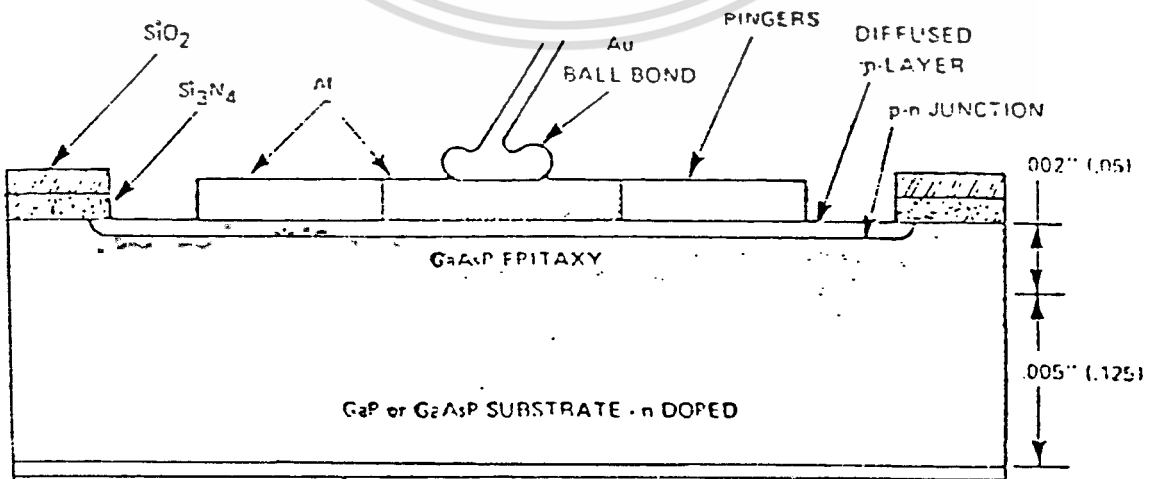


A



B

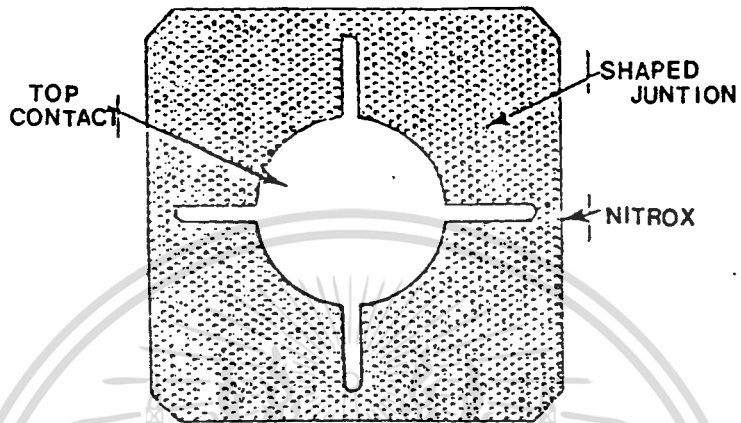
รูปที่ 2.3-1 a) แสดงถึงย่านของคลื่นแสงที่ตามองเห็น
 b) แสดงถึงการเปรียบเทียบย่านของคลื่นที่ตามองเห็น
 กับคุณสมบัติการแผ่รังสีของหลอดไฟได้ทั้งสแตน



AUGE BACK

A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

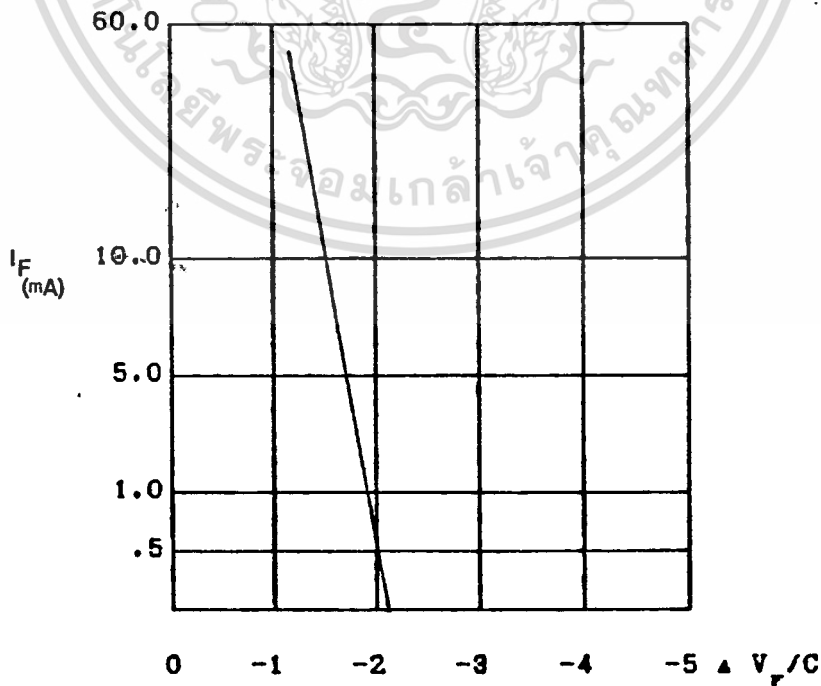


B)

รูปที่ 2.3-3 เป็นการแสดงโครงสร้างภายในของ LED

a) Cross Section of an LED

b) Plan View of an LED



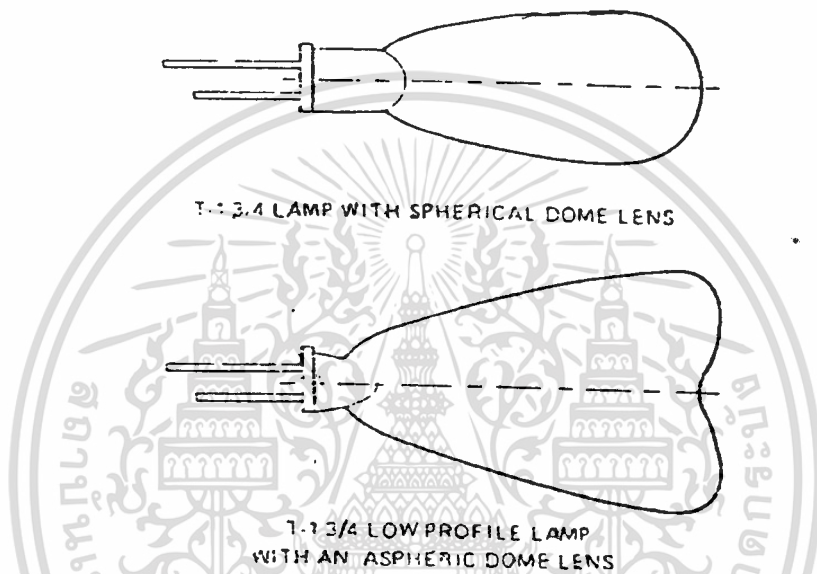
รูปที่ 2.3-4 Temperature Coefficient of Voltage and current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.3-4 เป็นการแสดงถึง Forward Voltage and Temperature ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยความสัมพันธ์ ของสมการดังต่อไปนี้

$$I_f = I_0 \exp (q V_f / nkT)$$

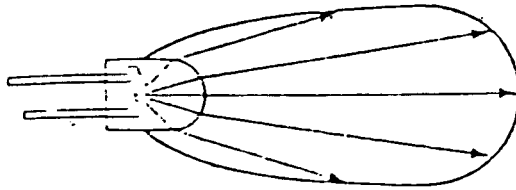
จากการที่เราทราบมาแล้วว่าค่าของความยาวคลื่นนั้นได้จากสูตร $\lambda = 1240/\Delta E$ เพราะฉะนั้นเมื่อ LED มีอุณหภูมิเปลี่ยนไปจะทำให้ ΔE เปลี่ยนแปลงไปด้วยค่าความยาวคลื่นจึงเปลี่ยนไป



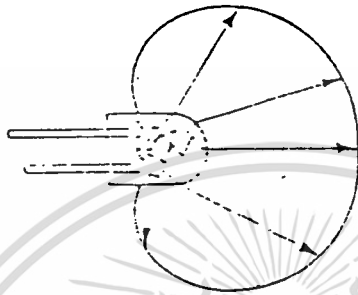
รูปที่ 2.3-5 Radiative pattern for Undiffused Lamp with Sphere and Aspheric Dome Lens

จากรูปที่ 2.3-5 แสดงถึงรูปร่างของ Dome Lens ซึ่งแตกต่างกันจะให้ Radiation pattern ต่างๆกัน แต่ใน Plastic LED แล้ว Spherical Dome Lens จะให้ pattern ที่เหมาะสมกับการส่งแบบ Point to Point ซึ่งจุดทั้งสองจะถูกตรึงกับที่ค่อนข้างแน่นอนและจะส่งไปได้ไกลกว่าแบบอื่นๆ ส่วนแบบ Aspheric Dome Lens เหมาะสำหรับงานครอบคลุมพื้นที่ แต่ส่งไปได้ไม่ไกล นอกจากนี้แม้ว่า LED จะเป็นชนิดเดียวกันและมี Dome Lens เหมือนกัน แต่ถ้ามี Plastic ที่ใช้ต่างชนิดกันก็จะให้ผลต่อการส่งคลื่นออกไปมี pattern ที่ไม่เหมือนกันดังรูปที่ 2.3-6 จะแสดงถึง LED สองตัวที่มีขนาดเท่ากันและ Lens ชนิดเดียวกันแต่ใช้ Diffused Plastic อันหนึ่ง และอีกอันหนึ่งใช้ Undiffused Plastic จะให้ pattern ต่างกัน

BOTH LAMPS HAVE THE SAME
LED CHIP AND THE SAME SHAPED
DOME LENS



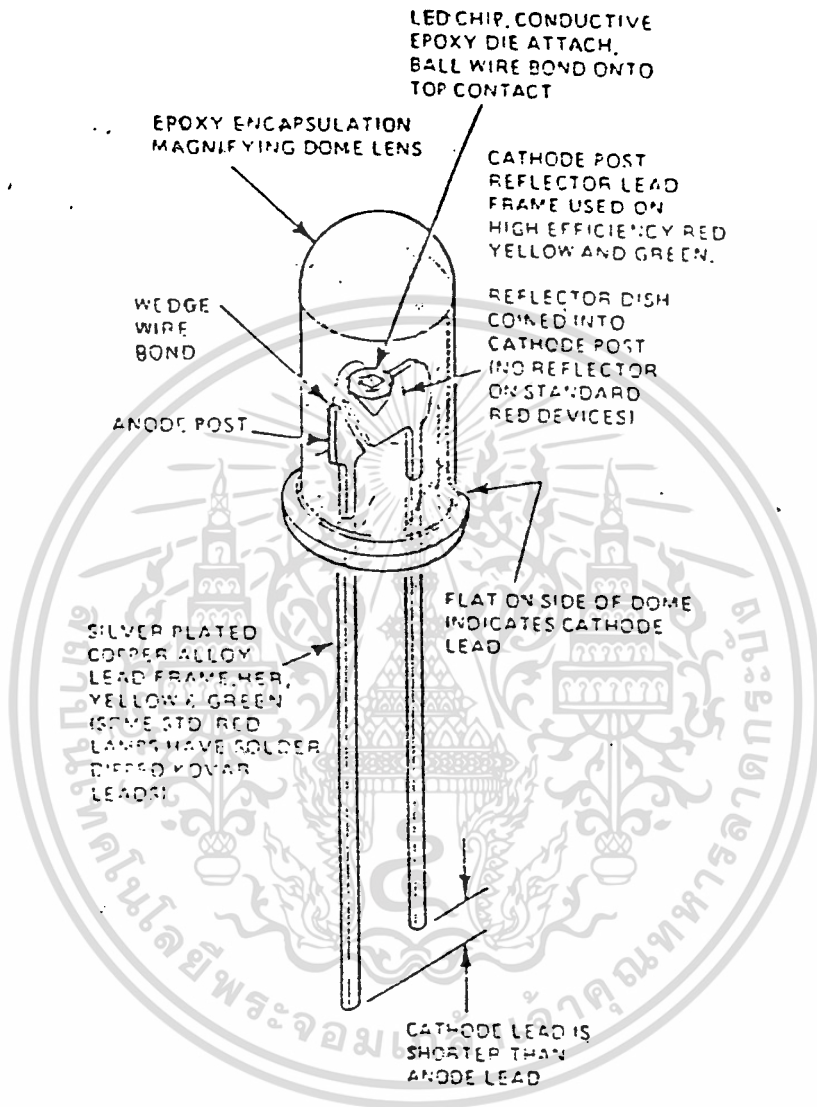
DIFFUSED PLASTIC LAMP HIGH VALUE OF ON-AXIS LUMINOUS INTENSITY
WITH A NARROW RADIATION PATTERN



UNDIFFUSED LED LAMP LOWERED VALUE OF ON-AXIS LUMINOUS
INTENSITY WITH A WIDE RADIATION PATTERN

**รูปที่ 2.3-6 การเปรียบเทียบระหว่าง Undiffused
และ Diffused Plastic LED Lamps**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3-7 รูปที่แสดงถึงส่วนประกอบต่างๆของ Plastic LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 หลักการของตัวรับแสงอินฟราเรด

ในการรับแสงอินฟราเรดเราใช้อุปกรณ์ตัวรับแสง (Detector) คือสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงที่รับเข้ามาไปเป็นพลังงานทางไฟฟ้า อุปกรณ์ประเภทนี้เช่น โฟโตไดโอด (Photo Diode) โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) เป็นต้น จัดเป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง แต่อุปกรณ์ตัวที่นำมาใช้ในวงจรระบบควบคุมโดยมากคือ โฟโตไดโอด และ โฟโตทรานซิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์รับแสงในระบบควบคุมระยะไกลแบบไร้สาย (Remote Control By Optoelectronic) ซึ่งจะรับแสงในย่านอินฟราเรดเป็นส่วนมากเพราะว่าจะไม่ทำให้สภาพแสงตามธรรมชาติเข้าไปรบกวนในการควบคุมได้

Photo Diode

มีโครงสร้างภายในของโฟโตไดโอดที่แตกต่างกันมากมายหลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อของสารกึ่งตัวนำนั้นๆ และโครงสร้างของ PN-Junctions ของไดโอดแต่ละชนิดและวิธีการผลิต

1. โครงสร้างแบบ Planer Diffusion เหมือนกับทรานซิสเตอร์หรือไอซี โดยใช้วิธีการ Planer Diffusion เพื่ออัดชั้น P บางๆ ลงบนฐานซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำแบบ N และจะพ้อหุ้มผิวหน้าโดยใช้ SiO_2 ตามรูปที่ 2.4-1 ก) โครงสร้างแบบนี้ทำผิวหน้าให้อยู่ในรูปถาวรไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และสามารถเปลี่ยนแปลงความไวในช่วงความยาวของคลื่นสั้นของแสงได้โดยเราปรับที่ขนาดความหนาบางของ SiO_2 หรือชั้น P ชั้นอากาศโดยปกติจะบาง

2. โครงสร้างแบบ PIN ชั้น P ของโครงสร้างแบบ PIN นี้เหมือนกับแบบ Planer แต่มีฐานเป็นสารกึ่งตัวนำแบบ N มีความต้านทานจำเพาะสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับแบบอื่นมีการใช้แรงดันไบอัสย้อนกลับมีค่าสูง ต้องระวังในเรื่องของค่าแรงดันที่ทนได้และกระแสรั่ว

3. โครงสร้างแบบ Mesa เป็นโครงสร้างแบบเดียวกับ Planer ต่างกันตรงที่ว่าแถบของชั้น P จะถูกตัดออกโดยรอบ ดังรูปที่ 2.4-1 ง) ทำให้ความจุลยที่อยู่รอบๆ ชั้น P มีค่าน้อยลง

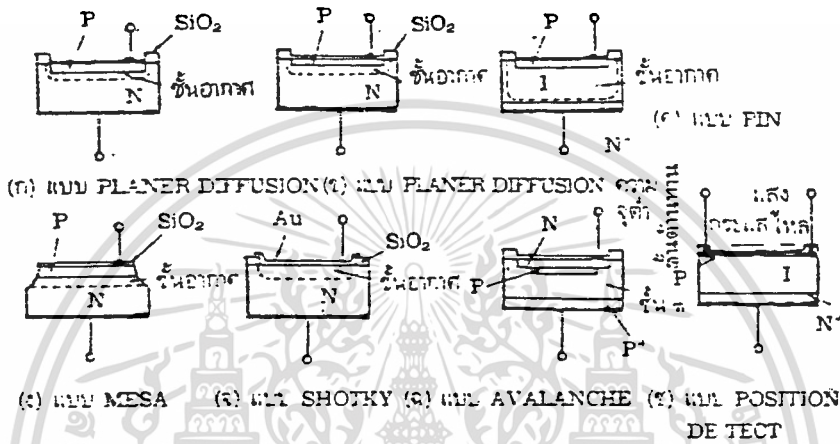
4. โครงสร้างแบบ Shotky นี้จะติดแผ่นทองบางๆ ที่ผิวของสารกึ่งตัวนำแบบ N สำหรับชั้นอากาศนั้นจะติดกับผิวหน้ามากที่สุดจะมีความไวมากแม้จะเป็นช่องคลื่นของแถบเหนือม่วง ข้อเสียคือ การที่มีกระแสย้อนกลับสูงและการที่เราใช้ประโยชน์จากผิวของสารกึ่งตัวนำ เมื่อเปรียบเทียบกับแบบ Planer แล้วจัดว่าเป็นโครงสร้างที่มีค่าไม่แน่นอน

5. โครงสร้างแบบ Avalanche เป็นแบบที่แนวแบ่งของ PN-Junction มีการเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหัน ดังนั้นถ้าเพิ่มแรงไฟไบอัสย้อนกลับที่มีค่าสูง ทำให้สนามไฟฟ้าที่แนวแบ่งของ PN-Junction จะมีค่าสูงขึ้นมาอีกและ carrier จะสร้างการ Ionize ครั้งแล้วครั้งเล่าทำให้เกิดกลุ่มของอิเล็กตรอนมากขึ้นเรื่อยๆ ตัว carrier ก็มากตามไปด้วย โครงสร้างแบบนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า รับเลี้ยงรบกวนของวงจรน้อยมาก จึงสามารถตรวจจับแสงที่มีความเข้มต่ำได้

ไม่มีการแก้ไขใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

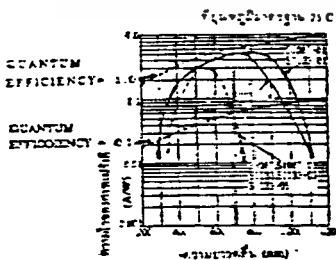
6. โครงสร้างแบบ Position Detect มีขั้วทางไฟฟ้าของ PN-Junction ที่ไม่ใช่ตัวนำ แต่ทำมาจากแผ่นต้านทานเหมือนกับแบบ PIN ถ้าเราให้กระแสสัญญาณไหลออกจากปลายทั้งสองของขั้วตัวต้านทานแล้วกระแสที่เกิดจากพลังงานของแสง คิดจากปริมาณของกระแสหารด้วยอัตราเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า



รูปที่ 2.4-1 โครงสร้างอย่างย่อของโฟโตไดโอด

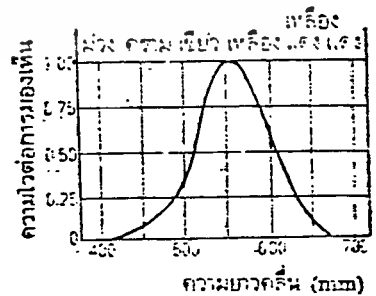
คุณสมบัติเกี่ยวกับความไวต่อสเปกตรัม

ความไวที่มีต่อสเปกตรัมของโฟโตไดโอด (ความไวนี้จะมีค่าขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ) เราพิจารณาจากโครงสร้างของตัวไดโอดและชนิดของเนื้อสารกึ่งตัวนำ เมื่อเราไม่ต้องการให้แสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างออกไปมากกระทบกับ Sensor เราควรตัดฟิลเตอร์กรองแสงเหล่านี้ออกเสีย จากรูปที่ 2.4-2 แสดงถึงกราฟเส้นโค้งของความไวที่มีต่อสเปกตรัมของนัยตามนุษย์ เราตามมาตรฐานแสดงในรูปที่ 2.4-3



รูปที่ 2.4-2

รูปที่ 2.4-2 ตัวอย่างแสดงคุณสมบัติของความไวต่อสเปกตรัมของโฟโตไดโอด

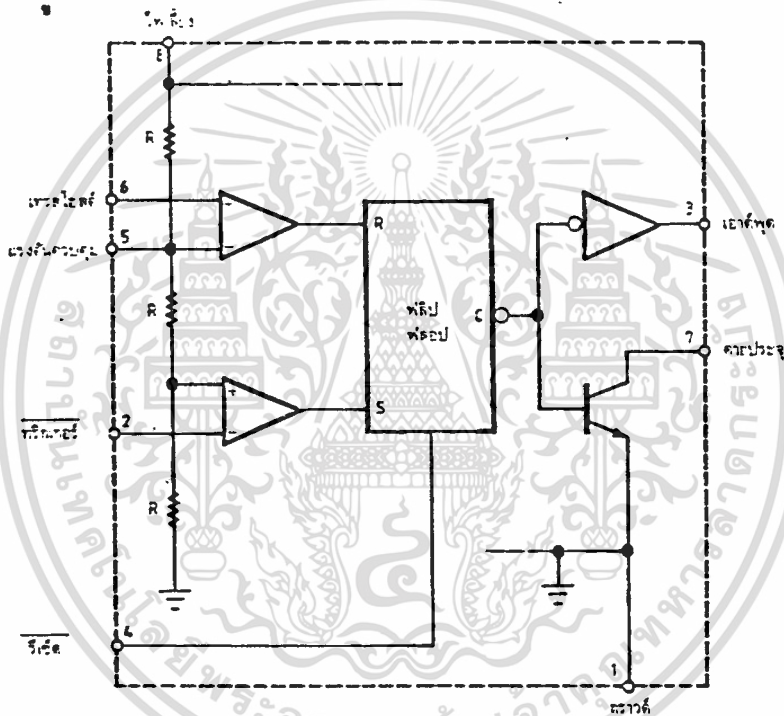


รูปที่ 2.4-3

รูปที่ 2.4-3 กราฟแสดงความไวต่อสเปกตรัมของนัยตามนุษย์

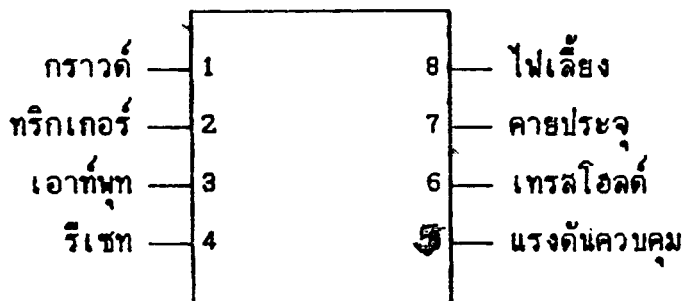
2.5 ทฤษฎีและการใช้งาน ไทม์เมอร์ ไอซี 555

ไอซี 555 สามารถนำมาใช้งานเป็นเป็นวงจรมอนอสเตเบิลหรือวงจรรอสเตเบิล และจากรูปที่ 2.5-1 แสดงโครงสร้างภายในของ IC 555 จะเห็นว่าภายใน ประกอบด้วย วงจรที่เป็นดิจิตอล(วงจรมอนอสเตเบิล)และวงจรรอนาลอก(วงจรถ่ายเทียบ) เมื่อพิจารณา โครงสร้างของไอซีแล้ว จะเห็นว่ามันสามารถจ่ายกระแสได้สูง และใช้ได้กับไฟเลี้ยงในช่วงกว้างๆ และรูปที่ 2.5-2 แสดงรายละเอียดการจัดการจัดขาของ IC 555



รูปที่ 2.5-1 แสดงถึงโครงสร้างพื้นฐานภายในของ ไอซี 555

555 - วงจรตั้งเวลา



รูปที่ 2.5-2 แสดงการจัดการจัดขาของไอซี 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำไปใช้งาน

ในวงจรโมโนสเตเบิลหรือแอสเตเบิล ช่วงเวลาของพัลส์จะถูกกำหนดด้วยเวลาที่ใช้ในการประจุตัวเก็บประจุจาก 0 โวลต์ถึง $2/3$ ของแรงดันไฟเลี้ยง (แรงดันเทรลโฮลด์) โดยทั่วไปแล้วแรงดันประจุ (V_c) จะถูกประจุผ่าน R จากแหล่งจ่ายไฟ V_{cc} จนมีแรงดันเท่ากับ $2/3 V_{cc}$

$$\text{เมื่อ } V_c(t) = V_{cc} (1 - e^{-t/\tau_c})$$

$$\begin{aligned} \text{โดยที่ } t_1 &= (-\log e^{1/3}) R_c \\ &= 1.1 R_c \end{aligned}$$

แรงดันที่ถูกประจุนี้จะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาเดียว (monotime) และพัลส์ที่มากกระตุ้นก็จะกว้างช่วงเวลาเดียวถ้าพัลส์ที่มากกระตุ้นยิ่งกว้างก็จะส่งผลให้ช่วงเวลาเดียวกว้างขึ้นด้วย แต่สามารถแก้ไขได้โดยการใช้วิธีการส่งผ่านแบบสัญญาณไฟกลับ [โดยมีการเพิ่ม R_2 , C_2 และให้ $(R_2 \cdot C_2) < (R_1 \cdot C_1)$]

ถ้าเราต้องการเปลี่ยนวงจรโมโนสเตเบิลไปเป็นวงจรแอสเตเบิลก็เพียงแต่ทำให้ตัวไอซีสามารถทำการกระตุ้นตัวเองได้ ตัวเก็บประจุ C_1 จะถูกประจุโดย R_1 และ R_2 จนมีแรงดันเท่ากับ $2/3 V_{cc}$ ในช่วงเวลา t_1

$$\begin{aligned} t_1 &= (-\log e^{1/3}) (R_1 + R_2) C_1 - (-\log e^{2/3}) (R_1 + R_2) C_2 \\ &= 0.694 (R_1 + R_2) C_1 \end{aligned}$$

เมื่อถึงช่วงเวลาของการคายประจุ การคายประจุของ C_2 เท่านั้นดังนั้น ในช่วงเวลาของการคายประจุเท่ากับ

$$t_2 = 0.694 R_2 C_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งก็หมายความว่าแรงดันบนตัวเก็บประจุจะเปลี่ยนไปมาระหว่าง $1/3 V_{cc}$ ถึง $2/3 V_{cc}$ ช่วงเวลาทั้งหมดคำนวณได้จาก

$$T = t_1 + t_2$$

$$= 0.694 (R_1 + 2R_2) C$$

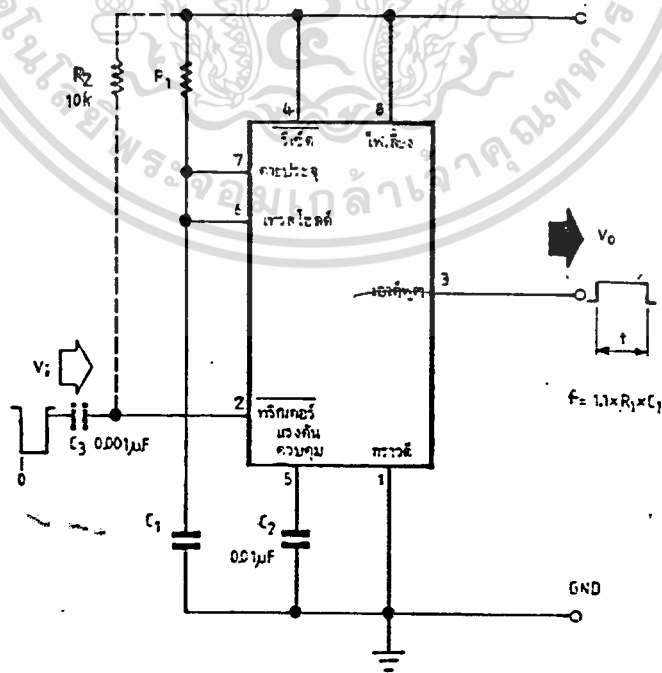
และค่าความถี่เอาต์พุต (f_o) จะเท่ากับ

$$f_o = 1/T$$

$$= 1.44 (R_1 + 2R_2) C$$

เมื่อเราจ่ายไฟให้แก่วงจรครั้งแรกหรือเมื่อให้อินพุทริเซตเป็นระดับสูง C จะเริ่มประจุจาก 0 โวลต์ ดังนั้นช่วงเวลาของพัลส์ลูกแรกเท่ากับ $1.1 R_1 C_1$

เมื่อนำมาทำเป็นวงจรมอนอสเตเบิลหรือแอสเตเบิลก็ คือช่วงเวลาของพัลส์จะไม่ขึ้นอยู่กับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง V_{cc} ซึ่งเมื่อแรงดันของแหล่งจ่ายไฟลดลงจะทำให้แรงดันทริกเกอร์และแรงดันเทรลโวลต์ลดลงตามไปด้วย ดังนั้นช่วงเวลาของพัลส์ที่เอาต์พุทก็จะไม่เปลี่ยนแปลงตามแรงดันของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง



รูปที่ 2.5-3 การใช้ IC 555 เป็นวงจรมอนอสเตเบิล

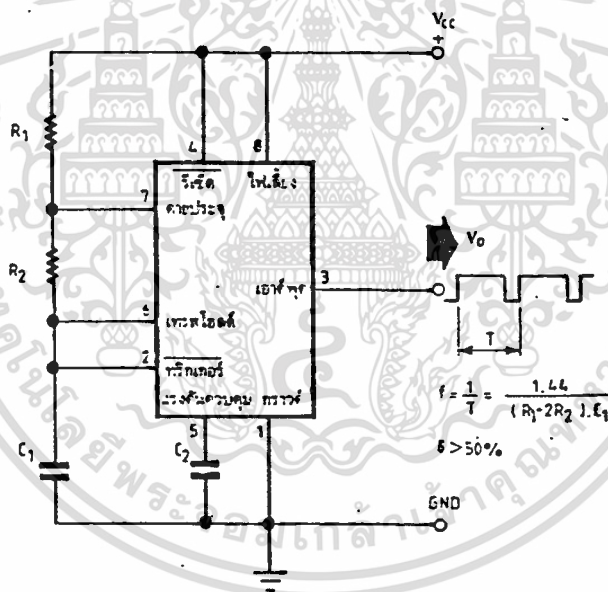
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดิวตี้ไซเคิล คือ อัตราส่วนของช่วงเวลาที่เอาท์พุทมีศักดาสูงกับช่วงเวลาที่หมดของพัลส์หนึ่งลูกคลื่น เขียนแทนด้วย D

$$\text{duty cycle } D = t_1 / T$$

$$= (R_1 + R_2) / (R_1 + 2R_2)$$

สำหรับวงจรออสเตเบิลในรูปที่ 2.5-4 ตัวไอซีเองไม่สามารถจ่ายเอาท์พุทตามที่มีค่าดิวตี้เฟกเตอร์ (duty factor) ต่ำกว่า 0.5 ได้ เนื่องจากค่าความต้านทานในการเก็บประจุเท่ากับ $R_1 + R_2$ จะมีค่าความต้านทานของการคายประจุ R_2 อย่างแน่นอน



รูปที่ 2.5-4 การใช้ IC 555 เป็นวงจรออสเตเบิล

2.6 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ (Transistor Switching)

อุปกรณ์กึ่งตัวนำที่ถูกนำมาใช้ทำสวิตช์ ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์กึ่งตัวนำที่ดีจึงสามารถนำมาทำสวิตช์ได้เกือบๆจะเป็น Ideal เมื่อทรานซิสเตอร์มีสภาวะ "off" จะมีกระแส collector-emitter leakage ไหลผ่านโหลดได้บ้างนิดหน่อย เมื่อทรานซิสเตอร์มีสภาวะ "on" จะมีแรงเคลื่อนมีค่าน้อยๆตกคร่อม collector emitter เรียกว่า Saturation voltage ($V_{CE(sat)}$) ทรานซิสเตอร์นี้จะไม่เปิดเปิดสวิตช์ทันทีทันใดเหมือนสวิตช์ธรรมดา มันจะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์และสภาวะของวงจร

ลักษณะของทรานซิสเตอร์สวิตช์ในอุดมคติ (Ideal Transistor Switch)

ตามรูปที่ 2.6-1 เป็นวงจร common emitter amplifier ออกแบบให้ทำงานเป็นสวิตช์ Load resistor ต่ออยู่กับ collector และรับแรงเคลื่อนจากแหล่งจ่าย V_{CC} ซึ่ง emitter ต่อดลงกราวด์วงจรที่จะใช้เป็นสวิตช์คือขั้วของ collector กับขั้ว emitter แรงเคลื่อนอินพุตสำหรับควบคุมทรานซิสเตอร์คือ base emitter voltage (V_{BE})

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_L$$

เมื่อแรงเคลื่อนที่เบส-อิมิตเตอร์เป็น 0 นั่นก็คือ base ได้รับ reverse bias ดังรูปที่ 2.6-1 ข) กระแสเบส I_B และกระแสคอลเลกเตอร์ I_C จะเป็น 0 สภาวะของทรานซิสเตอร์ขณะนี้เป็นสวิตช์ "off" เนื่องจากไม่มีกระแสไหลผ่าน collector จึงไม่มีแรงเคลื่อนตกคร่อม Load

$$V_{CE} = V_{CC}$$

นั่นก็คือเมื่อทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติมีสภาวะ "off" $V_{CE} = V_{CC}$ เมื่อเบสของทรานซิสเตอร์เป็นบวกกับอิมิตเตอร์ดังรูปที่ 2.6-1 ค) จะมีกระแสเบสไหล กระแส I_C จะเท่ากับ $I_B * h_{FE}$ ถ้า I_B มากพอ $I_C * R_L$ ก็จะมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนจากแหล่งจ่าย V_{CC}

$$V_{CE} = V_{CC} - V_{CC} = 0$$

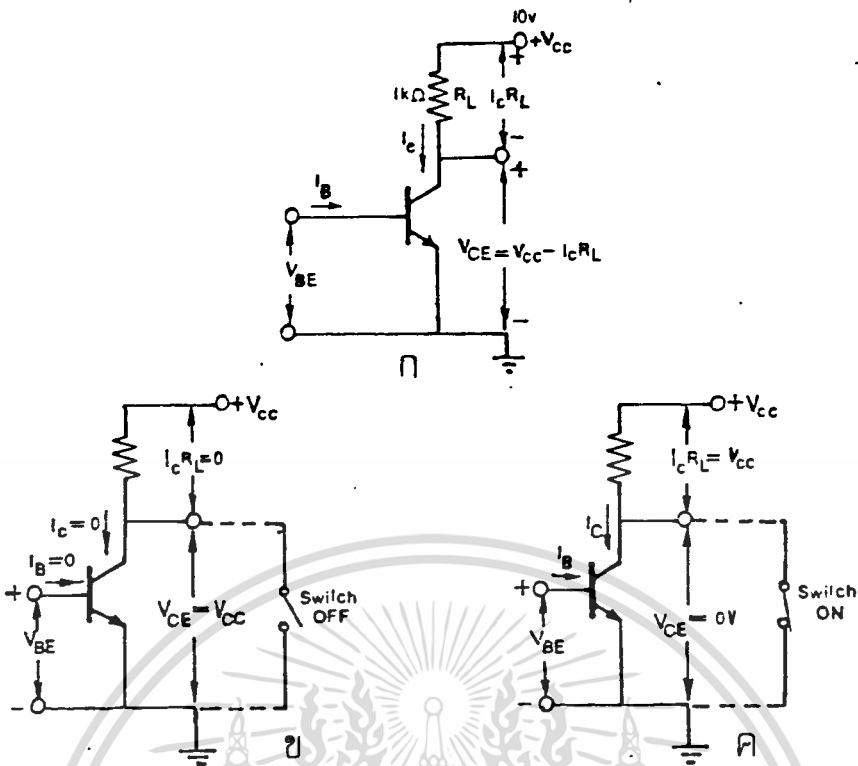
สำหรับวงจร Ideal สวิตช์ เมื่อสวิตช์ on แรงเคลื่อนระหว่าง collector กับ emitter จะเท่ากับ 0 เมื่อวงจรเป็น Ideal ดังนั้นกำลัง dissipation power ในวงจรทั้งขณะ on หรือ off

$$P_D = I_C * V_{CE}$$

$$\text{off } I_C = 0 ; \text{ on } V_{CE} = 0$$

ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ทรานซิสเตอร์สามารถทำงานเป็นสวิตช์ได้ดีเมื่ออยู่ในสภาวะ "off" แรงเคลื่อน V_{CE} เป็น 0 หรือเป็นลบ เมื่ออยู่ในสภาวะ "on" แรงเคลื่อน V_{CE} เป็นบวกในทางอุดมคติ ทรานซิสเตอร์จะมี $V_{CE} = V_{CC}$ เมื่อทรานซิสเตอร์ "off" และ $V_{CE} = 0$ เมื่อทรานซิสเตอร์ "on" ส่วนในทางปฏิบัติมิได้เป็นดังที่กล่าวมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



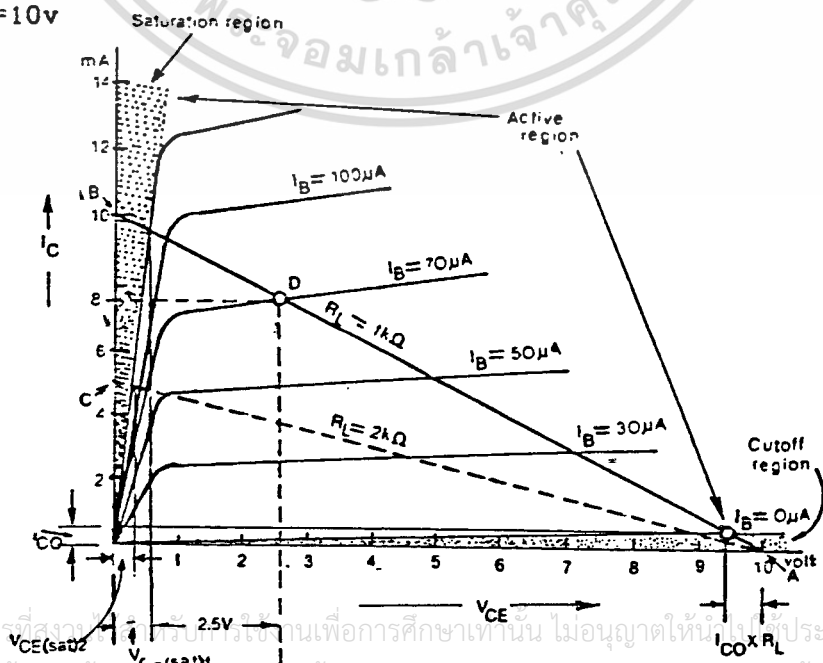
รูปที่ 2.6-1 ก) วงจร common emitter amplifier

ข) วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ "off"

ค) วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ "on"

ลักษณะของทรานซิสเตอร์สวิตช์ภาคปฏิบัติ

เพื่อให้เข้าใจทรานซิสเตอร์สวิตช์ทางภาคปฏิบัติ ซึ่งแตกต่างจากกรณีที่เป็นไปทางอุดมคติอย่างไรจำเป็นจะต้องพิจารณาวงจร common emitter characteristic ดังแสดงในรูปที่ 2.6-2 เมื่อ $I_c = 0$ $V_{ce} = V_{cc}$ และ $V_{cc} = 10v$ กำหนดจุด A บนกราฟที่ $I_c = 0$ และ $V_{ce} = 10v$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

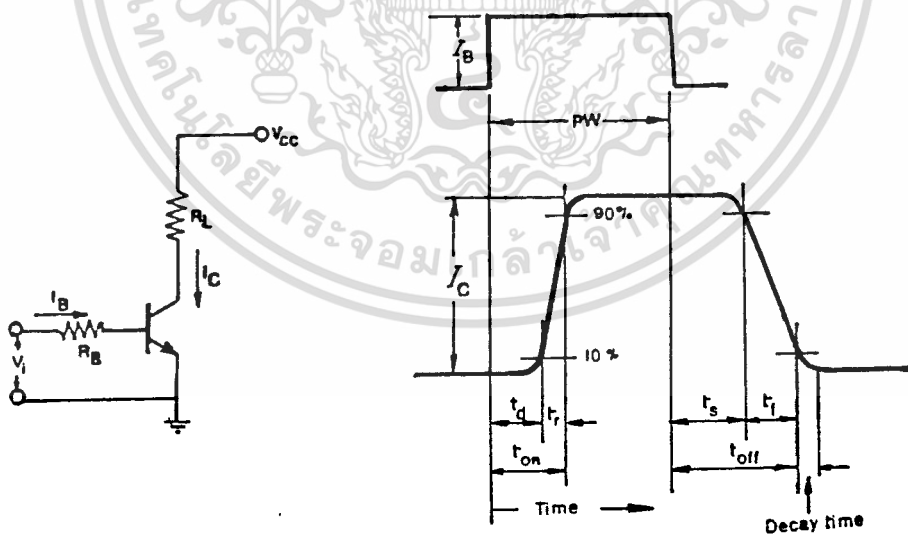
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6-2 กราฟ I_c และ V_{ce} ของวงจร common emitter สำหรับทรานซิสเตอร์สวิตช์

กำหนดจุด B บนกราฟที่ $V_{CE} = 0, I_C = 10\text{mA}$ ลากเส้นโหลดสายสำหรับ $R_L = 1\text{กิโลโอห์ม}$ จากจุด A และจุด B กราฟถูกแบ่งเป็นส่วนสามส่วนคือ ส่วนที่ 1 เรียกว่าย่านแอคทีฟซึ่งตามปกติย่านนี้จะให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเกี่ยวกับการขยายสัญญาณ มันจะเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนของ collector-emitter อย่างเห็นได้ชัดตามการเปลี่ยนแปลงของกระแสเบสที่เป็นเชิงเส้น เมื่อกระแส collector สูงมาก ซึ่ง V_{CE} น้อยกว่า 0.7V คือการทำงานของทรานซิสเตอร์ในย่านอิ่มตัว และย่าน cutoff คือย่านที่ทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ต่ำกว่าระดับกระแส $I_B = 0$ แสดงให้เห็นว่า I_C เมื่อถึงจุดอิ่มตัวด้วยกระแส I_C ค่าต่ำๆ แล้ว $V_{CE} = 0$ ลดน้อยลง จากรูปมี $V_{CE} = 0.7\text{V}$ และ $V_{CE} = 0.2\text{V}$ ดังนั้นแรงเคลื่อนที่เบสเป็น 0.5V วัตเทียบกับ collector และตามปกติ reverse bias collector-base junction แท้ที่จริงเป็น forward bias และ bias นี้เองเป็นตัวทำให้ความเร็วของสวิตช์มีขีดจำกัด

เวลาของการเปิด-ปิดสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ (Transistor Switching Time)

สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งของคุณลักษณะของวงจรสวิตช์ คือ ความเร็วในการทำงานเปิด-ปิดวงจรสวิตช์ของวงจร นิยามจากรูปที่ 2.6-3



รูปที่ 2.6-3 ความสัมพันธ์ของเวลาระหว่างกระแสเบสกับคอลเลคเตอร์ที่ทรานซิสเตอร์สวิตช์

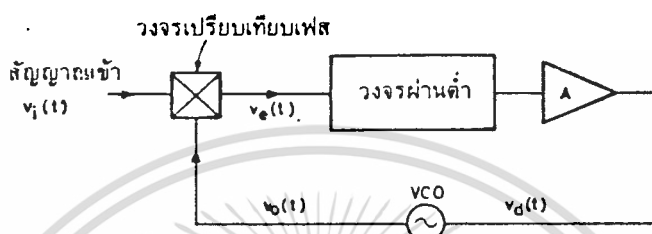
ซึ่งเวลาที่สัมพันธ์กันระหว่างกระแสเบสและคอลเลคเตอร์ เมื่อกระแสเบสไหลเข้ามาใน วงจรเบสทรานซิสเตอร์ยังไม่ทำงานสวิตช์ "on"ทันที เวลาระหว่างการทำงานของกระแส และการเริ่มไหลของกระแสคอลเลคเตอร์จะมีลักษณะที่เรียกว่าdelay time(t_{dL})คือเวลาที่ I_C เริ่มไหลไปจนถึง10%หลังจากกระแส I_B เริ่มไหล ต่อจากนั้นกระแส I_C จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ไปจนถึงระดับ90%ของกระแสสูงสุดของวงจรขณะนั้นสวิตช์จะอยู่ในลักษณะปิดวงจร"on" เวลา ที่ใช้ให้กระแสเพิ่มขึ้นจาก10%-90%ของกระแสสูงสุดนี้เรียกว่าเวลารise time(t_{rL})เวลาที่ สวิตช์ใช้ปิดวงจร(turn on time)(t_{on})คือผลรวมของเวลา t_{dL} และ t_{rL} จากรูป เวลาที่ ทรานซิสเตอร์สวิตช์"off"วงจรมิได้ทำงานทันทีที่กระแสเบสหยุดเป็น 0 หรือเป็นreverse เวลาที่ทรานซิสเตอร์turn off(t_{off})ประกอบด้วยstorage time(t_{sL})และfall time (t_{fL})เวลาstorage timeเป็นผลมาจากกระแสเบส collector-base junctionเป็น forward biasเมื่อทรานซิสเตอร์อิมิต์ charge carrierที่ forward bias junction ถูกจับไว้ในdepletion regionเมื่อjunction reverse charge carrierเหล่านั้นถูก ดึงไปหรือเอาไปรวมกับ charge carrier ที่เป็นชนิดตรงข้ามก่อนที่กระแสคอลเลคเตอร์ จะเริ่มตก(fall)ดังนั้นstorage time(t_{sL})จึงนิยามไว้ว่าเวลาระหว่างที่ I_C สวิตช์"off" และ I_C ตกลงถึง90%ของกระแสสูงสุด เวลาfall time คือเวลาที่ใช้สำหรับให้ I_C ตกจาก 90%จนถึง10%อีกอย่างหนึ่งคือเวลาดelay timeบางทีก็รวมอยู่ในเวลาturn offtime นี้ คือเวลาที่ใช้สำหรับให้ I_C เปลี่ยนจาก10%ไปจนถึงระดับ I_{C0} ตามปกติเวลาเหล่านี้จะไม่สำคัญ เนื่องจากทรานซิสเตอร์อยู่ในสถานะ"off"เมื่อ I_C ตกลงสู่ระดับ10%

กรณีที่สวิตช์เป็น nonsatiation sw. จะเป็น reverse bias เมื่อสวิตช์ on เพราะฉะนั้นจะ ไม่มีstorage timeรวมอยู่ด้วยและเวลาturn off จะไม่มากกว่าเวลาfall timeเท่าใด การที่เวลา turn offรวดเร็วเป็นข้อได้เปรียบของ nonsatiation sw. อย่างหนึ่ง จาการูป แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของแรงดัน เช่นเดียวกับรูปร่างของ I_B และ I_C จะปรากฏขึ้นเกือบทันทีทันใดที่ V_{BE} ถูกป้อนเข้า กระแส I_B เริ่มปรากฏเท่ากับ V_{BE}/R_{BE} แรง เคลื่อนเอาต์พุตขณะใดขณะนั้นขึ้นอยู่กับ I_C ในขณะนั้น

2.7 ทฤษฎีและการใช้งานวงจร TONE DECODER โดยใช้ PLL

การทำงานของวงจร PLL

วงจร PLL ประกอบด้วยวงจรเปรียบเทียบเฟส วงจรผ่านต่ำ วงจรขยายและวงจรแกว่ง ควบคุมโดยแรงดัน (Voltage Controller Oscillator หรือเรียกย่อๆว่า VCO) ต่อเป็นวงรอบ (loop) ตัวอย่างเช่น วงจรป้อนกลับทั่วๆไป



รูปที่ 2.7-1 วงจร PLL พื้นฐาน

วงจรเปรียบเทียบเฟส คือ วงจรที่ใช้แรงดันออกเป็นปฏิภาคกับผลต่างระหว่างเฟสของ

$$V_i(t) = V_i \sin(\omega_i t + \phi_i)$$

และสัญญาณออกจาก VCO มีความถี่ ω_o และ ϕ_o

$$V_o(t) = V_o \cos(\omega_o t + \phi_o)$$

(สังเกตว่าในการเขียนสมการเช่นนี้ V_i และ V_o มีมุมอ้างอิงต่างกันอยู่ 90 องศา เพราะ V_i เขียนเป็น sin และ V_o เขียนเป็น cosine)

ถ้าป้อน V_i และ V_o เข้าที่วงจรเปรียบเทียบเฟส จะได้สัญญาณออกเป็น

$$V_e(t) = K_v V_i V_o$$

ถ้าเลขเทอมความถี่ $2\omega_i$ ซึ่งจะถูกกำจัดโดยวงจรผ่านต่ำจะได้

$$V_e = (K_v V_i V_o) / 2 * \sin(\phi_i - \phi_o)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าสมมติว่าผลต่าง $\omega_c - \omega_0$ มีค่าน้อย จะได้

$$V_c = K_v (\omega_c - \omega_0)$$

โดยที่ K_v คือความไวของวงจรเปรียบเทียบเฟส = $K_v V_c V_0 / 2$ (v/rad)

แรงดัน V_c นี้จะได้รับการขยายและใช้เป็นแรงดันควบคุมความถี่ของ VCO ซึ่งในการทำงานปกติ การควบคุมนี้จะมีผลให้สัญญาณ V_c จาก VCO มีความถี่ตรงกับสัญญาณเข้า V_c และถ้าอัตราขยายวงรอมมีค่าสูง V_c จะมีค่าต่ำและเฟส ϕ_c และ ϕ_0 มีค่าใกล้เคียงการทำงาน of วงจร PLL ซึ่งอาจอธิบายคร่าวๆ ได้ดังนี้ เมื่อไม่มีสัญญาณเข้า ($V_c = 0$) แรงดัน V_c และ V_0 (ที่ใช้ควบคุม VCO) จะเป็นศูนย์ VCO จะกำเนิดสัญญาณที่มีความถี่หนึ่งเรียกว่า ความถี่อิสระ (free running frequency) f_{00} เมื่อให้สัญญาณเข้า V_c ที่ความถี่ f_c ถ้า f_c ต่างจาก f_{00} มาก สัญญาณ V_c ซึ่งมีความถี่เท่ากับ $f_{00} - f_c$ จะไม่สามารถผ่านวงจรผ่านต่ำ แรงดัน V_c ที่ใช้ควบคุม VCO จะยังคงเป็นศูนย์ และ VCO ยังคงที่ความถี่ f_{00}

ถ้า f_c ไม่ต่างจาก f_{00} มากนัก นั่นคือ $|f_c - f_{00}| < \Delta f_c$ ($2\Delta f_c$ มีชื่อว่า ช่วงดึงเข้า หรือ pull-in range) สัญญาณ V_c จะมีลักษณะไม่สมมาตร กล่าวคือมีองค์ประกอบไฟตรงไม่ time) ความถี่ f_{00} ซึ่งค่อยๆ แปรไปยังค่า f_c จะต่างจากค่า f_c เพียง $|f_c - f_{00}| = \Delta f_c$ ($2\Delta f_c$ มีชื่อว่า ช่วงจับหรือ capture range) ถึงตอนนั้น f_{00} จะแปรเข้าสู่ค่า f_c อย่างรวดเร็วฉับพลัน เรียกว่าเกิดการล็อก (lock) V_c ก็จะเปลี่ยนแปลงฉับพลันเช่นเดียวกัน ทั้งนี้สำหรับ VCO โดยทั่วไปความถี่ f_{00} เป็นปฏิภาคกับการบ่ายเบนจากความถี่อิสระ

$$\omega_0 - \omega_{00} = K_v V_c$$

โดยที่ K_v เรียกว่าความไวของ VCO มีหน่วยเป็น (rad/sec)/V

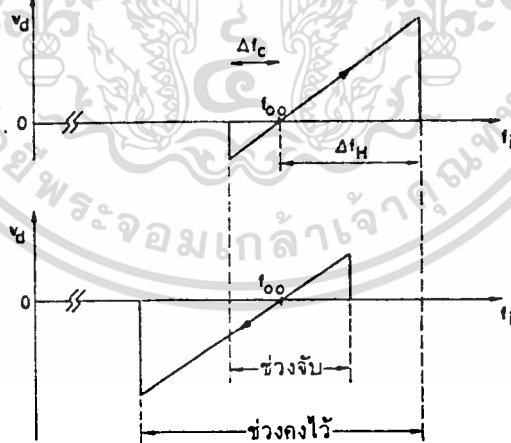
การได้มา (acquisition) ซึ่งการล๊อคอาจใช้วิธีดังนี้

- (ก) ณ. ขณะหนึ่ง ความถี่ของ VCO ต่างจากความถี่ขาเข้า f_c น้อยกว่า Δf_c จะเกิดการล๊อคโดยฉับพลัน เรียกว่า เกิดการจับ (capture)
- (ข) ณ. ขณะหนึ่ง ความถี่ของ VCO ต่างจากความถี่ขาเข้า f_c มากกว่า Δf_c แต่ น้อยกว่า Δf_c ความถี่ของ VCO จะค่อยๆ เลื่อนเข้าหาความถี่ f_c เรียกว่า เกิดการดึงเข้า (pull-in)

(ค) นอกช่วงดึงเข้าหรือในกรณีที่การดึงเข้าใช้เวลานานเกินไปอาจเพิ่มวงจรเพื่อควบคุมให้ความถี่ของ VCO กวาด(sweep) ไปเพื่อเสาะหาความถี่ของสัญญาณ หรือถ้าเสียงรบกวน(noise)มีน้อย ก็อาจเพิ่มแถบความถี่(bandwidth) ของวงรอบ(loop) ซึ่งเพิ่มช่วงการจับและการดึงเข้า หรืออาจจะเพิ่มเติมวงจรจำแนกความถี่ (frequency discriminator) ซึ่งจะปรับ VCO เข้าสู่ช่วงการจับได้อย่างรวดเร็ว

เมื่อเกิดการลอคความถี่แล้วถ้าความถี่ของสัญญาณแปรไป ความถี่ของVCOจะแปรตามไปด้วยเรียกว่าเกิดการตามรอย(tracking) ความถี่ของVCO จะสามารถตามรอยความถี่ f_i ได้ตราบใดที่ $|f_i - f_{oo}| < \Delta f_H$ ($2\Delta f_H$ มีชื่อว่าช่วงคงไว้หรือ Hold-in range บางทีก็เรียกว่า ช่วงตามรอยหรือช่วงลอค)

สรุปแล้วถ้าเพิ่มหรือลดความถี่ f_i จะได้การเปลี่ยนแปลงของ V_d (ซึ่งควบคุมVCO และเป็นปฏิภาคกับ $f_o - f_{oo}$) ดังแสดงในรูปที่ 2.7-2

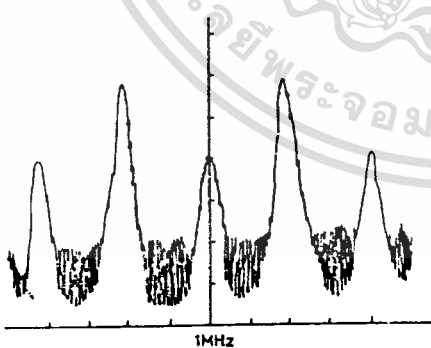


รูปที่ 2.7-2 ลักษณะการโอนย้ายจากความถี่เป็นแรงดัน

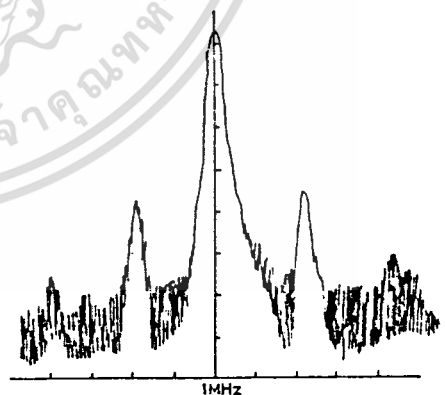
การใช้งานวงจร PLL เป็นวงจรตรวจจับสัญญาณ

การตรวจจับสัญญาณ (Detection) หรือวงจรเลือกความถี่ ในกรณีที่สัญญาณมีองค์ประกอบความถี่หลายความถี่ และต้องการเลือกเฟ้นเพียงความถี่เดียวอาจทำได้โดยการใช้วงจร PLL โดยปรับความถี่อิสระ (Free Running) ให้ตรงกับความถี่ที่ต้องการและปรับแถบความถี่ของวงรอบให้แคบ เพื่อว่าวงจร PLL จะได้ลือคกับความถี่นั้น ในกรณีที่สัญญาณออกของ VCO จะมีความถี่เท่ากับความถี่ของสัญญาณที่ต้องการ ส่วนความถี่อื่นๆที่มี Δ ขั้วเข้าจะมีปะปนอยู่น้อยมาก สัญญาณที่ได้จาก VCO จะมีอัตราส่วนสัญญาณต่อเสียงรบกวนสูงกว่าสัญญาณเข้ามา กล่าววงจร PLL ทำหน้าที่เป็นตัวกรองเสียงรบกวน โดยกำเนิดสัญญาณขึ้นใหม่จากสัญญาณเล็กๆที่จมอยู่ในเสียงรบกวน

สังเกตได้ว่าในตัวอย่างนี้วงจร PLL ทำหน้าที่คล้ายวงจรเลือกความถี่ ต่างกันตรงที่ว่าสัญญาณที่ออกจาก VCO แม้จะตรงตามสัญญาณเข้าในแง่ความถี่ แต่ก็ไม่เกี่ยวข้องกับสัญญาณเข้าในแง่ความสูงของสัญญาณเลย พิจารณาในแง่นี้จะเห็นว่าเมื่อใช้วงจร PLL สำหรับคิมอคูเลตสัญญาณ FSK วงจรก็จะมีอำนาจเลือกสรรความถี่อยู่ในตัว

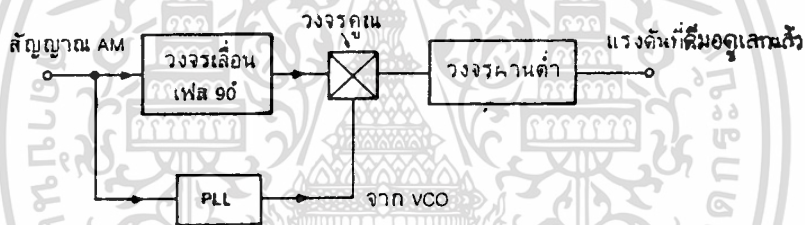


(ก) สเปกตรัมของสัญญาณเข้า สัญญาณที่ต้องการ (อยู่ตรงกลาง) มีความถี่ 1.0 MHz สัญญาณที่ไม่ต้องการ (อยู่ข้าง ๆ) มีความถี่ 0.96 และ 1.04 MHz



(ข) สเปกตรัมของสัญญาณออกของ VCO สัญญาณที่ต้องการมีระดับสูงกว่าที่ไม่ต้องการ 40 dB สเกล แกนนอน 20 kHz/ช่อง แกนตั้ง 10 dB/ช่อง

วงจร PLL อาจใช้ประกอบการดีมอดูเลตสัญญาณ AM ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นที่ทราบกันว่าถ้ามีเสียงรบกวนผนวกกับสัญญาณ AM มากๆ วิธีหนึ่งที่ใช้งานได้ดีในการขจัดเสียงรบกวนคือ การตรวจจับแบบ COHERENT กล่าวคือเอาสัญญาณ AM คู่กับสัญญาณอ้างอิง ที่มีความถี่เดียวกัน แต่ปราศจากเสียงรบกวน ผลคูณที่ได้จะประกอบด้วยค่าไฟตรงที่เป็นปฏิภาคกับช่วงสูงของสัญญาณเข้า และองค์ประกอบความถี่สูงอื่นๆซึ่งถูกขจัดโดยวงจรกรองผ่านต่ำ เสียงรบกวนหรือสัญญาณแทรกที่ความถี่ไม่ตรงกับสัญญาณอ้างอิง จะไม่ให้ค่าไฟตรง จึงถูกวงจรกรองผ่านต่ำกรองออกหมด ในการดีมอดูเลตเช่นนี้วงจร PLL จะเป็นตัวกำเนิดสัญญาณอ้างอิง ซึ่งมีความถี่ตรงกับสัญญาณ AM และมีเสียงปะปนอยู่น้อยมาก แต่สัญญาณนี้จะต่างมุมกับสัญญาณ AM อยู่ 90 องศา จึงจำเป็นต้องเพิ่มวงจรเลื่อนความถี่เข้าไปก่อนที่จะทำการตรวจจับแบบโคฮีเรนซ์



รูปที่ 2.7-3 การตรวจจับสัญญาณ AM แบบโคฮีเรนซ์โดยวงจร PLL

ในโครงงานนี้เราจะใช้งานวงจร PLL เป็นวงจรถอดรหัสที่ส่งมาจากภาคส่ง โดยที่ตัววงจร PLL จะมีความถี่อ้างอิงประจำอยู่ โดยเราจะจัดเอาไว้ทั้งหมด 9 ชุด ซึ่งในแต่ละชุดจะตรวจจับเฉพาะความถี่ตามที่ได้จัดวงจรเอาไว้ ที่ภาคส่งเราจะส่งความถี่ได้ทั้งหมด 9 ความถี่คือเมื่อกดสวิตช์ 1 ครั้งก็จะได้ความถี่ออกมา สวิตช์จะมีทั้งหมด 9 ตัวก็สามารถกำเนิดได้ 9 ความถี่ แต่ในการส่งแต่ละครั้งจะส่งได้ทีละความถี่เท่านั้น ฉะนั้นที่ภาครับจึงต้องมีวงจรตรวจจับสัญญาณว่ามีความถี่เข้ามาเท่าไรและถ้าความถี่ที่เข้ามาตรงกับ PLL ชุดใด ก็จะได้เอาที่ชุดเฉพาะที่ PLL ชุดนั้นเท่านั้น โดยวงจร PLL ที่ใช้เป็นวงจรตรวจจับความถี่ของเรานั้นจะใช้เบอร์ LM 567 ซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป

ข้อดีข้อเสียของวงจรถวล PLL

วงจรถวล PLL มีข้อดีหลายประการสำหรับการใช้งานบางอย่างซึ่งไม่มีวงจรถวลอื่นที่จะเทียบเท่า อย่างไรก็ตามในการใช้งานบางอย่างนั้นก็อาจใช้วงจรถวลแบบ LC หรือ RC แทนก็ได้ ข้อดีของวงจรถวล PLL เมื่อเทียบกับวงจรถวลแบบ RC คือ

1. ทำงานที่ความถี่สูงวงจรถวล PLL สามารถทำงานที่ความถี่สูงกว่า 100 MHz ส่วนวงจรถวลที่ต่อเป็นวงจรถวลกรองไวงานั้นจะทำงานได้เพียง 100 KHz
2. อำนาจการเลือกสรร (Selectivity) และความถี่กลางไม่ขึ้นต่อกัน กล่าวคือความถี่กลางกำหนดโดยความถี่อิสระ (Free Running) ของ VCO ส่วนอำนาจการเลือกสรรขึ้นอยู่กับลักษณะการทำงานของวงจรถวลกรองผ่านต่ำ จึงไม่มีปัญหาการเรียงคลื่น (alignment) อย่างเช่นวงจรถวลเลือกความถี่หลายๆหน่วย
3. องค์ประกอบภายนอก วงจรถวลมีน้อยและปรับคลื่นได้ง่าย โดยทั่วไปความถี่อิสระของ VCO กำหนดโดย C ตัวเดียว หรือ C กับ R ซึ่งจะปรับคลื่นได้ตั้งแต่ความถี่ต่ำกว่ากิโลเฮิรตซ์จนถึง 100 MHz

อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับวงจรถวลแบบ LC หรือวงจรถวลกรองไวงานั้นแล้ว วงจรถวล PLL มีข้อเสียดังนี้

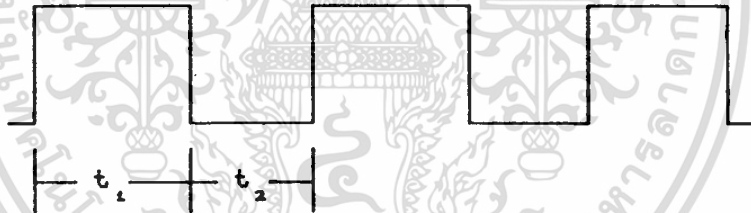
1. ไม่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับช่วงสูง วงจรถวล PLL สนองตอบต่อความถี่เท่านั้น ตรวจจับที่สัญญาณเข้ามีขนาดใหญ่พอที่จะทำให้เกิดการ LOCK วงจรถวลจะไม่ตอบสนองต่อช่วงสูงของสัญญาณเข้า
2. สนองตอบต่อ ฮาร์โมนิค วงจรถวล PLL สนองตอบต่อฮาร์โมนิค หรือ ฮาร์โมนิกย่อยของสัญญาณเข้า ทำให้การจับสัญญาณแทรกซึ่งมีความถี่เป็นอัตราส่วนของจำนวนเต็มกับสัญญาณ
3. ขนาดเทคนิคการสังเคราะห์ เนื่องจากลักษณะการจับ (Capture) ของวงจรถวล PLL เป็นแบบไม่เชิงเส้น เทคนิคการสังเคราะห์ให้ได้วงจรถวลที่มีลักษณะเชิงความถี่ตามข้อกำหนดจึงเป็นเรื่องที่ยากมาก

บทที่ 3

การออกแบบวงจร

3.1 การออกแบบวงจรภาคส่ง

ตามที่ได้อธิบายถึงรายละเอียดของวงจรในภาคส่งไว้ในบทที่ 2 แล้วว่าเราออกแบบโดยกำหนดลักษณะของวงจรเป็น วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์ โดยใช้ไอซีเบอร์ 555 สิ่งที่เราต้องพิจารณาในการออกแบบคือ จำนวนของช่องสัญญาณที่เราต้องการให้ภาคส่งนั้นมีกี่ช่อง ในโครงการนี้ได้ออกแบบให้มี 9 ช่องสัญญาณ ฉะนั้นเราจึงสามารถที่จะบอกได้ว่าวงจรภาคส่งของเรา จะต้องกำเนิดสัญญาณขั้วมัลติที่แตกต่างกัน 9 คำสั่ง ซึ่งในแต่ละคำสั่งนั้นจะแตกต่างกันที่ความถี่ที่ได้ รูปแบบของความถี่นั้นจะอยู่ในรูปของสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมที่มีความกว้างของพัลส์แตกต่างกันดังรูปที่ 3.1-1

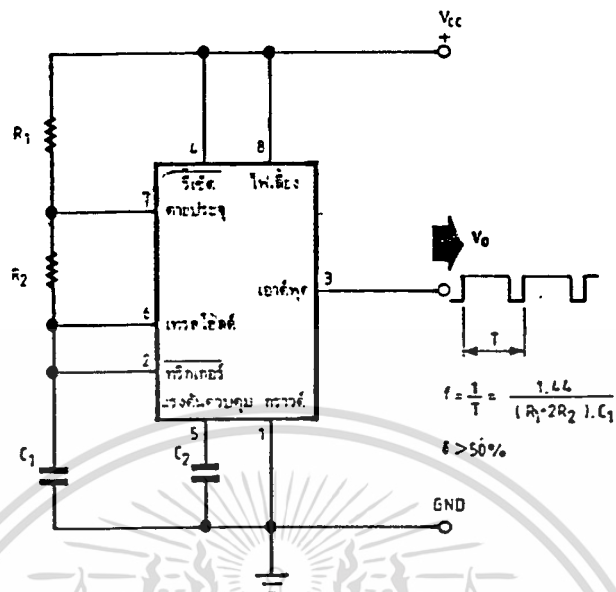


รูปที่ 3.1-1 สัญญาณที่ได้จากเอาต์พุตของ Astable Multivibrator.

จากรูปจะเห็นว่าช่วงเวลาของ t_1 และ t_2 นั้นเราสามารถที่จะกำหนดได้ว่าจะให้มีความกว้างเป็นเท่าไรโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ถ้ากำหนดให้มีความกว้างเท่ากัน เราเรียกว่ามีคาบเวลาหรือมี Duty Cycle = 50 % แต่ในที่นี้เราจะให้คาบเวลาระหว่าง t_1 และ t_2 ไม่เท่ากันโดยเราจะกำหนดให้คาบเวลา t_2 คงที่ตลอด แต่คาบเวลา t_1 จะเปลี่ยนแปลงไปตามความถี่ที่ได้ จากที่กล่าวว่าจะให้ภาคส่งมีความถี่ที่กำเนิดออกมามีความแตกต่างกัน 9 ความถี่ โดยแต่ละความถี่จะห่างกัน 200 Hz ฉะนั้นเราจึงต้องคำนวณหาค่าของ R และ C ว่ามีค่าเท่าไร และจากข้อกำหนดที่เราต้องการให้คาบเวลา t_2 คงที่เพราะว่าเราต้องคงค่าความต้านทานที่กำหนดช่วงเวลา t_2 ไว้และเปลี่ยนแปลงเฉพาะค่าความต้านทานที่กำหนดช่วงเวลา t_1 เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1-2 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์แบบมัลติไวเบรเตอร์

จากรูปจะเห็นว่าความต้านทาน R_1 จะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลา t_1 และค่าของ R_2 จะเป็นตัวกำหนดช่วงเวลา t_2 ถ้าเราต้องการให้มีความถี่ 9 ความถี่แล้วเราก็ต้องใช้ค่าความต้านทาน R_1 ทั้งหมด 9 ค่าความต้านทาน และค่า R_2 เพียงค่าเดียวและค่าของตัวเก็บประจุเราจะให้คงที่เอาไว้

การคำนวณหาค่าความต้านทานในวงจร

กำหนดค่า R_2 เท่ากับ 1K และค่า C เท่ากับ $0.047 \mu F$ ที่นี้เราจะทำการคำนวณหาค่าโดยการที่เราจะกำหนดค่าความต้านทาน R_1 ทีละค่าแล้วคำนวณว่ามีช่วงเวลา t_1 เป็นเท่าไร และความถี่ที่ได้ทางเอาท์พุทเป็นเท่าไร

เมื่อ $R_1 = 680 \text{ ohm}$;

$$f_o = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 11.432 \text{ KHz}$$

$$D = (R_1 + R_2) / (R_1 + 2R_2)$$

$$= 62.6\%$$

$$t_1 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 8.72 \times 10^{-5} \text{ Sec}$$

$$t_2 = 0.693 R_2 C$$

$$= 3.25 \times 10^{-5} \text{ Sec}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $R_1 = 3.9K$;

$$f = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 5.192 \text{ KHz}$$

$$D = (R_1 + R_2) / (R_1 + 2R_2)$$

$$= 83.05 \%$$

$$t_1 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 1.92 \times 10^{-4} \text{ Sec}$$

$$t_2 = 0.693 R_2 C$$

$$= 3.25 \times 10^{-5} \text{ Sec}$$

เมื่อ $R_1 = 8.2K$;

$$f = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 3.003 \text{ KHz}$$

$$D = (R_1 + R_2) / (R_1 + 2R_2)$$

$$= 90.19 \%$$

$$t_1 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 3.32 \times 10^{-4} \text{ Sec}$$

$$t_2 = 0.693 R_2 C$$

$$= 3.25 \times 10^{-5} \text{ Sec}$$

เมื่อ $R_1 = 5.6K$;

$$f = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 4.031 \text{ KHz}$$

$$D = (R_1 + R_2) / (R_1 + 2R_2)$$

$$= 86.8 \%$$

$$t_1 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 2.47 \times 10^{-4} \text{ Sec}$$

$$t_2 = 0.693 R_2 C$$

$$= 3.25 \times 10^{-5} \text{ Sec}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $R_1 = 4.7K$;

$$f = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 4.572 \text{ KHz}$$

$$D = (R_1 + R_2) / (R_1 + 2R_2)$$

$$= 85.07 \%$$

$$t_1 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 2.18 \times 10^{-4} \text{ Sec}$$

$$t_2 = 0.693 R_2 C$$

$$= 3.25 \times 10^{-5} \text{ Sec}$$

เมื่อ $R_1 = 3 K$;

$$f = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 6.127 \text{ KHz}$$

$$D = (R_1 + R_2) / (R_1 + 2R_2)$$

$$= 80 \%$$

$$t_1 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 1.62 \times 10^{-4} \text{ Sec}$$

$$t_2 = 0.693 R_2 C$$

$$= 3.25 \times 10^{-5} \text{ Sec}$$

เมื่อ $R_1 = 2.2K$;

$$f = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 7.294 \text{ KHz}$$

$$D = (R_1 + R_2) / (R_1 + 2R_2)$$

$$= 76.19 \%$$

$$t_1 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 1.69 \times 10^{-4} \text{ Sec}$$

$$t_2 = 0.693 R_2 C$$

$$= 3.25 \times 10^{-5} \text{ Sec}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $R_1 = 1.8K$;

$$f = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 8.062 \text{ KHz}$$

$$D = (R_1 + R_2) / (R_1 + 2R_2)$$

$$= 73.68 \%$$

$$t_1 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 1.237 \times 10^{-4} \text{ Sec}$$

$$t_2 = 0.693 R_2 C$$

$$= 3.25 \times 10^{-5} \text{ Sec}$$

เมื่อ $R_1 = 1K$;

$$f = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 10.212 \text{ KHz}$$

$$D = (R_1 + R_2) / (R_1 + 2R_2)$$

$$= 66.66 \%$$

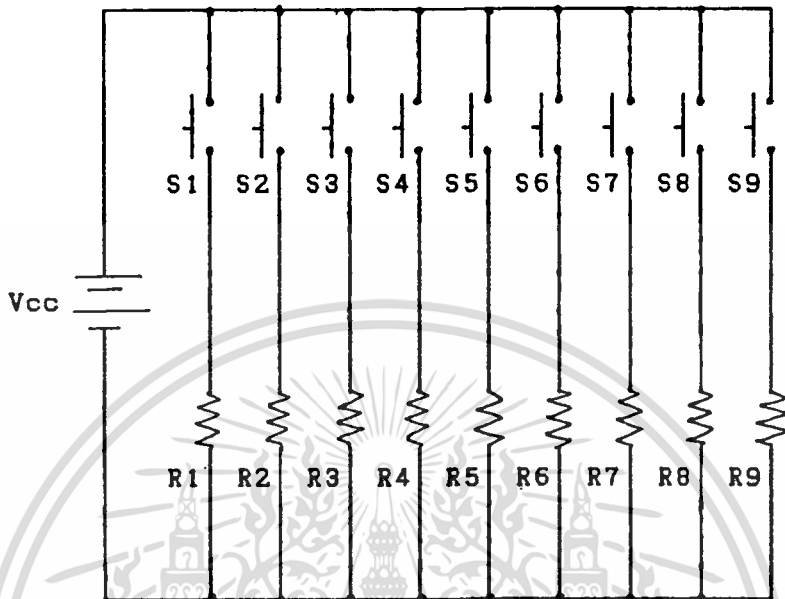
$$t_1 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C$$

$$= 9.77 \times 10^{-5} \text{ Sec}$$

$$t_2 = 0.693 R_2 C$$

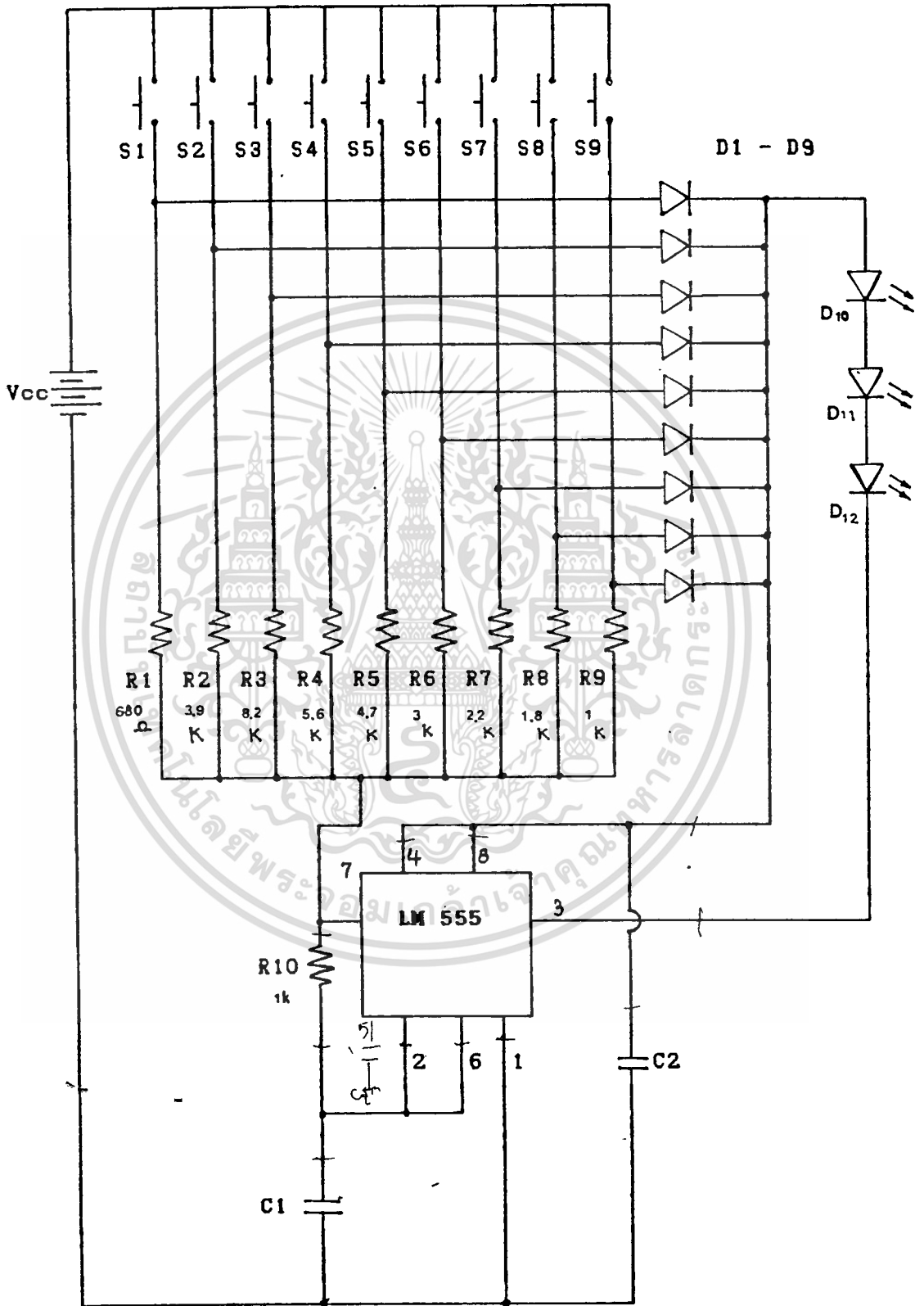
$$= 3.25 \times 10^{-5} \text{ Sec}$$

จากที่กล่าวมาเป็นการคำนวณค่าความถี่ที่เกิดขึ้นในการสั่งงาน ซึ่งทั้งหมดมี 9 คำสั่งหรือ 9 ความถี่ เราได้ค่า R1 มาทั้งหมด 10 ค่า แต่เวลาใช้งานนั้นเราต้องการเลือกทีละค่าเท่านั้น ดังนั้นเราจึงต้องมีชุดควบคุมการเลือกหรือเป็นสวิทช์เลือกว่าเราต้องการสั่งงานในช่องใดจาก 1 ถึง 9 โดยวงจรสวิทช์เลือกแสดงได้ดังรูปที่ 3.1-3



รูปที่ 3.1-3 แสดงวงจรการเลือกความต้านทาน

จากรูปจะเห็นว่า S1-S9 เป็นสวิตช์แบบกดติดปล่อยดับ และต่อขนานกันดังนั้นเมื่อเรากดสวิตช์ตัวใดตัวหนึ่งก็จะเป็นการต่อวงจร แผลงจ่ายผ่านค่าความต้านทานที่อนุกรมอยู่กับสวิตช์ตัวนั้น เช่นเรากด S1 ก็จะมีกระแสไหลผ่าน R1 เพียงตัวเดียวเท่านั้นตัวอื่นๆจะไม่มีกระแสไหลผ่าน หมายความว่าเราเลือกค่าความต้านทานตัวนั้นสำหรับใช้กำเนิดความถี่ที่ภาคส่ง ค่าความต้านทาน R1 - R9 ก็คือค่าความต้านทานที่เราคำนวณไว้ในรูปของ R1 ทั้ง 9 ค่า ที่เราคำนวณไว้ในตอนแรก โดยเราจะเรียงจากค่าน้อยไปหาค่ามากจาก R1 ไปจนถึง R9 ฉะนั้นทางเอาท์พุทที่ภาครับก็ต้องทำการถอดรหัสให้ตรงกันด้วย เราจะกำหนดให้สวิตช์ S1 คือช่องคำสั่งที่ 1 ไปเรื่อยจนถึง S9 คือช่องคำสั่งที่ 9 เมื่อเราได้วงจรที่สามารถกำเนิดความถี่ได้ 9 ความถี่แล้ว และมีวงจรเลือกหรือสวิตช์แล้ว เราจะนำวงจรทั้งสองมาต่อร่วมกันเป็นวงจรภาคส่ง ได้ดังรูปที่ 3.1.4



รูปที่ 3.1-4 แสดงวงจรภาคส่งทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบวงจรภาครับ

วงจรทางรับนั้นจะมีหน้าที่ในการตรวจจับแสงอินฟราเรด ที่ส่งมาจากทางภาคส่งเมื่อสามารถรับรู้ว่ามีแสงส่งคำสั่งมา ภาครับก็จะทำหน้าที่แปลคำสั่งนั้นว่ามีคำสั่งงานมาที่ช่องใดจาก 1-9 โดยดูจากความถี่ที่ได้รับได้ หรือ ดูจากความกว้างของช่วงเวลาของสัญญาณพัลส์ เมื่อทราบว่าภาคส่งส่งคำสั่งหรือความถี่เท่าใดมา ภาครับก็จะทำการให้อากรณ์ของช่องนั้นเพียงช่องเดียวทำงาน ส่วนในช่องอื่นๆจะไม่ทำงาน ฉะนั้นทางภาครับจะต้องประกอบด้วยวงจร 2 ส่วนคือ

1. วงจรขยายสัญญาณและแปลงสัญญาณแสง เป็นสัญญาณไฟฟ้า

2. วงจรแปลรหัสคำสั่ง

3.3 วงจรขยายสัญญาณและแปลงสัญญาณแสง เป็นสัญญาณไฟฟ้า

จากบทที่ 2 จะเห็นว่าวงจรในส่วนนี้เราใช้วงจรทรานซิสเตอร์สวิทช์ซึ่งที่เมื่อสามารถรับแสงอินฟราเรดได้ก็จะทำการสวิทช์ตามจังหวะของแสงที่ติดับ ทางเอาต์พุทของวงจรก็จะ ได้สัญญาณพัลส์ เช่นเดียวกับที่กำเนิดจากภาคส่งทุกประการ ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญมากในภาครับ และตัวตรวจจับแสงอินฟราเรดเราจะใช้โฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวตรวจจับเมื่อมีแสงอินฟราเรดเข้ามามันจะให้กระแสทางเอาต์พุตออกมา จากนั้นก็จะ เป็นหน้าที่ของวงจรทรานซิสเตอร์สวิทช์ซึ่งจะทำการปรุ่่งแต่งให้ได้สัญญาณพัลส์ที่เหมือนกับที่ภาคส่งให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

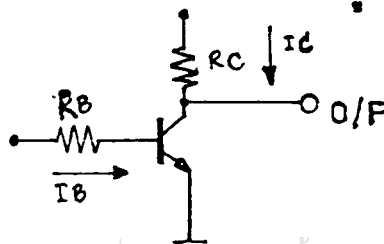
เรากำหนดให้ $I_c = 0.5 \text{ mA}$ และเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ที่มี $h_{fe} = 120$ และ $V_{cc} = 5V$, $V_b = 5V$ เมื่อ LM 567 ยังไม่อยู่ในสภาวะ LOCK

$$R_c = V_{cc}/I_c = 5V/0.5\text{mA} = 10K \quad R_L \ll R_c$$

$$I_b = I_c/h_{fe} = 0.5\text{mA}/120 = 4.1\text{mA}$$

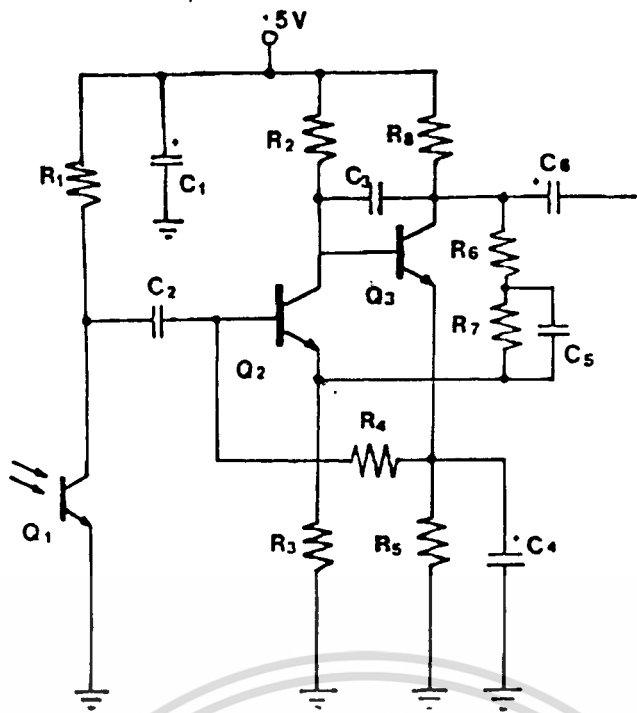
$$R_B = (V_b - V_{be})/I_b = (5 - 0.6)/4.1\text{mA} = 1M$$

เราใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC 458 ดังรูปที่ 3.3-1



รูปที่ 3.3-1 แสดงวงจรทรานซิสเตอร์สวิทช์ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



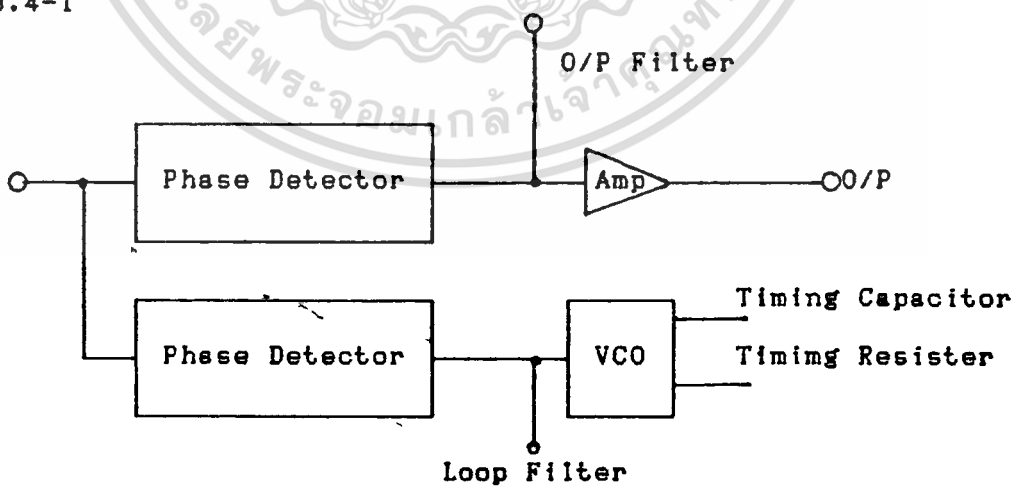
รูปที่ 3.3-2 แสดงวงจรภาคขับเคลื่อนและแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

3.4 การออกแบบวงจรภาคถอดรหัสสัญญาณ

ในลักษณะของวงจรจะเป็นการใช้ ไอซีแบบที่เรียกว่า Tone Decoder เบอร์ LM567 เป็นหัวใจหลักในการทำงานโดยเราจะจัดวงจรเพื่อ LOCK ความถี่ทั้งหมด 9 ชุดเมื่อมีความถี่ส่งมาจากภาคส่งและผ่านภาคขยายมาแล้ว วงจรถอดรหัสทั้ง 9 ชุดก็จะตรวจสอบว่าความถี่ที่เข้ามาตรงกับที่ได้จัดวงจรของตนเองไว้หรือไม่ ถ้าตรงก็จะให้เอาท์พุทออกมาทันที เราก็จะนำเอาท์พุทนี้ไปใช้งานต่อไป

หลักการทำงานของ Tone Decoder สามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมได้

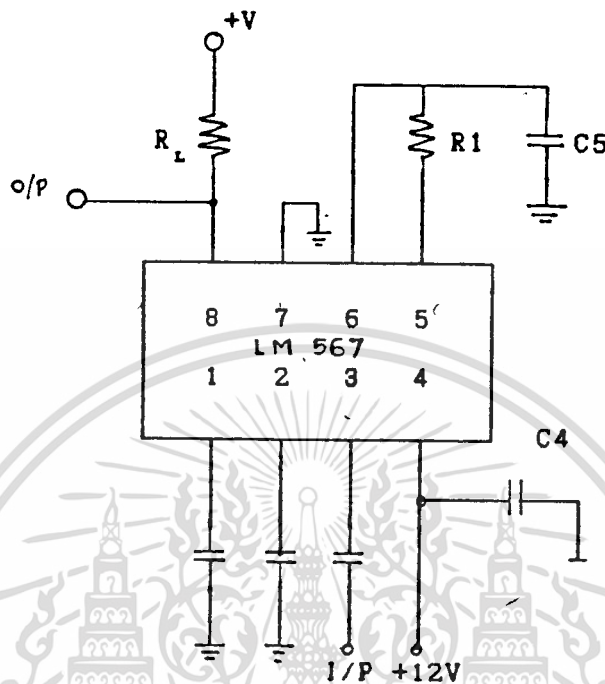
ดังรูปที่ 3.4-1



รูปที่ 3.4-1 โครงสร้างการทำงานของ LM 567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบวงจร เราจะจัดวงจรตามรูปที่ 3.4-2



รูปที่ 3.4-2 แสดงวงจรถอดรหัส

$$f = 1/R_1C_5 = \text{Free Running Frequency of vco}$$

$$BW = 1070 V_i/fC_2$$

เมื่อ

$$V_i = \text{Input Voltage (rms)} < 200 \text{ mV}$$

$$C_2 = \text{Capacitor n 2 มีค่าเป็น } \mu\text{F}$$

จากวงจรจะเห็นว่าค่าความต้านทาน R_1 ในวงจรจะเป็นตัวที่กำหนดว่าวงจร Tone Decoder ของเราจะเลือก Lock ที่ความถี่ใด เช่นถ้าเราต้องการ Lock ที่ความถี่ 1 KHz เราต้องคำนวณหาค่า R_1 ออกมา จากสูตรข้างบน ในที่นี้เราต้องการวงจรถอดรหัสทั้งหมด 9 ชุด โดยในแต่ละชุดจะ Lock ความถี่ที่แตกต่างกัน โดยเราต้องออกแบบให้ Lock ความถี่ที่ได้จากภาคส่งทั้ง 9 ความถี่ ความถี่ละ 1 ชุด ดังนั้นเราต้องหาค่า R_1 ทั้งหมด 9 ตัว ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดค่า $C5 = 0.047 \mu F$

ที่ $f = 11.432 \text{ KHz}$

$$R1 = 1/fC5 = 1/11.432 \times 10^3 \times 0.047 \mu F = 1.861 \text{ k}$$

ที่ $f = 5.192 \text{ KHz}$

$$R1 = 1/fC5 = 1/5.092 \times 10^3 \times 0.047 \mu F = 4.092 \text{ K}$$

ที่ $f = 3.003 \text{ KHz}$

$$R1 = 1/fC5 = 1/3.003 \times 10^3 \times 0.047 \mu F = 7.085 \text{ K}$$

ที่ $f = 4.031 \text{ KHz}$

$$R1 = 1/fC5 = 1/4.031 \times 10^3 \times 0.047 \mu F = 5.278 \text{ K}$$

ที่ $f = 4.572 \text{ KHz}$

$$R1 = 1/fC5 = 1/4.572 \times 10^3 \times 0.047 \mu F = 4.653 \text{ K}$$

ที่ $f = 6.127 \text{ KHz}$

$$R1 = 1/fC5 = 1/6.127 \times 10^3 \times 0.047 \mu F = 3.472 \text{ K}$$

ที่ $f = 7.294 \text{ KHz}$

$$R1 = 1/fC5 = 1/7.294 \times 10^3 \times 0.047 \mu F = 2.916 \text{ K}$$

ที่ $f = 8.062 \text{ KHz}$

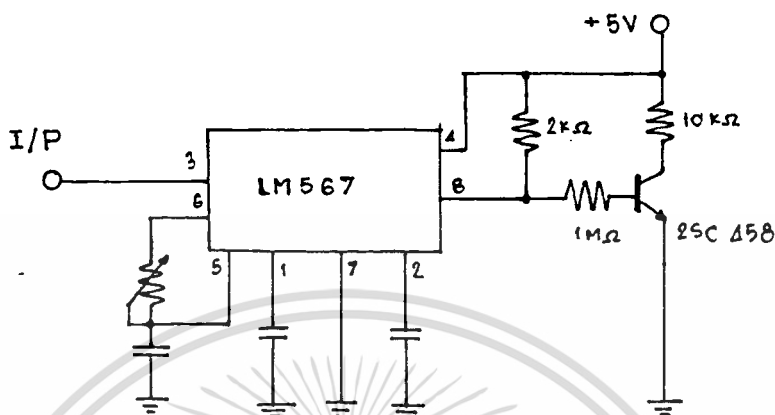
$$R1 = 1/fC5 = 1/8.062 \times 10^3 \times 0.047 \mu F = 2.639 \text{ K}$$

ที่ $f = 10.212 \text{ KHz}$

$$R1 = 1/fC5 = 1/10.212 \times 10^3 \times 0.047 \mu F = 2.083 \text{ K}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

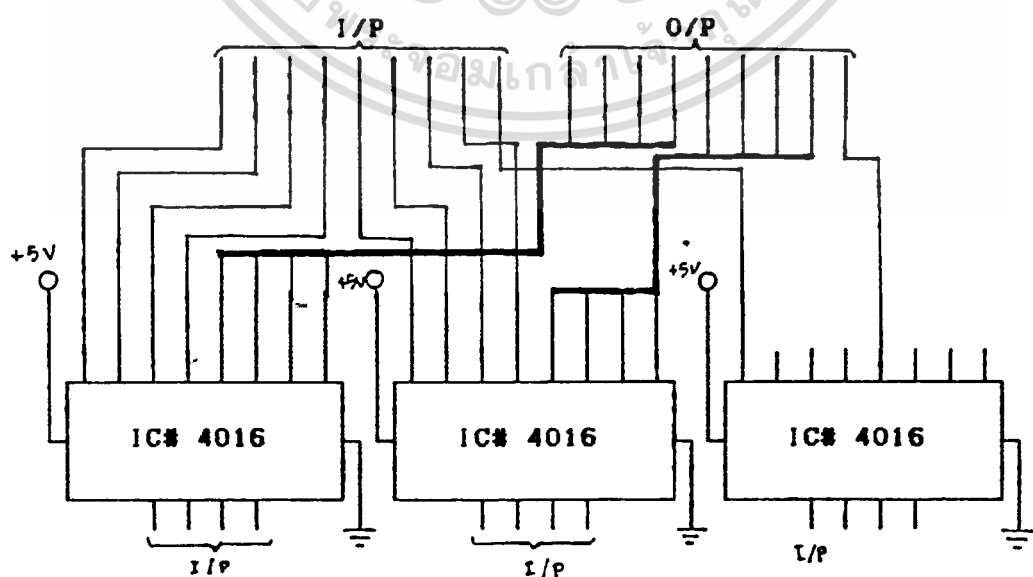
วงจรรภาคถอดรหัสของเราจะนำมาต่อกับวงจรรทรานซิสเตอร์สวิตช์ซึ่งได้ดังรูปที่ 3.4-3



รูปที่ 3.4-3 วงจรรภาคถอดรหัส

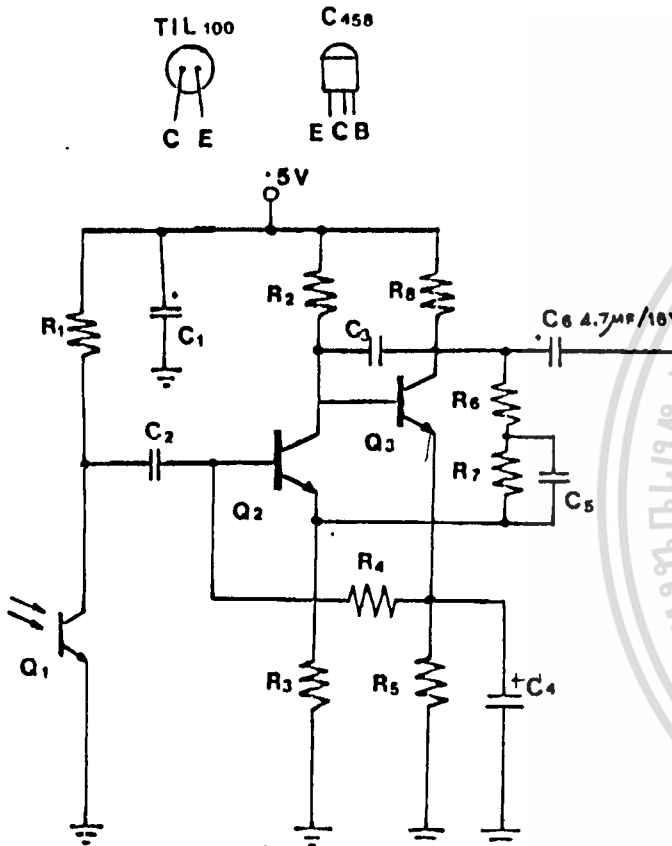
3.5 วงจรรภาคเอาท์พุท

เมื่อเราสามารถถอดรหัสสัญญาณได้ว่าสิ่งงานมาที่ Decoder ชุดใดแล้ว เอาท์พุทของ Decoder ชุดนั้นจะเป็น 0 เมื่อนำมาผ่านวงจรรทรานซิสเตอร์สวิตช์ซึ่งก็เสมือนเป็นการอินเวอร์ส 1 ครั้งและเราต้องการแสดงผลของการควบคุมออกมาที่ LED 9 ตัวถ้าช่องใดถูกเลือก LED ที่ประจำอยู่ที่ช่องนั้นๆก็จะสว่างเพียงดวงเดียว ฉะนั้น เราสามารถใช้ IC Analog Switch ทำหน้าที่นี้ คือเบอร์ 4016 ได้ตามวงจรในรูปที่ 3.5-1



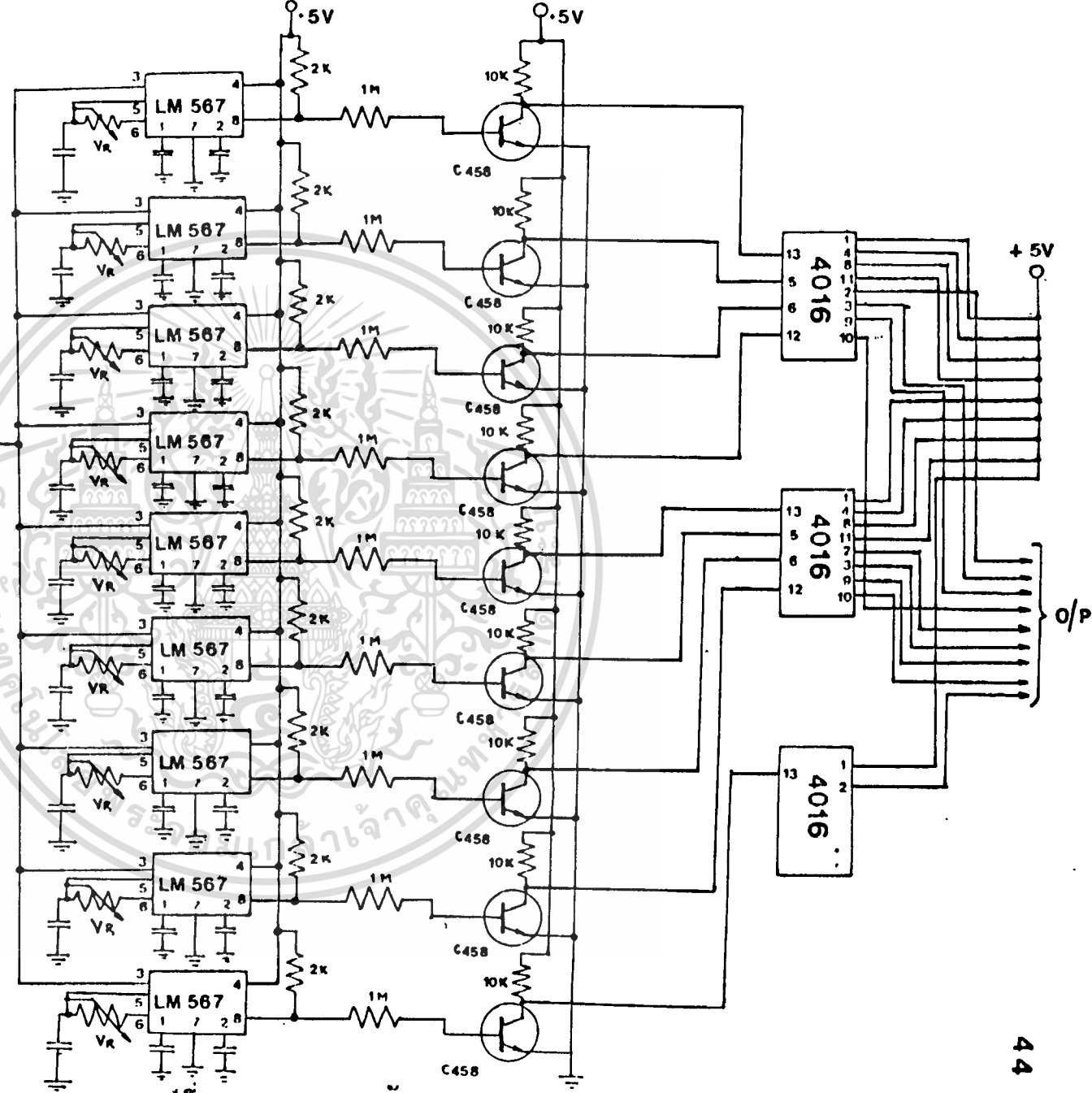
รูปที่ 3.5-1 แสดงวงจรรภาคเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายการอุปกรณ์

- | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| $R_1, R_4 = 100\text{ k}$ | $C_1 = 220\mu\text{F}/16\text{V}$ | $Q_1 = \text{TIL } 100$ |
| $R_2 = 50\text{ k}$ | $C_2 = 0.1\mu\text{F}$ | $Q_2, Q_3 = \text{C}458$ |
| $R_3 = 10$ | $C_3 = 150\text{ PF}$ | |
| $R_5 = 880$ | $C_4 = 33\mu\text{F}/16\text{V}$ | |
| $R_6 = 15\text{ k}$ | $C_5 = 0.0047\mu\text{F}$ | |
| $R_7 = 500\text{ k}$ | | |
| $R_8 = 3.9\text{ k}$ | | |



รูปที่ 3.5-2 วงจรภาครับ

3.6 การทำงานของวงจร

การทำงานของวงจรถอดรหัส

ที่ภาคส่งนั้นเราใช้วงจรถอดรหัสแบบมัลติไวเบรเตอร์ ที่ใช้ IC 555 มาทำการกำเนิดพัลส์สี่เหลี่ยม ที่มีความกว้างของพัลส์ 0 คงที่ แต่เมื่อมีการกดสวิทช์ตัวใดตัวหนึ่งจะทำให้พัลส์ 1 เปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลส์โดยขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานที่ต่ออนุกรมอยู่กับสวิทช์ตัวที่ถูกกด สัญญาณเอาต์พุตที่ขา 3 ของ IC 555 จะนำไปขับให้ LED ที่เป็น Infrared Led ติดดับตามจังหวะของสัญญาณพัลส์ที่ได้ เช่นเมื่อเรากดที่สวิทช์ตัวที่ 1 ผลที่ได้คือ LED จะติดดับตามจังหวะของพัลส์ หรือจังหวะการติดดับจะเป็นไปตามความถี่ที่กำหนดโดยค่าความต้านทานที่อนุกรมอยู่กับสวิทช์ตัวที่ 1 เมื่อมีการกดสวิทช์ตัวอื่นก็จะได้อีกความถี่หนึ่งเช่นกัน

การทำงานของวงจรถอดรหัส

ที่ภาครับนั้นจะเห็นว่า ตัวตรวจจับแสงอินฟราเรดเราใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ เมื่อมีแสงอินฟราเรดมาตกกระทบทรานซิสเตอร์ก็จะ ON และ OFF ตามจังหวะของแสงที่รับได้ ที่ขา c ของโฟโตทรานซิสเตอร์จะถูกต่อเข้ากับวงจรถอดรหัสที่มีลักษณะการต่อวงจรเป็นแบบ PARTIAL วงจรนี้จะทำการขยายสัญญาณที่เข้ามาและทำให้รูปร่างของสัญญาณพัลส์ที่ได้เหมือนกับที่ออกมาจากภาคส่งทุกประการ ที่วงจรถอดรหัสจะเห็นว่ามี R4 ต่อในลักษณะ Feed back อยู่เพื่อควบคุมเกณฑ์การขยายสัญญาณให้คงที่ เอาต์พุตที่ออกมาจากภาคขยายจะเป็นสัญญาณความถี่ ที่เป็นพัลส์สี่เหลี่ยมที่มีความกว้างของพัลส์เหมือนกับที่ส่งมาจากภาคส่ง สัญญาณนี้จะเป็นสัญญาณอินพุตให้กับชุดถอดรหัสทั้ง 9 ชุด ที่ภาคถอดรหัสทั้ง 9 ชุดจะตรวจสอบว่าความถี่ที่เข้ามาตรงกับที่ตั้งเอาไว้ที่ตัวมันหรือไม่ถ้าตรงกับชุดใด ชุดถอดรหัสนั้นจะทำการ LOCK เช่นเดียวกับลักษณะของ PLL คือ ถ้าความถี่ตรงกับที่ตั้งไว้มันจะให้เอาต์พุตออกมาเป็น 0 ส่วนชุดอื่นๆที่ความถี่ไม่ตรงก็จะให้เอาต์พุตเป็น 1 เอาต์พุตของชุดถอดรหัสจะถูกต่อกับวงจรถอดรหัสสวิทช์ซึ่ง เพื่อที่จะอินเวอร์ส และเพื่อขับให้กระแสสูงขึ้นด้วย ในวงจรถอดรหัสนั้นเราจะต้องปรับค่าความต้านทานตัวที่ปรับค่าได้เอาไว้ ณ ตำแหน่ง ที่เราได้คำนวณเอาไว้โดยทดลองกดสวิทช์ที่ภาคส่งค้างเอาไว้แล้วหัน LED มาที่โฟโตทรานซิสเตอร์จากนั้นทดลองปรับค่าความต้านทานปรับค่าได้ไปเรื่อยๆจนกระทั่งเอาต์พุตของชุดถอดรหัสเป็น 0 แสดงว่าชุดถอดรหัสนั้นเป็นชุดถอดรหัสของสวิทช์ตัวที่เรากดเท่านั้น ในสวิทช์ตัวอื่นก็เป็นลักษณะเดียวกัน เอาต์พุตทั้ง 9 ของภาคเอาต์พุตจะมีโอกาสเป็น 1 ได้ทีละตัวเท่านั้นแล้วแต่ที่เรากดสวิทช์ตัวใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

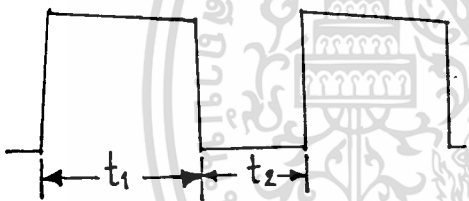
ผลการทดลองและการใช้งาน

4.1 การทดลอง

เมื่อเราประกอบวงจรตามที่ได้ออกแบบไว้เรียบร้อยแล้วขั้นต่อไปก็คือ การวัดและทดสอบเพื่อให่วงจรสามารถทำงานได้ถูกต้อง โดยอันดับแรกเราต้องทำการทดสอบวงจรภาคส่งก่อนแล้วจึงทดสอบวงจรภาครับ

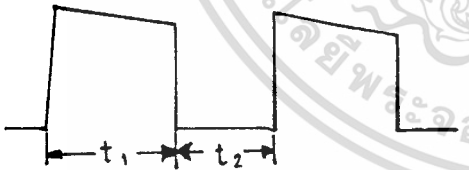
การทดสอบวงจรภาคส่ง

1. ทำการวัดสัญญาณที่เอาต์พุตของ LM 555 เทียบกับที่เราได้คำนวณเอาไว้ โดยวัดสัญญาณที่ขา 3 ของ LM 555



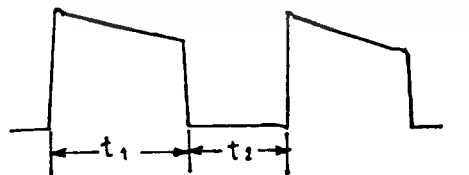
สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้เมื่อกดสวิทช์ที่ 1

$$t_1 = 8.5 \times 10^{-4}; t_2 = 3.25 \times 10^{-3} \text{ SEC}$$



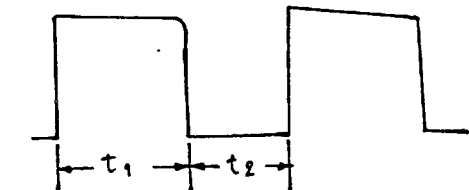
สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้เมื่อกดสวิทช์ที่ 2

$$t_1 = 1.9 \times 10^{-4}; t_2 = 3.25 \times 10^{-3} \text{ SEC}$$



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้เมื่อกดสวิทช์ที่ 3

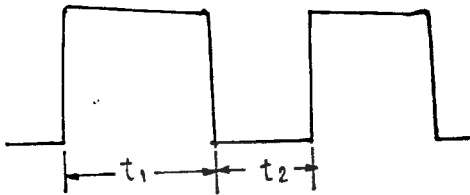
$$t_1 = 3.3 \times 10^{-4}; t_2 = 3.25 \times 10^{-3} \text{ SEC}$$



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้เมื่อกดสวิทช์ที่ 4

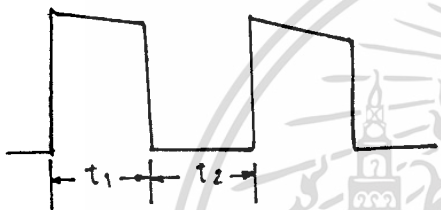
$$t_1 = 2.45 \times 10^{-4}; t_2 = 3.25 \times 10^{-3} \text{ SEC}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



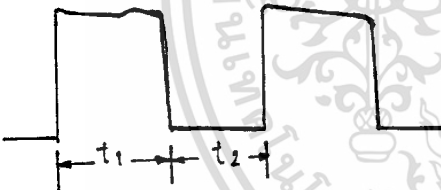
สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้เมื่อกดสวิตช์ที่ 5

$$t_1 = 2.1 \times 10^{-4}; t_2 = 3.25 \times 10^{-5} \text{ SEC}$$



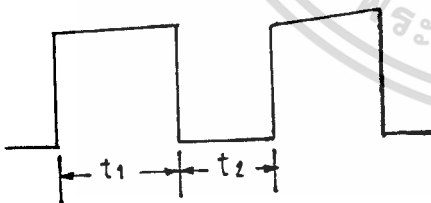
สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้เมื่อกดสวิตช์ที่ 6

$$t_1 = 1.6 \times 10^{-4}; t_2 = 3.25 \times 10^{-5} \text{ SEC}$$



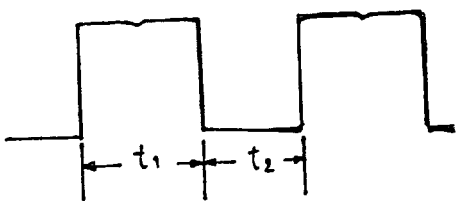
สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้เมื่อกดสวิตช์ที่ 7

$$t_1 = 1.68 \times 10^{-4}; t_2 = 3.25 \times 10^{-5} \text{ SEC}$$



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้เมื่อกดสวิตช์ที่ 8

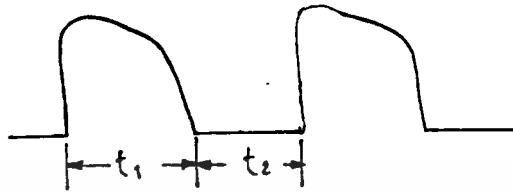
$$t_1 = 1.22 \times 10^{-4}; t_2 = 3.25 \times 10^{-5} \text{ SEC}$$



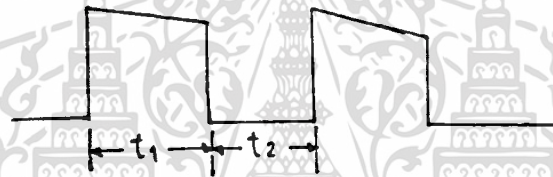
สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้เมื่อกดสวิตช์ที่ 9

$$t_1 = 9.5 \times 10^{-5}; t_2 = 3.25 \times 10^{-5} \text{ SEC}$$

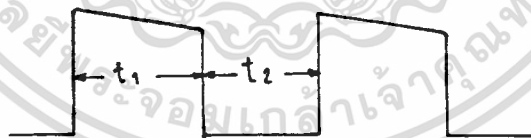
การทดสอบสัญญาณที่ภาครับ



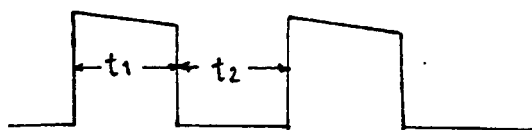
สัญญาณที่วัดได้ที่ขา c ของไมโครคอนโทรลเลอร์



สัญญาณที่วัดได้ที่เอาต์พุตของวงจรมายสัญญาณ

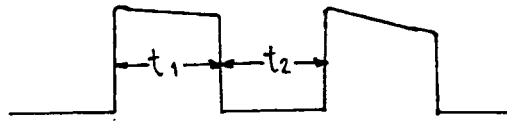


สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายสัญญาณเมื่อกดสวิทช์ที่ 1



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายสัญญาณเมื่อกดสวิทช์ที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



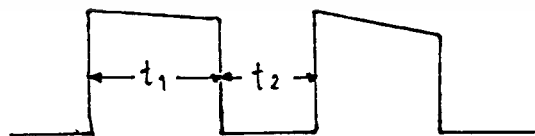
สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อกดสวิทช์ที่ 3



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อกดสวิทช์ที่ 4

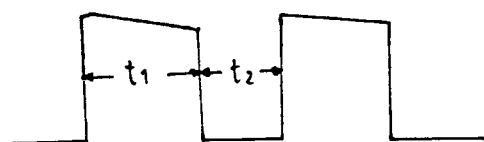


สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อกดสวิทช์ที่ 5



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อกดสวิทช์ที่ 6

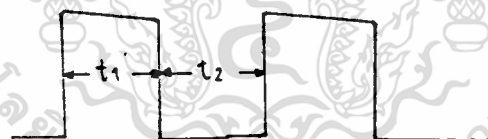
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



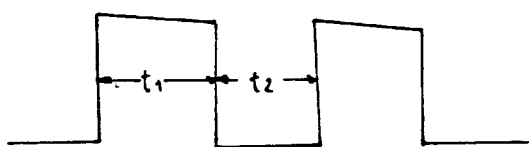
สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อคลื่นที่ 7



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อคลื่นที่ 8

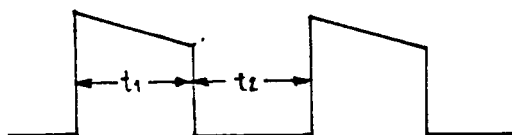


สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อคลื่นที่ 9



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อคลื่นที่ที่ระยะ 1 เมตร

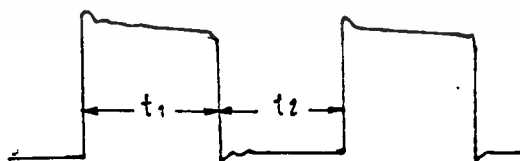
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อกดสวิทช์ที่ระยะ 2 เมตร

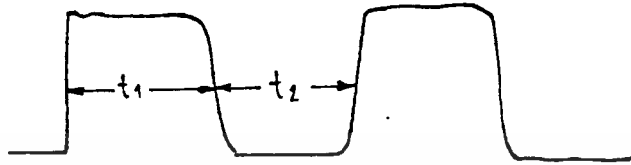


สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อกดสวิทช์ที่ระยะ 3 เมตร



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อกดสวิทช์ที่ระยะ 4 เมตร

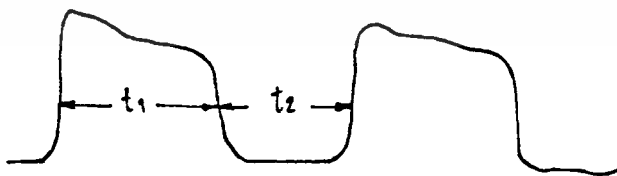
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อกดสวิทช์ที่ระยะ 5 เมตร

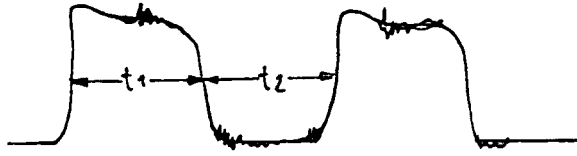


สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อกดสวิทช์ที่ระยะ 6 เมตร



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อกดสวิทช์ที่ระยะ 7 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อกดสวิทช์ที่ระยะ 8 เมตร



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อกดสวิทช์ที่ระยะ 9 เมตร



สัญญาณเอาต์พุตที่วัดที่เอาต์พุตของวงจรมายเมื่อกดสวิทช์ที่ระยะ 10 เมตร

จากการทดลอง เราสังเกตว่าวงจรมายทำงานได้โดยการดูว่า LED ที่ต่อไว้ที่เอาต์พุตของวงจรมาย ว่าติดหรือไม่เมื่อมีการกดแล้วมี LED ติดแสดงว่าวงจรมายของเราสามารถทำงานได้ซึ่งในการทดลองสามารถส่งได้ระยะประมาณ 8 เมตรสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

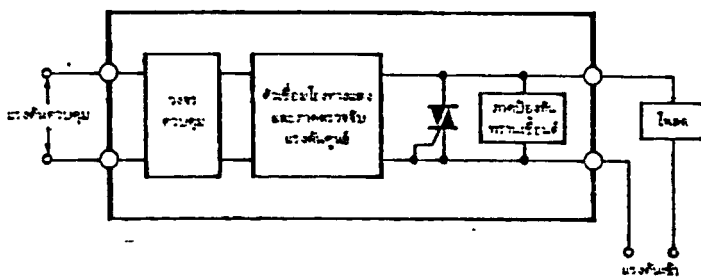
4.2 การทดลองใช้งาน

ในที่นี้เมื่อเราสามารถปรับแต่งจนวงจร สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและได้ระยะในการทำงานไกลพอสมควรแล้ว เราจะทดสอบการใช้งานโดยการให้ โวลิตสเทรีเลย์เข้าช่วยเพื่อที่เราจะใช้ รีโมทของเราควบคุมการปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไฟ AC 220 V ซึ่งหลักการและวงจรที่นำมาเป็นตัวอย่างมีลักษณะดังนี้

โครงสร้างของโวลิตสเทรีเลย์ประกอบด้วยภาคต่างๆดังรูปที่ 4.2-1 คือภาคควบคุมตัวเชื่อมโยงทางแสงและตรวจจับแรงดันคู่ขนาน ภาคป้องกันทรานเซียนต์และไตรแอคแทนหน้าลัมผัส จะเห็นว่าเรารวมเอาส่วนเชื่อมโยงทางแสงและตรวจจับจุดแรงดันคู่ขนานเข้าด้วยกัน หลักการทำงาน

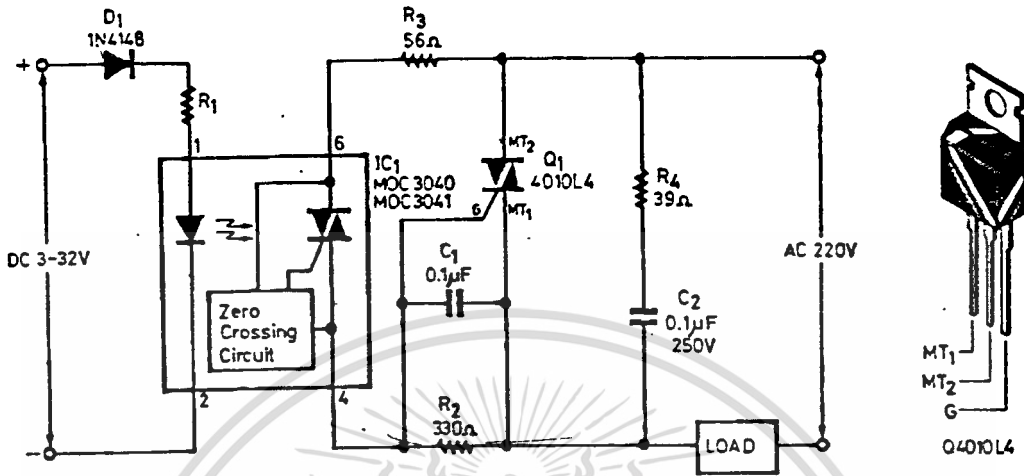
จากรูปที่ 4.2-2 วงจรควบคุมการทำงานมีวงจรด้านแรงดันต่ำใช้ควบคุมการเปิดปิดของโวลิตสเทรีเลย์ โดยใช้ตัวเชื่อมโยงทางแสง (opto couple) แบบ LED กับ ไตรแอคต้าน LED มีตัวต้านทาน R_1 มีหน้าที่ด้านจำกัดกระแสที่ไหลผ่านไม่ให้เกินค่าสูงสุดที่ตัวเชื่อมโยงทางแสงจะทนได้คือ 50 มิลลิแอมป์ D_1 เป็นตัวป้องกันการเสียหายของตัวเชื่อมโยงทางแสงตัวนี้มีวงจรตรวจจับแรงดันคู่ขนานในตัวเอง เมื่อเราป้อนแรงดันควบคุมเข้าไป R_1 จะควบคุมให้กระแสไหลผ่าน LED ภายใน C_1 ทำให้ไฟโอดีไตรแอคภายในนำกระแสแต่ไฟโอดีไตรแอคจะนำกระแสเมื่อแรงดันในสาย (รูปคลื่นไซน์) มีค่าเริ่มจากศูนย์เพิ่มขึ้นทางบวกหรือทางลบ

เมื่อไฟโอดีไตรแอคนำกระแสก็จะไปทริกขาเกตของ ไตรแอค Q_1 ทำให้ Q_1 นำกระแสที่จุดนี้ทุกครั้ง จากการที่ไม่ได้รับการทริกจากไฟโอดีไตรแอค ดังนั้นโวลิตสเทรีเลย์จะตัดและต่อวงจรที่จุดศูนย์ของแรงดันในสายเสมอ R_2 และ R_3 เป็นตัวแบ่งกระแสที่ไหลผ่านเกตของไตรแอคไม่ให้สูงเกินไป C_1 เป็นตัวป้องกันการทำงานผิดพลาดจากสัญญาณรบกวนจากภายนอก R_4 และ C_2 เป็นตัวป้องกันทรานเซียนต์จากการเพิ่มแรงดันของไหลล้อย่างรวดเร็วซึ่งจะทำให้ไตรแอคเสียได้ นอกจากนี้ C_2 ยังเป็นตัวลดสัญญาณรบกวนและแรงดันกระชากในสายไฟด้วย R_4 เป็นตัวจำกัดกระแสที่ไหลผ่าน C_2



รูปที่ 4.2-1 แผนผังภายในของโวลิตสเทรีเลย์

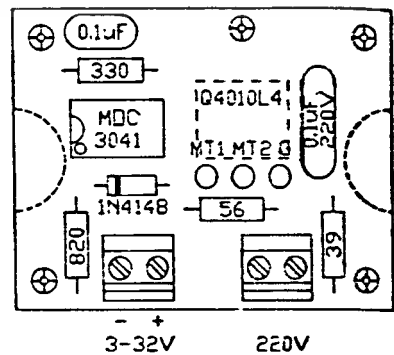
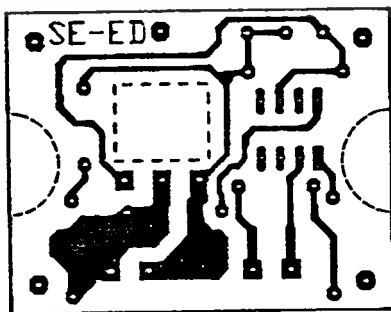
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



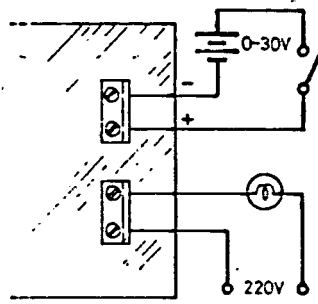
รูปที่ 4.2-2 วงจรของโซลิตสเตรรีเลย์

การสร้าง

ลายทองแดงและการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2-3 และ 4.2-4 ก่อนใส่อุปกรณ์จะต้องเจาะช่องตามรอยเส้นประก่อน เพราะว่าเมื่อยึดไตรแอคเข้ากับแผ่นระบายความร้อนแล้วจะสามารถบัดกรีได้ง่าย ไตรแอค ไตรแอคและ IC₁ ต้องใช้ความระมัดระวัง โดยต้องใส่ขาให้ถูกต้อง และตำแหน่งด้วย ถ้าใส่ผิดอาจจะเสียหายได้ง่ายเพราะวงจรต่อกับแรงดันไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 4.2-3 ลายทองแดงรูปที่ 4.2-4 การวางอุปกรณ์
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25

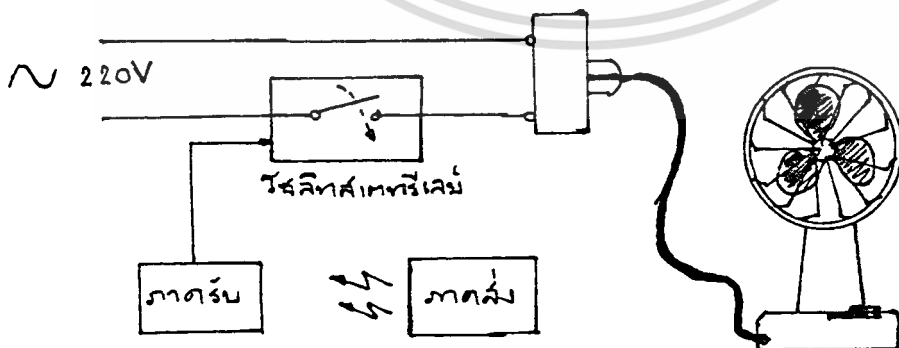
การทดสอบ

เมื่อลงอุปกรณ์ทั้งหมดลงบนแผ่นวงจรพิมพ์เรียบร้อยแล้ว ยึดแผ่นระบายความร้อนให้ไดรแอกต่อไหลคพวคหลอดไฟเอาไว้ และที่ขั้วควบคุมต่อสวิทช์ เปิดปิดกับแบตเตอรี่หรือแหล่งจ่ายไฟตรง มีแรงดันอยู่ในระหว่าง 5-30 โวลท์ ดังรูปที่ 4.2-5



การนำไปใช้งาน

การนำไปใช้งานของโซลิตลเตทรีเลย์ใช้ในการเปิดปิดวงจรต่างๆ เช่น วงจรหลอดไฟ เป็นต้น ใช้แทนสวิทช์หรือรีเลย์ตัวเดิม หรือ ใช้เป็นหน่วยอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์ ในที่นี้เราจะใช้วงจรนี้ทำงานเป็นสวิทช์ที่จะรับคำสั่งให้ทำการ ON - OFF ด้วยแรงไฟที่ได้จากเอาต์พุทของวงจรภาครีโมทคอนโทรล คือเราจะต่อวงจรตามรูปที่ 4.2-6



เมื่อมีการกดสวิทช์รีโมทตรงกับช่องที่เราต่อเอาไว้ โซลิตลเตทรีเลย์ของเราจะสามารถทำงานได้โดยจะต่อวงจรไฟ AC 220 V เข้าที่หมุดลมทำให้หมุดลมสามารถหมุนได้ก็เสมือนกับเราควบคุมการปิดเปิดของหมุดลมได้ในระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นการพิมพ์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการที่เราได้เริ่มศึกษาโครงงานนี้มาตั้งแต่ในช่วงโครงงาน 1 นั้นในตอนนั้นเราได้ทดลองวงจรโดยใช้ IC สำเร็จรูปมาต่อใช้งาน ผลปรากฏว่าสามารถส่งได้ในระยะสั้นคือประมาณ 1-2 เมตร เท่านั้นทั้งนี้เพราะว่าความละเอียดอ่อนของวงจรภายในของ IC สำเร็จรูป ที่ต้องการให้อุปกรณ์ที่ต่อร่วมต้องมีคุณสมบัติและค่าตรงตามในอุดมคติมากที่สุด และต้องใช้เทคนิคบางประการในการออกแบบซึ่งเป็นความลับของผู้ผลิตทำให้เราไม่สามารถเพิ่มระยะการส่งได้นอกจากการใช้เลนส์รวมแสงเข้าช่วย ซึ่งต้องใช้เลนส์ขนาดใหญ่พอสมควรจึงไม่เป็นที่ต้องการ จึงได้มาคิดว่าถ้าเราออกแบบวงจรสักรวมหนึ่งที่ใช้วงจรพื้นฐานที่เราเรียนมา แล้วนำมาประยุกต์ให้เหมาะสม จะเป็นการดีกว่าเพราะเราจะได้รับความรู้อย่างมากอีกทั้งยังจะก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ให้มากขึ้น จึงได้ออกแบบโดยให้หลักการของการบังคับความกว้างของพัลส์เพื่อแยกแยะคำสั่ง โดยใช้วงจรแบบอะอสเตเบิลิลิตีไวเบรเตอร์ ที่เราเคยรู้แต่ว่าวงจรนี้สามารถใช้งานได้หลายด้าน แต่น้อยคนที่จะคิดถึงว่ามันสามารถทำงานเป็นวงจรควบคุมระยะไกลในภาคส่งได้ ซึ่งจากการทดลองผลที่ได้นั้นจะเห็นว่าได้ผลอย่างดีมาก วงจรเป็นวงจรที่ง่าย ๆ และมีต้นทุนต่ำมาก ส่วนวงจรที่ภาครับนั้นในส่วนแรกเป็นวงจรตรวจจับแสงอินฟราเรด เราใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ทำให้การรับของเราไวขึ้น ได้ระยะไกล และมีความเที่ยงตรงมากขึ้น เอาท์พุทของวงจรตรวจจับแสงอินฟราเรดจะต่อกับวงจรขยายสัญญาณแบบ PARTIAL ที่จะปรับแต่งสัญญาณที่ได้จากเอาท์พุทของโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อให้ได้สัญญาณกลับคืนจากแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และวงจรนี้ควบคุมเกณฑ์การขยายโดยความต้านทานที่ต่อ Feedback อยู่ เมื่อสามารถปรับแต่งจนได้สัญญาณไฟฟ้าออกมาแล้ว LM 567 แต่ละตัวจะคอยตรวจสอบว่าความถี่ตรงกับที่ตัวมันตั้งไว้หรือไม่ ถ้าตรงมันจะทำการ LOCK โดยให้อเอาท์พุทเป็น 0 ออกมาเพียงตัวเดียว และเราจะนำสภาวะนี้ไปส่งงานต่อไป

ปัญหาที่พบในการทำโครงการ

1. เกิดการรบกวนจากแสงอินฟราเรดธรรมชาติ เช่น แสงจากหลอดไฟหรือแสงสว่างจากดวงอาทิตย์

ผลที่เกิดขึ้น ระยะการส่งของเราจะสั้นลงและมีโอกาสเกิดการผิดพลาดได้ง่าย
การแก้ไข เราใส่แผ่นกรองแสงอินฟราเรดเอาไว้ที่ภาคส่ง และใช้ตัวรับที่มีผลลตึกที่ห่อหุ้มเป็นสีม่วง เพื่อลดการรบกวนจากแสงภายนอกทำให้เราส่งได้ระยะไกลขึ้น

2. เกิดการผิดพลาดเช่น เราต้องการส่งงานไปที่ ช่อง 2 แต่ในช่องที่ 4 ก็ทำงานด้วยคือกดสวิทช์ตัวเดียวแต่มีเอาท์พุทแอดคัพ 2 ช่อง

ผลที่เกิดขึ้น การควบคุมงานจะผิดพลาดมาก
การแก้ไข เนื่องจากความถี่ของช่องทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันทำให้เกิดการตัดลใจผิดพลาด เราแก้ไขโดยการที่เปลี่ยนความถี่ของช่องที่มีปัญหาเป็นความถี่อื่น ๆ ที่ให้ห่างกันมากขึ้น ทำให้สามารถแก้ปัญหาลงได้

3. ระยะของการส่งไม่ไกลเท่าที่ควร

การแก้ไข การที่ระยะของการส่งมีระยะไม่ไกลก็เพราะเกิดจาก การที่ภาครับไม่สามารถรับแสงที่ส่งออกไปได้ หรือ รับได้ แต่ไม่สามารถตัดลใจได้ว่า เป็นคำสั่งที่สั่งว่าอะไร หรืออาจเป็นเพราะเราไม่สามารถปรับแต่งสัญญาณที่รับได้ก่อนที่จะนำไปประมวลผล เราจึงได้ พยายามเลือกวงจรขยายที่สามารถขยายสัญญาณได้ถูกต้องมากที่สุดและเปลี่ยนตัวรับแสงเป็น โฟโตทรานซิสเตอร์ และเลือกใช้ตัวส่งแสงอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงที่ โฟโตทรานซิสเตอร์สามารถ ทำงานได้ดีที่สุด โดยได้ทดลองเรื่อยๆจนกระทั่งได้วงจรตามที่ได้เสนอเอาไว้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

Infrared LED

This device is designed for infrared remote control and other sensing applications, and can be used in conjunction with the MRD821 photodiodes. It features high power output, using long-life gallium arsenide technology.

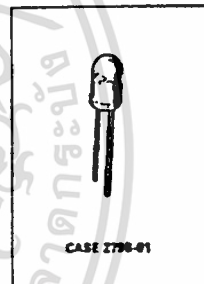
- Low Cost
- Popular T-1 1/2 Package
- Ideal Beam Angle for Most Remote Control Applications
- Uses Stable Long-Life LED Technology
- Clear Epoxy Package

MLED81

**INFRARED
LED
940 nm**

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Reverse Voltage	V_R	5	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	100	mA
Forward Current — Peak Pulse	I_F	1	A
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	100 2.2	mW mW/°C
Ambient Operating Temperature Range	T_A	-30 to +70	°C
Storage Temperature	T_{stg}	-30 to +80	°C
Lead Soldering Temperature, 5 seconds max, 1/16 inch from case	—	260	°C



ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Reverse Leakage Current ($V_R = 3\text{ V}$)	I_R	—	10	—	nA
Reverse Leakage Current ($V_R = 5\text{ V}$)	I_R	—	1	10	μA
Forward Voltage ($I_F = 100\text{ mA}$)	V_F	—	1.35	1.7	V
Temperature Coefficient of Forward Voltage	ΔV_F	—	-1.6	—	mV/K
Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$)	C	—	25	—	pF

OPTICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Peak Wavelength ($I_F = 100\text{ mA}$)	λ_p	—	940	—	nm
Spectral Half-Power Bandwidth	$\Delta\lambda$	—	50	—	nm
Total Power Output ($I_F = 100\text{ mA}$)	O_p	—	16	—	mW
Temperature Coefficient of Total Power Output	ΔO_p	—	-0.25	—	%/K
Axis Radiant Intensity ($I_F = 100\text{ mA}$)	I_e	10	15	—	mW/sr
Temperature Coefficient of Axis Radiant Intensity	ΔI_e	—	-0.25	—	%/K
Power Half-Angle	θ	—	≈ 30	—	°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MLED81

TYPICAL CHARACTERISTICS

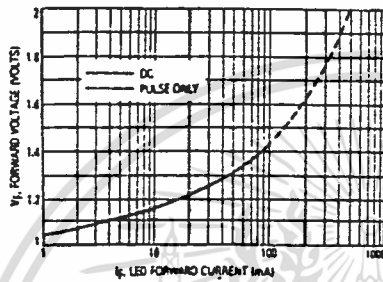


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

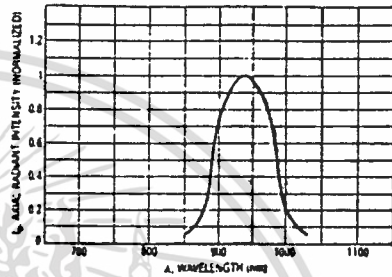


Figure 2. Relative Spectral Emission

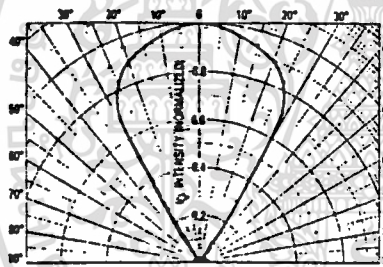


Figure 3. Spatial Radiation Pattern

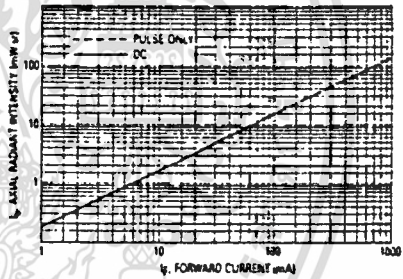


Figure 4. Intensity versus Forward Current

OUTLINE DIMENSIONS

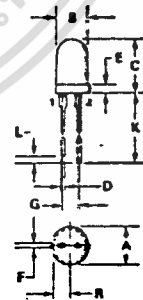
CASE 2798-01

NOTES

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y13.5M 1982
2. CONTROLLING DIMENSION INCH

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	6.52	5.96	0.257	0.235
B	4.80	5.29	0.189	0.209
C	8.12	8.14	0.320	0.360
D	0.51	0.71	0.020	0.028
E	1.15	1.39	0.045	0.055
F	0.91	0.76	0.036	0.030
G	2.29	2.29	0.090	0.110
H	25.40	25.27	1.00	1.05
I	0.18	1.62	0.007	0.077
R	2.42	2.79	0.095	0.110

STYLE 1.
PIN 1 CATHODE
2 ANODE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM555/LM555C Timer

General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200 mA or drive TTL circuits.

- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output

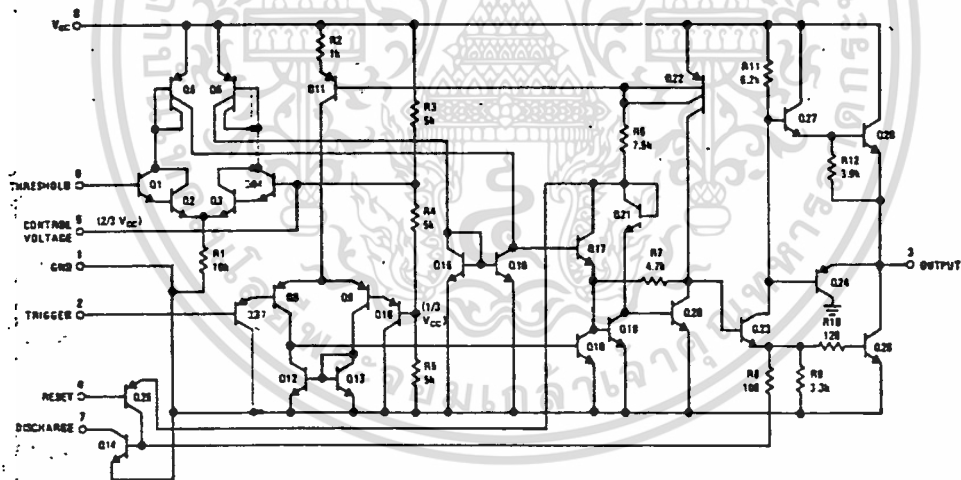
Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes

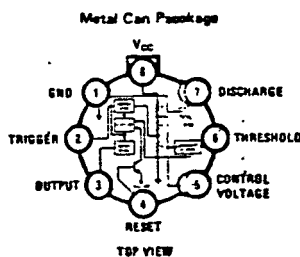
Applications

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

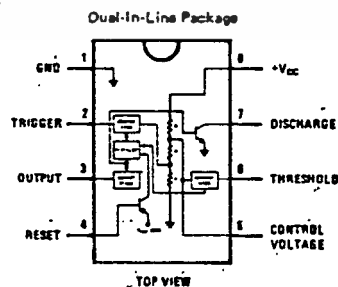
Schematic Diagram



Connection Diagrams



Order Number LM555FH, LM555CH
See NS Package r140BC



Order Number LM555CN
See NS Package NO5B
Order Number LM555J or LM555CJ
See NS Package JO5A

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 1)	600 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
LM555	-55°C to +125°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

Electrical Characteristics ($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$ to $+15\text{V}$, unless otherwise specified)

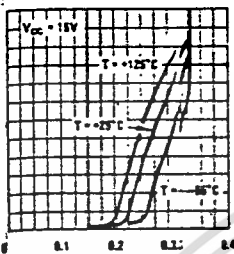
PARAMETER	CONDITIONS	LIMITS						UNITS
		LM555			LM555C			
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Supply Voltage		4.5		18	4.5		16	V
Supply Current	$V_{CC} = 5\text{V}$, $R_L = \infty$ $V_{CC} = 15\text{V}$, $R_L = \infty$ (Low State) (Note 2)		3 10	5 12		3 10	6 15	mA mA
Timing Error, Monostable			0.5	2		1		%
Initial Accuracy			30			50		ppm/°C
Drift with Temperature	$R_A, R_B = 1\text{k}$ to 100k , $C = 0.1\mu\text{F}$, (Note 3)		1.5	3.0		1.5		%
Accuracy over Temperature			0.05	0.2		0.1		%
Drift with Supply								%
Timing Error, Astable			1.5	5		2.25	7	ppm/°C
Initial Accuracy			90	150		150		ppm/°C
Drift with Temperature			2.5	3.0		3.0		%
Accuracy over Temperature			0.15	0.2		0.30	0.5	%
Drift with Supply								%
Threshold Voltage			0.667			0.667		V_{CC}
Trigger Voltage	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$	4.8 1.45	5 1.67	5.2 1.9		5 1.67		V V
Trigger Current			0.01	0.5		0.5	0.9	mA
Reset Voltage		0.4	0.5	1	0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4		0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 4)		0.1	0.25		0.1	0.25	mA
Control Voltage Level	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$	9.6 2.9	10 3.33	10.4 3.8	9 2.6	10 3.33	11 4	V V
Pin 7 Leakage Output High			1	100		1	100	mA
Pin 7 Sat (Note 5)								mV
Output Low	$V_{CC} = 15\text{V}$, $I_L = 15\text{mA}$		150			180		mV
Output Low	$V_{CC} = 4.5\text{V}$, $I_L = 4.5\text{mA}$		70	100		80	200	mV
Output Voltage Drop (Low)	$V_{CC} = 15\text{V}$ $I_{SINK} = 10\text{mA}$ $I_{SINK} = 50\text{mA}$ $I_{SINK} = 100\text{mA}$ $I_{SINK} = 200\text{mA}$ $V_{CC} = 5\text{V}$ $I_{SINK} = 8\text{mA}$ $I_{SINK} = 5\text{mA}$		0.1 0.4 2 2.5	0.15 0.5 2.2		0.1 0.4 2 2.5	0.25 0.75 2.5	V V
Output Voltage Drop (High)	$I_{SOURCE} = 200\text{mA}$, $V_{CC} = 15\text{V}$ $I_{SOURCE} = 100\text{mA}$, $V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$	13 3	12.5 13.3 3.3		12.75 2.75	12.5 13.3		V V
Rise Time of Output			100			100		ns
Fall Time of Output			100			100		ns

Note 1: For operating at elevated temperatures the device must be derated based on a $+150^\circ\text{C}$ maximum junction temperature and a thermal resistance of $+45^\circ\text{C/W}$ junction to case for TO-5 and $+150^\circ\text{C/W}$ junction to ambient for both packages.
 Note 2: Supply current when output high typically 1 mA less at $V_{CC} = 5\text{V}$.
 Note 3: Tested at $V_{CC} = 5\text{V}$ and $V_{CC} = 15\text{V}$.
 Note 4: This will determine the maximum value of $R_A + R_B$ for 15V operation. The maximum total ($R_A + R_B$) is 20 MΩ.
 Note 5: No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

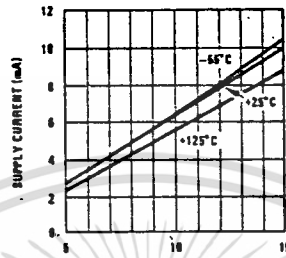
Typical Performance Characteristics

Minimum Pulse Width Required for Triggering



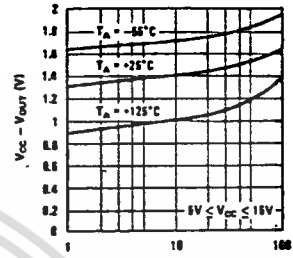
LOWEST VOLTAGE LEVEL OF TRIGGER PULSE (X V_{CC})

Supply Current vs Supply Voltage



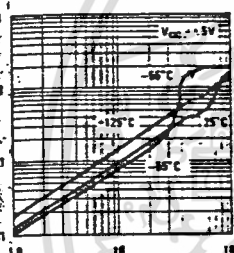
SUPPLY VOLTAGE (V)

High Output Voltage vs Output Source Current



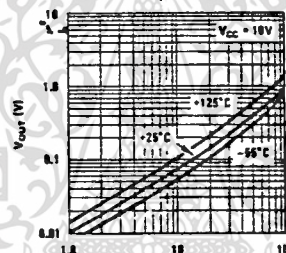
I_{SOURCE} (mA)

Low Output Voltage vs Output Sink Current



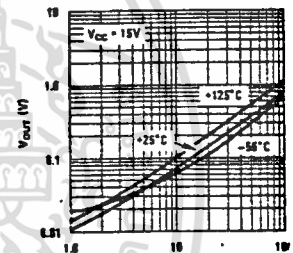
I_{SNK} (mA)

Low Output Voltage vs Output Sink Current



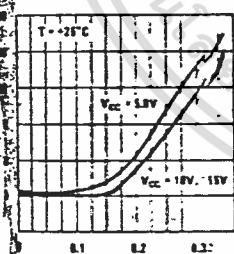
I_{SNK} (mA)

Low Output Voltage vs Output Sink Current



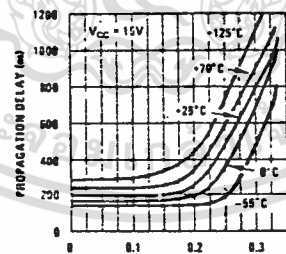
I_{SNK} (mA)

Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



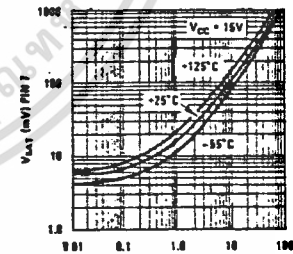
LOWEST VOLTAGE LEVEL OF TRIGGER PULSE (X V_{CC})

Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



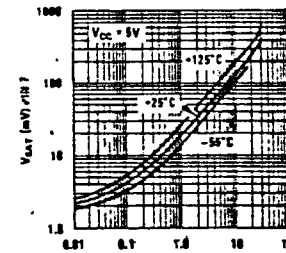
LOWEST VOLTAGE LEVEL OF TRIGGER PULSE (X V_{CC})

Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current



I_{SNK} (mA) PIN 7

Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current



I_{SNK} (mA) PIN 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information

MONOSTABLE OPERATION

In this mode of operation, the timer functions as a one-shot (Figure 1). The external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than $1/3 V_{CC}$ to pin 2, the flip-flop is set which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.

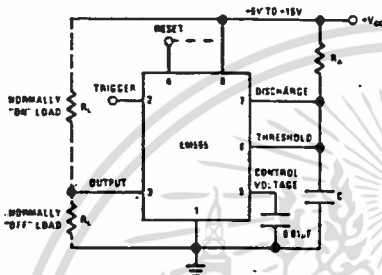


FIGURE 1. Monostable

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of $t = 1.1 R_A C$, at the end of which time the voltage equals $2/3 V_{CC}$. The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. Figure 2 shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply.

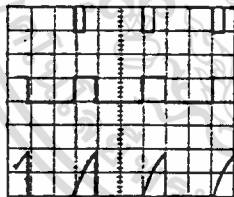


FIGURE 2. Monostable Waveforms
 $V_{CC} = 5V$
 TIME = 0.1 µs/DIV.
 $R_A = 1.1k\Omega$
 $C = 0.01\mu F$
 Top Trace: Output 5V/Div.
 Middle Trace: Output 5V/Div.
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 2V/Div.

FIGURE 2. Monostable Waveforms

During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not effect the circuit. However the circuit can be reset during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to V_{CC} to avoid any possibility of false triggering.

Figure 3 is a nomograph for easy determination of R, C values for various time delays.

NOTE: In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in Figure 4 (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a

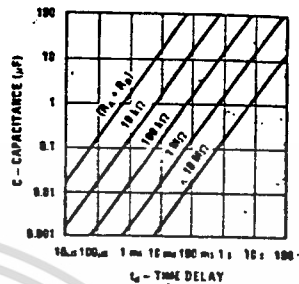


FIGURE 3. Time Delay

multivibrator. The external capacitor charges through $R_A + R_B$ and discharges through R_B . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

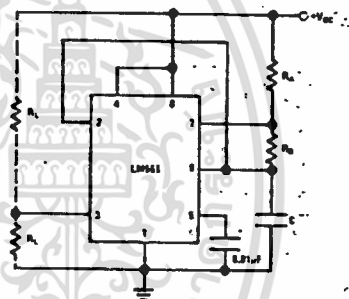


FIGURE 4. Astable

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between $1/3 V_{CC}$ and $2/3 V_{CC}$. As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.

Figure 5 shows the waveforms generated in this mode of operation.

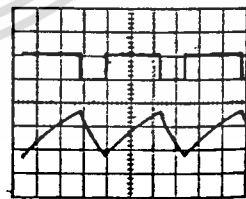


FIGURE 5. Astable Waveforms
 $V_{CC} = 5V$
 TIME = 20µs/DIV.
 $R_A = 2.0k\Omega$
 $R_B = 3.0k\Omega$
 $C = 0.01\mu F$
 Top Trace: Output 5V/Div.
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div.

FIGURE 5. Astable Waveforms

The charge time (output high) is given by:

$$t_1 = 0.693 (R_A + R_B) C$$

And the discharge time (output low) by:

$$t_2 = 0.693 (R_B) C$$

Thus the total period is:

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_A + 2R_B) C$$

Applications Information (Continued)

The frequency of oscillation is:

$$f_f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C}$$

Figure 6 may be used for quick determination of these RC values.

The duty cycle is: $D = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$

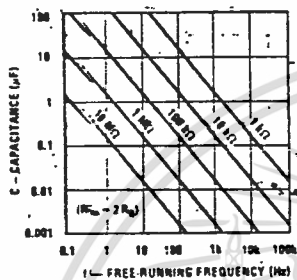


FIGURE 6. Free Running Frequency

FREQUENCY DIVIDER

The monostable circuit of Figure 1 can be used as a frequency divider by adjusting the length of the timing cycle. Figure 7 shows the waveforms generated in a divide by three circuit.

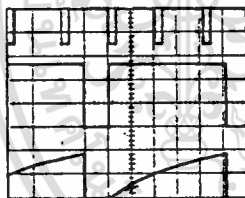


FIGURE 7. Frequency Divider

PULSE WIDTH MODULATOR

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 8 shows the circuit, and in Figure 9 are some waveform examples.

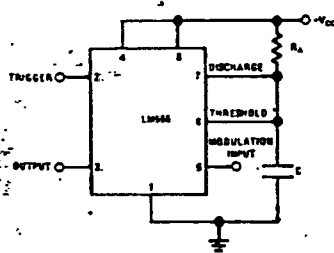


FIGURE 8. Pulse Width Modulator

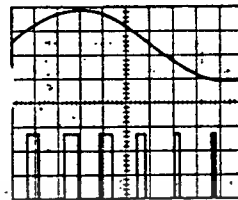


FIGURE 9. Pulse Width Modulator

PULSE POSITION MODULATOR

This application uses the timer connected for astable operation, as in Figure 10, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with the modulating signal, since the threshold voltage and hence the time delay is varied. Figure 11 shows the waveforms generated for a triangle wave modulation signal.

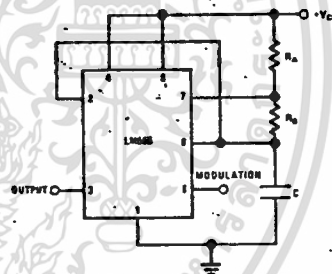


FIGURE 10. Pulse Position Modulator

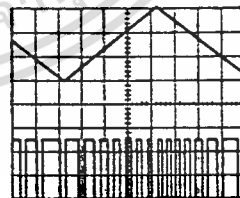


FIGURE 11. Pulse Position Modulator

LINEAR RAMP

When the pullup resistor, R_A , in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is

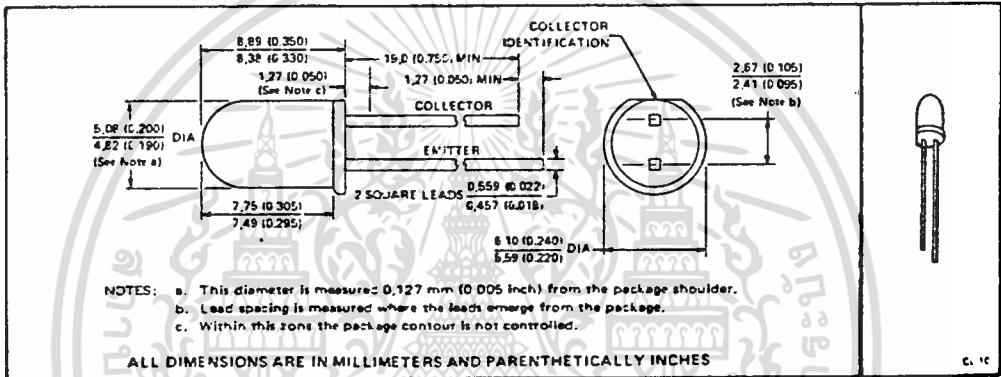
TYPE TIL414 N-P-N SILICON PHOTOTRANSISTOR

D2615, NOVEMBER 1980

- Designed for Automatic or Hand Insertion in Sockets or PC Boards
- Recommended for Industrial Applications Requiring Low-Cost Discrete Phototransistors
- Spectrally and Mechanically Matched with TIL38, TIL39, TIL905, and TIL906 IR-Emitting Diodes

mechanical data

This device has a clear molded epoxy body.



absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

Collector-Emitter Voltage	35 V
Emitter-Collector Voltage	7 V
Continuous Device Dissipation at (or below) 25°C Free-Air Temperature (See Note 1)	50 mW
Operating Free Air Temperature Range	-40°C to 80°C
Storage Temperature Range	-40°C to 100°C
Lead Temperature 1.6 mm (1/16 Inch) from Case for 5 Seconds	240°C

electrical characteristics at 25°C free-air temperature

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{(BR)CEO}$ Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 100 \mu A, E_E = 0$	35			V
$V_{(BR)ECO}$ Emitter-Collector Breakdown Voltage	$I_E = 100 \mu A, E_E = 0$	7			V
I_D Dark Current	$V_{CE} = 10 V, E_E = 0$			50	nA
I_L Light Current	$V_{CE} = 5 V, E_E = 250 \mu W/cm^2$, See Note 2	-100	700		μA
$V_{CE(sat)}$ Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 100 \mu A, E_E = 250 \mu W/cm^2$, See Note 2		0.1		V

switching characteristics at 25°C free-air temperature

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TYP	UNIT
t_r Rise Time	$V_{CC} = 30 V, I_L = 800 \mu A,$ $R_L = 1 k\Omega,$ See Figure 1	8	μs
t_f Fall Time		7	μs

- NOTES: 1. Derate linearly to 80°C free-air temperature at the rate of 0.91 mW/C.
2. Irradiance (E_E) is the radiant power per unit area incident upon a surface. For these measurements the source is an infrared-emitting diode, wavelength at peak emission is 930 nm, and spectral bandwidth is 45 nm.

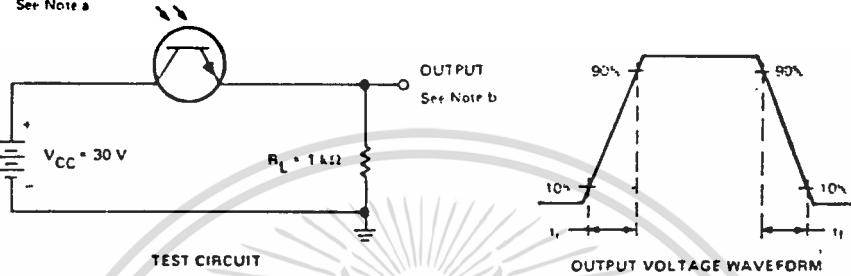
Copyright © 1980 by Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPE TIL414 N-P-N SILICON PHOTOTRANSISTOR

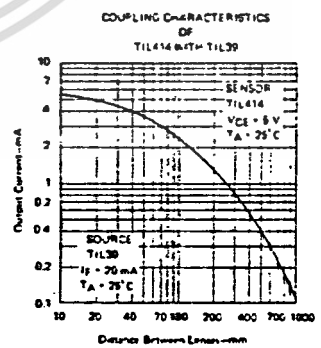
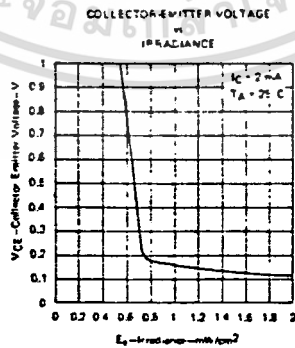
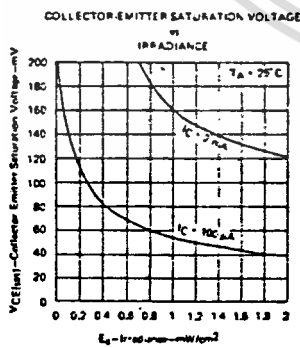
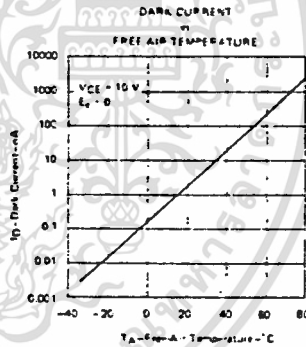
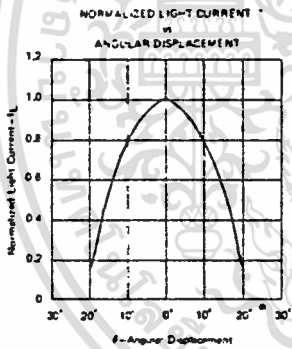
PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

See Note a



NOTES: a. Input irradiance is supplied by a pulsed gallium arsenide infrared emitter with rise and fall times of less than 50 ns. Incident irradiance is adjusted for $I_L = 800 \mu\text{A}$.
b. Output waveform is monitored on an oscilloscope with the following characteristics: $t_r < 25 \text{ ns}$, $R_{in} > 1 \text{ M}\Omega$, $C_{in} < 20 \text{ pF}$.

TYPICAL CHARACTERISTICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**National
Semiconductor**

**Industrial/Automotive/Functional
Blocks/Telecommunications**

LM567/LM567C Tone Decoder

General Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a saturated transistor switch to ground when an input signal is present within the passband. The circuit consists of an I and Q detector driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. External components are used to independently set center frequency, bandwidth and output delay.

Features

- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability
- Bandwidth adjustable from 0 to 14%

- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

Applications

- Touch tone decoding
- Precision oscillator
- Frequency monitoring and control
- Wide band FSK demodulation
- Ultrasonic controls
- Carrier current remote controls
- Communications paging decoders

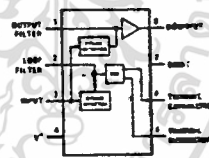
Schematic and Connection Diagrams

Metal Can Package

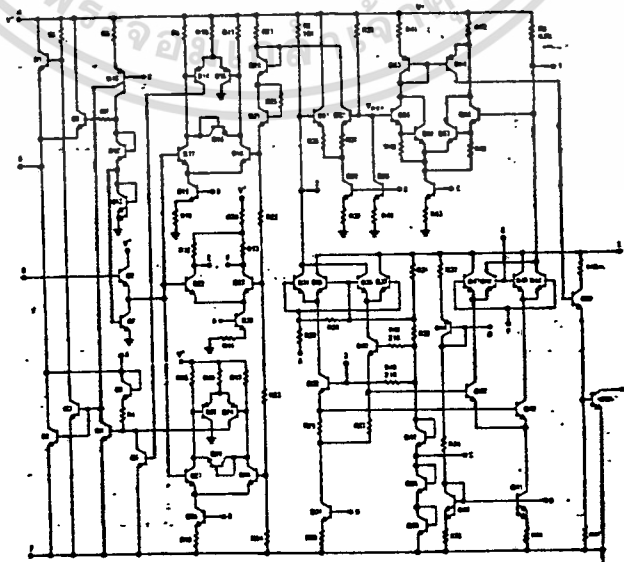


Order Number LM567H or LM567CH
See NS Package H06C

Dual-In-Line Package:



Order Number LM567CN
See NS Package N08B



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage Pin	10V
Power Dissipation (Note 1)	300 mW
V_0	15V
V_3	-10V
V_3	$V_{0A} + 0.5V$
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

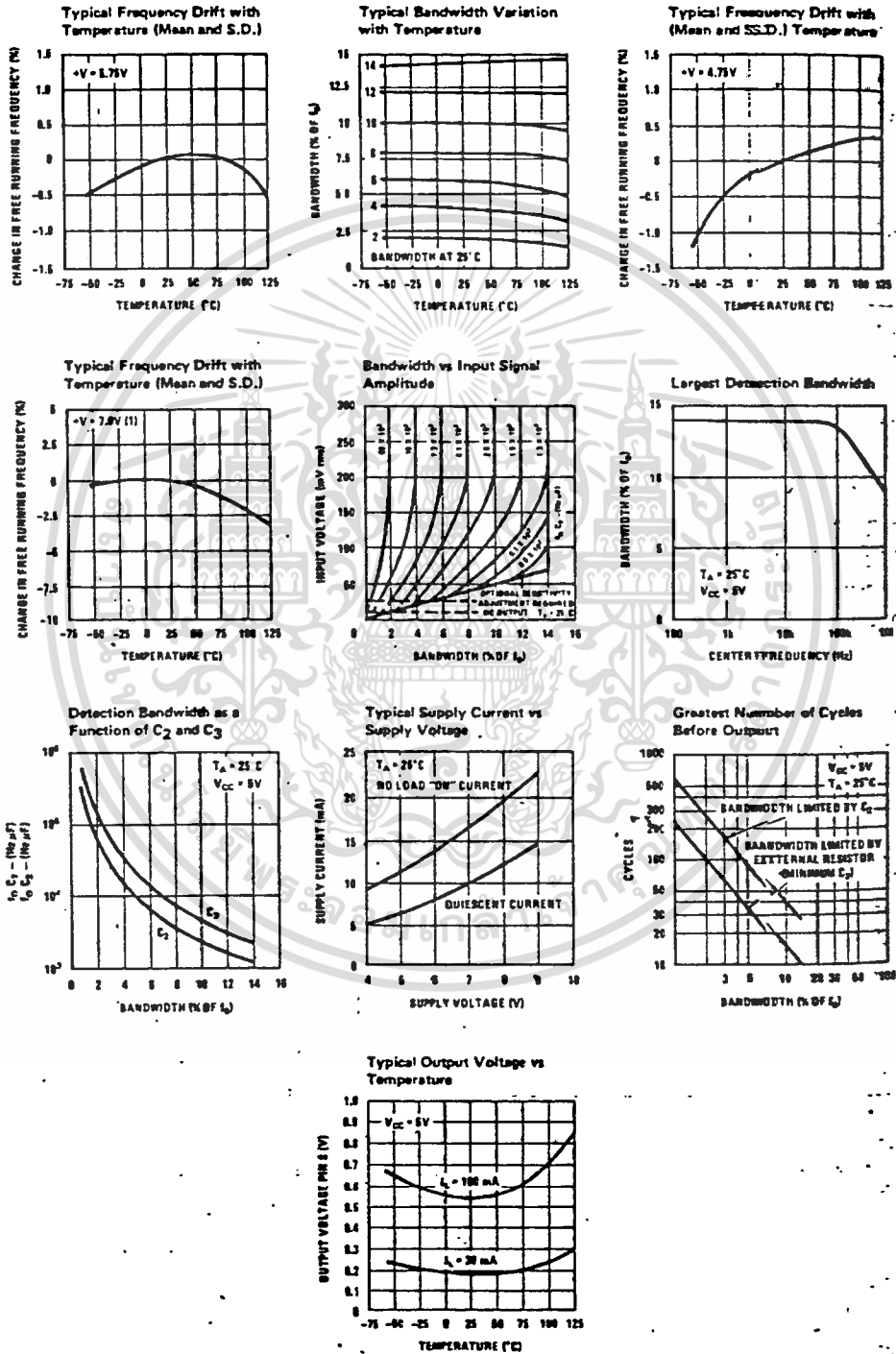
Electrical Characteristics (AC Test Circuit, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_C = 5V$)

PARAMETERS	CONDITIONS	LM567			LM567C/LM567CN			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Power Supply Voltage Range		4.75	5.0	9.0	4.75	5.0	9.0	V
Power Supply Current	$R_L = 20k$							
Quiescent			8	8		7	10	mA
Power Supply Current	$R_L = 20k$							
Activated			11	13		12	15	mA
Input Resistance		18	20	22	18	20	25	k Ω
Smallest Detectable Input Voltage	$I_L = 100 \text{ mA}$, $f_s = f_o$		20	25		20	25	mVrms
Largest No Output Input Voltage	$I_C = 100 \text{ mA}$, $f_s = f_o$		10	15		10	15	mVrms
Largest Simultaneous Outband Signal to Inband Signal Ratio			8			6		dB
Minimum Input Signal to Wideband Noise Ratio	$B_w = 140 \text{ kHz}$		-8			-6		dB
Largest Detection Bandwidth		12	14	16	10	14	18	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Skew			1	2		2	3	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Variation w/in Temperature			± 0.1	0.25		± 0.1	0.6	%/°C
Largest Detection Bandwidth Variation w/in Supply Voltage	4.75V - 6.75V		± 1	± 2		± 1	± 5	%V
Highest Center Frequency		100	500		100	500		kHz
Center Frequency Stability	$0 < T_A < 70$		35 ± 60			35 ± 60		ppm/°C
	$-55 < T_A < +125$		35 ± 140			35 ± 140		ppm/°C
Center Frequency Shift with Supply Voltage	4.75V - 6.75V		0.5	1.0		0.4	2.0	%/V
Fastest ON-OFF Cycling Rate			$f_o/20$			$f_o/20$		
Output Leakage Current	$V_0 = 15V$		0.01	25		0.01	25	μA
Output Saturation Voltage	$e_s = 25 \text{ mV}$, $I_s = 30 \text{ mA}$		0.2	0.4		0.2	0.4	V
	$e_s = 25 \text{ mV}$, $I_s = 100 \text{ mA}$		0.6	1.0		0.6	1.0	
Output Fall Time			30			30		ns
Output Rise Time			150			150		ns

Note 1: The maximum junction temperature of the LM567 is 150°C, while that of the LM567C and LM567CN is 100°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to ambient or 45°C/W, junction to case. For the DIP the device must be derated based on a thermal resistance of 187°C/W, junction to ambient.

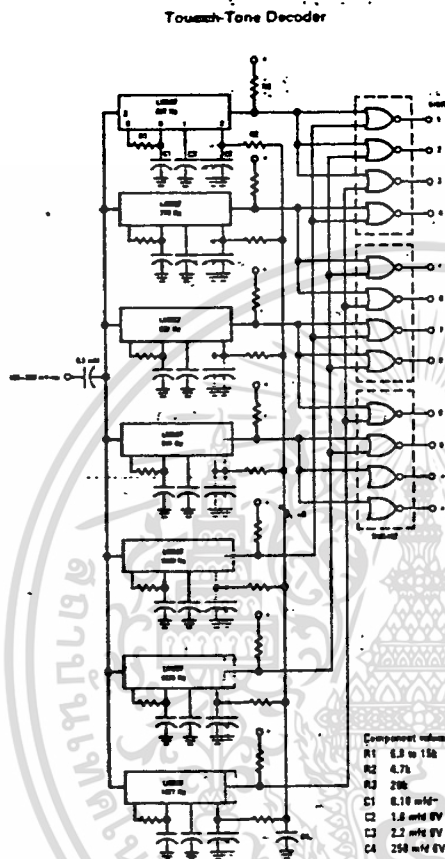
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

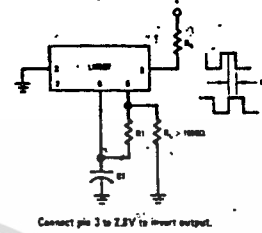


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

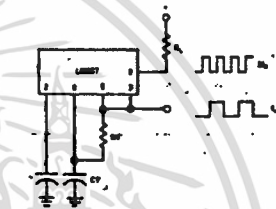
Typical Applications



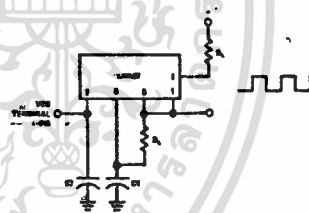
Oscillator with Quadrature Output



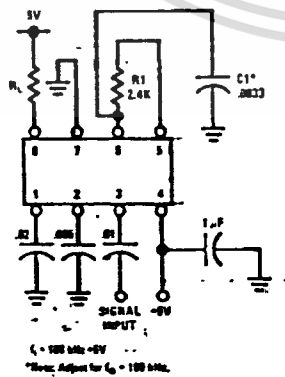
Oscillator with Double Frequency Output



Precision Oscillator Drive 100 mA Loads



AC Test Circuit



Applications Information

The center frequency of the tone decoder is equal to the free running frequency of the VCO. This is given by

$$f_0 \cong \frac{1}{R_1 C_1}$$

The bandwidth of the filter may be found from the approximation

$$BW \cong 1070 \sqrt{\frac{V_1}{f_0 C_2}} \text{ in \% of } f_0$$

Where:

V₁ = Input voltage (volts rms), V₁ ≤ 200 mV

C₂ = Capacitance at Pin 2 (µF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4016AB



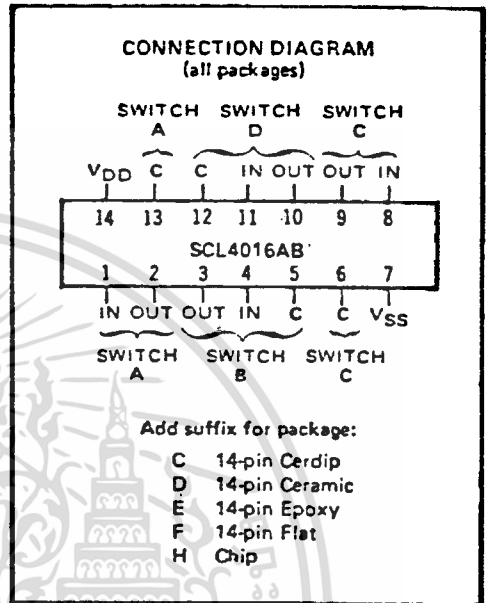
CMOS QUAD ANALOG SWITCH

FEATURES

- ◆ Wide Range of Digital and Analog Signal Levels - Digital or Analog Signals to 18 Volts peak
- ◆ Low ON Resistance - 200 Ω typ. over 15Vp-p Signal Input Range, @ 15Vdc
- ◆ Matched Switch Characteristics - 10 Ω typ. Difference between RON Values at a Fixed Bias Point over 15Vp-p Signal Input Range @ 15Vdc
- ◆ High On/Off Output Voltage Ratio - 65 dB typ. @ $f_{is} = 10\text{kHz}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$
- ◆ High degree of Linearity - $\leq 0.4\%$ Distortion typ. @ $f_{is} = 1\text{kHz}$, $V_{is} = 5\text{V}_{p-p}$, $V_{DD} - V_{SS} \geq 10\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$
- ◆ Extremely Low OFF Switch Leakage Resulting in Very Low Offset Current and High Effective OFF resistance - 10pA typ. @ $V_{DD} - V_{SS} = 10\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$
- ◆ Extremely High Control Input Impedance (Control Circuit Isolated from Signal Circuit) - $10^{12}\Omega$ typ.
- ◆ Low Crosstalk between Switches - -50dB typ. @ $f_{is} = 0.9\text{MHz}$, $R_L = 1\text{k}\Omega$
- ◆ Matched Control-Input to Signal-Output Capacitances - Reduces Output Signal Transients
- ◆ Transmits Frequencies up to 40MHz

DESCRIPTION

The SCL4016AB is a single-chip monolithic silicon integrated circuit containing eight N-channel and eight P-channel enhancement-mode MOS transistors connected to form four independent bilateral signal switches. Each switch consists of both P- and N-channel devices with common source and drain connections. A single control signal is required per switch. Both P and N devices in a given switch are biased ON or OFF by the control signal. The CMOS switch permits peak input-signal voltage swings equal to the full supply voltage, a considerable advantage over single-channel types.

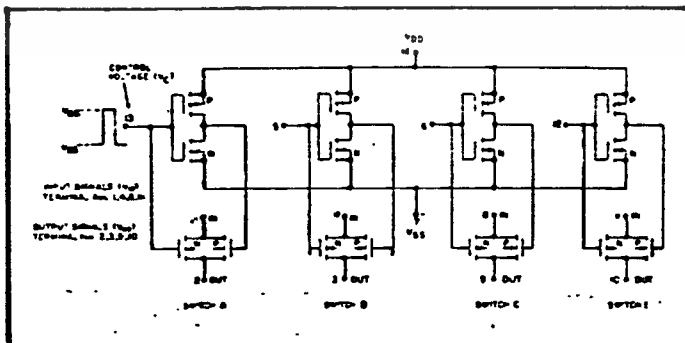


RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

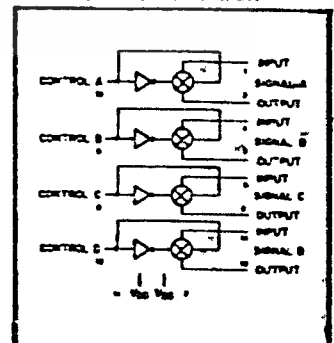
For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A	-55 to +125	$^\circ\text{C}$
C, D, F, H Device		-40 to +85	$^\circ\text{C}$
E Device			

SCHEMATIC DIAGRAM



LOGIC DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS^{1,2}

PARAMETER	CONDITIONS	V _{SS} (Vdc)	V _{DD} (Vdc)	T _{LOW} ³		25°C			T _{HIGH} ³		Units	
				Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.		
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I _{DD} V _{in} = V _{SS} or V _{DD} All valid input combinations	0	5	-	0.05	-	0.0005	0.05	-	1.5	μA _{dc}	
		0	10	-	0.1	-	0.001	0.1	-	3.0		
		0	15	-	0.2	-	0.002	0.2	-	6.0		
MINIMUM INPUT HIGH VOLTAGE (Control Input)	V _{IH} V _{IS} = V _{SS} V _{OS} = V _{DD} I _{OS} = 10 _μ A	0	5	-	2.9	-	1.5	2.9	-	2.4	Vdc	
		0	10	-	2.9	-	1.5	2.7	-	2.4		
		0	15	-	2.9	-	1.5	2.7	-	2.4		
MAXIMUM INPUT LOW VOLTAGE (Control Input)	V _{IL} V _{IS} = V _{SS} V _{OS} = V _{DD} I _{OS} = 10 _μ A	0	5	0.9	-	0.7	1.5	-	0.4	-	Vdc	
		0	10	0.9	-	0.7	1.5	-	0.4	-		
		0	15	0.9	-	0.7	1.5	-	0.4	-		
SWITCH INPUT/OUTPUT LEAKAGE (Switch off)	I _{OFF} V _C = V _{SS} V _{IS}	±7.5	-7.5	-7.5	-	±250	-	±0.1	±250	-	±2500	nA _{dc}
ON-RESISTANCE C, D, F, H device	R _{ON} V _C = V _{DD} R _L = 10kΩ V _{IS} (Vdc)	±7.5	-7.5	+7.5	-	360	-	200	400	-	600	Ω
		-7.5	-	-	-	360	-	200	400	-	600	
		±0.25	-	-	-	775	-	280	850	-	1230	
		+5	-5	+5	-	600	-	250	660	-	960	Ω
		-5	-	-	-	630	-	250	660	-	960	
		±0.25	-	-	-	1870	-	580	2000	-	2600	
		+15	0	+15	-	360	-	200	400	-	600	Ω
		+0.25	-	-	-	360	-	200	400	-	600	
		+9.3	-	-	-	775	-	300	850	-	1230	
		+10	0	+10	-	600	-	250	660	-	960	Ω
		+0.25	-	-	-	600	-	250	660	-	960	
		+5.6	-	-	-	1870	-	560	2000	-	2600	
E device	R _{ON} V _C = V _{DD} R _L = 10kΩ V _{IS} (Vdc)	±7.5	-7.5	+7.5	-	370	-	280	400	-	520	Ω
		-7.5	-	-	-	370	-	200	400	-	520	
		±0.25	-	-	-	780	-	280	850	-	1080	
		+5	-5	+5	-	610	-	250	660	-	840	Ω
		-5	-	-	-	610	-	250	660	-	840	
		±0.25	-	-	-	1900	-	580	2000	-	2380	
		+15	0	+15	-	370	-	200	400	-	520	Ω
		+0.25	-	-	-	370	-	200	400	-	520	
		+9.3	-	-	-	780	-	300	850	-	1080	
		+10	0	+10	-	610	-	250	660	-	840	Ω
		+0.25	-	-	-	610	-	250	660	-	840	
		+5.6	-	-	-	1900	-	560	2000	-	2380	
ON-RESISTANCE MATCH (Same package)	ΔR _{ON} V _C = V _{DD} R _L = 10kΩ V _{IS} (Vdc)	±7.5	-7.5	+7.5	-	-	-	10	-	-	Ω	
		±5	-5	+5	-	-	-	15	-	-		

- NOTES: ¹ Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL400B Series Family Specifications".
² T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
 = -40°C for E device.
 T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
 = +85°C for E device.
³ This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

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

PARAMETER	CONDITIONS	V _{IS} (Vdc)	V _{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	UNIT
SIGNAL INPUTS (V_{IS}) AND OUTPUTS (V_{OS})							
PROPAGATION DELAY TIME Signal input to signal output	S _{IN} , S _{OUT} V _C = V _{DD} V _{IS} = square wave R _L = 10kΩ	0	5	-	20	40	ns
		0	10	-	10	20	
		0	15	-	7.5	15	
BANDWIDTH (-3dB) (Sine Wave)	BW V _C = V _{DD} V _{IS} = 5V _{pp} contoured @0.0Vdc	R _L		-	54	-	MHz
		1kΩ		-5	-	-	
		10kΩ		-	-	-	
		100kΩ		-	-	-	
		1MΩ		-	37	-	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50 pF, T_A = 25°C) (Continued)

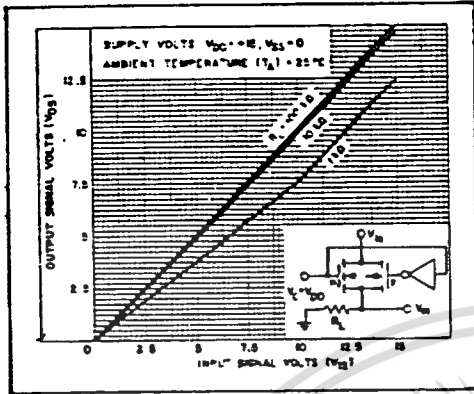
PARAMETER	CONDITIONS	V _{SS} (Vdc)	V _{CC} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units	
SIGNAL INPUTS (V _{IS}) AND OUTPUTS (V _{OS}) (Continued)								
INSERTION LOSS ($= 20 \log_{10} \frac{V_{OS}}{V_{IS}}$)	V _C = V _{DD} V _{IS} = 5V _{pp} centered @0 Vdc	R _L	-5	+5	-	2.3	dB	
						10kΩ		0.2
						100kΩ		0.1
						1MΩ		0.05
SIGNAL DISTORTION (Sine Wave)	V _C = V _{DD} V _{IS} = 5V _{pp} centered @0 Vdc f _{IS} = 10 MHz R _L = 10kΩ	-5	-5	-	0.4	-	%	
FEEDTHROUGH (-50dB)	V _C = V _{SS} V _{IS} = 5V _{pp} centered @0 Vdc	R _L	-5	+5	-	1250	kHz	
						10kΩ		140
						100kΩ		18
						1MΩ		2
CROSSTALK (-50dB) (Between two switches)	V _C (A) = V _{DD} V _C (B) = V _{SS} V _{IS} (A) = 5V _{pp} centered @0 Vdc R _L = 10k	-5	-5	-	0.9	-	MHz	
CAPACITANCE	C _{IS}	V _C = V _{SS}	-5	+5	-	4	pF	
	C _{OS}					2		
	C _{FB}					20		
CONTROL INPUT (V _C)*								
PROPAGATION DELAY TIME Turn-on	to L _M level	V _{IS} < V _{IS} < V _{DD} R _L = 10kΩ	0	5	30	80	ns	
			0	10	20	40		
			0	15	15	30		
MAXIMUM INPUT FREQUENCY	f _C	V _{IS} < V _{IS} < V _{DD} R _L = 10kΩ	0	5	5	5	MHz	
CROSSTALK (To signal port)	V _C = Square wave R _L = 10kΩ R _{IN} = 10kΩ	0	5	30	mV			
		0	10	50				
		0	15	100				

TYPICAL ON-RESISTANCE CHARACTERISTICS

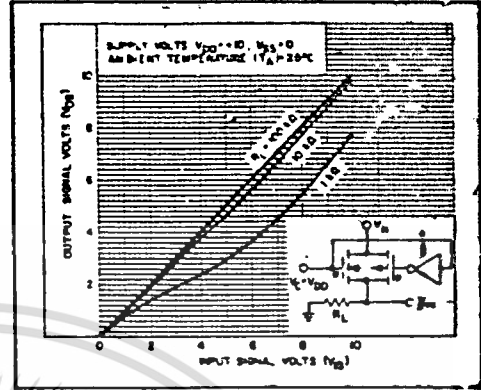
CHARAC- TERISTIC	SUPPLY CONDITIONS		LOAD CONDITIONS				
	V _{DD} (V)	V _{SS} (V)	R _L = 10kΩ		R _L = 100kΩ		
			VALUE (Ω)	V _{OS} (V)	VALUE (Ω)	V _{OS} (V)	
R _{ON}	+16	0	200	-15	200	+15	300
R _{ON(max.)}	+16	0	300	-11	300	+9.3	300
R _{ON}	+10	0	290	-10	250	+10	340
R _{ON(max.)}	+10	0	500	-7.4	580	+5.8	810
R _{ON}	+5	0	880	-5	470	+5	450
R _{ON(max.)}	+5	0	800	0	580	0	800
R _{ON}	+5	0	1.7k	-4.2	7k	-2.9	33k
R _{ON(max.)}	+5	0	200	+7.5	200	-7.5	180
R _{ON}	+7.5	-7.5	200	-7.5	200	-7.5	180
R _{ON(max.)}	+7.5	-7.5	280	±0.25	280	±2.5	±0.25
R _{ON}	+5	-5	280	+5	250	-5	240
R _{ON(max.)}	+5	-5	310	-5	250	-5	240
R _{ON}	+5	-5	900	±0.25	880	±0.25	780
R _{ON(max.)}	+5	-5	880	+2.5	450	-2.5	480
R _{ON}	+2.5	-2.5	720	-2.5	520	-2.5	620
R _{ON(max.)}	+2.5	-2.5	232k	±0.25	300k	±0.25	870k

* Not other than a perfect switch. R_{ON} = 8Ω.

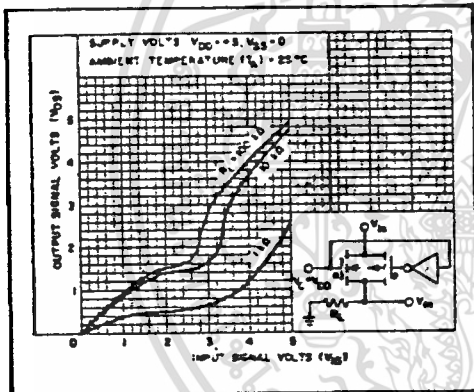
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



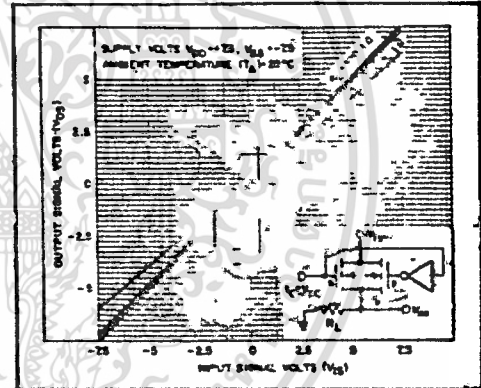
Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with $V_{DD}=+15V, V_{SS}=0V$



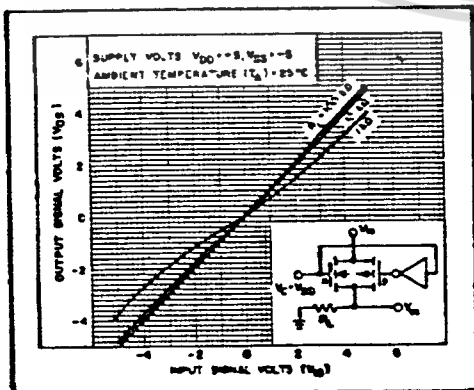
Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with $V_{DD}=+10V, V_{SS}=0V$



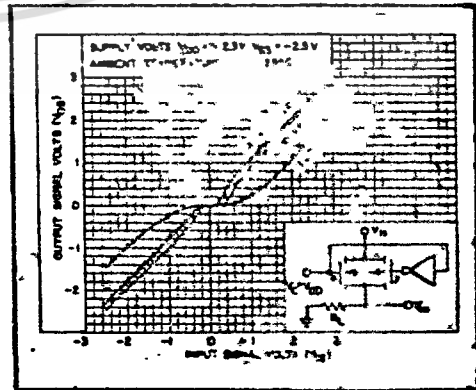
Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with $V_{DD}=+5V, V_{SS}=0V$



Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with $V_{DD}=+7.5V, V_{SS}=-7.5V$



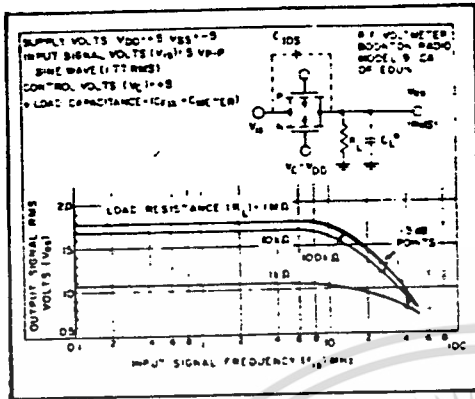
Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with $V_{DD}=+5V, V_{SS}=-5V$



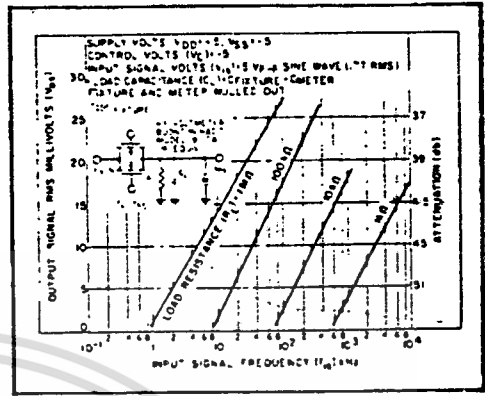
Typ. ON characteristics for 1 of 4 switches with $V_{DD}=+2.5V, V_{SS}=-2.5V$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

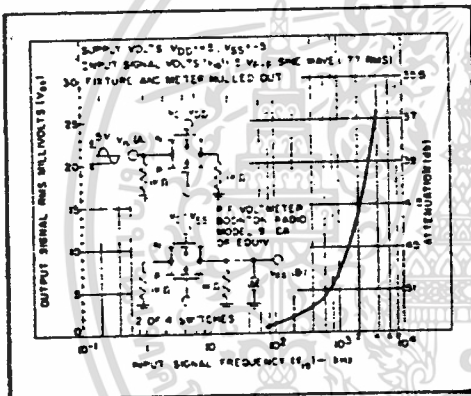
SCL4016AB



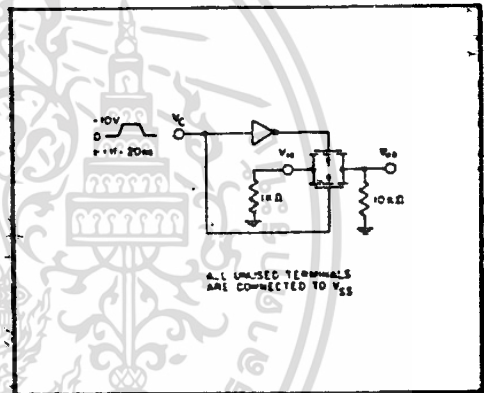
Typ. switch frequency response - switch ON



Typ. feedthru vs. freq. - switch OFF



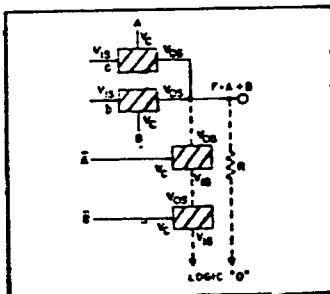
Typ. crosstalk between switch circuits in the same package



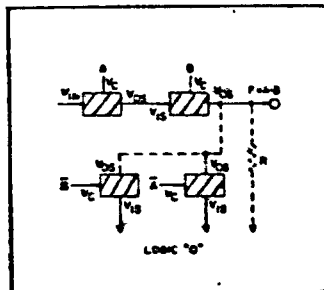
Crosstalk-control input to signal output

APPLICATIONS INFORMATION

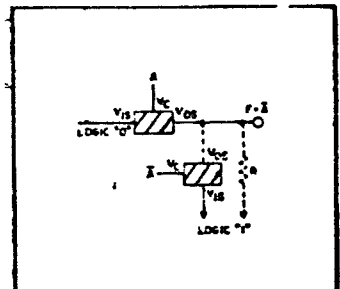
LOGIC FUNCTIONS USING THE SCL4016AB



OR Gate



AND Gate



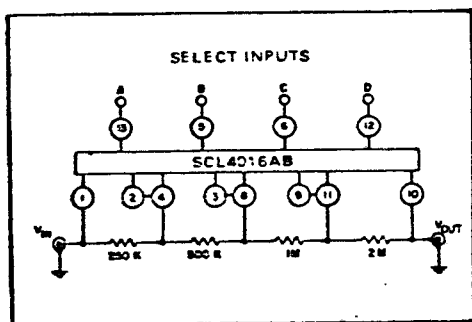
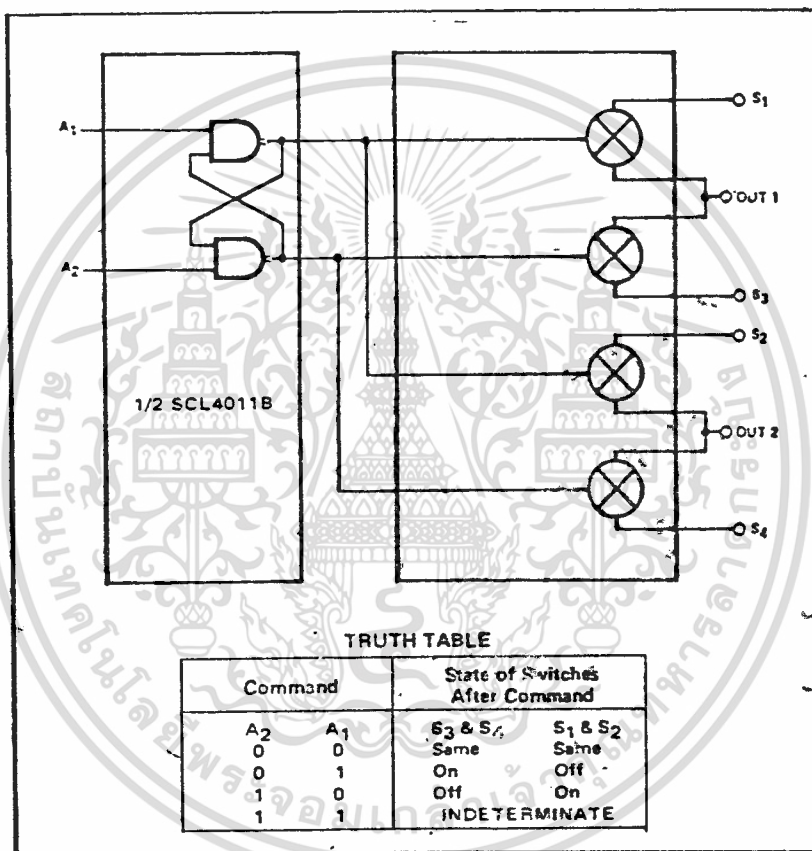
Inverter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

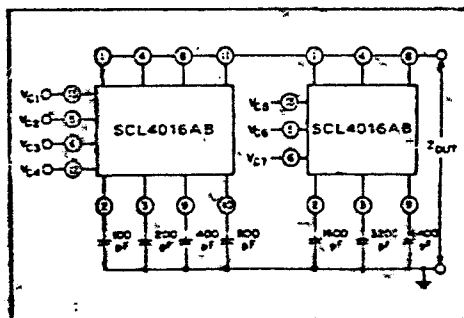
APPLICATIONS INFORMATION (Continued)

LATCHING DPDT SWITCH

The latch feature insures positive switching action in response to non-repetitive or erratic commands. A HIGH input to A₁ turns S₃ and S₄ ON, a HIGH to A₂ turns S₁ and S₂ ON. Desirable for use with limit detectors, peak detectors, or mechanical contact closures.



Digitally controlled resistor network



Digitally-controlled capacitor network.
(VC₁ → VC₇ are Select Inputs)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

การที่โครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้ดั่งนั้น ผู้จัดทำขอขอบคุณ อาจารย์อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ เป็นอย่างมากที่ได้ให้คำแนะนำและเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ขอขอบคุณ
ผู้จัดทำ
30 เมษายน 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

บ.ซีเอ็คยูเคชั่น เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 96 และ 82, บ.ซีเอ็คยูเคชั่น
2532 และ 2533

ประทีป นัฒนัตินพรัตน์ , ทฤษฎีและการใช้งาน วงจรดิจิทัล (ฉบับปรับปรุงใหม่)
เล่มที่ 1 , มกราคม 2530

ยีน กุ้วรารณ , ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์เล่มที่ 1 , บ.ซีเอ็คยูเคชั่นจำกัด
กรุงเทพ, 2527

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้