

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

DC POWER SUPPLY



โดย

นายปรัชญา กรรถาวร

นายจำนงค์ พิมพ์รส

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่.....  
เลขทะเบียน 36819  
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

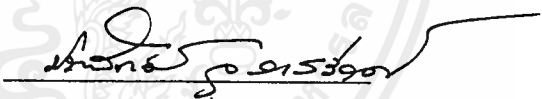
เรื่อง แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

**DC POWER SUPPLY**

ผู้จัดทำ

1. นายปรัชญา กรรถาวร 38014277
2. นายจ่านงค์ พิมพัส 38014066

อาจารย์ที่ปรึกษา

  
(อาจารย์ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

## แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

โดย นายปรัชญา กรรณาวร 38014277

นายจันทน์ พิมพิรส 38014066

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการออกแบบ และสร้างแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ที่มีคุณสมบัติจ่ายศักดากระแสตรงที่เอาท์พุทปรับค่าได้ตั้งแต่  $-31$  ถึง  $0$  โวลต์ และ  $0$  ถึง  $31$  โวลต์ จ่ายศักดาแบบอิสระต่อกันซึ่งสามารถจ่ายกระแสสูงสุด  $1$  แอมป์ และมีแหล่งจ่ายไฟคงที่  $5$  โวลต์ จ่ายกระแสได้  $500$  มิลลิแอมป์ โดยแต่ละส่วนจะมีวงจรป้องกันการลัดวงจรทางด้านเอาท์พุท โดยอาศัยหลักของการจำกัดกระแส

ทำยสุดได้ทำแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงที่สามารถใช้งานตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ทั้งยังได้มีการทดสอบคุณสมบัติของแหล่งจ่ายไฟตรงที่ออกแบบขึ้นในเรื่องของ โหลด เรกกูเลชั่น, ไลน์เรกกูเลชั่น และริปเปิ้ลโดยแสดงผลในรูปแบบของดิจิตอลมิเตอร์ เพื่อสะดวกในการนำข้อมูลมาศึกษาและทำการปรับปรุงคุณภาพของแหล่งจ่ายไฟนี้ให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

**LINEAR POWER SUPPLY****STAFF****MR. PRATYA KANTHAWORN 38014277****MR. CHAMNONG PIMROTE 38014066****ADVISOR****MR. PRASIT JULSEREEWONG****ABSTRACT**

This report describes the design and building a DC POWER SUPPLY that can vary the output voltage from  $-31$  to  $0$  volt and  $0$  to  $+31$  volt ,with the maximum output current  $1.0\text{Amp}$ , also the fixed output voltage  $5$  volt,with the maximum output current  $0.5\text{Amp}$  is included in this power supply. In each part, there is a protection circuit to protect the components when output is shorted circuit. At the end, power supply has been working successfully as we design. The linear power supply has been tested for the property of load regulation, line regulation, ripple and output value have been shown in the tables in this report.

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 รายละเอียดโดยย่อของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงาน	1
1.3 ขอบเขตของงานที่ทำ	2
1.4 ประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 โครงสร้างแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเชิงเส้น	3
2.2 องค์ประกอบของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแบบเชิงเส้น	4
2.2.1 หม้อแปลงไฟฟ้า	4
2.2.2 วงจรเรียงกระแส	7
2.2.3 วงจรกรองกระแส	12
2.2.4 วงจรรักษาระดับแรงดัน	16
2.3 คิจิตอลมิเตอร์(DIGITAL METER)	28
2.3.1 วงจร ADC	28
2.3.2 วงจรแสดงผล	31
2.3.3 วงจรควบคุมการเชื่อมต่อของวงจร ADC กับวงจรส่วนแสดงผล	33
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	
3.1 ส่วนประกอบของวงจร DC Power Supply	42
3.1.1 ภาคจ่ายไฟเลี้ยงของระบบ	42
3.1.2 ภาคอินพุทของวงจรขยาย	43

3.2	วงจรรขยาย	43
3.2.1	วงจรรขยายแรงดัน	43
3.2.2	วงจรรขยายกระแสเอาท์พุทด้านไฟบวก	45
3.2.3	วงจรรขยายมีป้อนกลับ	46
3.2.4	วงจรรขยายกระแสเอาท์พุทด้านไฟลบ	50
3.3	วงจรรสมบรูณ์	48
3.3.1	วงจรรสมบรูณ์ด้านไฟบวก	48
3.3.2	วงจรรสมบรูณ์ด้านไฟลบ	49
3.3.3	วงจรรสมบรูณ์แรงดันคงที่ 5 โวลท์	51
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	
4.1	โหลดเรกูเลชัน(Load Regulation)	55
4.2	การวัดค่าริปเปิ้ล	57
4.3	การทดสอบการลัดวงจร	57
บทที่ 5	สรุปผลและวิจารณ์	
5.1	สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดสอบเครื่องจ่ายไฟกระแสตรง	59
	กิตติกรรมประกาศ	60
	หนังสืออ้างอิง	61

## บทที่ 1

### บทนำ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ได้อธิบายถึงขั้นตอน และวิธีการในการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแบบเชิงเส้น ( Linear DC Power Supply) รวมทั้งรูปแสดงวงจร และผลการทดลองทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแหล่งจ่ายไฟตรงเครื่องนี้ โดยเนื้อหาของรายงานได้มีการแบ่งออกเป็นบทต่าง ๆ รายละเอียดของรายงานแต่ละบทมีดังนี้

บทที่ 2 ทฤษฎี จะกล่าวถึงทฤษฎี และหลักการพื้นฐานของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแบบเชิงเส้น โดยมีการอธิบายถึงส่วนประกอบพื้นฐาน หน้าที่แต่ละส่วน และความสัมพันธ์ในการทำงานของแต่ละส่วนในแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงนี้

บทที่ 3 การออกแบบ จะกล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบส่วนต่าง ๆ ของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลองเครื่องจ่ายไฟกระแสตรง จะกล่าวถึงการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานต่าง ๆ ของแหล่งจ่ายไฟตรงที่ออกแบบขึ้น

บทที่ 5 สรุป และวิจารณ์

#### 1.1 รายละเอียดโดยย่อของโครงการ

ในการสร้างแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงนั้นเริ่มจากการศึกษาการทำงานในแต่ละส่วนของแหล่งจ่ายไฟตรงโดยละเอียด เมื่อเกิดความเข้าใจแล้วจึงทำการออกแบบวงจรทีละส่วน และทำการทดสอบควบคู่กันไป โดยจะทำการทดลองบนโปรโตบอร์ดก่อน เมื่อได้ผลตามที่ต้องการแล้ว จึงเริ่มการออกแบบลายวงจร โดยใช้โปรแกรมโปรเทล พีซีบี ( Protel PCB ) และทำการกัดปริ้นท์ ตามลายวงจรที่ได้ทำการออกแบบไว้ จากนั้นทำการประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ลงบนแผ่นปริ้นท์ แล้วทำการทดลองคุณสมบัติต่าง ๆ ของวงจร เมื่อได้คุณสมบัติตามที่ออกแบบไว้ จึงนำมาประกอบกล่อง หลังจากนั้นก็ทำการทดสอบคุณสมบัติในขณะที่เป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์แล้วอีกครั้งหนึ่ง ก็เสร็จสิ้นกระบวนการสร้าง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงาน

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้ คือ การสร้างแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงที่สามารถปรับค่าแรงดันได้ ตั้งแต่ 0 ถึง  $\pm 31$  โวลต์ จ่ายกระแสได้ 1 แอมป์ และส่วนของวงจรจ่ายแรงดันคงที่ 5 โวลต์ จ่ายกระแสได้ 500 มิลลิแอมป์ โดยทุกส่วนจะต้องมีวงจรป้องกัน การเสียหายของส่วนต่าง ๆ ภายในแหล่งจ่ายไฟเมื่อมีการลัดวงจร ( short circuit ) เกิดขึ้น

## 1.3 ขอบเขตของงานที่ทำ

โครงการแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงนี้ ได้มีการออกแบบวงจรเพื่อใช้จ่ายกระแสและแรงดันที่เหมาะสมกับการใช้งานในห้องปฏิบัติการทดลองทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งหากในการใช้งานต้องการแรงดันและกระแสที่สูงกว่านี้ก็สามารถนำทฤษฎีการออกแบบของโครงการนี้ไปทำการออกแบบวงจรเพื่อให้ได้กระแสและแรงดันตามที่ต้องการได้ ซึ่งทฤษฎีการออกแบบที่ได้แสดงไว้ในรายงานฉบับนี้มีรายละเอียดเพียงพอที่จะทำการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงได้อย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพดีพอสมควร

## 1.4 ประโยชน์หรือผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ

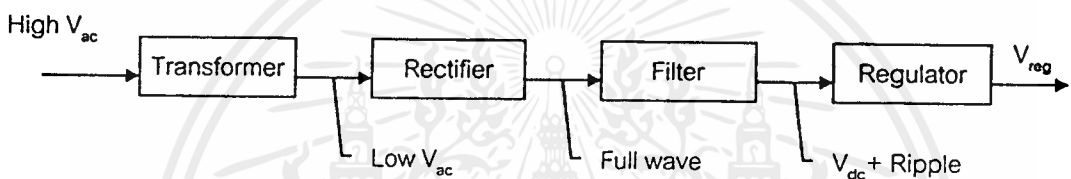
เนื่องจากวงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงนี้เป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งสำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิด ซึ่งหากเราสามารถทำการออกแบบและสร้างวงจรในส่วนของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงได้แล้ว ก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประกอบเป็นวงจรอื่น ๆ ต่อไป ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้จะเป็นพื้นฐานสำคัญของวงจรอื่นแล้วยังสามารถนำแหล่งจ่ายไฟตรงที่ได้จากโครงการนี้ไปใช้ในการทดลองกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ต่อไป

## บทที่ 2

### ทฤษฎี

#### 2.1 โครงสร้างแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเชิงเส้น

แหล่งจ่ายไฟตรง ( Power Supply ) คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงกระแสสลับแรงดันประมาณ 220 โวลต์ ให้มาเป็นไฟกระแสตรงแรงดันต่ำตามแรงดันที่เราต้องการ ซึ่งเราสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ไฟกระแสตรงแรงดันต่ำได้



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของแหล่งจ่ายไฟตรง

ส่วนประกอบพื้นฐานของแหล่งจ่ายไฟตรง

1. หม้อแปลงไฟฟ้า ( Transformer ) ทำหน้าที่ลดขนาดของไฟกระแสสลับจาก 220 โวลต์ให้ต่ำลง โดยเราจะได้เป็นแรงดันไฟสลับที่มีขนาดลดลงแต่ความถี่จะเท่าเดิม
2. วงจรเรียงกระแส ( Rectifier ) ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟสลับที่ผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าให้เป็นกระแสตรง โดยอาศัยคุณสมบัติของไดโอดในการให้กระแสไฟไหลได้ทางเดียว
3. วงจรกรองแรงดัน ( Filter ) ทำหน้าที่กรองแรงดันที่ผ่านมาจากวงจรเรียงกระแสให้มีการกระเพื่อม ( Ripple ) ต่ำลง โดยอาศัยการเก็บประจุ ( Charge ) และคายประจุ ( Discharge ) ของตัวเก็บประจุ ( Capacitor ) โดยไฟกระแสตรงที่ได้เป็นไฟตรงที่ยังมีการกระเพื่อมสูงพอสมควร ขึ้นกับขนาดของตัวเก็บประจุที่นำมาใช้
4. เรกกูเลเตอร์ ( Regulator ) ทำหน้าที่ควบคุมความสม่ำเสมอของระดับแรงดันทางเอาต์พุต และปรับแรงดันให้ราบเรียบที่สุด มักใช้ซีเนอริไดโอด หรือ ไอซีเรกกูเลเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่หลักในการควบคุมแรงดัน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ในการป้องกันเอาต์พุตลัดวงจร และป้องกันโหลดดึงกระแสมากเกินไป

## 2.2 องค์ประกอบของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแบบเชิงเส้น

### 2.2.1 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

หม้อแปลงไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้มีขนาดแรงดันสูงขึ้น หรือต่ำลงตามต้องการ โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำฟลักซ์แม่เหล็กในขดลวด โดยขดลวดด้านไฟเข้าเรียกว่า ขดปฐมภูมิ (Primary) ขดลวดด้านไฟออกเรียกว่า ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary) ในกรณีหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ จะได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของทั้ง 2 ขด ดังนี้

$$V_p I_p = V_s I_s \quad (2.1)$$

$V_p$  คือ แรงดันที่ป้อนให้กับขดลวดปฐมภูมิ

$V_s$  คือ แรงดันที่ป้อนให้กับขดลวดทุติยภูมิ

$I_p$  คือ กระแสที่ไหลในขดปฐมภูมิ

$I_s$  คือ กระแสที่ไหลในขดทุติยภูมิ

และอัตราส่วนของแรงดันจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของจำนวนรอบของหม้อแปลงไฟฟ้า โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการต่อไปนี้

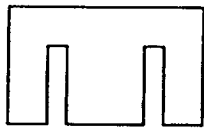
$$V_p/V_s = N_p/N_s \quad (2.2)$$

$N_p$  คือ จำนวนรอบของขดปฐมภูมิ

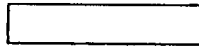
$N_s$  คือ จำนวนรอบของขดทุติยภูมิ

### ส่วนประกอบของหม้อแปลงไฟฟ้า

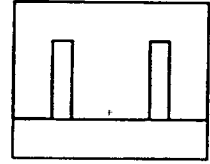
1. แกนเหล็ก จะใช้แผ่นเหล็กบาง ๆ หลาย ๆ แผ่นมาซ้อนทับกันเพื่อลด Eddy Current loss ( ความสูญเสียจากกระแสเหนี่ยวนำในแกนเหล็กทิศตรงข้ามกับที่เราป้อนให้ ) ซึ่งแกนเหล็กนี้มีหลายลักษณะ ดังรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่ามีลักษณะตัวอี (E) ตัวไอ (I) ตัวที (T) ตัวยู (U) ซึ่งเวลานำไปใช้จริงจะใช้แกนเหล็กรูปตัวอี คู่กับตัวไอ เรียกแกนอีไอ (EI) หรือจะนำแกนเหล็กรูปตัวที คู่กับตัวยู เรียกแกนยูที (UT) เป็นต้น



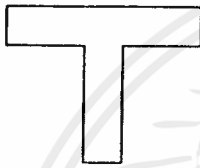
แกนตัวอี



แกนตัวไอ



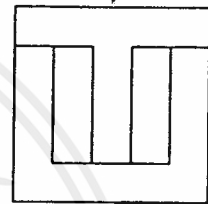
แกนอีไอ



แกนตัวทีแกนตัวยู



แกนตัวทียู



รูปที่ 2.2

2. Bobbin ที่พื้นขดลวดทำด้วยพลาสติก
3. ขดลวด ทำจากทองแดงอาบน้ำยาที่เป็นฉนวนทางไฟฟ้า

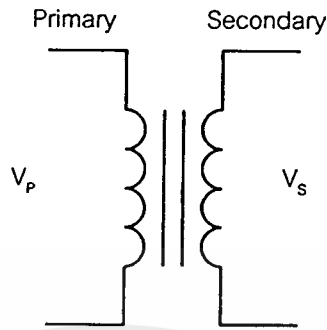
ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า

#### 1. POWER TRANSFORMER

- ใช้เพิ่ม, ลดขนาดของแรงดัน
- ทำหน้าที่เป็นตัวแยก ( Isolation ) ระหว่างจ่ายไฟ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

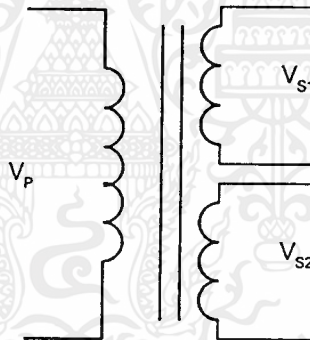
โดยมีลักษณะการพันได้หลายแบบตามลักษณะการนำไปใช้ดังนี้

1.) แบบใช้ขดลวด 2 ขด คือ ขดปฐมภูมิ ขดทุติยภูมิ



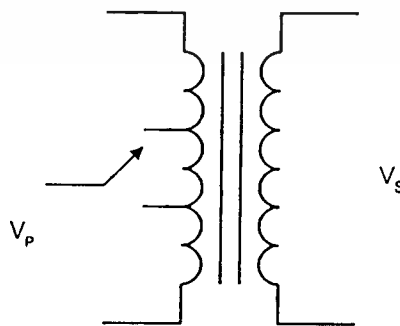
รูปที่ 2.3 ขดปฐมภูมิ และขดทุติยภูมิอย่างละขด

2.) แบบขดปฐมภูมิขดเดียว ลวดขดทุติยภูมิ ใช้เมื่อต้องการแรงดันที่ขดทุติยภูมิหลายขนาด โดยสามารถพันอยู่ในหม้อแปลงตัวเดียวกันได้เลย โดยไม่ต้องแยกตัว



รูปที่ 2.4 ขดลวดปฐมภูมิ หลายขดทุติยภูมิ

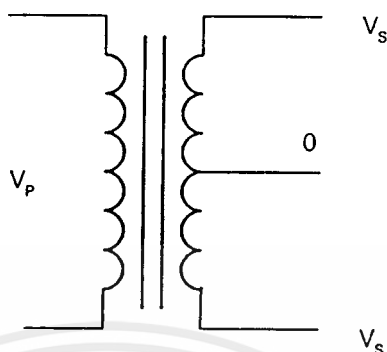
3.) แบบที่ขดปฐมภูมิมีแทปแยกออกมาให้สามารถเลือกใช้เพื่อให้ได้เอาต์พุตตามต้องการได้



รูปที่ 2.5 แบบขดปฐมภูมิมีแทปแยกออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

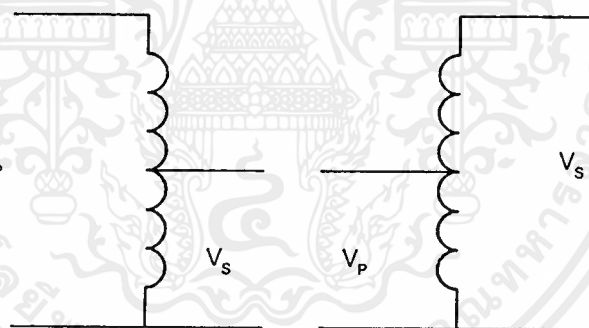
4.) แบบขดลวดทุติยภูมิมีแท่งแยกออกมาหลายแท่งเพื่อใช้จ่ายไฟทั้งแบบบวกและลบได้



รูปที่ 2.6 แบบขดลวดทุติยภูมิมีแท่งแยกออกมาหลายแท่งเพื่อใช้จ่ายไฟทั้งแบบบวกและลบได้

## 2. AUTO TRANSFORMER

ใช้ขดลวดเพียงขดเดียวแต่มีข้อเสีย คือ ไม่เป็นตัวแยกกันระหว่างขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ



รูปที่ 2.7

### 2.2.2 วงจรเรียงกระแส ( Rectifier )

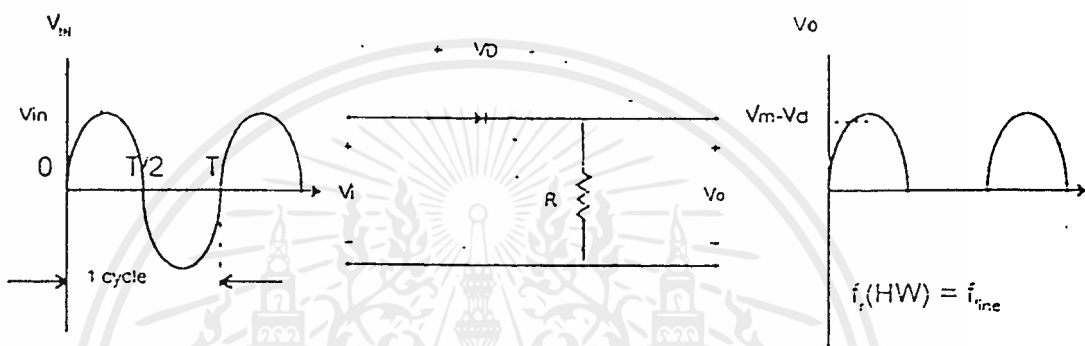
คือ วงจรที่ใช้แปลงไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรง โดยอาศัยคุณสมบัติการยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทางเดียวของไดโอดเหมือนสวิตช์ทางเดียวสำหรับกระแสไฟฟ้าซึ่งไฟตรงที่ได้นั้นจะไม่เรียบลักษณะเป็นพัลส์ซึ่งดีซี ก็จะเป็นช่วง ๆ ที่มีชั่วแน่นอน โดยวงจรเรกติไฟเออร์สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบใหญ่ ๆ คือ วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ( Half wave rectifier ) และวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ( Full wave rectifier ) วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นจะมีข้อเสีย คือ ให้แรงดันเฉลี่ยเอาต์พุตต่ำ และความไม่สม่ำเสมอสูง ต่างจากวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นซึ่งให้แรงดันที่สูงกว่า และเรียบกว่าจึงเป็นเหตุให้วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นเป็นที่นิยมใช้กันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเรกติไฟเออร์โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. Half-Wave Rectifier ( HW )
2. Full-Wave Centertrap Rectifier ( FWCT )
3. Full-Wave Bridge Rectifier ( FWB )

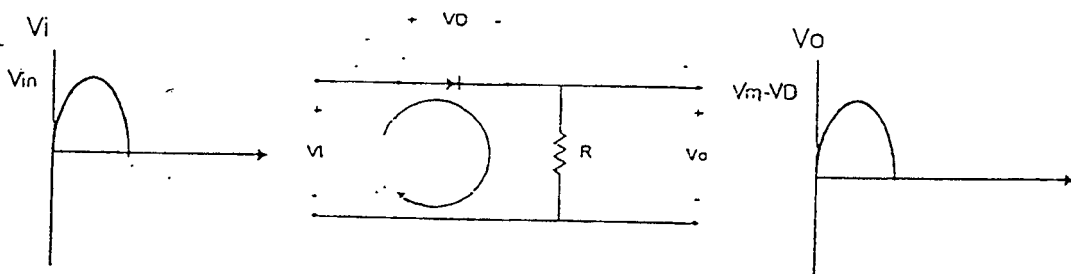
วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ( Half-Wave Rectifier )



รูปที่ 2.8 แสดงหลักการทำงานของวงจร Half-Wave Rectifier

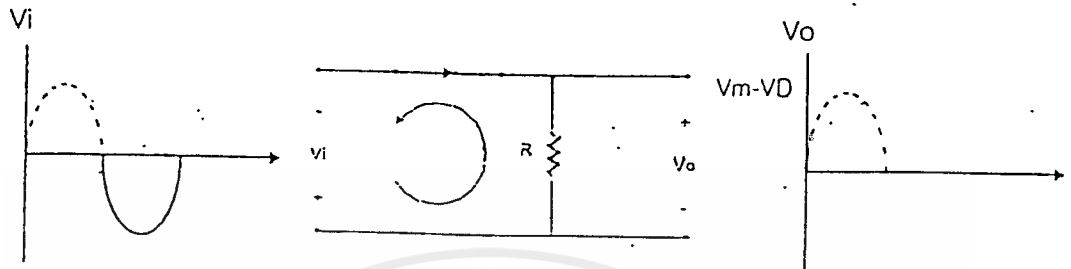
เมื่อต่อวงจรตามรูปที่ 2.8 ป้อนอินพุต  $V_i$  เข้าไป วงจรเรกติไฟเออร์นี้จะทำงานโดยอาศัยหลักการนำกระแสทางเดียวของไดโอดคือ

1. เมื่อสัญญาณครึ่งไซเคิลบวกที่มี Amplitude  $V_m$  ผ่านเข้าไปในวงจรซึ่งเป็นทิศตามทิศทางนำกระแสของไดโอด ไดโอดจะทำงาน โดยมีแรงดันตกคร่อมตัวไดโอด ( $V_D$ ) ประมาณ 0.7 โวลต์ สำหรับไดโอดที่ทำจากซิลิกอน (Si) แลประมาณ 0.3 โวลต์ สำหรับไดโอดที่ทำจากเจอร์มันเนียม (Ge) และได้สัญญาณเอาต์พุต ( $V_o$ ) โดยมี Amplitude เท่ากับ  $V_m - V_D$



รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานเมื่อป้อนสัญญาณครึ่งไซเคิลบวก

2. ต่อมาสัญญาณครึ่ง ไซเคลลบผ่านเข้าไปในวงจรซึ่งทิศของกระแสไฟฟ้าไหลทวนทิศการนำกระแสของไดโอด ไดโอดจึงไม่ทำงานทำให้ได้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับศูนย์

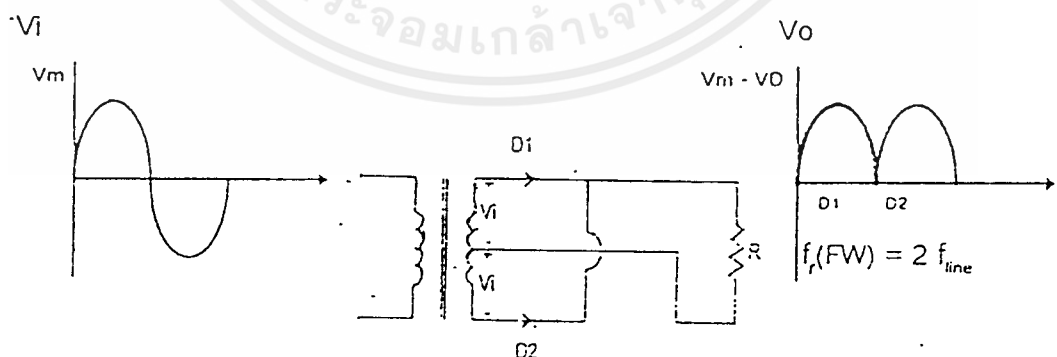


รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานเพื่อป้องกันสัญญาณครึ่ง ไซเคลลบ

$$V_{dc} = 0.318 (V_m - V_D) \quad (2.3)$$

แต่วงจรเรกติไฟเออร์แบบนี้มีข้อเสีย คือ ให้แรงดันเฉลี่ยทางเอาต์พุตต่ำ และความไม่สม่ำเสมอมีค่าสูง ในทางปฏิบัติจึงไม่นิยมนำมาใช้

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีแทปกกลาง ( Full-Wave Centertrapped Rectifier )



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะการทำงานของวงจรกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีแทปกกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

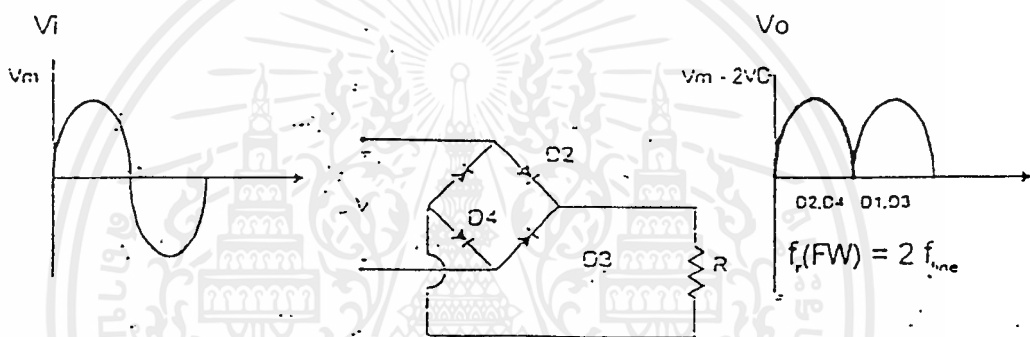
วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีแทปกกลาง มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น โดยอาศัยการผลัดกันทำงานของไดโอด  $D_1$  และ  $D_2$  เมื่อสัญญาณครึ่งไซเคิลบวกผ่านเข้ามาในวงจร ไดโอด  $D_1$  จึงทำให้เกิดสัญญาณเอาต์พุต  $V_o$  ซึ่งมีขนาดเท่ากับ  $V_m - V_D$  และเมื่อสัญญาณครึ่งไซเคิลลบผ่านเข้ามาในวงจร ไดโอด  $D_2$  จะทำงานซึ่งทำให้ได้สัญญาณเอาต์พุตเช่นเดียวกับสัญญาณครึ่งไซเคิลบวก จากสูตรของสัญญาณเต็มคลื่น

$$V_{dc} = 2V_p/\pi \tag{2.4}$$

ดังนั้น

$$V_{dc} = 0.636(V_m - V_o) \tag{2.5}$$

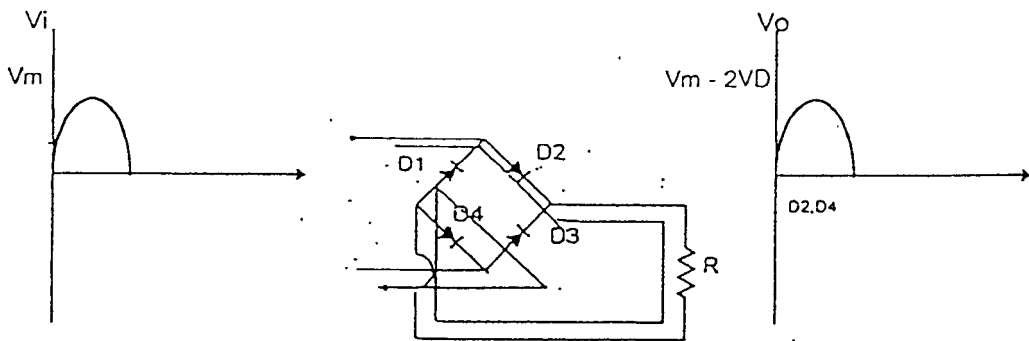
**วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ ( Full-Wave Bridge Rectifier )**



รูปที่ 2.12 แสดงการทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

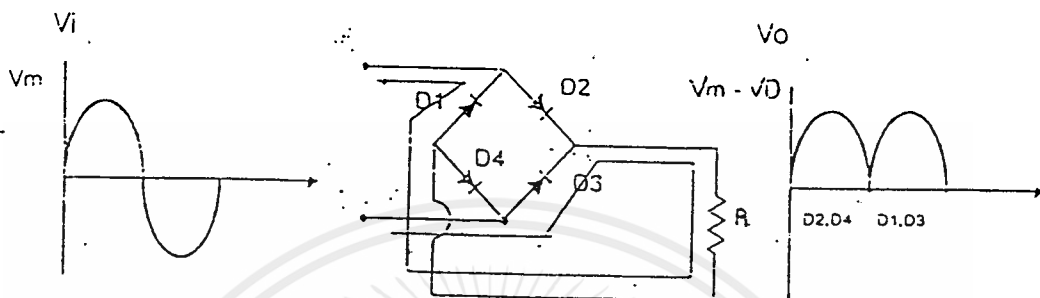
วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ อาศัยการทำงานของไดโอดซึ่งนำมาต่อแบบบริดจ์ โดยมีหลักการทำงานดังนี้

1. ในช่วงสัญญาณครึ่งไซเคิลบวกซึ่งป้อนเข้าไปในวงจร ไดโอด  $D_2$  และ  $D_4$  จะทำงานเนื่องจากได้รับการไบอัสตรง ( Forward bias ) ส่วนไดโอด  $D_1$  และ  $D_3$  จะไม่ทำงานเนื่องจากได้รับไบอัสย้อนกลับ ( Reverse bias ) ทำให้ได้เอาต์พุตดังรูป ซึ่งแรงดันเอาต์พุตจะน้อยกว่าอินพุต เท่ากับแรงดันที่ตกคร่อมไดโอด 2 ตัวที่กระแสผ่าน



รูปที่ 2.13 แสดงการทำงานเมื่อป้อนสัญญาณครึ่งไซเคิลบวก

2. ในช่วงสัญญาณครึ่งไซเคิลลบ ไดโอด  $D_1$  และ  $D_3$  จะทำงานเนื่องจากได้รับการไบอัสตรง ส่วนไดโอด  $D_2$  และ  $D_4$  จะไม่ทำงานเนื่องจากได้รับไบอัสย้อนกลับ ทำให้เอาต์พุตดังรูป



รูปที่ 2.14 แสดงการทำงานเมื่อป้อนสัญญาณครึ่งไซเคิลลบ

เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์กับวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นจะพบว่ามีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยหรือค่าไฟตรงของวงจรแบบเต็มคลื่นจะมากกว่าค่าเฉลี่ยของวงจรแบบครึ่งคลื่น 2 เท่า และ แรงดันไฟตรงขาออกก็จะเป็น 2 เท่าของแรงดันไฟแบบครึ่งคลื่น

2. ค่า  $I_{rms}$  และกำลังไฟฟ้าสลับขาเข้า ของ ไดโอดแต่ละตัวของวงจรแบบเต็มคลื่นนั้นจะเท่ากับของวงจรแบบครึ่งคลื่น ฉะนั้นกำลังไฟฟ้าสลับทั้งหมดก็จะเป็น 2 เท่า

3. พิจารณาไดโอดขณะที่ไม่ทำงาน จะต้องสามารถทนแรงดันกลับขั้วเท่ากับแรงดันสูงสุดที่ตกคร่อมขดลวดทุติยภูมิทั้ง 2 ครั้งคลื่น

การเลือกใช้ไดโอดในวงจรเรกติไฟเออร์

การที่เราจะเลือกขนาดของ ไดโอดนั้นมี 2 เงื่อนไขด้วยกัน คือ

1. กระแสที่ไหลในทิศทางตรง ( Forward bias current : IF ) คือกระแสค่าสูงสุดที่ไดโอดยอมให้ผ่านตัวมันได้เมื่อได้รับแรงดันไบอัสตรงหรือในสภาวะนำกระแส ซึ่งเป็นค่าที่ระบุไว้ในคุณสมบัติของไดโอดเบอร์นั้น ๆ ในการออกแบบเพื่อความปลอดภัยควรจะต้องเลือกให้ทนกระแสได้มากกว่ากระแสโหลด 50 เปอร์เซ็นต์เป็นอย่างน้อย

$$IF \geq I_o : \text{สำหรับวงจร HW}$$

$$IF \geq 0.5I_o : \text{สำหรับวงจร FW}$$

$I_o$  คือ ค่ากระแสเอาต์พุตเฉลี่ย

2. ค่าทนแรงดันย้อนกลับสูงสุด ( Peak inverse voltage : PIV ) คือค่าแรงดันสูงสุดที่ไดโอดจะทนได้เมื่อได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ โดยไม่ทำให้ไดโอดเสียหาย

โดย Minimum PIV สำหรับวงจร HW, FWCT =  $2V_p$

สำหรับ FWB =  $V_p$

และควรเผื่อ safety margin อีก 50%

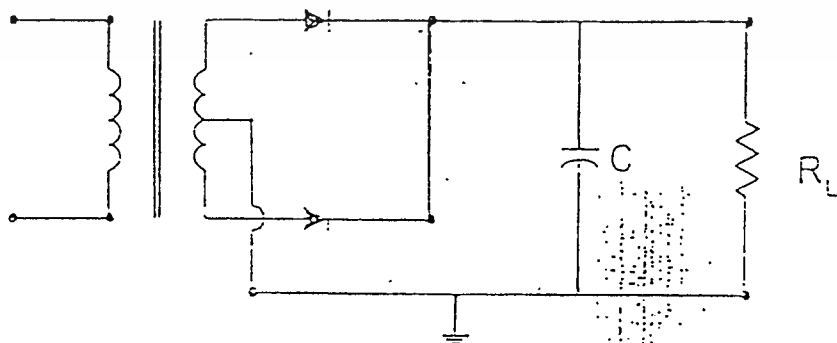
### 2.2.3 วงจรกรองแรงดัน ( Filter )

คือ วงจรที่ใช้จัด Frequency spectrum ของ electrical signal ให้เป็นไปตามต้องการเราจะพบว่าสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรเรียงกระแสมีค่าเป็นช่วง ๆ ซึ่งจะทำให้แรงดันไฟตรงเฉลี่ยที่ได้มีค่าต่ำกว่าแรงดันอินพุตค่อนข้างมาก และในเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิดที่ต้องการแหล่งจ่ายไฟที่เรียบจึงไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยอาศัยวงจรกรองแรงดัน กรองสัญญาณที่เป็นช่วง ๆ ให้เรียบขึ้น วงจรกรองแรงดันมีหลายประเภท สำหรับโครงงานนี้เราใช้วงจรกรองแรงดันด้วยตัวเก็บประจุ

#### วงจรกรองแรงดันด้วยตัวเก็บประจุ ( Capacitor Filter )

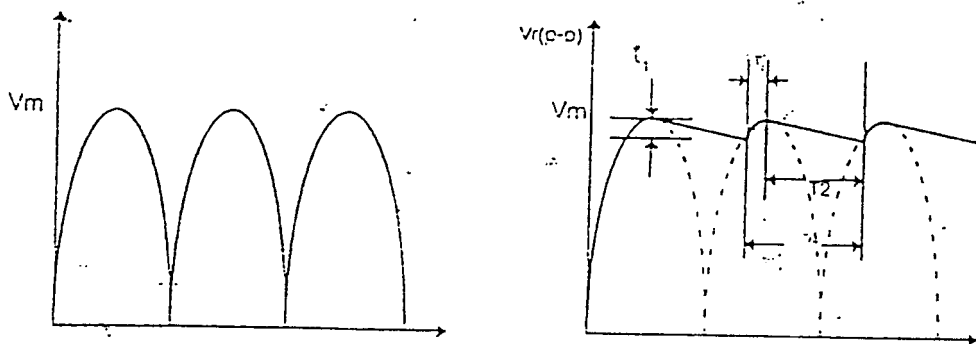
เราใช้ตัวเก็บประจุต่อขนานเข้าไปหลังส่วนของวงจรเรียงกระแส โดยมีหลักการทำงาน ดังนี้

ในช่วงเวลา  $T_1$  ตัวเก็บประจุสะสมพลังงาน จนกระทั่งช่วงเวลา  $T_2$  ซึ่งเป็นช่วงที่ไดโอดได้ไบอัสย้อนกลับ ตัวเก็บประจุจะคายพลังงาน ซึ่งเป็นการจ่ายกระแสให้กับโหลดแทนดังนั้นจึงได้ไฟที่เรียบขึ้น



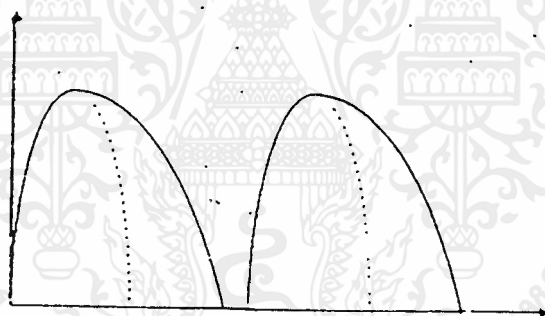
รูปที่ 2.15 ลักษณะของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

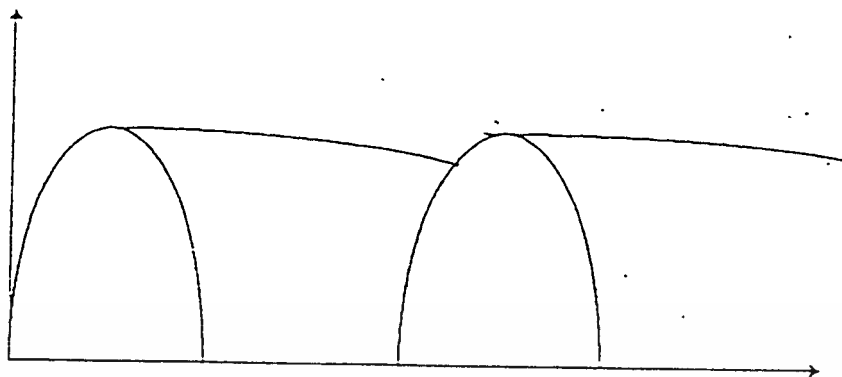


รูปที่ 2.16 ลักษณะของสัญญาณแรงดัน

โดยการที่เราจะไม่ให้แรงดันขาดเป็นช่วง ๆ นี้เราจึงต้องใช้ค่าตัวเก็บประจุมากพอเพื่อให้ค่าคงตัวเวลา ( Time constant :  $\tau$  ) มีค่ามากพอ การเลือกขนาดตัวเก็บประจุมีหลักง่าย ๆ ดังนี้



รูปที่ 2.17 แบบที่ 1  $RLC \gg \text{Frequency}$  ซึ่งไม่มีประโยชน์เนื่องจากสัญญาณก็ยังคงขาดเป็นช่วง ๆ



รูปที่ 2.18 แบบที่ 2 แบบที่ 2  $RLC \gg 1/\text{Frequency}$  ได้สัญญาณต่อเนื่อง

สมการที่ใช้ในการคำนวณ

$$CV_r = I_o/F_r \quad (2.7)$$

C คือ ค่าตัวเก็บประจุในหน่วย Farad

$V_r$  คือ แรงดันกระเพื่อมในหน่วย  $V_{pp}$

$F_r$  คือ ความถี่การกระเพื่อม

$$\bullet \text{ HW : } F_r = F_{\text{line}} \quad (2.8)$$

$$\bullet \text{ FW : } F_r = 2F_{\text{line}} \quad (2.9)$$

เช่น ถ้าเราต้องการแรงดันกระเพื่อม =  $2V_{pp}$  กระแสเอาต์พุต = 3 A จะได้ค่าเก็บประจุดังนี้

$$C = I_o/F_r V_r \quad (2.10)$$

$$\text{HW: } F_r = 50 \text{ Hz}$$

$$C = 3/50(2)$$

$$\text{FW: } F_r = 2(50) \text{ Hz}$$

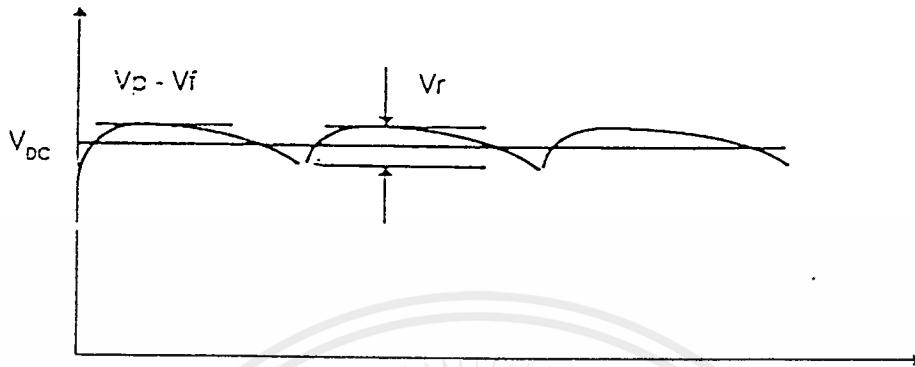
$$C = 3/100(2)$$

$$\% \text{ ripple} = (\text{ripple component} / \text{dc component}) \times 100$$

$$= (V_{\text{rms}} / V_{\text{dc}}) \times 100 \quad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเราได้แรงดันเอาต์พุตดังรูป



รูปที่ 2.19 การกำหนดขนาดของแรงดันกระเพื่อม

ซึ่งเราสามารถประมาณได้เป็นสัญญาณรูป sawtooth

$$V_{rms} = V_p / \sqrt{3} = V_{pp} / \sqrt{3} \quad (2.13)$$

$$V_{dc} = V_p - V_f - V_r(PP)/2 \quad (2.14)$$

$V_r$  คือ แรงดันตกคร่อมไดโอด

- $V_r = 0.6$  : HW, FWCT

- $V_r = 1.2$  : FWB

$$\therefore \%ripple = [ V_r(PP) / 2 \sqrt{3} ] \times (1/V_{dc}) \times 100 \quad (2.15)$$

สูตรพื้นฐานในการ Design Power Supply

การคำนวณหม้อแปลง

### 1. แรงดันไฟสลับด้านขดทุติยภูมิ

จาก  $V_{dc} = V_p - V_f - 0.5V_r$

ได้  $V_p = V_{dc} + V_f + 0.5V_r$  และ  $V_{rms} = V_p/2$  สำหรับ HW

$= V_p / \sqrt{2}$  สำหรับ FW

$\therefore V_{ac} = (V_{dc} + 0.5V_r + V_f) / 2$  สำหรับ HW

$= (V_{dc} + 0.5V_r + V_f) / \sqrt{2}$  สำหรับ FW

### 2. กระแส RMS ทางขดทุติยภูมิ

ประเภทเรกติไฟเออร์

กระแส RMS ด้านทุติยภูมิ

FWCT

$1.2 I_o$

FWB, HW

$1.8 I_o$

Dual FWCT

$1.8 I_o$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การคำนวณไดโอด

### 1. กระแสที่ไหลในทิศทางตรง

$$IF \geq I_o : \text{สำหรับวงจร HW}$$

$$IF \geq 0.5I_o : \text{สำหรับวงจร FW}$$

### 2. อัตราการคำนวณแรงดันย้อนกลับ

โดย Minimum PIV สำหรับวงจร HW, FWCT =  $2V_p$

สำหรับ FWB =  $V_p$

## การคำนวณตัวเก็บประจุ

$$C = I_o / F_r V_r$$

ทั้งหมดนี้ควรมีการเผื่อ Safety Margin  $\geq 50\%$

### 2.2.4 วงจรรักษาระดับแรงดัน (regulator)

วงจรรักษาระดับแรงดัน คือ วงจรที่ใช้รักษาระดับแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตให้เรียบคงที่ ไม่ว่ากระแสของโหลดทางเอาต์พุตหรือระดับแรงดันอินพุตมีการเปลี่ยนแปลงก็ตามวงจรไฟฟ้าบางประเภทต้องการไฟเลี้ยงที่เรียบไม่มีการกระเพื่อม แต่จากที่เราได้ศึกษามาแล้วว่าสัญญาณที่ออกมาทางเอาต์พุตของวงจรกรองแรงดัน (Filter) มีการกระเพื่อมเป็นลักษณะคล้ายฟันเลื่อย ดังนั้นจึงไม่สามารถนำไปใช้กับงานที่ต้องการความถี่ ไม่มีการกระเพื่อมของแหล่งจ่ายไฟได้ เราสามารถแก้ไขได้โดยการใช้วงจรเรกกูเลเตอร์ รักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้เรียบคงที่

ประเภทของวงจรเรกกูเลเตอร์

1. สร้างโดยใช้ซีเนอร์ไดโอด
2. สร้างโดยใช้ทรานซิสเตอร์
3. สร้างโดยใช้ IC Regulator
4. สร้างโดยใช้ออปแอมป์

ซึ่งทั้ง 3 ประเภทมีลักษณะการต่อ 2 ลักษณะคือ ขนาน และอนุกรมกับ โหลดซึ่งมีข้อดีข้อเสียดังนี้

#### แบบขนาน

- ต้องจ่ายไฟตลอดไม่ว่ามี load หรือ ไม่มีก็ตาม
- ไม่เสียหายเมื่อมีการลัดวงจร

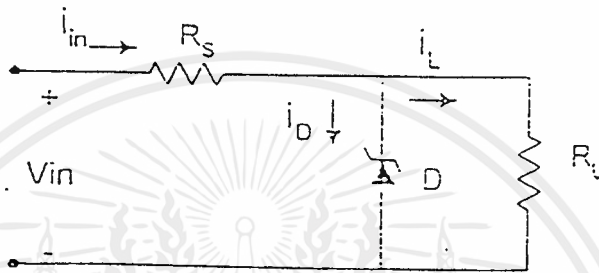
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบอนุกรม

- รูปแบบการต่อวงจรซับซ้อนกว่า
- เสียหายได้ง่ายเมื่อมีการลัดวงจร

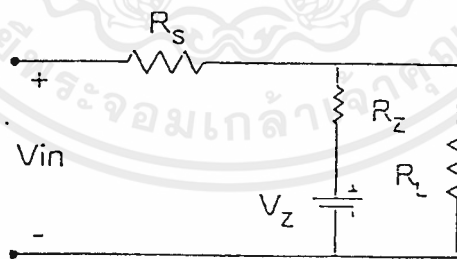
วงจรเรกกูเลเตอร์แรงดันโดยใช้ซีเนอร์ไดโอด

มีลักษณะการต่อวงจร โดยใช้ซีเนอร์ไดโอดต่อขนานกับโหลดดังรูป



รูปที่ 2.20 วงจรเรกกูเลเตอร์แบบใช้ซีเนอร์ไดโอด

จากหลักการการทำงานของไดโอดที่ว่าจะมีแรงดันตกคร่อมคงที่ เมื่อได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ มากพอจนเกิดปรากฏการณ์ Zener Breakdown โดยจะมีแรงดันตกคร่อม =  $V_{breakdown}$  ซึ่งเมื่อกระแสคร่อมไดโอดมากกว่ากระแสที่ทำให้เกิดการ Breakdown วงจรจะมีลักษณะการทำงานดังรูป



รูปที่ 2.21 วงจรแสดงแรงดันคร่อมซีเนอร์ไดโอดด้วยแรงดัน

เมื่อเราประมาณว่า  $R_z \approx 0$  เราจะคำนวณหาค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้

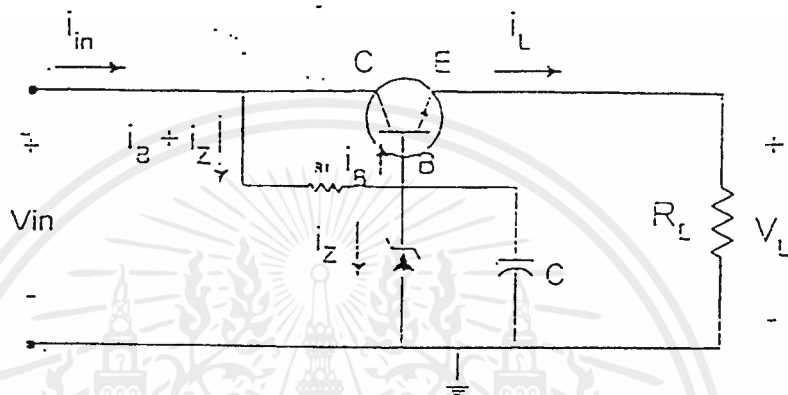
$$V_o = V_z \tag{2.16}$$

$$V_{in} = V_{rs} - V_z \tag{2.17}$$

$$R_s = \frac{V_{in(min)} - V_z}{I_{z(min)} + I_{O(max)}} \tag{2.18}$$

วงจรรักษาระดับแรงดันโดยใช้ทรานซิสเตอร์

การใช้ซีเนอร์ไดโอดเป็นรูปวงจรเรกกูเลเตอร์จะถูกจำกัดให้ใช้ในวงจรของแหล่งจ่ายไฟที่มีกระแสต่ำถึงปานกลางแต่เราสามารถทำให้ใช้กระแสสูงขึ้นได้ โดยการใช้ซีเนอร์ไดโอดเป็นแรงดันอ้างอิง และใช้ทรานซิสเตอร์ช่วยในการจ่ายกระแสดังรูป



รูปที่ 2.22 วงจรเรกกูเลเตอร์แบบใช้ทรานซิสเตอร์

โดยแรงดันเอาต์พุต =  $V_Z + V_{be}$

$$\begin{aligned}
 I_L &= I_E = I_C + I_B \\
 &= I_{in} - I_Z
 \end{aligned}
 \tag{2.19}$$

กระแสไหลผ่าน R1 คือ

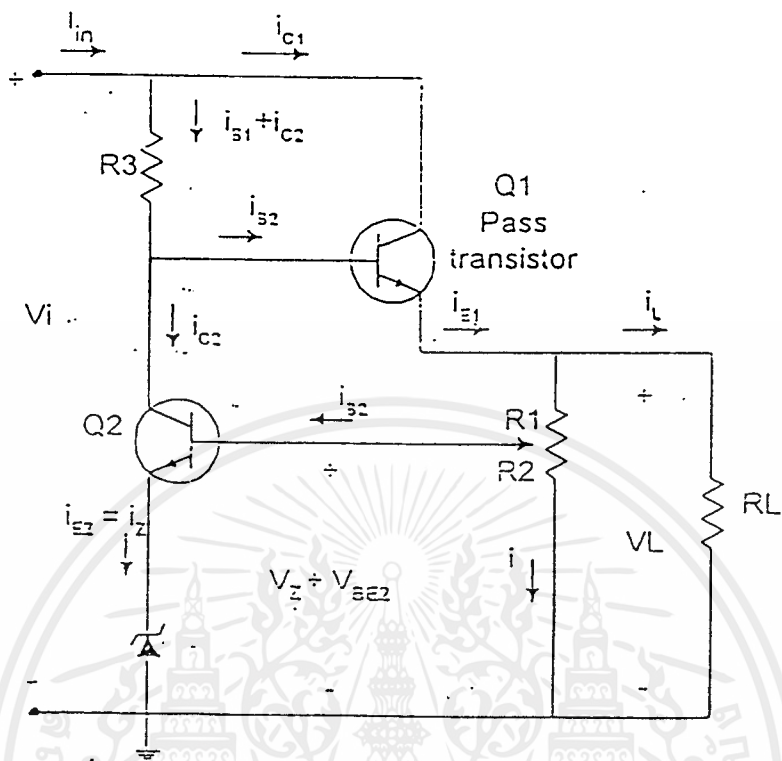
$$I_Z + I_B = (V_i - V_Z) / R_1
 \tag{2.20}$$

ค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายโดยทรานซิสเตอร์  $Q_1 (P_C)$  มีค่าดังนี้

$$P_C = (V_i - V_1) I_L = (V_i - V_L)(L_{in} - L_Z)
 \tag{2.21}$$

เมื่อ  $V_L = V_Z$

ซึ่งจากสมการที่ผ่านมามาดูจะเห็นว่า  $V_L$  จะคงที่ตลอดโดยไม่ขึ้นอยู่กับ  $R_L$  รูปต่อไปนี้จะแสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟที่สามารถปรับค่าได้โดยใช้ทรานซิสเตอร์สองตัวแรงดันของเอาต์พุตหรือ  $V_L$  สามารถที่จะเปลี่ยนค่าได้โดยปรับเปลี่ยนค่า  $R_L + R$  การวิเคราะห์ห้วงจรทำได้ดังนี้



รูปที่ 2.23 วงจรเรกกูเลเตอร์ใช้ทรานซิสเตอร์แบบปรับค่าได้

วงจรแหล่งจ่ายไฟที่สามารถปรับค่าได้โดยใช้ทรานซิสเตอร์  $I \gg I_{B2}$  ฉะนั้นกระแสที่ไหลผ่าน  $R_1$  จึงประมาณได้ว่ามีค่าเท่ากับ  $I$  และจากกฎการแบ่งแรงดันจะได้

$$V_Z + V_{BE2} = (R_1 / (R_1 + R_2)) V_L \tag{2.22}$$

และจะได้ 
$$V_L = ((R_1 + R_2) / R_2)(V_Z + V_{BE2}) \tag{2.23}$$

จากสมการนี้จะเห็นได้ว่า  $(V_Z + V_{BE2})$  และ  $(R_1 + R_2)$  มีค่าคงที่ จะทำให้ค่า  $V_L$  คงที่เช่นเดียวกัน แต่ถ้าค่า  $R_2$  เพิ่มขึ้นค่าของ  $V_L$  จะลดลง และถ้าค่าของ  $R_2$  ลดลงจะทำให้ค่าของ  $V_L$  เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาในลักษณะ  $R_L$  ลดลงบ้าง ค่า  $I_L$  จะเพิ่มขึ้น และ  $V_L$  จะลดลง ทำให้  $Q_2$  ถูกลดการไบอัสตรง ทำให้ค่าของ  $V_{CE2}$  สูงขึ้น จึงส่งผลให้การไบอัสตรงของ  $Q_1$  เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุให้  $V_{CE1}$  ลดลง ค่า  $V_L$  จึงเพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับ  $V_L$  ปกติ ฉะนั้นค่า  $V_L$  จะคงที่ตลอดการใช้งานไม่ว่าโหลด  $R_L$  จะลดลงหรือเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าละเลขค่า  $V_{BE2}$  จะได้

$$V_L = ((R_1 + R_2) / R_2) V_Z \quad (2.25)$$

### วงจรรักษาระดับแรงดันแบบใช้ IC

ข้อดีของวงจรแบบนี้ คือ ราคาถูก มีขนาดเล็ก และมีรูปแบบวงจรที่ง่าย โดยเราแบ่ง IC ที่ใช้เป็น 3 ลักษณะ คือ

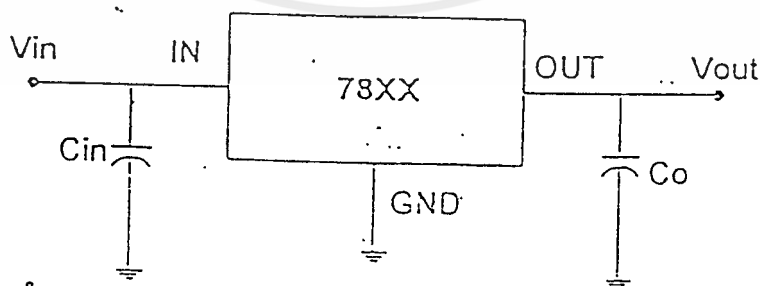
1. แบบแรงดันเอาต์พุตคงที่
2. แบบแรงดันเอาต์พุตปรับค่าได้
3. แบบพิเศษ ( แบบแทรกกิ้ง และแบบโฟลตติง )

#### 1. เรกกูเลเตอร์แบบแรงดันเอาต์พุตคงที่ (Fixed output regulator)

เราใช้เรกกูเลเตอร์แบบ 3 ขา ซึ่งเป็นแบบที่ราคาถูกและง่ายต่อการออกแบบซึ่งสามารถจ่ายกระแสเอาต์พุตได้ตั้งแต่ 100 mA ถึง 3 A ตามเบอร์ที่เราเลือกใช้ และยังมีวงจรป้องกันกระแสเกินภายในและวงจรป้องกันเมื่ออุณหภูมิเกินภายในด้วย โดย IC เบอร์ต่าง ๆ จะมีคุณสมบัติทางด้านกระแสเอาต์พุตสูงสุด แรงดันเอาต์พุต แรงดันอินพุต Line Regulation Load Regulation และช่วงอุณหภูมิทำงานให้เราเลือกตามความต้องการดังตารางในภาคผนวก

เบอร์ที่นิยมใช้จะเป็น IC ตระกูล 78XX และ 79XX โดยค่า XX เป็นตัวบอกค่าแรงดันเอาต์พุต

โดยจะมีรูปแบบการต่อพื้นฐานดังรูป

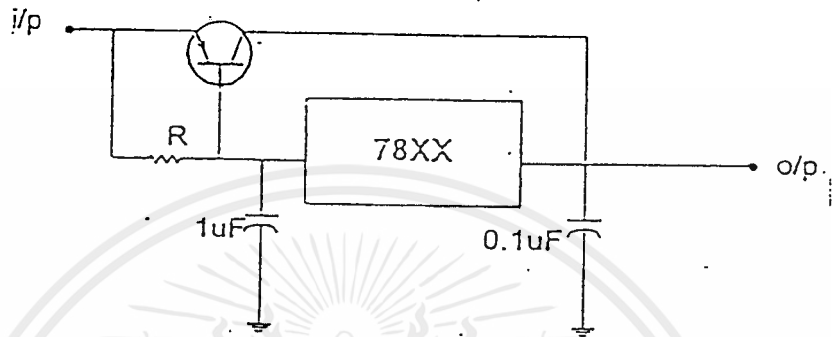


รูปที่ 2.24 วงจรเรกกูเรเตอร์แบบใช้ไอซี

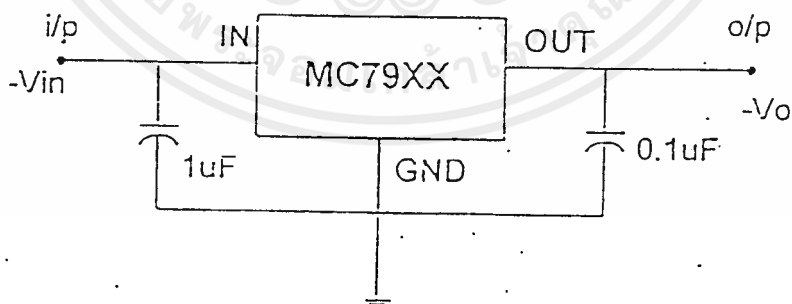
ขา IN ของ 78XX จะต่อกับไฟบวก

$C_{in}$  ใช้เป็น C Filter ในกรณีห่างจาก Filter ของ Supply เกิน 2 นิ้ว

$C_{out}$  ใช้ปรับค่าการตอบทางด้านทรานเซียนต์ (Transient Response)



รูปที่ 2.25 วงจรเรกกูเลเตอร์แบบใช้ไอซีและใช้ทรานซิสเตอร์ขยายกระแส  
กรณีต้องการกระแสมากขึ้น จะใช้ทรานซิสเตอร์มาต่อเพื่อให้ออกจ่ายกระแสได้มากขึ้น  
อาจจะเพิ่มได้จนถึง 5 A  
สำหรับวงจรของ 79XX จะมีลักษณะเช่นเดียวกับ 78XX แต่ต่างกันที่ 79XX จะให้แรงดัน  
ไฟลบ



รูปที่ 2.26 วงจรเรกกูเลเตอร์ไฟลบแบบใช้ไอซี

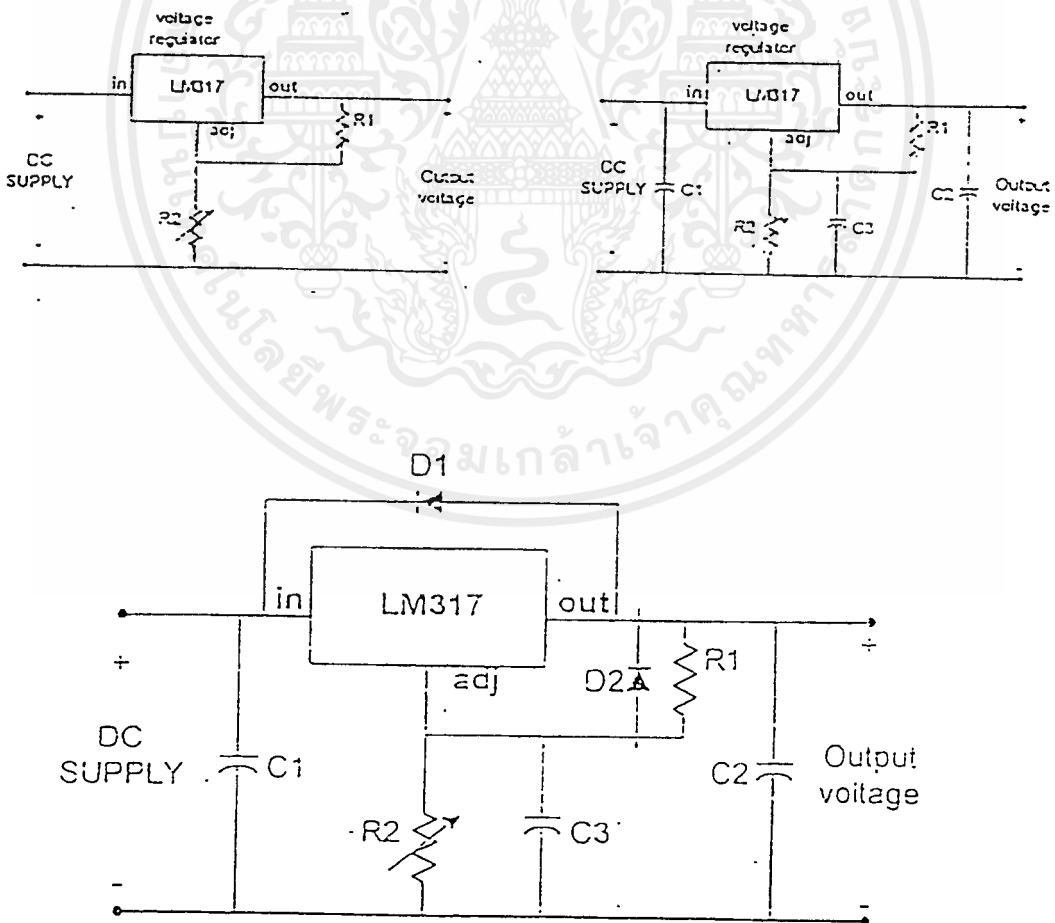
ขา IN ของ 79XX จะต่ออยู่กับไฟลบขา OUT จะให้เอาต์พุตเป็นแรงดันค่าลบคงที่

## 2. เรกกูเลเตอร์แบบเอาต์พุตปรับค่าได้

คือ วงจรเรกกูเลเตอร์ที่สามารถปรับแรงดันเอาต์พุตได้ในช่วงที่กำหนด ไอซีที่ปรับค่าได้มีทั้งแบบแรงดันไฟบวกและแรงดันไฟลบ ซึ่งแต่ละเบอร์จะมีคุณสมบัติทางแรงดันเอาต์พุต กระแสเอาต์พุตสูงสุด ช่วงแรงดันอินพุตที่สามารถทำงานได้ ความแตกต่างระหว่างแรงดันเอาต์พุตกับอินพุต ( $V_o - V_{in}$ ) ต่ำสุดที่สามารถทำงานได้ Line Regulation Load Regulation การป้องกัน ต่าง ๆ เช่น วงจรจำกัดกระแส วงจรป้องกันให้อยู่ในช่วงการทำงานที่ปลอดภัย ( Safe operating area protection ) ตัวอย่างวงจรเช่น

วงจรเรกกูเลเตอร์ปรับค่าแรงดันเอาต์พุตได้โดยใช้ LM317

วงจรดังรูป 2.27 แสดงวงจรเรกกูเลเตอร์ ปรับค่าแรงดันเอาต์พุตได้โดยใช้ LM317 ในรูป ก) แสดงวงจรอย่างง่าย ซึ่งนิยมใช้กันมากที่สุด ในรูป ข) การใส่  $C_1, C_2$  ก็มีจุดประสงค์เดียวกับ  $C_1, C_2$  ที่ใช้ใน 78XX ซึ่งจะใช้ค่าเท่ากัน ส่วน  $C_3$  มีไว้เพื่อกำจัดแรงดันกระเพื่อม มักใช้ค่า  $10\mu F$



รูปที่ 2.27 วงจรเรกกูเลเตอร์ปรับค่าได้แบบพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) แบบง่าย

ข) แบบกำจัดสัญญาณรบกวนรอบวงโดยการใส่ C

ค) แบบมีไดโอดป้องกันกระแสและแรงดันเกิน

แทนทาลัม ในรูป ค) จะมีไดโอดเพิ่มเข้าไปเพื่อป้องกันกระแส และแรงดันสูงขณะใช้งาน โดย D<sub>1</sub> จะป้องกันจากการคายประจุของ C<sub>2</sub> และ D<sub>2</sub> จะป้องกันจากการคายประจุของ C<sub>3</sub>

การออกแบบค่าต่าง ๆ ทำได้ดังนี้

$$V_{OUT} = [(R_1 + R_2) / R_1] \times V_{ref} + I_{adj} R_2 \quad (2.26)$$

โดยจะใช้  $V_{ref} = 1.25 \text{ V}$  ( จากข้อมูลในภาคผนวก )

$I_{ref} = 50 \text{ mA}$  ( จากข้อมูลในภาคผนวก )

$$R_1 = V_{ref} / I_{min} \quad (2.27)$$

$I_{min} = 10 \text{ mA}$  ( จากข้อมูลในภาคผนวก )

จะได้  $R_1 = 125 \Omega$

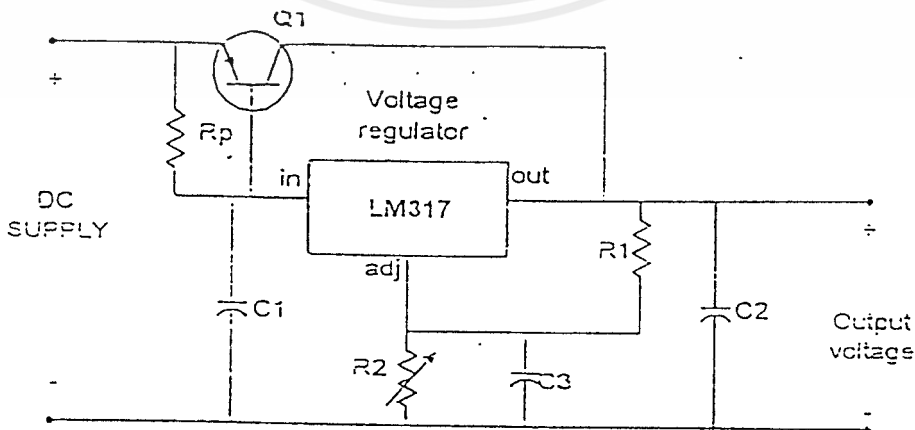
R ค่ามาตรฐานที่ใกล้เคียงคือ  $120 \Omega$

$$R_2 = (V_{OUT} - V_{ref}) / (V_{ref} / R_1 + I_{adj}) \quad (2.28)$$

จะได้  $R_2 = (V_{OUT} - 1.25) / 10.47 \text{ mA}$

วงจรเรกกูเลเตอร์ปรับค่าแรงดันเอาต์พุตได้ใช้ LM317 กับทรานซิสเตอร์

ในรูปต่อไปนี้จะแสดงวงจรเรกกูเลเตอร์ปรับค่าได้โดยใช้ LM317 กับทรานซิสเตอร์ ลักษณะของการออกแบบจะเหมือนกับวงจรที่ใช้ 78XX โดยกำหนดค่า C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, R<sub>1</sub> และ R<sub>2</sub> จะคำนวณเหมือนกับ วงจรเรกกูเลเตอร์พื้นฐานปรับค่าแรงดันเอาต์พุตได้โดย LM317

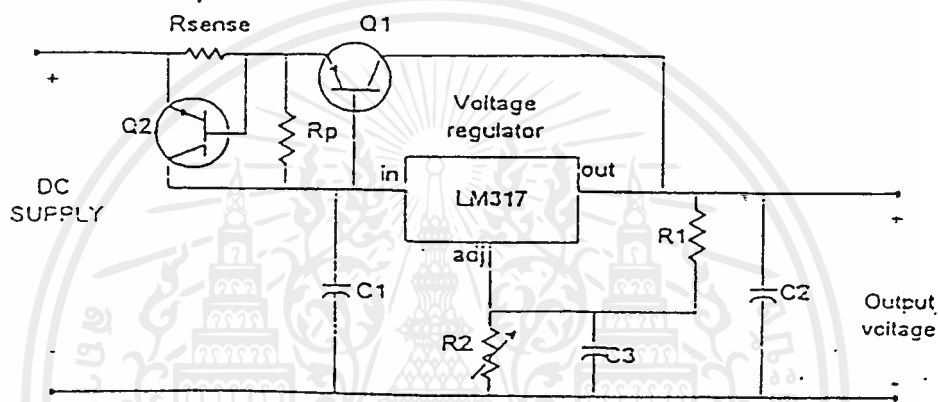


รูปที่ 2.28 วงจรเรกกูเลเตอร์ปรับค่าแรงดันเอาต์พุตได้ใช้ LM317 กับทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเรกกูเลเตอร์ปรับค่าได้โดยใช้ LM317 กับการจำกัดกระแส

จากรูปที่ 2.29 แสดงวงจรเรกกูเลเตอร์ปรับค่าได้โดยใช้ LM317 กับการจำกัดกระแส ขนาดของ  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $R_p$  และ  $R_{s\text{ens}}$  จะออกแบบเหมือนกับวงจรที่ใช้ 78XX ในวงจรเรกกูเลเตอร์ที่ใช้ 78XX หรือ 79XX ในการจำกัดกระแส  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $R_1$  และ  $R_2$  จะออกแบบเหมือนกับในวงจรเรกกูเลเตอร์ปรับค่าแรงดันเอาต์พุตได้ใช้ LM317 กับการชดเชย



รูปที่ 2.29 วงจรเรกกูเลเตอร์ปรับค่าได้โดยใช้ LM317 กับการจำกัดกระแส

### 3. เรกกูเลเตอร์แบบพิเศษ

- เรกกูเลเตอร์แบบแทรกกิ่ง เป็นวงจรเรกกูเลเตอร์ที่สามารถจ่ายค่าแรงดันเอาต์พุตได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ สามารถทำได้โดยการนำไอซี 2 ตัวมาต่อกัน แต่วงจรก็มีอยู่แล้วในไอซีตัวเดียวบางเบอร์
- เรกกูเลเตอร์แบบโพลลิ่ง ใช้ในกรณีที่เราต้องการแรงดันเอาต์พุตมาก ๆ โดยแรงดันเอาต์พุตสามารถขยายและจำกัดได้โดยขึ้นกับความสามารถของทรานซิสเตอร์ภายนอก

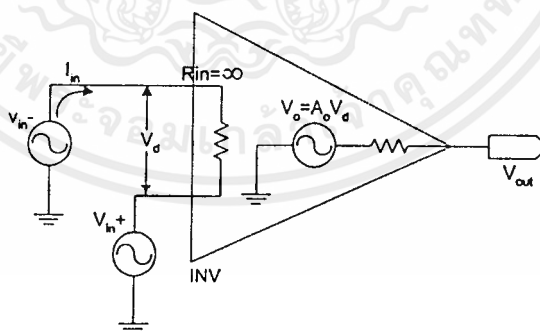
## วงจรรักษาระดับแรงดันโดยใช้ออปแอมป์

คุณสมบัติของออปแอมป์ในอุดมคติ

1. มีค่า Input Impedance สูงมาก ( $Z_{in} = \infty$ )
2. มีค่า Output Impedance ต่ำมาก ( $Z_{out} = 0$ )
3. มีค่า Open-Loop Gain สูงมาก ( $A_o = \infty$ )
4. มีค่า Bandwidth กว้างมากตั้งแต่ DC จนถึงอนันต์ ( $BW = \infty$ )
5. มีค่า Offset Voltage (ค่า Output Voltage ขณะที่ไม่มี Input Voltage) เป็นศูนย์ ( $V_{os} = 0$ )

จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้เกิดผลขึ้น 2 ประการที่จะใช้ในการวิเคราะห์การทำงาน

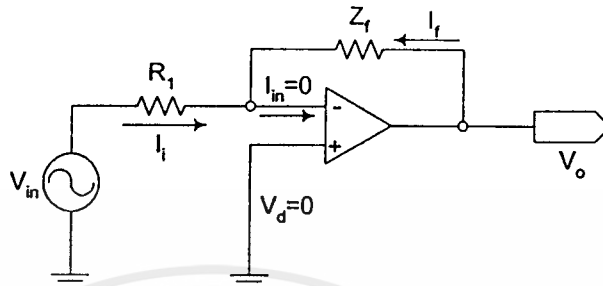
1. ผลจากค่า Input Impedance ที่สูงมาก ทำให้กระแสที่ไหลเข้าสู่อินพุทออปแอมป์มีค่าเป็นศูนย์ ( $I_{in} = 0$ )
2. ผลจากการที่กระแสอินพุทมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้ Voltage ที่คร่อมอินพุททั้งสองของออปแอมป์มีค่าเป็นศูนย์ด้วย ( $V_d = 0$ )



รูปที่ 2.30 ออปแอมป์ในอุดมคติ (Ideal Op-Amp)

## วงจรรขยายพื้นฐานของออปแอมป์

### 1. วงขยายกลับเฟส (Inverting Amplifier)



รูปที่ 2.31 วงจรรขยายกลับเฟส

จากสมมติฐาน  $V_d = 0$  จะทำให้แรงดันที่ A มีค่าเป็นศูนย์ด้วย และจะได้สมการ

$$V_{in} = I_i R_1 \quad (2.29)$$

และ  $V_o = I_f Z_f \quad (2.30)$

จาก KCL ที่จุด A  $I = 0$

นั่นคือ  $I_i = -I_f \quad (2.31)$

∴ จะได้  $V_o/V_{in} = -Z_f/R_1 = A_f \quad (2.32)$

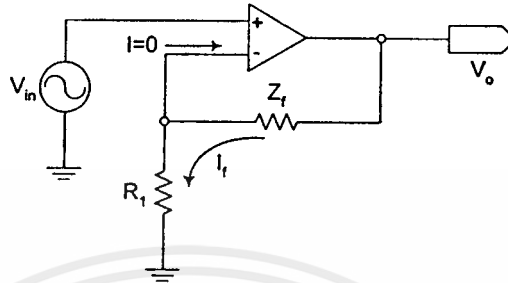
จาก (2.29)  $R_1 = V_{in}/I_i \quad (2.33)$

พิจารณา Input Impedance  $Z_{in} = V_{in}/I_i \quad (2.34)$

$$Z_{in} = R_1 \quad (2.35)$$

การที่จุด A มีศักดาเป็นศูนย์ซึ่งมีค่าเท่ากับ Ground ดังนั้นจึงเรียกจุด A ว่าเป็น กราวน์เสมือน หรือกราวน์เทียม (Virtual Ground)

## 2. วงจรขยายไม่กลับเฟส ( Non Inverting Amplifier )



รูปที่ 2.32 วงจรขยายไม่กลับเฟส

จากสมมติฐาน  $I_{in} = 0$  จะได้

$$V_f = V_o \cdot R_1 / (R_1 + Z_f) \quad (2.36)$$

และจากสมมติฐาน  $V_- = 0$  จะได้

$$V_{in} = V_f \quad (2.37)$$

และ

$$V_{out} = 1 + (Z_f / R_1) \quad (2.38)$$

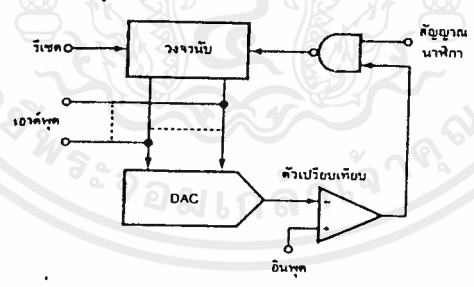
$$Z_{in} = V_{in} / I_{in} = \infty \quad (2.39)$$

### 2.3 ดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ (DIGITAL VOLTMETER)

ดิจิตอลโวลท์มิเตอร์เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนค่าแรงดันที่อยู่ในรูปสัญญาณอะนาลอกมาเป็นสัญญาณทางดิจิตอลเพื่อนำไปใช้แสดงผลเป็นค่าตัวเลข ดังนั้นส่วนประกอบของดิจิตอลโวลท์มิเตอร์จึงควรประกอบด้วยสองส่วนใหญ ๆ คือ วงจรเปลี่ยนสัญญาณจากอะนาลอกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล ADC (Analog to Digital Conversion) และวงจรมำสัญญาณดิจิตอล ไปแสดงผลเป็นตัวเลข

#### วงจร ADC

วิธีการของ ADC นี้มีหลายแบบแต่ที่พื้นฐานที่สุดเป็นแบบดิจิตอลแรมปี (digital ramp) หลักการของ ADC แบบดิจิตอลแรมปีจะใช้วงจรมำต่อกับวงจรเปลี่ยนสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอะนาลอก (DAC) แล้วนำเอาที่พุดของ ADC นี้ไปเปรียบเทียบกับอินพุตที่เข้ามาแล้วนำเอาเอาท์พุดจากการเปรียบเทียบ ไปหยุดสัญญาณนาฬิกาที่ให้กับวงจรมำ เอาท์พุดของวงจรมำก็จะกลายเป็นเอาท์พุดของวงจรเปลี่ยนสัญญาณจากอะนาลอกไปเป็นสัญญาณดิจิตอลที่ต้องการ โคอะแกรมการทำงานดังรูปที่ 1

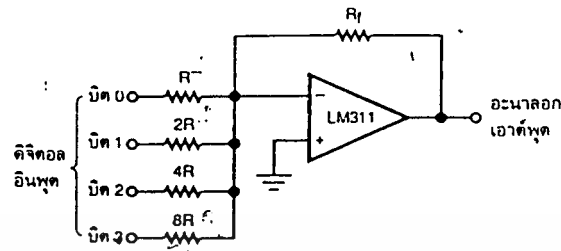


รูปที่ 1 บล็อกโคอะแกรมวงจร ADC

จากรูปที่ 1 วงจร ADC นี้มีส่วนประกอบของวงจรอื่น ๆ หลายส่วนดังต่อไปนี้

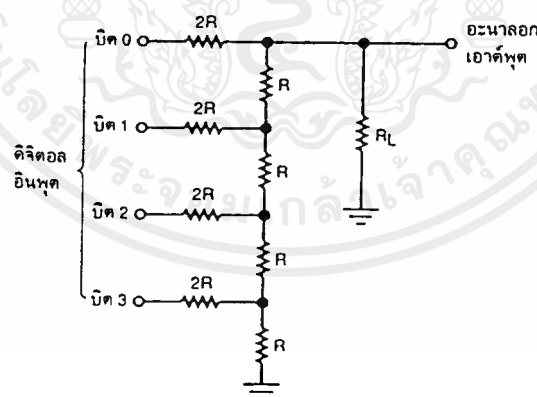
วงจร ADC ในส่วนนี้สามารถสร้างได้หลายแบบ เช่น แบบเวจต์ซิสเตอร์แลดเดอร์ (weight resistor ladder) ออกแบบโดยใช้ค่าความต้านทานกำหนดน้ำหนักของค่าทางดิจิตอลให้มีความแตกต่างกันในแต่ละบิต แล้วนำมาต่อเข้าวงจรขยายแบบรวมอินพุต (summing amplifier) แสดงดังรูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 วงจร DAC แบบ weight resistor ladder

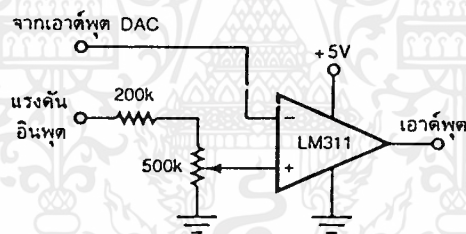
ถ้าวงจรนี้มีจำนวนมากขึ้นจะต้องใช้ค่าความต้านทานค่าสูงมากขึ้น เป็นผลให้กระแสไหลได้น้อยลงทำให้สัญญาณรบกวนเข้ามามีบทบาท ด้วยเหตุนี้จึงต้องหาวงจรที่มีความเชื่อถือได้มากกว่านี้ ซึ่งก็คือวงจรแบบ R-2R ladder วงจรนี้ใช้ค่าความต้านทานเพียงสองค่า คือ R และ 2R ดังนั้นข้อผิดพลาดดังกล่าวจึงลดลง แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจร DAC แบบ R-2R ladder

ข้อดีของวงจร R-2R ladder คือ มีค่าความต้านทานเพียงสองค่าทำให้ค่าไม่สูงเกินไป และเพื่อให้ถูกต้องยิ่งขึ้นสามารถใช้ค่าความต้านทานเพียงค่าเดียวได้ โดยใช้ค่าเท่ากับ R สองตัวต่ออนุกรมกันจะได้เท่ากับค่า 2R พอดี ค่าความต้านทานที่ใช้จะขึ้นอยู่กับโหลดด้วย ( $R_L$  ในรูปที่ 3) ซึ่งโหลดที่จะไปต่อคือ ออปแอมป์ที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบค่าแรงดันนั่นเอง

วงจรเปรียบเทียบค่าแรงดัน ส่วนนี้จะทำหน้าที่เปรียบเทียบค่าแรงดันระหว่างเอาต์พุตของส่วน DAC กับส่วนสัญญาณอินพุตที่เข้ามา ถ้าขนาดสัญญาณทั้งสองเท่ากันก็จะส่งสัญญาณไปเปิดเกตให้หยุดส่งสัญญาณนาฬิกาไปยังวงจรมับ การทำงานลักษณะนี้เราสามารถใช้ออปแอมป์เพียงตัวเดียวก็ได้ เพื่อความสะดวกเราจะใช้ออปแอมป์ที่เป็นแบบไฟบวกกับกราวด์ (หรือที่เรียกว่าซิงเกิลซัพพลาย) เช่น ออปแอมป์เบอร์ LM311 การต่อแสดงดังรูปที่ 4 ส่วนตัวต้านทานปรับค่าได้ต่อไว้เพื่อลดระดับความแรงของแรงดันอินพุต คำนวณหาได้จากความต้องการที่จะให้ความต้านทานด้านอินพุตของโวลต์มิเตอร์สูงเพียงใด ซึ่งค่าความต้านทานนี้จะมีผลต่อการวัดเนื่องจากเมื่อทำการวัดโวลต์มิเตอร์จะต่อขนานกับวงจรที่มีผลทำให้ค่าแรงดันที่วัดเปลี่ยนแปลงจากค่าจริงได้ ความต้านทานส่วนนี้จึงควรสูง แต่ถ้าเราให้มีค่าสูงเกินไปเวลาวัดค่าแรงดันต่ำ ๆ อาจทำให้ค่าวัดที่ผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงควรกำหนดให้มีค่าเหมาะสม ในรูปวงจรรูปที่ 4 ใช้ค่า  $200\text{ k}\Omega$  ต่ออนุกรมกับค่า  $500\text{ k}\Omega$  เป็นวงแบ่งแรงดัน

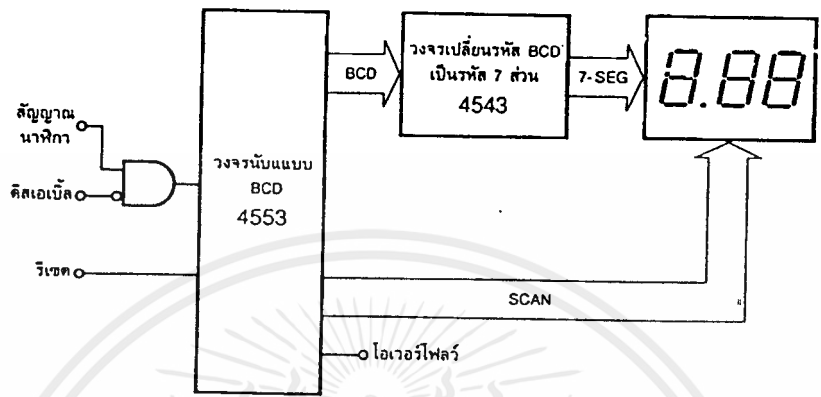


รูปที่ 4 วงจรส่วนเปรียบเทียบค่าแรงดันอินพุตกับสัญญาณจาก ADC

วงจรมับ เป็นส่วนที่นำสัญญาณนาฬิกาจากเกตเข้ามานับแล้วให้อาต์พุตเป็นแบบไบนารีจำนวนบิตทั้งหมดทราบได้จากการกำหนดของส่วนภาคแสดงผลว่าจะใช้จำนวนกี่หลัก ในที่นี้ใช้ 3 หลัก ทำให้สามารถแสดงผลได้จาก  $0.00\text{ V}$  ถึง  $9.99\text{ V}$ . ชนิดของไอซีที่ใช้จะเป็นไอซีตระกูล TTL เพราะไอซีตระกูล TTL นี้สามารถจ่ายกระแสได้มากกว่าตระกูล CMOS ไอซีที่ใช้คือ เบอร์ 7493 เป็นวงจรมับไบนารี 4 บิต ต้องให้ทั้งหมด 3 ตัว เพื่อประกอบกันให้ครบ 10 บิต ลักษณะการต่อจะนำเอาต์พุตสุดท้ายของตัวแรกไปต่อเป็นสัญญาณนาฬิกาของตัวถัดไปเรื่อย ๆ จนครบทั้งหมด 10 บิต ดังรูปที่ 5

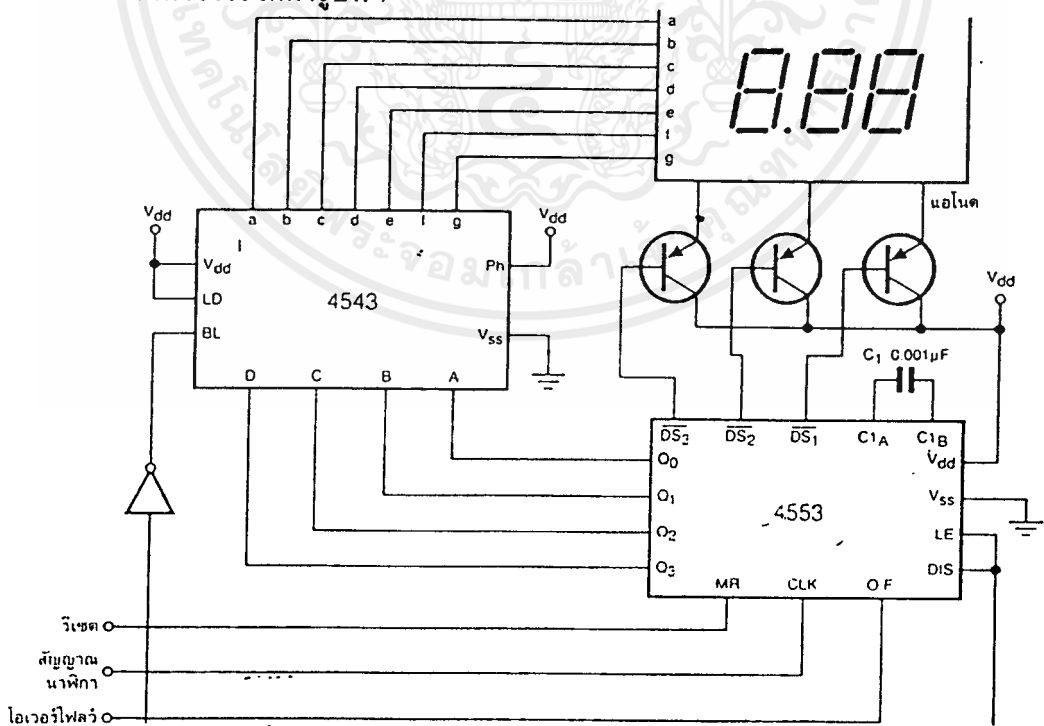


คอมมอนอะไรเพียงแต่เปลี่ยนจากลอจิกที่ขา Ph (Phase) รูปที่ 6 แสดงการจับวงจรเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น



รูปที่ 6 บล็อกไดโอมแกรมแสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณดิจิทัลให้แสดงผลเป็นตัวเลข

วิธีการต่อในคู่มือ ไอซีเบอร์ 4553 มีวงจรตัวอย่างไว้ให้แต่เป็นการต่อกับตัวเลขแสดงผล 6 หลัก ซึ่งต้องใช้ไอซี 4553 นี้ถึง 2 ตัว แต่ในวงจรนี้ต้องการเพียง 3 หลัก ดังนั้นจึงใช้ไอซี 4553 เพียงตัวเดียวได้ แสดงวงจรได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 วงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลให้แสดงผลเป็นตัวเลข

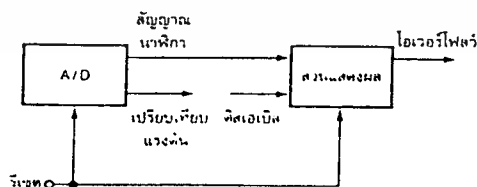
ไอซี 4553 จะทำหน้าที่นับและนำผลที่นับได้ไปแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ ขา  $DS_1$  ถึง  $DS_3$  เป็นขาสแกน ส่วนขา  $Q_0$  ถึง  $Q_3$  เป็นเอาต์พุต BCD ที่ส่งออกไปแสดงผล ซึ่งจะถูกเปลี่ยนรหัสจาก BCD เป็นรหัสแสดงผล 7 ส่วน โดยใช้ไอซี 4543 เมื่อเราใช้ตัวแสดงผล 7 ส่วนเป็นแบบคอมมอนแอโนด (common anode) ที่ขา Ph จะต้องให้ลอจิก “1” ขา LD (latch disable) ไม่ได้ใช้งานต่อเข้ากับไฟบวก ส่วนขา BL (Blanking) ใช้สำหรับกำหนดไม่ให้มีการแสดงผลที่เอาต์พุต ในที่นี้ต่อเข้ากับขา Dis โดยผ่าน NOT เกต ซึ่งจะไม่มีผลการแสดงผลในขณะที่ทำการนับอยู่

วงจรควบคุมการเชื่อมต่อของวงจร ADC กับวงจรส่วนแสดงผล

เมื่อได้วงจร ADC และวงจรส่วนแสดงผลแล้วในการเชื่อมต่อวงจรทั้งสองเข้าด้วยกันต้องรู้ถึงสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรทั้งสอง วงจร ADC ให้สัญญาณอะไรออกมาและควบคุมให้สัญญาณนั้นส่งออกมาในจังหวะที่ต้องการได้อย่างไร หรือวงจรส่วนแสดงผลต้องการสัญญาณอะไรและกำหนดช่วงเวลาการแสดงผลได้อย่างไร ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้เป็นงานต่อไปที่จะต้องออกแบบวงจรควบคุมให้ทั้งสองวงจรทำงานประสานกันได้อย่างสมบูรณ์

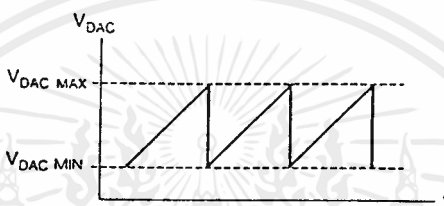
วงจร ADC จะมีเอาต์พุตออกมาทั้งหมด 2 เอาต์พุตคือสัญญาณจากวงจรเปรียบเทียบแรงดันและสัญญาณนาฬิกาจากวงจรมับ ส่วนอินพุตที่ต้องการคือ สัญญาณรีเซ็ตเพื่อเริ่มชุดวงจร

ส่วนวงจรแสดงผลจะต้องการอินพุตทั้งหมด 3 อินพุตคือ สัญญาณรีเซ็ตเพื่อเริ่มต้นนับใหม่ สัญญาณนาฬิกาที่จะใช้นับและสัญญาณคิสเอเบิลเพื่อให้หยุดนับ และเอาต์พุตก็คือ โอเวอร์โฟลว์ เป็นสัญญาณว่าวงจรนับนั้นนับเกินค่า 999 แล้ว การเชื่อมต่อของทั้งสองวงจรสามารถแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรม ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 บล็อกไดอะแกรมแสดงการเชื่อมต่อของอินพุตและเอาต์พุต

จากรูปที่ 8 สามารถจะนำสัญญาณนาฬิกาจากตัวนับของวงจร ADC ไปต่อกับสัญญาณนาฬิกาของวงจรส่วนแสดงผลได้โดยตรง ส่วนขารีเซตของวงจร ADC จะทำงานเหมือนกับของวงจรส่วนแสดงผล จึงนำขาสัญญาณทั้งสองมารวมกัน ได้สัญญาณเอาต์พุตที่เหลือคือ สัญญาณเปรียบเทียบแรงดันของวงจร ADC และ โอเวอร์โพล์ของภาคแสดงผล ส่วนเอาต์พุตที่จะนำมาใช้ก็คือ ดิสเอเบิลและรีเซต

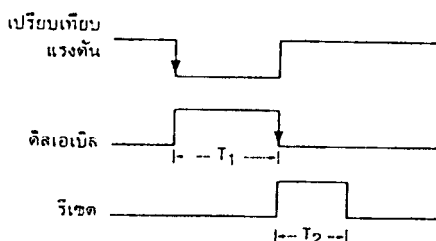


รูปที่ 9 แสดงแรงดันที่ได้จากเอาต์พุต DAC เปรียบเทียบกับแรงดันอินพุต

ต่อไปเป็นการกำหนดสภาวะความต้องการของช่วงเวลาที่จะนำไปควบคุมวงจร ซึ่งแบ่งการทำงานของแต่ละสภาวะได้ทั้งหมด 3 สภาวะตามค่าแรงดันที่เข้ามาเป็นดังนี้ สังเกตรูปที่ 9 ประกอบ

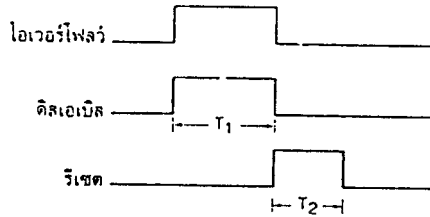
- แรงดันอินพุตน้อยกว่า  $V_{DAC MIN}$
- แรงดันอินพุตอยู่ระหว่าง  $V_{DAC MIN}$  กับ  $V_{DAC MAX}$
- แรงดันอินพุตมากกว่า  $V_{DAC MAX}$

จากทั้ง 3 สภาวะจะแบ่งการทำงานเป็นส่วน ๆ โดยเขียนเป็นผังเวลาดังรูปที่ 10, รูปที่ 11 และรูปที่ 12

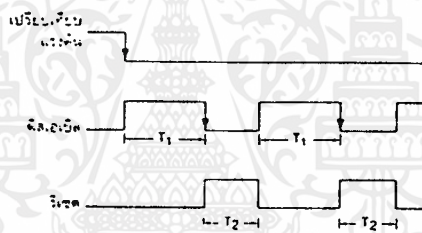


รูปที่ 10 แสดงผังเวลาเมื่อแรงดันอินพุตอยู่ระหว่าง  $V_{DAC MIN}$  กับ  $V_{DAC MAX}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 แสดงผังเวลาเมื่อแรงดันอินพุตมากกว่า  $V_{DAC MAX}$



รูปที่ 12 แสดงผังเวลาเมื่อแรงดันอินพุตน้อยกว่า  $V_{DAC MIN}$

จากรูปที่ 10 เป็นผังเวลาเมื่อแรงดันอินพุตอยู่ระหว่าง  $V_{DAC MIN}$  กับ  $V_{DAC MAX}$  จากวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

ตารางที่ 1 แสดงฟังก์ชันการทำงานของไอซี 74121

อินพุต			เอาต์พุต	
$A_1$	$A_2$	B	Q	Q
L	X	H	L	H
X	L	H	L	H
X	X	L	L	H
H	H	X	L	H
H	↓	H		
↓	H	H		
↓	↓	H		
L	X	↑		
X	L	↑		

1. สภาวะที่แรงดันอินพุตอยู่ระหว่าง  $V_{DAC MIN}$  กับ  $V_{DAC MAX}$
2. สภาวะที่แรงดันอินพุตน้อยกว่า  $V_{DAC MIN}$
3. สภาวะที่แรงดันอินพุตมากกว่า  $V_{DAC MAX}$

ถ้าอินพุตทั้งสองเท่ากันแล้วเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันจะมีสัญญาณเป็นลอจิก “0” ช่วงนี้สัญญาณคิสเอเบิลเพื่อให้วงจรหยุดนับ ในขณะที่เดียวกันก็จะนำค่าที่อยู่ในตัวนับนั้นไปแสดงผลโดยใช้เวลาทั้งหมด  $T_1$  และเมื่อหมดช่วงเวลาแสดงผลแล้วจะต้องมีสัญญาณรีเซตเป็นพัลส์เล็ก ๆ ขึ้น เพื่อรีเซตตัวนับให้เริ่มนับใหม่และทำการเปรียบเทียบแรงดันในครั้งต่อไป

จากรูปที่ 11 เป็นผังเวลาเมื่อแรงดันอินพุตมากกว่า  $V_{DAC MAX}$  ต้องให้ตัวนับหยุดนับเนื่องจากตัวนับสามารถนับได้สูงสุด 1024 แต่ส่วนแสดงผลจะแสดงได้เพียง 999 ดังนั้น ต้องกำหนดให้ตัวนับหยุดนับเมื่อโอเวอร์โฟลด์มีลอจิกเป็น “1” จากนั้นก็ให้เกิดสัญญาณคิสเอเบิลขึ้น เพื่อแสดงผลค่าสูงสุดผลเป็นเวลา  $T_1$  จากนั้นก็ทำการรีเซตตัวนับให้เริ่มนับใหม่ด้วยเวลา  $T_2$

จากรูปที่ 12 เป็นผังเวลาเมื่อแรงดันอินพุตน้อยกว่า  $V_{DAC\ MIN}$  ในช่วงแรกเหมือนกับรูปที่ 10 คือจะได้รับการทริกตกสัญญาณเปรียบเทียบกับแรงดันทำให้เกิดช่วงเวลา  $T_1$  และ  $T_2$  แต่หากว่าแรงดันอินพุตที่เข้ามาน้อยกว่า แล้วที่เอาท์พุทวงจรเปรียบเทียบกับก็จะยังคงเป็นลอจิก "0" อยู่ต้องให้ส่วนแสดงผลแสดงค่า 000 ออกมา ดังนั้นจึงต้องให้เกิดสัญญาณคิสเอเบิลขึ้นเพื่อไม่ให้ตัวนับนับได้

จากผังเวลาทั้ง 3 สภาวะ จะเห็นว่าสัญญาณคิสเอเบิลและสัญญาณรีเซตทั้ง 3 สภาวะเหมือนกันคือ  $T_1$  และต่อด้วย  $T_2$  ซึ่งช่วงเวลาทั้งสองสามารถสร้างได้โดยใช้วงจร โมโนสเตเบิล (monostable) โดยมีสัญญาณเปรียบเทียบกับแรงดันและสัญญาณโอเวอร์โพลว์เป็นตัวทริกให้วงจร โมโนสเตเบิลทำงาน แต่ในรูปที่ 12 นั้น ต้องหาสัญญาณเข้ามาช่วยทริกให้วงจรทำงานได้ ในที่นี้ใช้สัญญาณนาฬิกาช่วยทริกให้วงจร โมโนสเตเบิลสามารถทำงานได้

วงจร โมโนสเตเบิลที่ใช้งานในช่วงเวลา  $T_1$  จะใช้ไอซีตระกูล TTL คือเบอร์ 74121 ซึ่งมีอินพุตโดยแต่ละอินพุตมีวิธีการทริกแตกต่างกัน สามารถแสดงฟังก์ชันการทำงานได้ดังตารางที่ 1 จะเห็นว่าอินพุต  $A_1$  จะมีการทริกที่ขอบล่าง ส่วนอินพุต  $B$  จะมีการทริกที่ขอบขาขึ้นเมื่ออินพุต  $A_1$  หรืออินพุต  $A_2$  มีลอจิกเป็น "0" เท่านั้น สัญญาณเปรียบเทียบกับแรงดันของวงจรทำงานที่ขอบขาลง ส่วนสัญญาณโอเวอร์โพลว์จะทำงานที่ขอบขาขึ้น ดังนั้นเราสามารถนำสัญญาณเปรียบเทียบกับแรงดันไปต่อเข้ากับอินพุต  $A_1$  ได้ ส่วนสัญญาณ โอเวอร์โพลว์จะต้องต่อผ่าน NOT เกตก่อนจึงจะนำไปต่อกับอินพุต  $A_2$  ของไอซี 74121 ได้ ส่วนสัญญาณนาฬิกาที่ต้องนำไปต่อกับอินพุต  $B$  ได้โดยตรง วงจร โมโนสเตเบิลก็จะทำงานในกรณีแรงดันอินพุตที่เข้ามาน้อยกว่า  $V_{DAC\ MIN}$

โดยสรุปแล้วในตารางที่ 1 มีสภาวะที่เราใช้งานได้เพียง 3 สภาวะตามที่ได้เขียนไว้ท้ายตาราง

เมื่อรู้วิธีการต่อวงจร โมโนสเตเบิลในช่วงเวลา  $T_1$  นี้จะใช้เวลานานเท่าไรเพื่อคำนวณหาค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่ต่อกับวงจรได้ โดยช่วงเวลา  $T_1$  จะขึ้นอยู่กับจังหวะการสุ่ม (sampling) ของค่าแรงดันในแต่ละครั้งที่ต้องการหาค่า ในที่นี้กำหนดให้เป็น 1 วินาทีต่อการสุ่ม 1 ครั้ง สามารถคำนวณหาค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุได้ดังนี้

$$\text{จากสูตร } T_{ON} = 0.7 RC$$

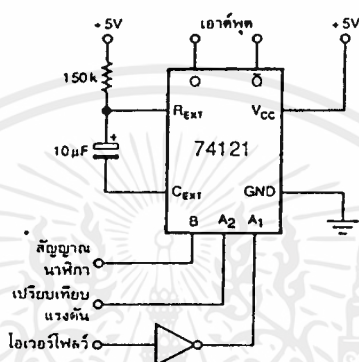
เมื่อ  $T_{ON} = 1$  วินาที และกำหนดให้  $C = 10 \mu F$  แล้ว

$$\text{จะได้ } I = 0.7R \times 10 \times 10^{-6}$$

$$R = 142.9 \text{ k}\Omega$$

$$\text{หรือ } R = 150 \text{ k}\Omega$$

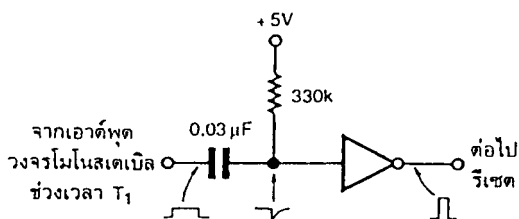
วงจรรูปสมบูรณของโมโนสเตเบิลในช่วงเวลา  $T_1$  แสดงได้ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 วงจร โมโนสเตเบิลในช่วงเวลา  $T_1$

เมื่อได้วงจร โมโนสเตเบิลที่ทำงานในช่วงเวลา  $T_1$  แล้วต่อไปจะเป็นการออกแบบวงจร โมโนสเตเบิลสำหรับช่วงเวลา  $T_2$  โดยนำสัญญาณจากเอาต์พุตของวงจร โมโนสเตเบิลที่ใช้ทำงาน ในช่วงเวลา  $T_1$  มาใช้เป็นสัญญาณทริก ช่วงเวลา  $T_2$  นี้จะเป็นช่วงเวลาแคบ ๆ ใช้สำหรับเคลียร์ตัวนับ ให้เริ่มนับใหม่สามารถสร้างจากวงจร RC ธรรมดาได้ดังรูปที่ 14

ค่า RC นั้นคำนวณได้จากช่วงเวลา  $T_2$  ถ้ากำหนดให้ช่วงเวลา  $T_2 = 10 \text{ ms}$  ดังนั้นค่า R และ C ที่นำมาคูณกันจะต้องมีค่าเท่ากับ  $10 \text{ ms}$  จึงได้ค่าดังแสดงในรูปที่ 14

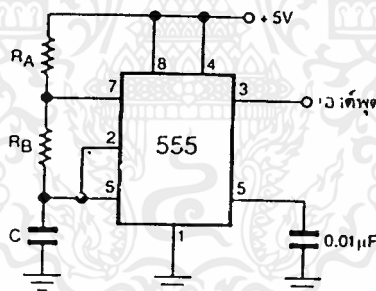


รูปที่ 14 วงจร โมโนสเตเบิลสำหรับช่วงเวลา  $T_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่ยังขาดไปสำหรับวงจรดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ก็คือ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา เนื่องจาก วงจรที่ออกแบบ ไม่ยากนักและความถี่ของสัญญาณก็ไม่จำเป็นต้องที่ขงตรงมากนักก่อนอื่นต้อง กำหนดช่วงเวลาการนับของวงจรมับตั้งแต่เริ่มต้นถึงสิ้นสุดควรมีค่าเท่าใด เพื่อให้ไม่สามารถสังเกตเห็นการกระพริบของ LED ที่ภาคแสดงผลในขณะที่ทำการนับ ในที่นี้กำหนดช่วงเวลาให้มีความถี่ ประมาณ 200 Hz ตัวนับสัญญาณนาฬิกาจะสามารถนับสูงได้ 1000 ลูกคลื่น ดังนั้นจะต้องใช้ความถี่ ทั้งหมด 200,000 Hz ซึ่งเป็นความถี่ค่าสุดที่จะใช้ได้ ส่วนความถี่สูงสุดนั้นขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ อุปกรณ์ที่เราใช้บางตัวเป็น ไอซีตระกูล CMOS ซึ่งทำงานที่ความถี่สูงสุดประมาณ 1 MHz จึงกำหนด ให้ความถี่มีค่าเท่ากับ 400 kHz

ไอซี 555 เป็นที่นิยมใช้เป็นวงจรถูกกำเนิดความถี่มากการออกแบบง่าย ส่วนประกอบน้อย และสะดวกต่อการใช้งานวงจรแสดงได้ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 การต่อวงจรถูกกำเนิดสัญญาณนาฬิกาใช้ไอซี

จาก  $f = 1.43 / (R_A + 2R_B)C$

เมื่อเราให้  $f = 400 \text{ kHz}$ ,  $\text{duty cycle} = 33\%$  และ  $C = 0.01 \mu\text{F}$

$$(R_A + 2R_B) = 1.43 / fC$$

$$(R_A + 2R_B) = 1.43 / (400\text{kHz} \times 0.01 \mu\text{F})$$

$$(R_A + 2R_B) = 357.5 \dots\dots\dots(1)$$

และ  $\text{duty cycle} = R_B / (R_A + 2R_B) \times 100$

$$33 = R_B / (R_A + 2R_B) \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(R_A + 2R_B) = 3R_B$$

$$R_A = R_B \dots\dots\dots(2)$$

แทนค่า

$$R_B = R_A \text{ ในสมการ (1)}$$

$$(R_A + 2R_A) = 357.5$$

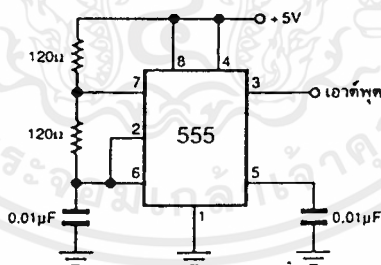
$$R_A = 119.2 \Omega$$

เราใช้ค่า

$$R_A = 120 \Omega$$

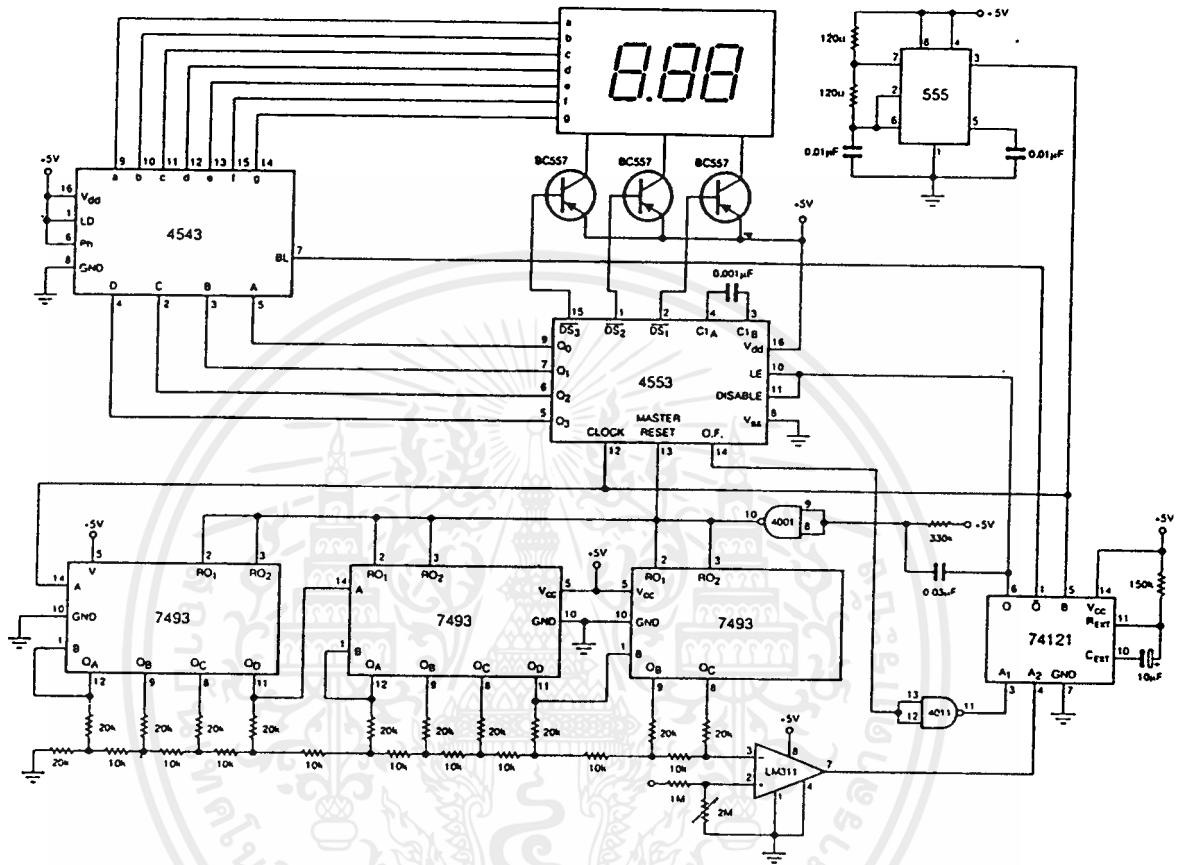
เมื่อ  $R_A = R_B$  ในสมการที่(2) ดังนั้น  $R_B = 120 \Omega$

วงจรสมบูรณกําเนิดสัญญาณนาฬิกา แสดงได้ดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 วงจรสมบูรณของส่วนกําเนิดสัญญาณนาฬิกา

เมื่อออกแบบทุกส่วนหมดแล้วนำแต่ละส่วนมาประกอบเข้าด้วยกันก็จะได้ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 วงจรดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ที่ออกแบบสร้างขึ้น

สำหรับผู้ที่จะสร้างวงจรดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ขอให้ศึกษาในส่วน ADC ให้ดีเนื่องจากความผิดพลาดจากการวัดนั้นขึ้นอยู่กับส่วนนี้ ซึ่งอาจเกิดจากการใช้อุปกรณ์ที่มีค่าผิดพลาดมากเช่น ไอซีตัวนับสัญญาณเบอร์ 7493 หรือตัวต้านทานในวงจร DAC เป็นต้น

วงจร ADC ที่ได้ออกแบบนั้นเป็นแบบดิจิทัลแรมป์อาจมีข้อผิดพลาดได้มาก หากต้องการความถูกต้องมากกว่านี้อาจจะไอซีสำเร็จรูปที่มีขายในท้องตลาดมาสร้างในส่วนนี้

### บทที่ 3

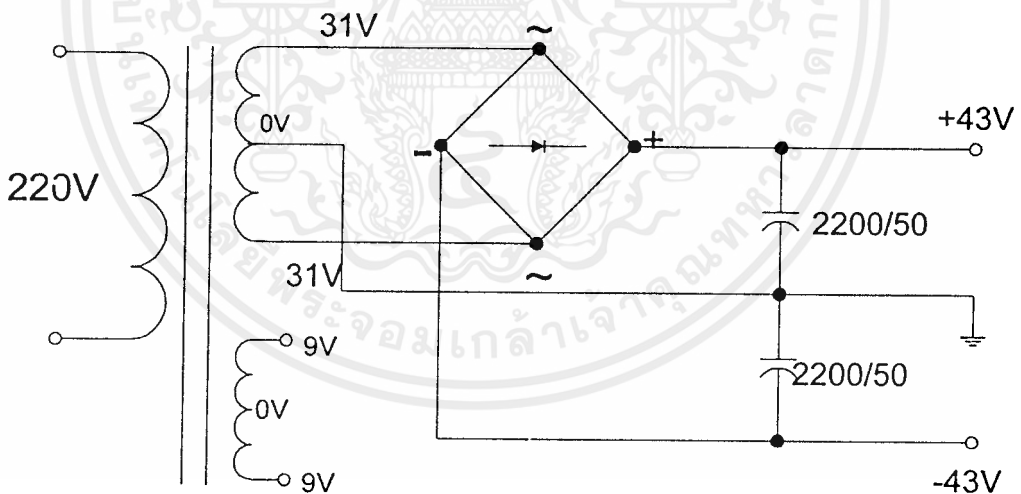
#### การออกแบบและการสร้าง

โครงการ DC Power Supply นี้ ให้เอาทาร์พุททั้งไฟบวกและไฟลบที่ปรับค่าได้ตั้งแต่ 0 โวลต์ จนถึง  $\pm 31$  โวลต์ กระแสสูงสุดจ่ายได้ 1 แอมแปร์ ออกแบบวงจรให้มีการป้อนกลับ ด้านเอาทาร์พุทมีวงจรป้องกันกระแสเกิน นอกจากนี้ยังมีเอาทาร์พุท 5 โวลต์ คงที่ สำหรับใช้กับการทดลองวงจร TTL แสดงผลด้วย Digital Meter

#### ส่วนประกอบของวงจร DC Power Supply

##### ภาคจ่ายไฟเลี้ยงของระบบ

แหล่งจ่ายไฟหลักของระบบทั้งหมด ประกอบด้วย หม้อแปลง  $T_1$  ซึ่งมีขดลวดทุติยภูมิจ่ายแรงดัน 2 ขด ขดแรกจ่ายแรงดันไฟสลับ 31V , 0V , 31V กระแส 1.5 A และขดที่สองจ่ายแรงดันไฟสลับ 9V , 0V , 9V กระแส 0.5 A ขดแรกถูกป้อนเข้าสู่บริดจ์เรกติไฟเออร์ และถูกฟิลเตอร์ด้วย  $C_1$  และ  $C_2$  ได้แรงดันเอาทาร์พุทไฟตรง  $\pm 43$  โวลต์



รูป 3.1 ภาคจ่ายไฟหลักของเครื่อง

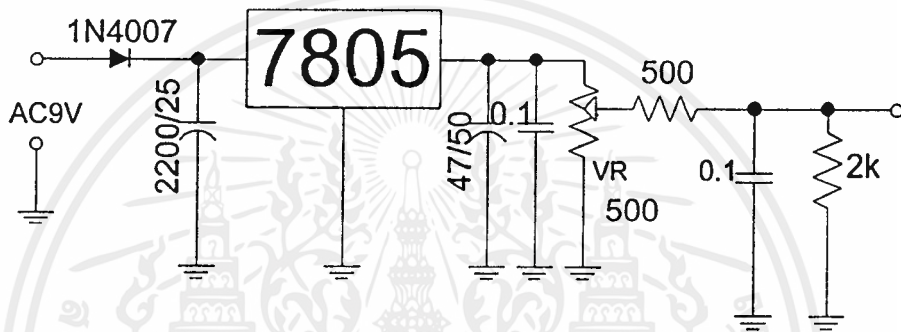
$$\begin{aligned} V_{dc} &= \sqrt{2} V_{rms} - 0.7 \\ &= (1.414 \times 31) - 0.7 \\ &\approx 43 \text{ V} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับขดที่สองนำไปป้อนให้กับวงจรเอาต์พุต 5 โวลต์คงที่ และป้อนให้กับวงจรปรับแรงดันอินพุตของภาคขยาย ภาคจ่ายไฟนี้นำไปป้อนให้ทั้งทางด้านวงจรแรงดันบวกและวงจรแรงดันลบ

### ภาคอินพุตของวงจรขยาย

วงจรในส่วนนี้ใช้ IC เรกกูเลเตอร์ สำหรับด้านไฟบวกใช้ เบอร์ 7805 ส่วนด้านไฟลบใช้ เบอร์ 7905



รูป 3.2 วงจรปรับแรงดันอินพุต

จากรูปเบอร์ IC เบอร์ 7805 ให้เอาต์พุตคงที่ 5 V VR: 500  $\Omega$  ( Volume ปรับค่าแรงดันของเครื่องจ่ายไฟ ) ทำหน้าที่แบ่งแรงดันจาก 0-5 V จะได้แรงดันตกคร่อม R 2 k $\Omega$  สูงสุดคือ

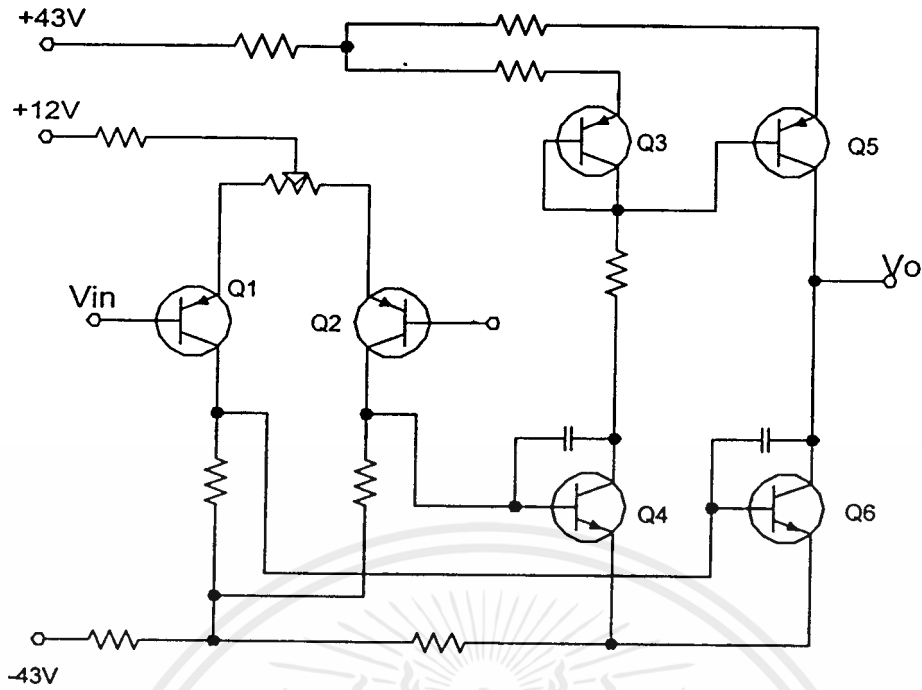
$$V_{in(max)} = (5 \times 2000) / (2000 + 500)$$

$$= 4 \text{ V}$$

### ภาคขยายมีส่วนต่างๆ ดังนี้

#### วงจรขยายแรงดัน

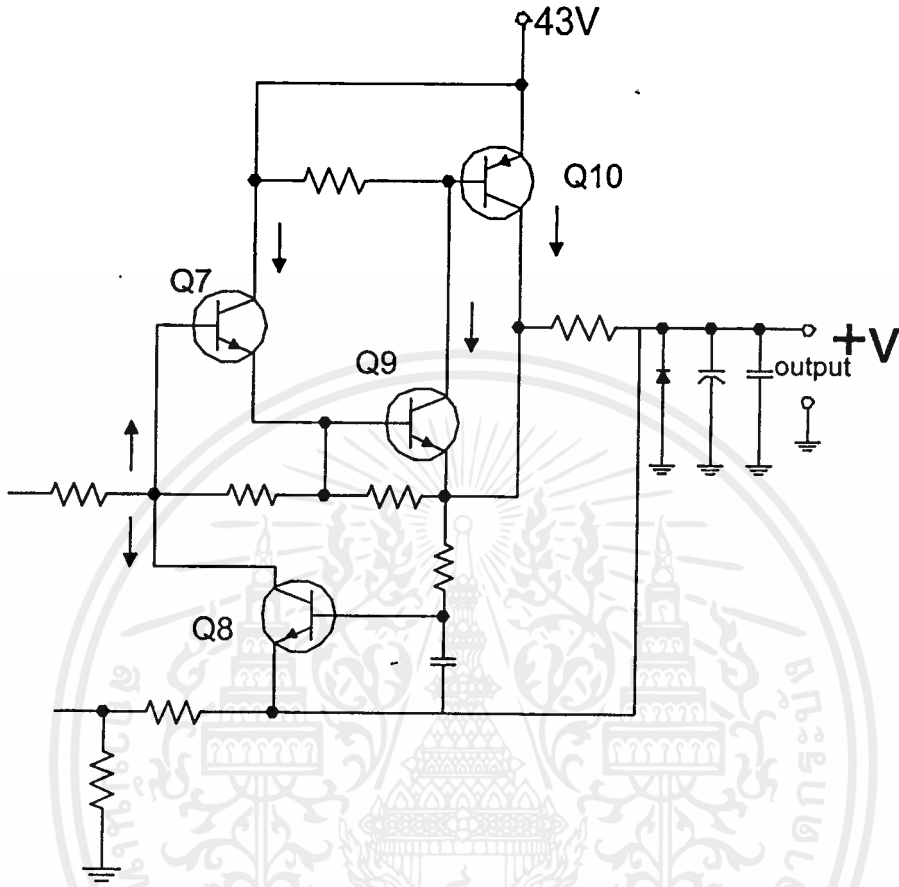
ใช้วงจรขยายแบบ Differential Amplifier 2 ส่วน แรงดันเอาต์พุตของส่วนแรกนำไปป้อนเป็นแรงดันเอาต์พุตของส่วนที่สอง



รูป3.3 วงจร Differential Amplifier

จากรูป Differential Amplifier  $Q_1$  และ  $Q_2$  ต่อเป็นวงจร Differential Amplifier เมื่อมีแรงดันป้อนเข้าที่ขาเบสของ  $Q_1$  และ  $Q_2$  แยกต่างกัน วงจรจะขยายค่าของแรงดันที่ต่างกันออกทางขาของคอลเลกเตอร์ แต่ถ้าสัญญาณที่ป้อนเข้ามาที่ขาเบสของ  $Q_1$  และ  $Q_2$  มีขนาดเท่ากันแล้ววงจรจะไม่มี การขยายสัญญาณใดๆ จากสมการ  $V_{out} = A(V_1 - V_2)$   $Q_4$  และ  $Q_6$  เป็นวงจร Differential Amplifier ที่มี  $Q_3$  และ  $Q_5$  ทำหน้าที่เป็นวงจรสะท้อนกระแส (Current Mirror) เพื่อให้วงจรขยายมีเสถียรภาพการทำงานที่ดี การเปลี่ยนแปลงของกระแสของทรานซิสเตอร์  $Q_4$  และ  $Q_6$  เนื่องมาจากผลของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะไม่เกิดขึ้นเลยในวงจร และสัญญาณออก  $V_0$  จะมีค่าเป็นศูนย์อย่างแท้จริง เมื่อสัญญาณเข้ามีขนาดเท่ากัน

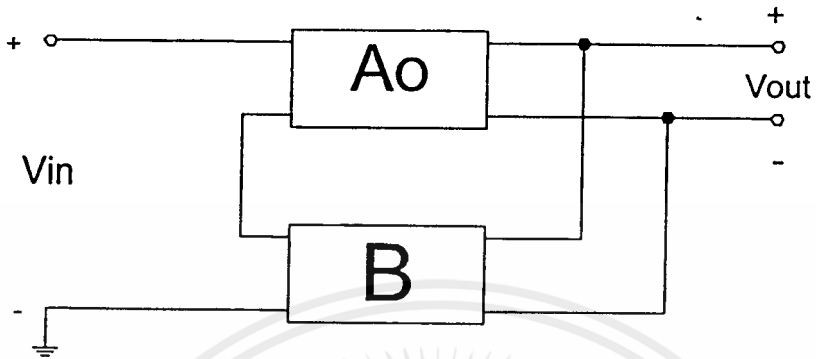
## วงจรรขยายกระแสเอาต์พุตด้านไฟบวก



รูป3.4 วงจรรขยายเอาต์พุตด้านไฟบวก

$Q_7$  และ  $Q_9$  ทำหน้าที่ไบแอสให้กับ  $Q_{10}$  คือถ้ากระแสคอลเลคเตอร์ของ  $Q_9$  สูงขึ้นจะทำให้มีแรงดันตกคร่อม ขา EB ของทรานซิสเตอร์  $Q_{10}$  สูงขึ้น ทำให้กระแสไหลผ่าน  $Q_{10}$  ออกเอาต์พุตมากขึ้น ทรานซิสเตอร์  $Q_8$  ทำหน้าที่ป้องกันกระแสเกิน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของกระแส เมื่ออุณหภูมิของ  $Q_{10}$  สูงขึ้น กระแสที่ไหลเข้าทรานซิสเตอร์  $Q_8$  จะสูงขึ้น ทำให้  $Q_8$  ไปแบ่งกระแส  $I_B$  ของ  $Q_7$  จะเป็นการลดกระแส  $I_C$  ของ  $Q_7$ ,  $Q_9$  และกระแสเอาต์พุตของ  $Q_{10}$  ตามลำดับ ไดโอดที่ต่อไว้ในส่วนเอาต์พุตมีไว้ป้องกันแรงดันกลับชั่ว ส่วนตัวเก็บประจุนั้นมีไว้เพื่อช่วยลดแรงดันทรานส์เซียนต์

## วงจรรายยามีการป้อนกลับ



รูป3.5 แผนผังแสดงการป้อนกลับ

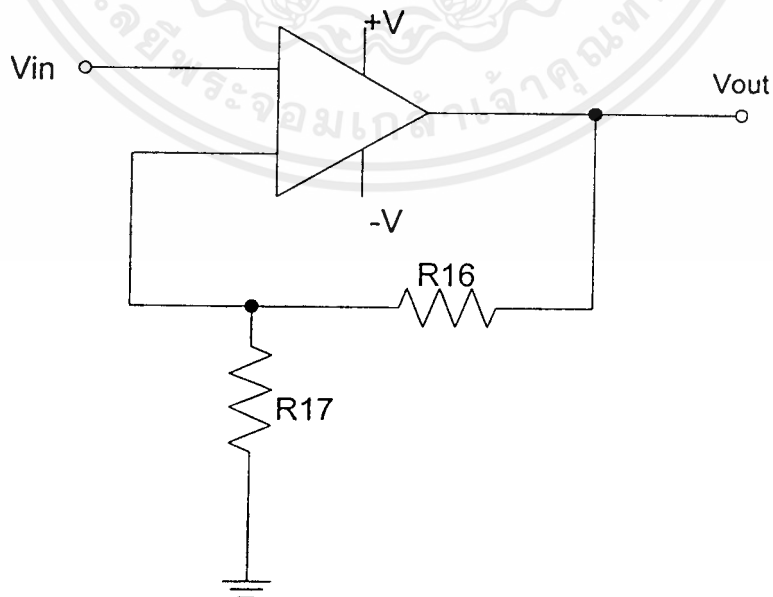
$$V_{out} = A_{CL} V_{in}$$

$$A_{CL} = A_{OL} / (1 + BA_{OL})$$

$A_{OL}$  คือ อัตราขยายของวงจรเมื่อไม่มีการป้อนกลับ (Open Loop Gain)

$A_{CL}$  คือ อัตราขยายของวงจรหลังจากมีการป้อนกลับ (Closed Loop Gain)

$B$  คือ สัดส่วนของการป้อนกลับ



รูป3.6 วงจรแสดงการป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$B = R_{17}/(R_{17} + R_{16})$$

ถ้า  $BA_{OL}$  มากกว่า 1 หลายๆ เท่าเราจะได้ว่า

$$A_{CL} = A_{OL}/(BA_{OL}) = 1/B$$

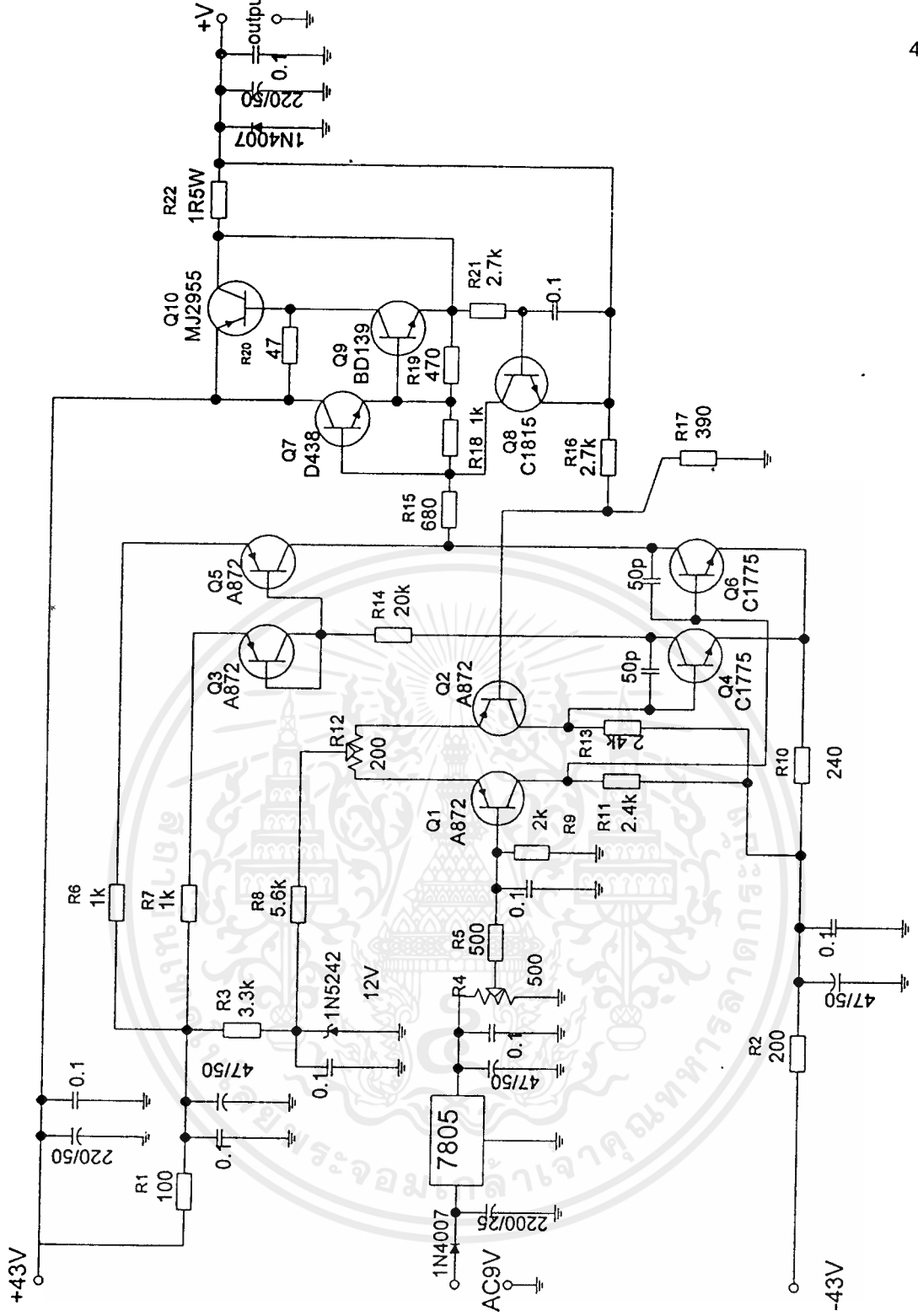
นั่นคือกำลังขยายของทั้งวงจรจะมีค่า

$$A_{CL} = (R_{17} + R_{16})/R_{17} = (2700 + 390)/390 = 7.9$$

จะได้แรงดันเอาต์พุตสูงสุดคือ

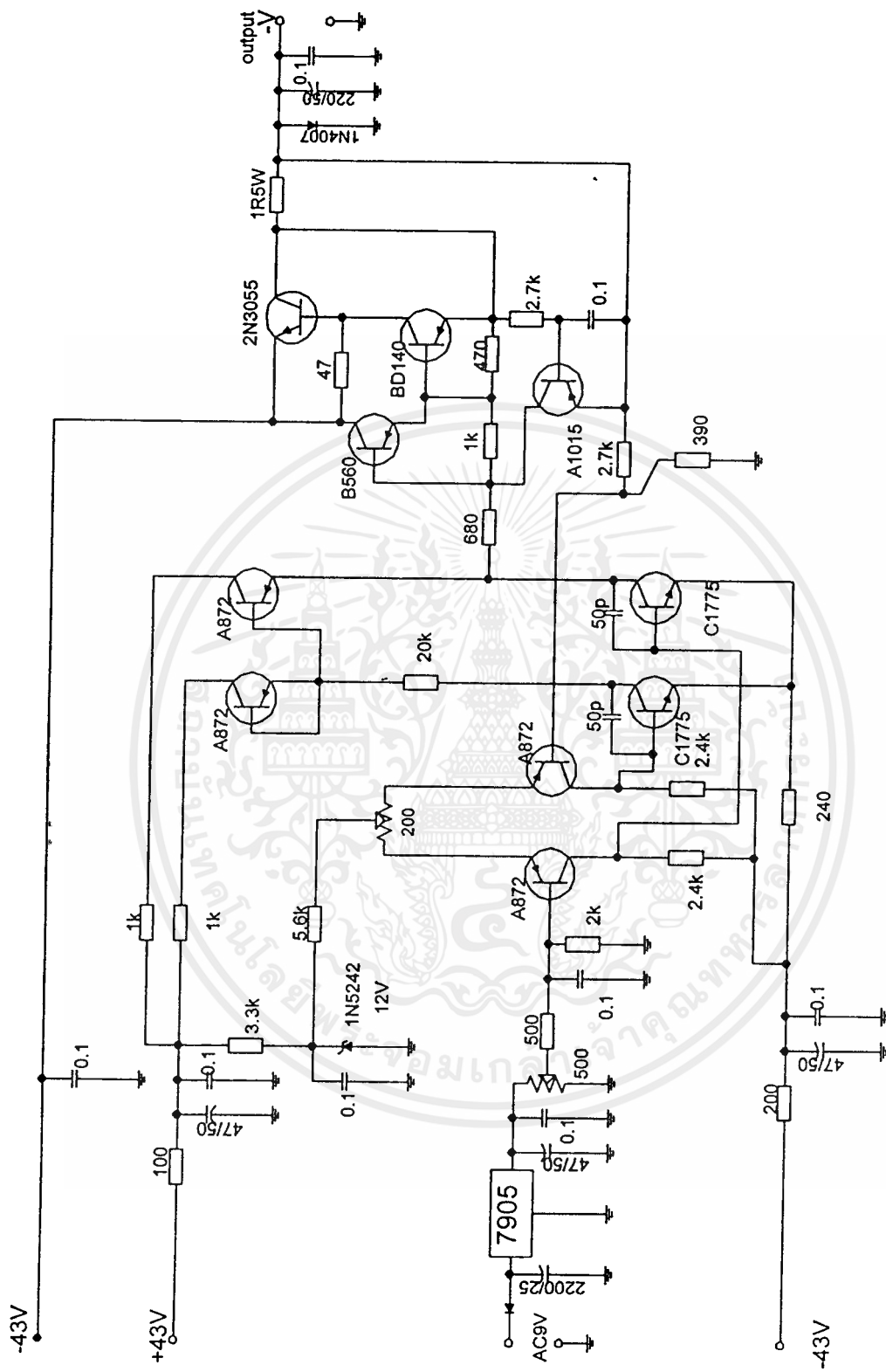
$$V_{out} = 7.9 \times 4 = 31.6 \text{ V}$$





รูป 3.7 วงจรสมบรูณ์ทางด้านไฟบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

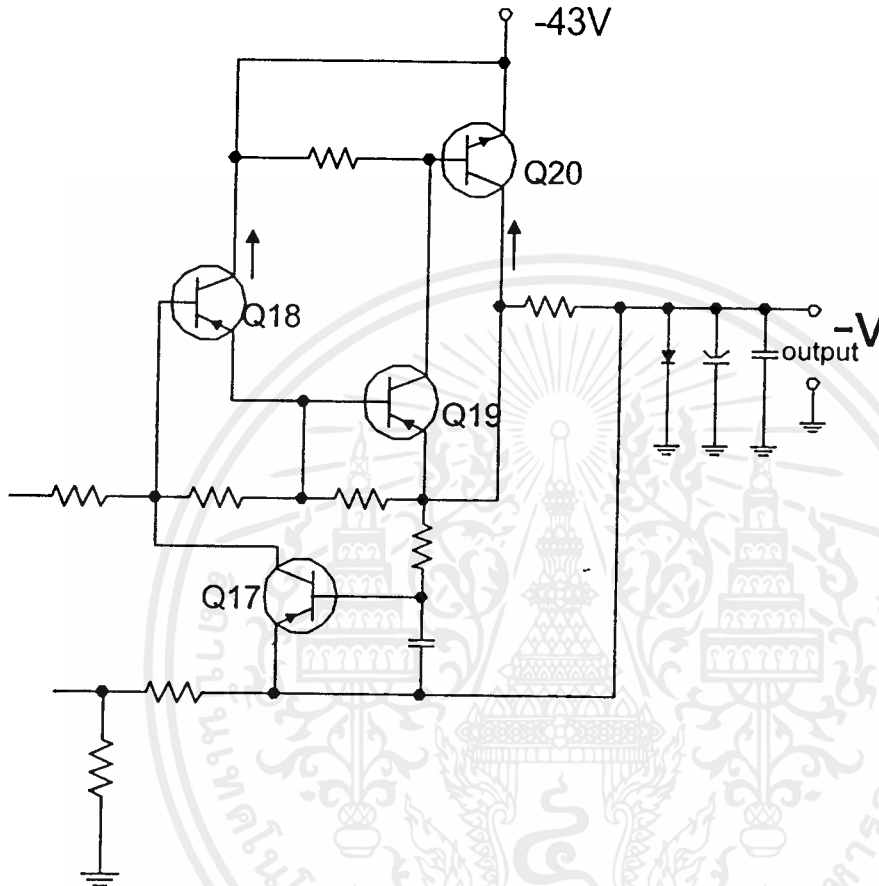


รูป3.8 วงจรสมบูรณทางดานไฟลอป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วงจรรยายกระแสด้านไฟลบ

หลักการทำงานจะคล้ายกับด้านไฟบวก เพียงแต่ทิศทางของกระแสจะกลับกัน พิจารณาจากวงจรดังต่อไปนี้



รูป3.9 วงจรรยายกระแสด้านไฟลบ

ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรแรงดันด้านไฟลบนี้ จะเปลี่ยนเป็นชนิดที่ตรงกันข้ามกับทางด้านวงจรไฟบวก เช่น จาก NPN เป็น PNP หรือจาก PNP เป็น NPN ที่มีคุณสมบัติคล้ายๆ กัน ส่วนค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุยังคงเท่าเดิม

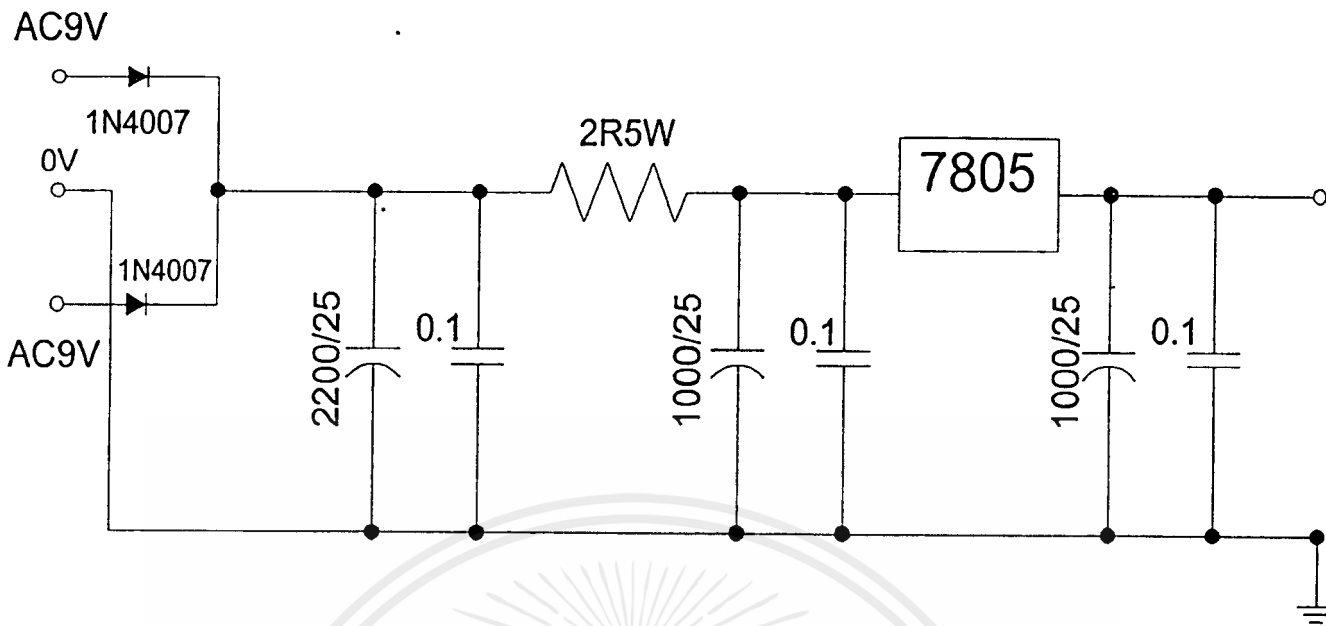
วงจรเอาต์พุตบวก 5 โวลต์คงที่

แรงดันไฟส่วนนี้มีไว้เพื่อจ่ายให้เป็นไฟเลี้ยงของ IC TTL ต่างๆ ในวงจรส่วนนี้ทำการรักษาแรงดันให้คงที่โดยใช้ IC เรกกูเลเตอร์ เบอร์ 7805 ซึ่งให้อาต์พุตบวก 5 โวลต์คงที่ แรงดันที่ขา in ต้องป้อนมากกว่า 7 V แต่ต้องไม่เกิน 20 V ตามที่ระบุไว้ใน DATA SHEET จึงจะทำให้ได้เอาต์พุต 5 โวลต์

ตัวเก็บประจุต่อไว้เพื่อกรองแรงดันให้เรียบ และป้องกันสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

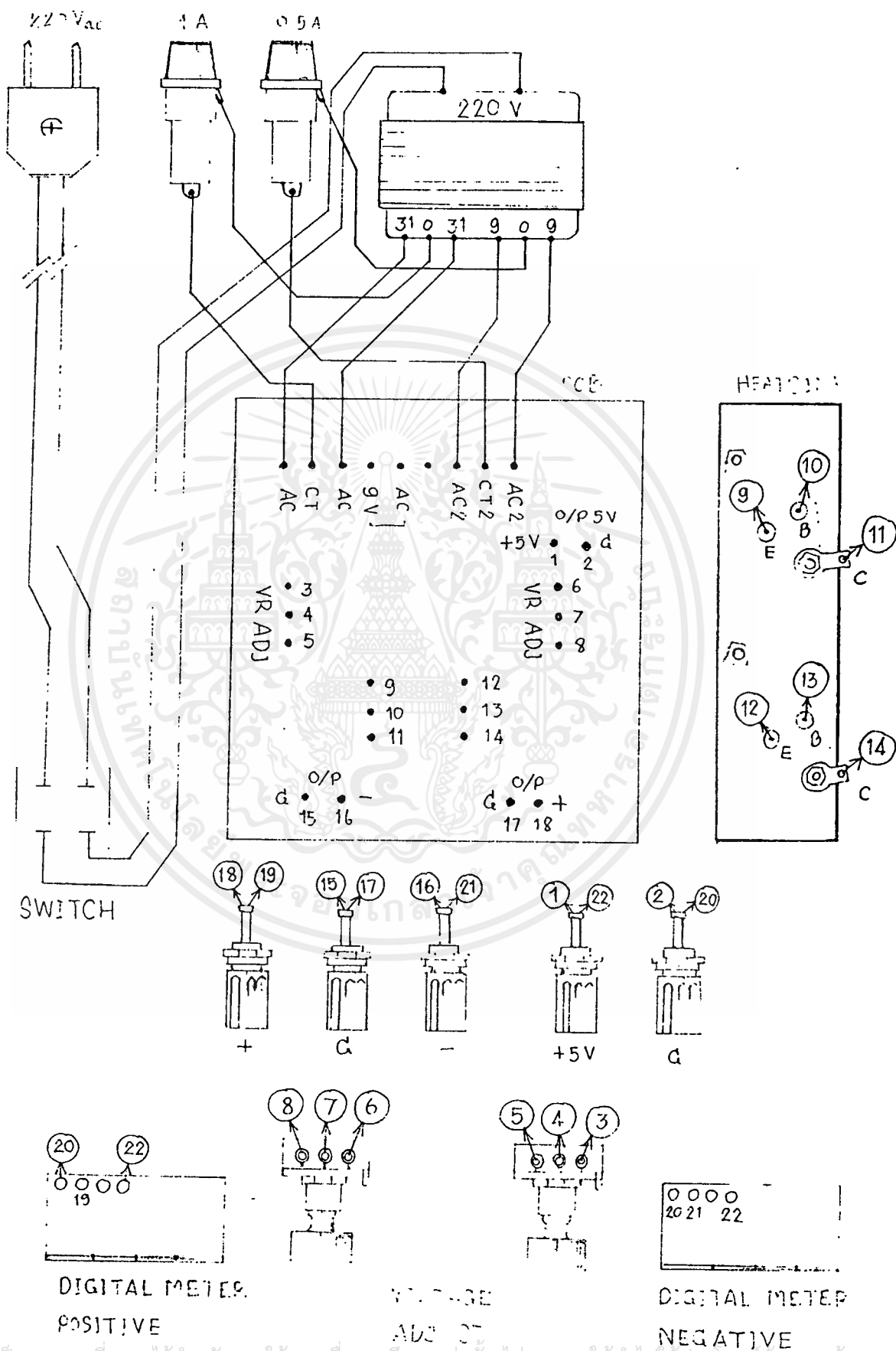


รูป3.10 วงจรสมบรูณ์แรงดันคงที่ 5 โวลท์

### การสร้าง

#### ขั้นตอนการสร้าง

1. ออกแบบและจัดทำแผ่นวงจรพิมพ์(PCB) พร้อมทั้งจัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือให้ครบถ้วน
2. ลงอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ให้เรียบร้อย โดยใส่อุปกรณ์ที่มีความสูงน้อยๆ ก่อน เช่น หลอดจัมพ์ ตัวต้านทาน เพื่อให้ลงอุปกรณ์ตัวต่อไปได้สะดวก
3. ขีดทรานซิสเตอร์กำลัง(MJ 2955 และ 2N3055) กับแผ่นระบายความร้อน รองระหว่างทรานซิสเตอร์กับแผ่นระบายความร้อนด้วยฉนวนไมก้า ที่ทำซิดิโคนทั้งสองด้านเพื่อช่วยในการระบายความร้อน
4. ประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดลงกล่องแล้วเดินสายไฟให้เรียบร้อย ตรวจสอบให้ดีไม่ให้เกิดการผิดพลาด เพราะอาจจะทำให้เครื่องเสียหายได้เมื่อกำลังไฟให้กับวงจร
5. เสียบไฟเปิดเครื่องวัดค่าต่างๆ ได้ตามที่กำหนดหรือไม่ ถ้าไม่ได้ก็ทำการปรับแต่งให้ถูกต้อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รายการอุปกรณ์

### รายการอุปกรณ์ลง PCB

ตัวต้านทาน	จำนวน
R 1 $\Omega$ 5 W	2
R 2 $\Omega$ 5 w	1
R 47 $\Omega$	2
R 100 $\Omega$	2
R 200 $\Omega$	2
R 240 $\Omega$	2
R 390 $\Omega$	2
R 470 $\Omega$	2
R 500 $\Omega$	2
VR 500 $\Omega$ (VOLUME)	2
R 680 $\Omega$	2
VR 200 $\Omega$ (เกือกม้า)	2
R 1k $\Omega$	6
R 2k $\Omega$	2
R 2.4k $\Omega$	4
R 2.7k $\Omega$	4
R 3.3k $\Omega$	2
R 5.6k $\Omega$	2
R 20k $\Omega$	2
ตัวเก็บประจุ	
C 50 pF	4
C 0.1 $\mu$ F	25
C 47 $\mu$ F/50 V	6
C 220 $\mu$ F/50 V	4
C 1000 $\mu$ F/25 V	2
C 2200 $\mu$ F/25 V	3
C 2200 $\mu$ F/50 V	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ</u>	จำนวน
DIODE IN4007	6
ZENER DIODE IN5 2428	2
BRIDGE DIODE 3 A	1
IC 7805	3
IC 7905	1
MJ 2955	1
2N3055	1
BD139	1
BD140	1
A872	8
C1775	4
D438	1
B560	1
A1015	1
C1815	1
<u>รายการอุปกรณ์ประกอบกล่องคิจิตอลมิเตอร์</u>	
สวิทช์	2
หม้อแปลง	1
HEAT SINK	1
กระบอกฟิวส์	2
BIDING	5
แผ่น PCB	1
ปลั๊ก AC (ตัวเมีย 3 ขา)	1
สาย AC POWER	1
ไมลาร์ , ฉนวน , นี้อต	2(ชุด)
หางปลากลม	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

การทดสอบ DC POWER SUPPLY เบื้องต้น

เมื่อประกอบเครื่องเสร็จเรียบร้อย แล้วทำการเสียบปลั๊ก เปิดเครื่อง แล้วลองวัดแรงดันเอาต์พุตว่าได้ตามต้องการหรือไม่

จากการทดลองวัดแรงดันเอาต์พุตสูงสุด

- ด้านไฟบวกวัดได้ 31.2 โวลต์
- ด้านไฟลบวัดได้ - 31.6 โวลต์
- แรงดันคงที่วัดได้ 5 โวลต์

การทดสอบคุณสมบัติ DC POWER SUPPLY มีขั้นตอนดังนี้  
โหลดเรกูเลชัน (Load Regulation)

คือการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเอาต์พุตเมื่อกระแสโหลดเปลี่ยนแปลง ในขณะที่แรงดันไฟสลับทางอินพุตคงที่ และที่กระแสโหลดสูงสุดจะถือว่าเป็นความสามารถในการจ่ายกระแสของเครื่องจ่ายไฟอีกด้วย

การจัดอุปกรณ์สำหรับวัดแสดงในรูปแบบต่อไปนี้ ในการวัดเริ่มวัดแรงดันเอาต์พุตในขณะที่ยังไม่มีโหลดแล้วบันทึกค่าไว้ จากนั้นปรับโหลด (Variable Resistor) ให้ถึงกระแสสูงสุดของเครื่องจ่ายไฟนั้น วัดแรงดันเอาต์พุตแล้วบันทึกค่าไว้ นำค่าทั้งสองที่ได้มาคำนวณจากสูตร

$$\% \text{ Load Regulation} = \frac{(V_o - V_L)}{V_o} \times 100$$

โดย  $V_o$  = แรงดันเอาต์พุตขณะไม่มีโหลด

$V_L$  = แรงดันเอาต์พุตเมื่อโหลดคือกระแสเต็มที่

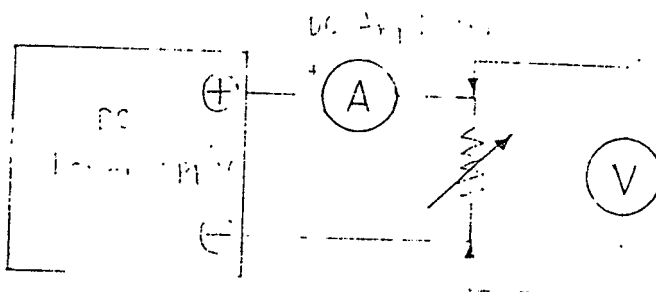
ข้อควรคำนึงถึงในการวัดโหลดเรกูเลชันก็คือ ค่าทนกำลังของตัวต้านทาน ซึ่งต้องทนได้สูงกว่ากำลังที่เครื่องจ่ายออกมา

### ตารางบันทึกผลด้านไฟบวก

$$V_{\text{no load}} = 31 \text{ โวลต์}$$

$V_{\text{out}}(\text{v})$	$I_{\text{load}}(\text{A})$	$P = VI(\text{w})$
31.0	0.09	2.79
31.0	0.10	3.10
31.0	0.19	5.89
31.0	0.26	6.20
31.0	0.41	12.71
30.5	0.64	19.52
27.8	0.73	20.07
24.0	0.80	19.2
17.1	0.93	15.9
15.8	1.00	15.8

$$\begin{aligned} \% \text{ Load Regulation} &= \frac{(31 - 30.5)}{31} \times 100 \\ &= 1.61 \% \end{aligned}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางบันทึกผลด้านไฟลอป

$$V_{\text{no load}} = -31 \text{ โวลต์}$$

$V_{\text{out}} (v)$	$I_{\text{load}} (A)$	$P = VI (w)$
-31.0	0.09	2.79
-31.0	0.10	3.10
-31.0	0.19	5.98
-31.0	0.26	6.20
-31.0	0.41	12.72
-30.8	0.65	20.02
-28.5	0.75	21.38
-24.5	0.82	20.09
-17.2	0.92	15.82
-15.2	1.00	15.7

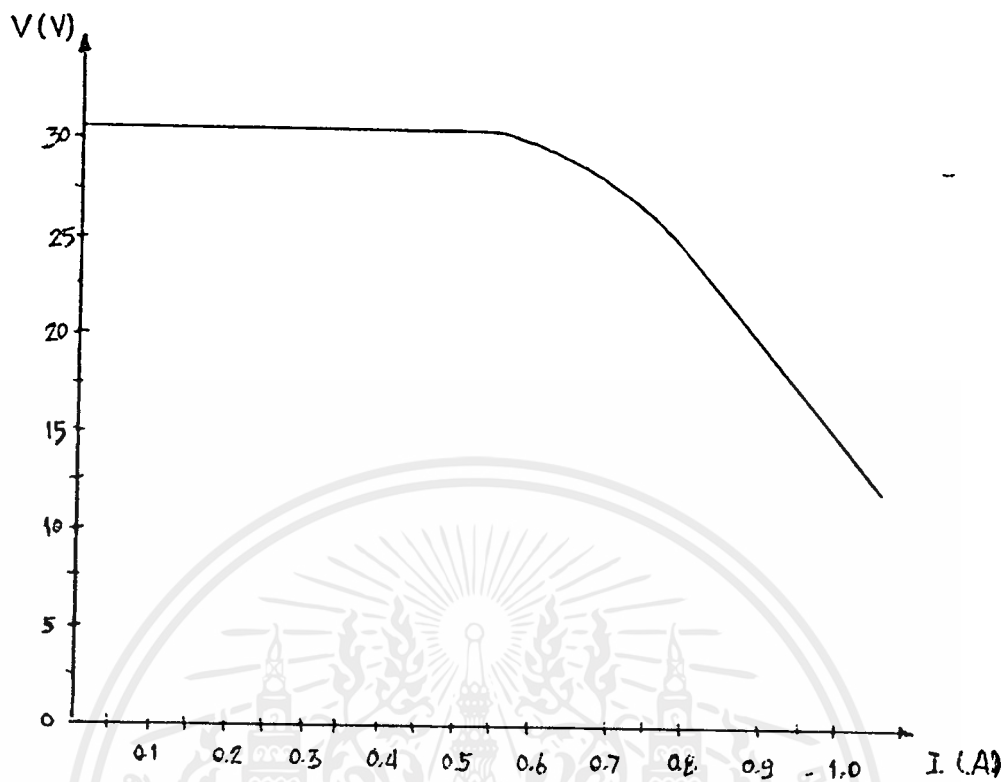
$$\begin{aligned} \% \text{ Load Regulation} &= \frac{(31 - 30.8)}{31} \times 100 \\ &= 0.645 \% \end{aligned}$$

### การวัดค่าริบเปิด

การวัดค่าริบเปิดเป็นการทดสอบแรงดันไฟฟ้า AC ที่ปะปนออกมากับแรงดันไฟฟ้า DC ที่เอาท์พุท จากการทดสอบ พบว่า ริบเปิดที่ออกมามีค่าน้อยมาก ซึ่งถูกขจัดโดยวงจรเรกูเลเตอร์

### การทดสอบการลัดวงจร

การทดสอบการลัดวงจร ทำโดยลัดวงจรระหว่างเอาท์พุทด้านลบกับกราวด์และเอาท์พุทด้านบวกกับกราวด์ ผลที่ได้คือจะทำให้ฟิวส์ขาดก่อนที่เครื่องจะเสียหาย



แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไหลคกับแรงดันเอาต์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและวิจารณ์

#### สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบเครื่องจ่ายไฟกระแสตรง

1. ในการทดสอบคุณสมบัติทางโหลดเรกกูเลชัน จะพบว่าเครื่องจ่ายไฟกระแสตรงที่ทำการทดสอบ มีความสามารถในการรักษาแรงดันเอาต์พุตให้มีขนาดค่อนข้างคงที่เมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลง โดยที่แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าลดลงเล็กน้อย และมีแรงดันกระเพื่อมเพียงเล็กน้อย เมื่อโหลดมีค่าลดลง
2. ในการทดสอบคุณสมบัติทางไลน์เรกกูเลชัน จะพบว่าเครื่องจ่ายไฟกระแสตรงที่ทำการทดสอบ มีความสามารถในการรักษาแรงดันเอาต์พุตให้มีขนาดค่อนข้างคงที่เมื่อระดับแรงดันอินพุตมีการเปลี่ยนแปลง เอาต์พุตจะมีแรงดันคงที่เมื่อขนาดแรงดันอินพุตตั้งแต่ประมาณ 230 โวลท์ (ระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับตามบ้าน)
3. ในการทดสอบคุณสมบัติของแรงดันกระเพื่อม (Ripple Rejection) แรงดันริปเปิ้ลทางเอาต์พุตจะมากขึ้นเมื่อขนาดแรงดันเอาต์พุตมีค่าลดลง เนื่องจากโหลดมีค่าลดลง ซึ่งก็คือช่วงที่วงจรไม่สามารถรักษาระดับแรงดันให้คงที่ได้ แต่ในเครื่องจ่ายไฟกระแสตรงนี้ สามารถรักษาระดับแรงดันและให้มีระดับริปเปิ้ลต่ำเมื่อโหลดมีค่าน้อย ๆ
4. ในการทดสอบการลัดวงจร จะพบว่าเครื่องจ่ายไฟกระแสตรงที่ทำการทดสอบมีความสามารถในการป้องกันการลัดวงจร คือเมื่อมีการลัดวงจรจะไม่ทำให้เครื่องเสียหาย และสามารถใช้งานได้เช่นเดิม เนื่องจากใช้วงจรในการป้องกัน โดยการลัดกระแสทางเอาต์พุตเมื่อลัดวงจร
5. เราสามารถนำเครื่องจ่ายไฟกระแสตรงมาทำเป็นเครื่องจ่ายไฟตรงแบบปรับค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 60 โวลท์ โดยนำเอาต์พุตของไฟบวกและลบมาต่ออนุกรมกัน

To Be Replace	ECG Replacement	FIG NO
2N3055	130	T28
MJ2955	219	T28
D438	382	T19
B560	298	T20
BD139	373	T45
BD140	374	T45
C1815	85	T16
A1015	290A	T16
A872	91	T18
C1775	90	T18
7805	960	L17
7905	961	L17
1N5242	5021A	Z3A
1N4007	125	Z3A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Transistors (cont'd) (Maximum Ratings at $T_C = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Noted)

ECG Type	Description and Application	Collector To Base Volts BV <sub>CB0</sub>	Collector To Emitter Volts BV <sub>CEO</sub>	Base to Emitter Volts BV <sub>EB0</sub>	Max. Collector Current I <sub>C</sub> Amps	Max. Device Diss. P <sub>D</sub> Watts	Freq. In MHz f <sub>t</sub>	Current Gain h <sub>FE</sub>	Package	
									Case	Fig. No.
ECG63	NPN-Si, UHF/Microwave Amp/Mixer G <sub>pE</sub> 7.5 dB @ 2 GHz NF 4 dB @ 2 GHz	20	12	3	40 mA	400 mW	5 GHz typ	40	RF-19A	T49-3
ECG64	NPN-Si, UHF/Microwave Amp/Hi Speed Sw G <sub>pE</sub> 10 dB @ 1 GHz NF 2 dB typ @ 1 GHz	25	15	3	30 mA	350 mW	4.5 GHz typ	60	RF-19A	T49-3
ECG65	NPN-Si, UHF/Microwave Amp, CATV, MATV	20	15	2	25 mA	180 mW	5 GHz typ	30 typ	RF-19	T49-2
ECG66	See FET Selector Guide Page 1-65	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ECG67	See FET Selector Guide Page 1-65	---	---	---	---	---	---	---	---	---
ECG68 ECG68MCP	PNP-Si, Gen Purp Hi Pwr Amp (Compl to ECG388) Matched Compl Pair- Contains one each of ECG388 (NPN) and ECG68 (PNP)	400	250	5	16	250	4 min	30 typ	TO-3	T28
ECG69	NPN-Si, UHF/VHF Amp, Osc, Mixer	35	35	4	50 mA	.25 (T <sub>A</sub> = 25°C)	800 min	70 typ	TO-92	T16
ECG70	NPN-Si, HV Pwr Amp, Switch	180	150	6	50	250	30 min	30 min	TO-63	T35
ECG71	NPN-Si, Current Amp, Fast Switch	150	90	7	20	200	20	20 min	TO-63	T35
ECG72 <del>DISCONTINUED</del>	NPN-Si, Hi Current Amp, Fast Switch	120	100	6	10	115	30	30 min	TO-61 (Isolated)	T33
ECG73 <del>DISCONTINUED</del>	NPN-Si, Gen Purp Amp, Sw	100	120	6	7	60	30	60 min	TO-59	T32
ECG75	NPN-Si, Hi Pwr Amp, Sw	100	80	8	5	50	50 min	40 min	TO-111	T30
ECG76 ECG76MP*	NPN-Si, CATV Broadband Amp	50	30	5	.4	5	1800	30 min	TO-117	T50
ECG77	NPN-Si, CATV Broadband Amp	50	30	5	.4	3.5	1800	30 min	TO-39	T6
ECG78	NPN-Si, RF PO, CB, 27 MHz, 3W	36	18	4	.6	5	---	5 min	TO-202M	T39
ECG79	NPN-Si, RF PO, CB, 27 MHz	36	18	4	2	10	---	5 min	TO-202M	T39
ECG81 <del>DISCONTINUED</del>	Dual NPN-Si, Switch, DC to VHF	75	40	6	.6	2 total (T <sub>C</sub> = 25°C) .6 total (T <sub>A</sub> = 25°C)	250 min	100 min	TO-78	T12
ECG82	Dual PNP-Si, Switch, DC to VHF	60	60	5	.6	2 total (T <sub>C</sub> = 25°C) .6 total (T <sub>A</sub> = 25°C)	200 min	100 min	TO-78	T12
ECG85	NPN-Si, Sw, Gen Purp Amp	70	70 (CES)	4	.4	.6 (T <sub>A</sub> = 25°C)	200 min	120 min	TO-92	T16
ECG86	NPN-Si, Hi Gain DC Regulator, Amp	200	150	6	5	50	15	400 min	TO-3	T28
ECG87 ECG87MP*	NPN-Si, Hi Pwr Linear Amp (Compl to ECG88)	250	250 (CEX)	5	10	200	3	20 min	TO-3	T28
ECG88 ECG88MP* ECG88MCP <del>DISCONTINUED</del>	NPN-Si, Hi Pwr Linear Amp (Compl to ECG87) Matched Compl Pair Contains one each ECG87 (NPN) and ECG88 (PNP)	250	250 (CEX)	5	10	200	3	20 min	TO-3	T28
ECG89	NPN-Si, Horiz Output with Damper Diode - Page 1-78	1500	600	6	7	50	---	5 min	TO-3	T28

Notes: \* MP- Matched Pair

# Frequency at which common emitter current is 70.0% of low frequency gain

\* When alternate packages are shown it indicates a change in progress. Although only one package is available, both packages will be shown as long as the obsolete package may be encountered in the field.

Package Outlines - See Page 1-91

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Transistors (cont'd) (Maximum Ratings at $T_c = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Noted)

ECG Type	Description and Application	Collector To Base Volts BV <sub>CBO</sub>	Collector To Emitter Volts BV <sub>CEO</sub>	Base to Emitter Volts BV <sub>EBO</sub>	Max. Collector Current I <sub>C</sub> Amps	Max. Device Diss. P <sub>D</sub> Watts	Freq. in MHz f <sub>t</sub>	Current Gain h <sub>FE</sub>	Package	
									Case	Fig. No.
ECG90	NPN-Si, Hi Gain, Gen Purp Amp (Compl to ECG91)	120.	120	5	50 mA	.75 (T <sub>A</sub> = 25°C)	350	400 min	TO-92M	T18
ECG91	PNP-Si, Hi Gain, Gen Purp Amp (Compl to ECG90)	120	120	5	50 mA	.75 (T <sub>A</sub> = 25°C)	150	400 min	TO-92M	T18
ECG92	NPN-Si, Audio Pwr Amp, Hi Speed Sw (Compl to ECG93)	200	200	6	15	150	20	120 typ	TB-35	T44-1
ECG93	PNP-Si, Audio Pwr Amp, Hi Speed Sw (Compl to ECG92)									
ECG93MCP	Matched Compl Pair-Contains one each ECG92 (NPN) and ECG93 (PNP)	200	200	6	15	150	20	120 typ	TB-35	T44-1
ECG94	NPN-Si, Gen Purp Pwr DC Regulator	300	300	5	5	100	2.5 min	30 min	TO-3	T28
ECG95	NPN-Si, HV Amp, Sw Isolated Stud	250	250	6	3	70	40	90 min	TO-59 (Isolated)	T31
ECG96	NPN-Si, Medium Pwr Amp, Sw, Isolated Stud	100	100	6	7	60	30 min	60 min	TO-59 (Isolated)	T31
ECG97	NPN-Si, HV Darlington Pwr Amp, Fast Sw, t <sub>f</sub> = .5 μsec	500	400	8	10	150	---	40 min	TO-3	T28
ECG98	NPN-Si, HV Darlington Pwr Amp, Fast Sw, t <sub>f</sub> = .6 μsec	700	500	8	20	175	---	40 min	TO-3	T28
ECG99	NPN-Si, HV Darlington Pwr Amp, Fast Sw, t <sub>f</sub> = 1 μsec	600	400	8	50	250	---	25 min	TO-3	T28
ECG100	PNP-Ge, RF/IF Amp, Osc, Mix	25	20 (CER)	20	.3	.150 (T <sub>A</sub> = 25°C)	5 #	40 typ at 455 kHz	TO-5	T5
ECG101	NPN-Ge, RF/IF Amp, Osc Mix	25	20 (CER)	20	.3	.150 (T <sub>A</sub> = 25°C)	5 #	40 typ at	TO-5	T5
ECG102	PNP-Ge, AF Driver, Preamp Pwr Output (Compl to ECG103)	30	16 (CER)	20	.3	.150 (T <sub>A</sub> = 25°C)	2	90 typ	TO-5	T5
ECG120A	PNP-Ge, AF Driver, Preamp Pwr Output (Compl to ECG103A)	32	32 (CES)	12	.5	.900 (T <sub>A</sub> = 25°C)	2.3	120 typ	TO-1	T1
ECG103	NPN-Ge, AF Driver, Preamp Pwr Output (Compl to ECG102)	30	16 (CER)	20	.250	.150 (T <sub>A</sub> = 25°C)	2 #	90 typ at	TO-5	T5
ECG103A	NPN-Ge, AF Driver, Preamp Pwr Output (Compl to ECG102A)	32	32 (CES)	10	.5	.340 (T <sub>A</sub> = 25°C)	2.5	105 typ	TO-1	T1
ECG104	PNP-Ge, AF Pwr Output	50	35 (CER)	20	7	90	10 kHz #	90 typ	TO-3	T28
ECG104MP*										
ECG105	PNP-Ge, AF Pwr Output	50	35 (CER)	20	15	100	10 kHz #	90 typ	TO-36	T29
ECG106	PNP-Si, RF/IF Amp, Osc, Mix	35	15	1	75 mA	.250 (T <sub>A</sub> = 25°C)	500	20 min	TO-18	T2
ECG107	NPN-Si, UHF/VHF Amp, Osc, Mix, IF Amp	30	15	5	50 mA	.250 (T <sub>A</sub> = 25°C)	800 min	70 typ	TO-92	T16
ECG108	NPN-Si, RF/IF/Video Amp, Osc Mix, VHF/UHF	30	15	2	50 mA	.600 (T <sub>A</sub> = 25°C)	800 min	20 min	TO-92	T16
ECG121	PNP-Ge, AF Pwr Output	65	45 (CER)	15	7.0	30	22 kHz #	80 typ	TO-3	T28
ECG121MP*										
ECG123	NPN-Si, AF Preamp, Driver Video Amp, Sync Sep	60	30	5	.8	.800 (T <sub>A</sub> = 25°C)	250	150 typ	TO-39	T6
ECG123A	NPN-Si, AF/RF Amp, Sw	75	40	6	.8	.500 (T <sub>A</sub> = 25°C)	300	200 typ	TO-18	T2
ECG123AP	NPN-Si, AF/RF Amp, Driver (Compl to ECG159)	75	40	6	.6	.500 (T <sub>A</sub> = 25°C)	300	200 typ	TO-92	T16
ECG124	NPN-Si, HV Audio Pwr Output	300	300	5	.150	20	30	100 typ	TO-66	T25

Notes: \* MP- Matched Pair

# Frequency at which common emitter current is 70.0% of low frequency gain

• When alternate packages are shown it indicates a change in progress. Although only one package is available, both packages will be shown as long as the obsolete package may be encountered in the field.

Package Outlines - See Page 1-91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

1-42 ไม่ว่าจะผิดใด ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Transistors (cont'd) (Maximum Ratings at $T_C = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Noted)

ECG Type	Description and Application	Collector To Base Volts BV <sub>CB0</sub>	Collector To Emitter Volts BV <sub>CEO</sub>	Base to Emitter Volts BV <sub>EB0</sub>	Max. Collector Current I <sub>C</sub> Amps	Max. Device Diss. P <sub>D</sub> Watts	Freq. in MHz f <sub>t</sub>	Current Gain h <sub>FE</sub>	Package	
									Case	Fig. No.
ECG126A	PNP-Ge, RF/IF Amp, Osc, Mix	15	15	3	50 mA	300 mW (T <sub>A</sub> = 25°C)	250	40 typ	TO-18	T2
ECG127	PNP-Ge, Horiz & Vert Defl, Pwr Output	320	320 (CES)	2	10	40	1	15 min	TO-3	T28
ECG128	NPN-Si, AF Preamp, Driver Output, Video Amp (Compl to ECG129)	120	80	7	1	1 (T <sub>A</sub> = 25°C)	120	90 min	TO-39	T6
ECG128P	NPN-Si, Gen Purp Amp, Sw (Compl to ECG129P)	100	80	7	1	1	100	100 min	TO-237	T17
ECG129	PNP-Si, AF Preamp, Driver, Output, Video Amp (Compl to ECG128)	90	80	7	1	1 (T <sub>A</sub> = 25°C)	120	90 min	TO-39	T6
ECG129MCP	Matched Compl Pair-Contains one each ECG128 (NPN) and ECG 129 (PNP)									
ECG129P	PNP-Si, Gen Purp Amp, Sw (Compl to ECG128P)	80	80	7	1	1	150	100 min	TO-237	T17
ECG130 ECG130MP*	NPN-Si, AF Pwr Amp (Compl to ECG219)	100	60	7	15	115	.800	40 typ	TO-3	T28
ECG131 ECG131MP*	PNP-Ge, AF Pwr Output (Compl to ECG155)	32	20	10	3 peak	6 (T <sub>C</sub> = 63°C)	1	110 typ	TC-9	T27
ECG152 ECG152MP*	NPN-Si, AF Pwr Output (Compl to ECG153)	60	60	5	7	50	10	60 typ	TO-220	T41
ECG153 ECG153MCP	PNP-Si, AF Pwr Output Compl to ECG152) Matched Compl Pair-Contains one each ECG152 (NPN) and ECG153 (PNP)	60	60	5	7	50	10	60 typ	TO-220	T41
ECG154	NPN-Si, Video Output Amp	300	300	7	.5	1.0 (T <sub>A</sub> = 25°C) 7.0 (T <sub>C</sub> = 25°C)	40	60 typ	TQ-39	T6
ECG155	M(M-Ge, AF Pwr Amp (Compl to ECG131)	32	20	10	3 peak	7.5	1	110 typ	TC-9	T27
ECG157	NPN-Si, HV AF Pwr Amp (Compl to ECG39)	300	300	3	.5	20.8	10	30 min	TO-126	T45
ECG158	PNP-Ge, AF Pwr Amp	32	32	10	1	1.6	1.5	90 typ	TO-1	T1
ECG159 ECG159MCP	PNP-Si, AF Preamp, Driver Sw (Compl to ECG123AP) Matched Compl Pair-Contains one each ECG123AP (NPN) and ECG159 (PNP)	80	80	5	1	.600 (T <sub>A</sub> = 25°C)	200	180 typ	TO-92	T16
ECG160	PNP-Ge, RF/IF Amp, Osc Mix	30	20 (CES)	.5	10 mA	.200 (T <sub>A</sub> = 25°C)	400	20 typ	TO-72	T4
ECG161	NPN-Si, Video IF Amp	30	30 (CES)	2.5	25 mA	.200 (T <sub>A</sub> = 25°C)	1000	60 typ	TO-72	T4
ECG162	NPN-Si, Vert Defl	500	300	5	3 cont. 10 peak	100	---	20 min	TO-3	T28
ECG163A	NPN-Si, Horiz Defl	700	700 (CEV)	5	10 peak	100	---	10	TO-3	T28
ECG164	NPN-Si, Vert Defl	1500	700 (CER)	5	1	.50	.5 min	20	TO-3	T28
ECG165	NPN-Si, Horiz Defl	1500	1400 (CES)	5	5	50	---	5	TO-3	T28
ECG172A	NPN-Si, Darlington AF Preamp, Medium-Speed Sw	40	40	12	.3	.400 (T <sub>A</sub> = 25°C)	60	7000 min	TO-92	T16
ECG175	NPN-Si, AF Pwr Amp	500	300	6	3	40	10	50 typ	TO-66	T25
ECG176	PNP-Ge, AF Pwr Amp	25	25	6	2	6	.700	110 typ	TO-39	T6

Notes: \* MP- Matched Pair

# Frequency at which common emitter current is 70.0% of low frequency gain

• When alternate packages are shown it indicates a change in progress. Although only one package is available, both packages will be shown as long as the obsolete package may be encountered in the field.

Package Outlines - See Page 1-91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Transistors (cont'd) (Maximum Ratings at $T_C = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Noted)

ECG Type	Description and Application	Collector To Base Volts BV <sub>CBO</sub>	Collector To Emitter Volts BV <sub>CEO</sub>	Base to Emitter Volts BV <sub>EBO</sub>	Max. Collector Current I <sub>C</sub> Amps	Max. Device Diss. P <sub>D</sub> Watts	Freq. in MHz f <sub>t</sub>	Current Gain h <sub>FE</sub>	Package	
									Case	Fig. No.
ECG211	PNP-Si, AF Output, Sw (Compl to ECG210)	90	75	5	1	6.25 (T <sub>C</sub> = 25°C) 1.33 (T <sub>A</sub> = 25°C)	200	120 min	TO-202	T38
ECG213	PNP-Ge, Hi Current/Power	75	65	40	30	170	.270	80 typ	TO-36	T29
ECG214	NPN-Si, Darlington Dr, Sw, Series Pass, t <sub>f</sub> = 1.8 μsec typ	70	60	6	10	60	---	2000 min	TO-3PJ	T48-1
ECG215	NPN-Si, Darlington Dr, Sw, Series Pass t <sub>f</sub> = 1.6 μsec typ	110	100	6	8	60	---	1500 min	TO-3PJ	T48-1
ECG216	NPN-Si, Hi Speed Sw, Core Driver, t <sub>d</sub> = 5 ns, t <sub>r</sub> = 15 ns, t <sub>s</sub> = 35 ns, t <sub>f</sub> = 30 ns typ	80	50	6	1.5	1	300	60 min	TO-237	T17
ECG217	PNP-Si, Hi Speed Sw, Amp, t <sub>d</sub> = 10 ns, t <sub>r</sub> = 30 ns, t <sub>s</sub> = 60 ns, t <sub>f</sub> = 30 ns max	40	40	5	1	1	175	40 min	TO-237	T17
ECG218	PNP-Si, AF Pwr Output	90	80	7	3	25	3 min	20 min	TO-66	T25
ECG219	PNP-Si, AF Output, Sw (Compl to ECG130)	100	70 (CER)	7	15	150	4 min	20 min	TO-3	T28
ECG219MCP	Matched Compl Pair-Contains one each ECG130 (NPN) and ECG219 (PNP)									
ECG220 thru ECG222	See FET Selector Guide Page 1-65									
ECG224	NPN-Si, Final RF Pwr Output (P <sub>O</sub> 4 W, 50 MHz)	60	60 (CEV)	2.5	2	10	200	60 typ	TO-39F	T23
ECG225	NPN-Si, AF Video & Sw	450	350	7	1	10	15	40 min	TO-39F	T23
ECG226 ECG226MP*	PNP-Ge, AF Pwr Output	35	35 (CER)	6	2	12	.450	125 typ	TC-9A	T26
ECG227	NPN-Si, HV Amp, Video Output	300	300	7	.1	1	50	40 min	TO-237	T17
ECG229	NPN-Si, VHF Osc, Mix, IF Amp	40	40	4	50 mA	.425 (T <sub>A</sub> = 25°C)	600	30 min	TO-92	T16
ECG232	PNP-Si, Darlington Amp	30	30	8	.3	.625 (T <sub>A</sub> = 25°C)	175	50,000 typ	TO-92	T16
ECG233	NPN-Si, Final Video IF	30	30	3	.1	.625 (T <sub>A</sub> = 25°C)	300	45 typ	TO-92	T16
ECG234	PNP-Si, Lo Noise, Hi Gain AF Preamp	60	50	5	50 mA	.200 (T <sub>A</sub> = 25°C)	80 min	TO-92	T16	
ECG235	NPN-Si, Final RF Pwr Output (P <sub>O</sub> 5 W, 50 MHz)	65	65 (CER)	4	3 pulse	12	200 min	40 min	TO-220	T41
ECG236	NPN-Si, Final RF Pwr Output (P <sub>O</sub> 13 W, 50 MHz, SSB)	70	70 (CER)	4	8 pulse	25	100	20 min	TO-220	T41
ECG238	NPN-Si, Horizontal Output	1500	1500 (CER)	5	7	50	---	5	TO-3	T28
ECG240	PNP-Si, HV AF Amp, Video Output (Compl to ECG191)	300	300	5	.5	10 (T <sub>C</sub> = 25°C) 1 (T <sub>A</sub> = 25°C)	60 min	40 typ	TO-202N	T36
ECG241	NPN-Si, AF Pwr, Sw (Compl to ECG242)	80	80	5	4	60	2	25 min	TO-220	T41
ECG242	PNP-Si, AF Pwr, Sw (Compl to ECG241)	80	80	5	4	60	2	25 min	TO-220	T41
ECG243	NPN-Si, Darlington Pwr Amp (Compl to ECG244)	80	80	5	8	100	---	3000 typ	TO-3	T28

Notes: \* MP- Matched Pair

# Frequency at which common emitter current is 70.0% of low frequency gain

\* When alternate packages are shown it indicates a change in progress. Although only one package is available, both packages will be shown as long as the obsolete package may be encountered in the field.

Package Outlines - See Page 1-91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Transistors (cont'd) (Maximum Ratings at $T_C = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Noted)

ECG Type	Description and Application	Collector To Base Volts BV <sub>CB0</sub>	Collector To Emitter Volts BV <sub>CE0</sub>	Base to Emitter Volts BV <sub>EB0</sub>	Max. Collector Current I <sub>C</sub> Amps	Max. Device Diss. P <sub>D</sub> Watts	Freq. in MHz f <sub>t</sub>	Current Gain h <sub>FE</sub>	Package	
									Case	Fig. No.
ECG275	PNP-Si, Darlington Pwr Amp Switch (Compl to ECG274)	80	80	5	4	50	---	3000 typ	TO-66	T25
ECG278	NPN-Si, Broad Band RF Amp	40	30	4	.4	3.5	1200 min	30 min	TO-39	T6
ECG280MP <del>DISCONTINUED</del>	PNP-Si, Pwr Amp (Compl to ECG281)	140	140	5	12	100	6	70 min	TO-3	T28
ECG280MCP <del>DISCONTINUED</del>	NPN-Si, Pwr Amp (Compl to ECG280) Matched Compl Pair-Contains one each ECG280 (NPN) and ECG281 (PNP)	140	140	5	12	100	6	70 min	TO-3	T28
ECG283	NPN-Si, HV-Hi Current Sw, Horiz Output	800	325	8	10	100	6	15 min	TO-3	T28
ECG284 ECG284MP*	NPN-Si, AF Pwr Amp (Compl to ECG285)	180	180	5	16	150	6	70 min	TO-3	T28
ECG285 ECG285MCP	PNP-Si, AF Pwr amp (Compl to ECG284) Matched Compl Pair-Contains one each ECG284 (NPN) and ECG285 (PNP)	180	180	5	16	150	6	70 min	TO-3	T28
ECG287	NPN-Si, HV Gen Purp Amp (Compl to ECG288)	300	300	6	.5	.625 (T <sub>A</sub> = 25°C)	50	40 min	TO-92	T16
ECG288	PNP-Si, HV Gen Purp amp (Compl to ECG287)	300	300	5	.5	.625 (T <sub>A</sub> = 25°C)	50	40 min	TO-92	T16
ECG289A ECG289AMP*	NPN-Si, AF Pwr Amp (Compl to ECG290A)	100	80	5	.5	.500 (T <sub>A</sub> = 25°C)	120	100 min	TO-92	T16
ECG290A ECG290AMCP	PNP-Si, AF Pwr Amp (Compl to ECG289A) Matched Compl Pair-Contains one each ECG289A (NPN) and ECG290A (PNP)	100	80	5	.5	.500 (T <sub>A</sub> = 25°C)	120	100 min	TO-92	T16
ECG291	NPN-Si Pwr Amp, Sw (Compl to ECG292)	130	120	5	4	40	4 min	75 typ	TO-220	T41
ECG292 ECG292MCP	PNP-Si, Pwr Amp, Sw (Compl to ECG291) Matched Compl Pair-Contains one each ECG291 (NPN) and ECG292 (PNP)	130	120	5	4	40	4 min	75 typ	TO-220	T41
ECG293 ECG293MP*	NPN-Si, AF Pwr Amp (Compl to ECG294)	60	50	5	1	1 (Heat Sink) .75 (T <sub>A</sub> = 25°C)	200	120 min	T-16	T20
ECG294	PNP-Si, AF Pwr Amp (Compl to ECG293)	60	50	5	1	1 (Heat Sink) .75 (T <sub>A</sub> = 25°C)	200	120 min	T-16	T20
ECG295	NPN-Si, RF Output/Driver	75	40	5	1	5	150 min	20 min	TO-126	T45
ECG297 ECG297MP*	NPN-Si, AF Driver/Pwr Amp (Compl to ECG298)	80	80	5	1 peak	.75 (T <sub>A</sub> = 25°C)	120	130 min	T-16	T20
ECG298	PNP-Si, AF Driver/Pwr Amp (Compl to ECG297)	80	80	5	1 peak	.75 (T <sub>A</sub> = 25°C)	120	130 min	T-16	T20
ECG300 ECG300MP*	NPN-Si, AF Pwr Output	50	40	5	1.5	7	70	90 min	TO-202	T38
ECG302	NPN-Si, RF Driver/Pwr Amp	100	50	6	1.5 peak	8	80	200 min	TO-202J	T37
ECG306	NPN-Si, RF Driver/Pwr Amp	100	50	6	1.5 peak	8	80	200 min	TO-202J	T37
ECG311	NPN-Si, VHF/UHF Osc. Amp Driver	55	30	3.5	.4	5	800 min	25 min	TO-39	T6

Notes: \* MP- Matched Pair

# Frequency at which common emitter current is 70.0% of low frequency gain

• When alternate packages are shown it indicates a change in progress. Although only one package is available, both packages will be shown as long as the obsolete package may be encountered in the field.

Package Outlines - See Page 1-91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Transistors (cont'd) (Maximum Ratings at $T_c = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Noted)

ECG Type	Description and Application	Collector To Base Volts BV <sub>CBO</sub>	Collector To Emitter Volts BV <sub>CEO</sub>	Base to Emitter Volts BV <sub>EB0</sub>	Max. Collector Current I <sub>C</sub> Amps	Max. Device Diss. P <sub>D</sub> Watts	Freq. in MHz f <sub>t</sub>	Current Gain h <sub>FE</sub>	Package	
									Case	Fig. No.
ECG366	NPN-Si, RF PO, 407-512 MHz, 25 W	36	16	4	5	75	----	20 min	RF-50F6	T60
ECG367	NPN-Si, RF PO, 407-512 MHz, 45 W	36	16	4	8	175	----	20 min	RF-50F6	T60
ECG368	NPN-Si, RF PO, 407-512 MHz, 60 W	36	16	4	10	233	----	20 min	RF-50F6	T60
ECG369	NPN-Si, Vert Out, Sw, AF Amp	800	400	6	3.0 peak	40	7	30 min	TO-66	T25
ECG373	NPN-Si, AF Driver (Compl to ECG374)	180	160	5	1.5	1 (T <sub>A</sub> = 25°C) 20 (T <sub>C</sub> = 25°C)	140	100 typ	TO-126	T45
ECG374	PNP-Si, AF Driver (Compl to ECG373)	180	160	5	1.5	1 (T <sub>A</sub> = 25°C) 20 (T <sub>C</sub> = 25°C)	140	100 typ	TO-126	T45
ECG375	NPN-Si, Vert Defl, AF Amp (Compl to ECG398)	200	150	6	3	25	8	150 typ	TO-220	T41
ECG376	NPN-Si, Pwr Amp	300	300	5	.15	1.5 (T <sub>A</sub> = 25°C) 15 (T <sub>C</sub> = 25°C)	80	100 typ	TO-220	T41
ECG377	NPN-Si, Pwr Driver, PO, Sw, Reg (Compl to ECG378)	80	80	5	10	50	50	60 min	TO-220	T41
ECG378	PNP-Si, Pwr Driver, PO, Sw, Reg (Compl to ECG377)	80	80	5	10	50	50	60 min	TO-220	T41
ECG379	NPN-Si, HV Hi Speed Pwr Sw	700	400	9	12	100	4 min	20 typ	TO-220	T41
ECG381	PNP-Si, AF Pwr Amp	150	120	5	5	80	9	60 typ	TB-33	T43
ECG382	NPN-Si, AF Driver (Compl to ECG383)	120	100	5	1	.9 (T <sub>A</sub> = 25°C)	140	200 typ	TO-92M	T18
ECG383	PNP-Si, AF Driver	120	100	5	1	.9 (T <sub>A</sub> = 25°C)	140	200 typ	TO-92M	T18
ECG384	NPN-Si, Sw, Linear Amp	375	350	9	7	45	1 min	20 typ	TO-66	T25
ECG385	NPN-Si, HV Hi Speed Sw	550	350	6	10	150	----	20 typ	TO-3	T28
ECG386	NPN-Si, HV Hi Speed Sw	800	500	6	20	175	----	30 typ	TO-3	T28
ECG387 ECG387MP*	NPN-Si, Pwr Amp, Sw	180	150	6	50	250	30 min	70 typ	TO-3	T28A
ECG388	NPN-Si, Hi Pwr AF Amp (Compl to ECG68)	400	250	5	16	250	4 min	30 typ	TO-3	T28
ECG389	NPN-Si, Horiz Output	1500	1500 (CES)	5	4	100	4 min	5 min	TO-3	T28
ECG390	NPN-Si, Pwr Amp, Hi Speed Sw (Compl to ECG391)	100	100	5	10	80	3	40 min	TO-3P (TO-218)	T48
ECG391	PNP-Si, Pwr Amp, Hi Speed Sw (Compl to ECG390)	100	100	5	10	80	3	40 min	TO-3P (TO-218)	T48
ECG392	NPN-Si, Pwr Amp, Hi Speed Sw (Compl to ECG393)	100	100	5	25	125	3	25 min	TO-3P (TO-218)	T48
ECG393	PNP-Si, Pwr Amp, Hi Speed Sw (Compl to ECG392)	100	100	5	25	125	3	25 min	TO-3P (TO-218)	T48
ECG394	NPN-Si, HV Pwr Amp, Sw	500	400	5	3	100	2.5	30 min	TO-3P (TO-218)	T48
ECG395	PNP-Si, Wide Band VHF/UHF Amp, Osc	30	25	3	50 mA	.360 (T <sub>A</sub> = 25°C)	2.3 GHz	25 min	TO-72	T4
ECG396	NPN-Si, Linear Amp & Hi Speed Sw (Compl to ECG397)	450	350	7	1	10	15 min	60 typ	TO-39	T6

Notes: \* MP- Matched Pair  
 # Frequency at which common emitter current is 70.0% of low frequency gain  
 • When alternate packages are shown it indicates a change in progress. Although only one package is available, both packages will be shown as long as the obsolete package may be encountered in the field.

Package Outlines - See Page 1-91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

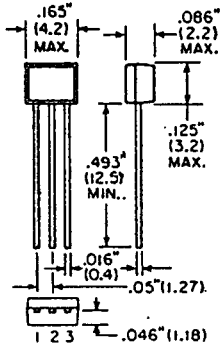
# Transistor Outlines (cont'd)

Fig. T13-2

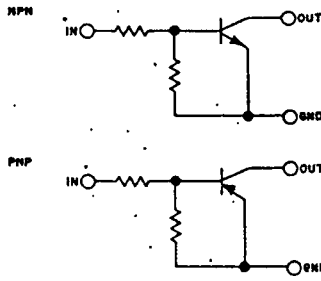
SP-92

ECG

- 2355
- 2356
- 2357
- 2358
- 2359
- 2360
- 2367
- 2368
- 2369
- 2370



CIRCUITS



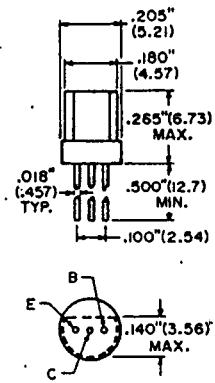
- 1. GND
- 2. OUT
- 3. IN

Fig. T15

TO-98

ECG

- 172A\*
- 199\*



• Alternate Fig. T16

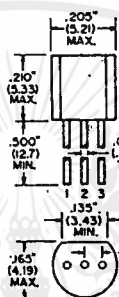
Fig. T16

TO-92

ECG	1	2	3
10	B	E	C
11	E	C	B
12	E	C	B
23	B	E	C
46	E	B	C
47	E	B	C
69	B	E	C
85	E	C	B
107	E	C	B
108	E	B	C
123AP	E	B	C
159	E	B	C
172A	E	C	B

ECG	1	2	3
194	E	B	C
199	E	C	B
229	B	E	C
232	E	B	C
233	E	B	C
234	E	C	B
287	E	B	C
288	E	B	C
289A	E	C	B
290A	E	C	B
312*	G	S	D
319P	B	E	C
451	D	S	G

ECG	1	2	3
453*	D	S	G
457*	D	S	G
458	D	G	S
467	D	S	G
468	D	S	G
469	D	S	G
489	D	G	S
490	D	G	S
491	S	G	D
492	D	G	S
2341	E	C	B
2342	E	C	B
2503	E	C	B



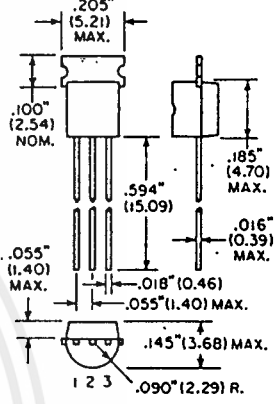
- Alternate Fig. T13-1
- Alternate Fig. T15
- \* D & S Interchangeable

Fig. T17

TO-237

ECG

- 24\*
- 25\*
- 128P
- 129P
- 216
- 217
- 227
- 255



- 1. EMITTER
- 2. BASE
- 3. COLLECTOR

Fig. T18

TO-92M

ECG	1	2	3
31	E	C	B
32	F	C	B
48	E	B	C
90	E	C	B
91	E	C	B
382	E	C	B
383	E	C	B
2363	E	C	B
2364	E	C	B

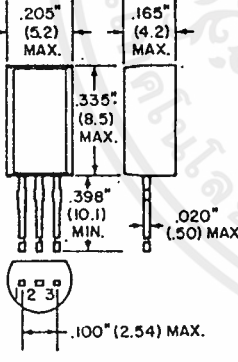
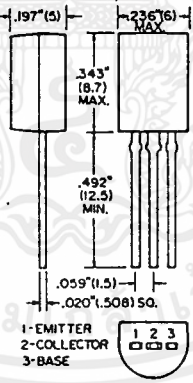


Fig. T19

SC-61

ECG

- 315



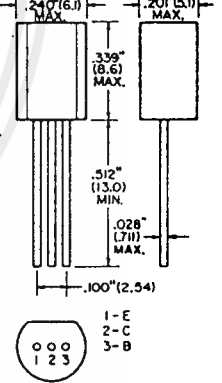
- 1-EMITTER
- 2-COLLECTOR
- 3-BASE

Fig. T20

T-16

ECG

- 293
- 294
- 297
- 298
- 340
- 399
- 2366



- 1-E
- 2-C
- 3-B

Fig. T20-1

SIP-5

ECG	1	2	3	4	5
40	B	C	E	C	B
41	B	C	E	C	B
42	B	C	E	C	B
43	B	C	E	C	B
44	E	C	B	C	E
45	E	C	B	C	E

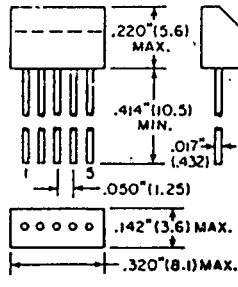
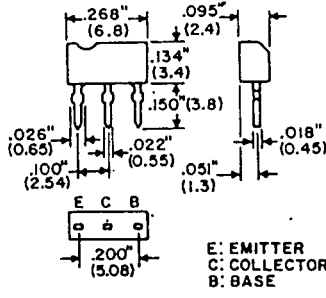


Fig. T20-2

M-68

ECG

- 14
- 15



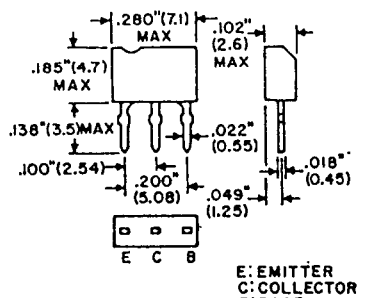
- E: EMITTER
- C: COLLECTOR
- B: BASE

Fig. T20-3

M-71

ECG

- 13
- 18
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 2505



- E: EMITTER
- C: COLLECTOR
- B: BASE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

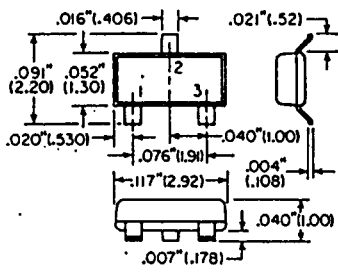
# Transistor Outlines (cont'd)

Fig. T20-4

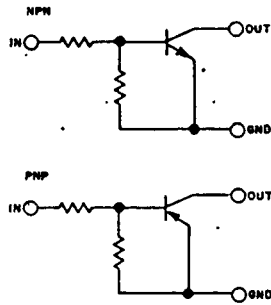
**SOT-23**

**ECG**

- 2401 2411
- 2402 2412
- 2403 2413
- 2404 2414\*
- 2405 2415\*
- 2406 2416\*
- 2407 2417\*
- 2408 2418\*
- 2409 2419\*
- 2410



CIRCUITS



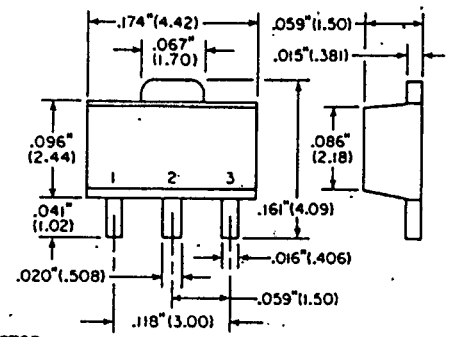
- 1. BASE
  - 2. COLLECTOR
  - 3. EMITTER
- \* DIGITAL TRANSISTORS
  - 1. IN
  - 2. OUT
  - 3. GND

Fig. T20-5

**SOT-89**

**ECG**

- 2426
- 2427
- 2428
- 2429
- 2430
- 2431



- 1. BASE
- 2. COLLECTOR
- 3. EMITTER

Fig. T22

**T-16HS**

**ECG**

**183A**

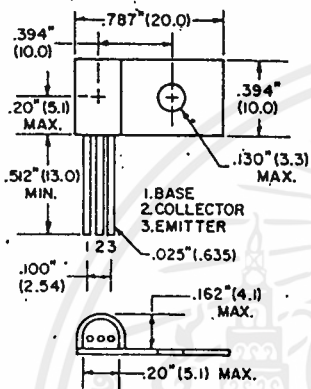


Fig. T23

**TO-39F**

**ECG**

- 224
- 225

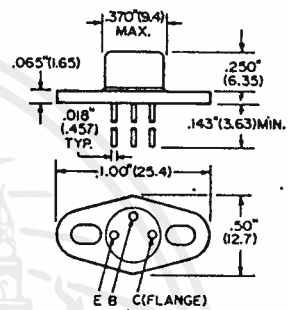


Fig. T24

**TO-39HS**

**ECG**

**237**

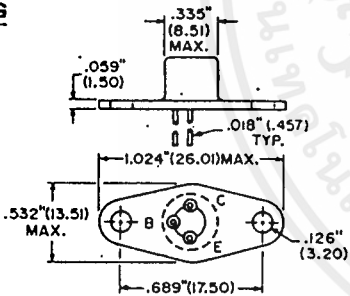


Fig. T25

**TO-86**

**ECG**

- 38
- 124
- 175
- 218
- 274
- 275
- 286
- 321
- 369
- 384

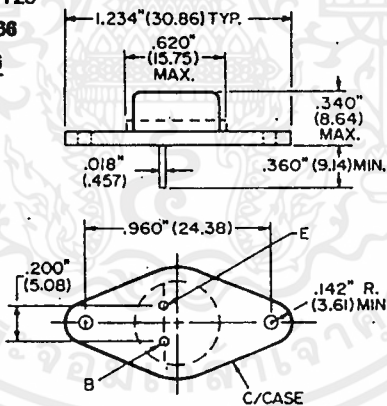


Fig. T26

**TC-8A**

**ECG**

**226**

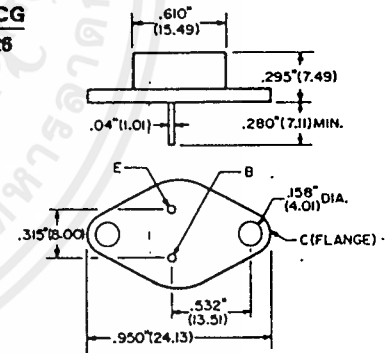


Fig. T27

**TC-9**

**ECG**

- 131
- 155

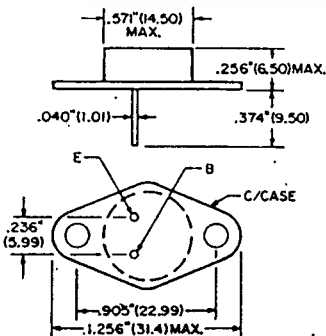


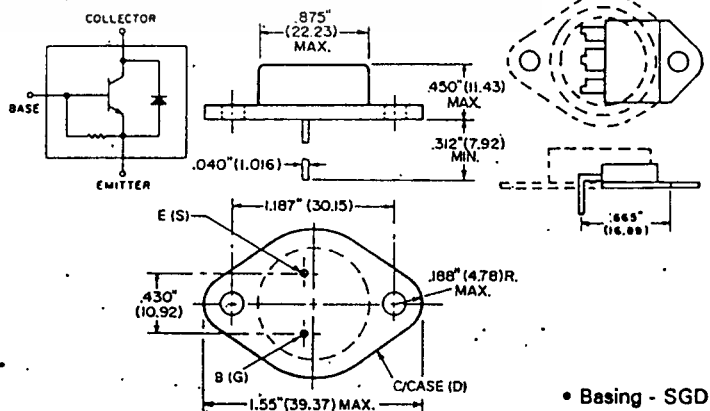
Fig. T28

**TO-3**

**ECG**

- |     |      |       |
|-----|------|-------|
| 52  | 162  | 250   |
| 53  | 163A | 251   |
| 60  | 164  | 252   |
| 61  | 165  | 283   |
| 68  | 180  | 284   |
| 86  | 181  | 285   |
| 87  | 219  | 327   |
| 89* | 238  | 328   |
| 94  | 243  | 385   |
| 97  | 244  | 386   |
| 98  | 245  | 388   |
| 99  | 246  | 389   |
| 121 | 247  | 2319  |
| 127 | 248  | 2386- |
| 130 | 249  |       |

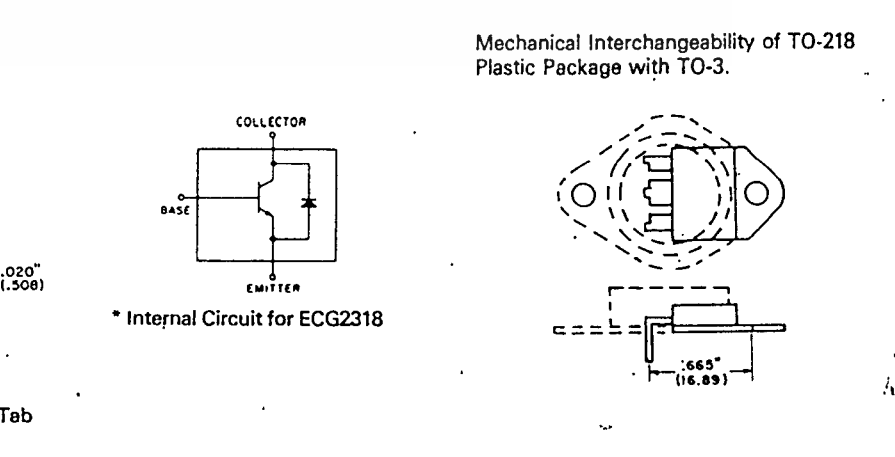
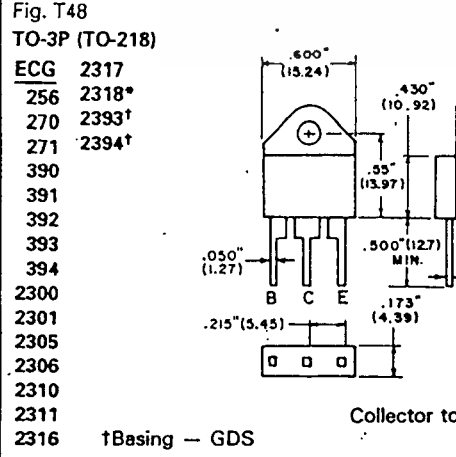
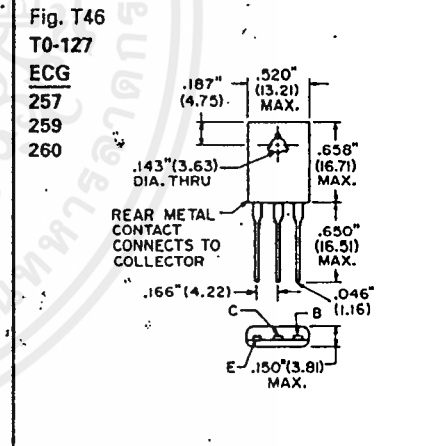
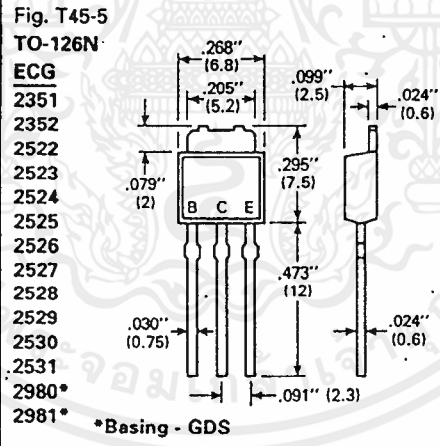
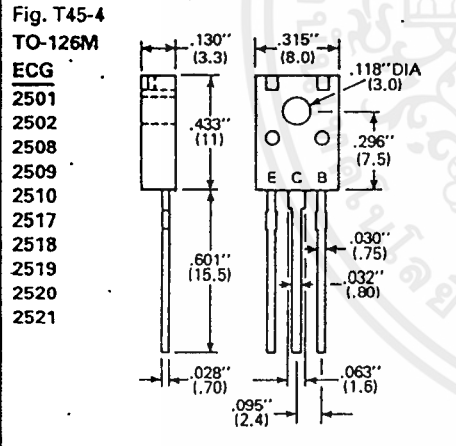
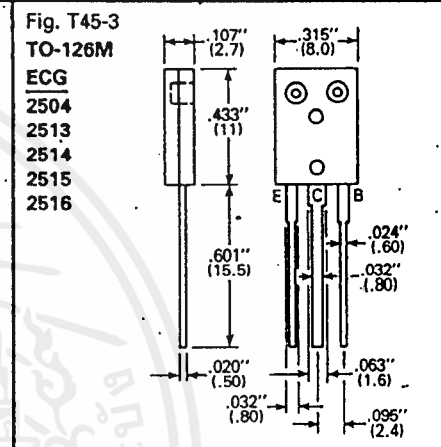
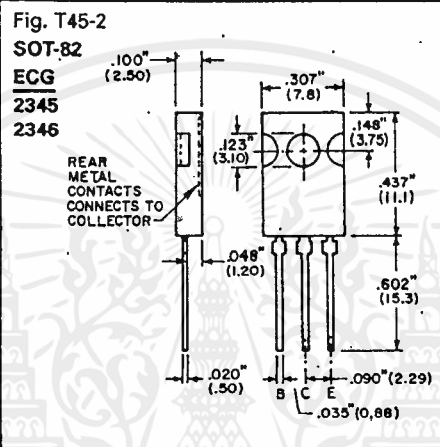
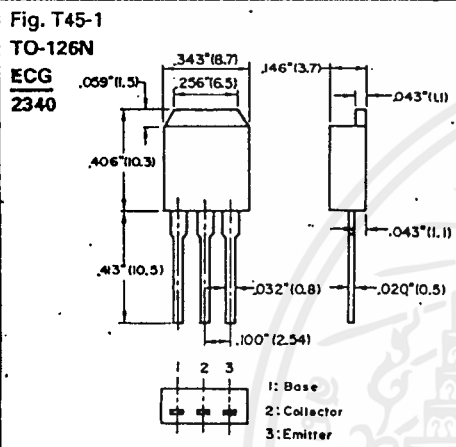
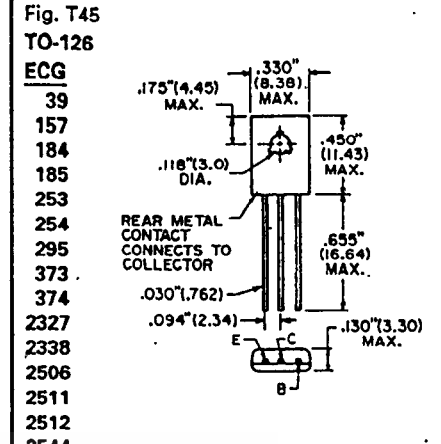
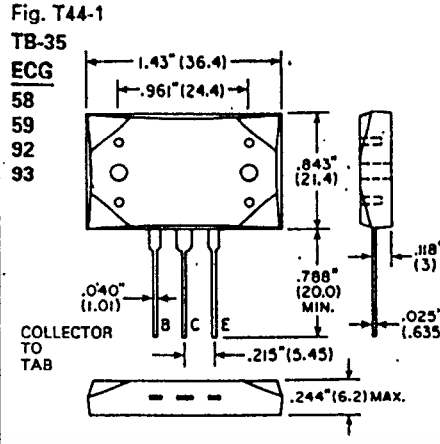
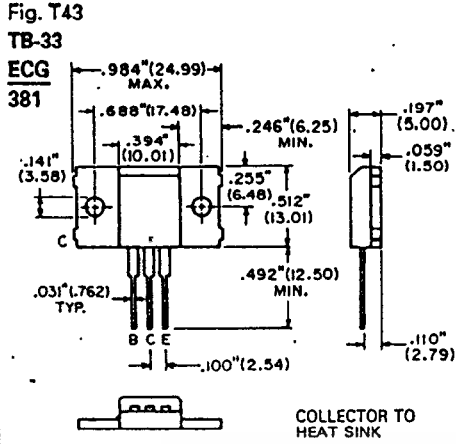
\* Internal Circuit for ECG89  
RBE ≈ 27 Ω



Mechanical Interchangeability of Plastic Package with TO-3 Case.

• Basing - SGD

# Transistor Outlines (cont'd)



# Diodes and Rectifiers (General Purpose)



ECG Type	Description	Peak Reverse Voltage PRV Max V	Average Rectified Forward Current $I_o$ Max	Forward Current Repetitive Peak IFRM Max	Reverse Recovery Time $t_{rr}$	Forward Voltage Drop Max $V_F$	AFC	Fast Sw	Gen Purp	Fast Recovery	Fig. No.
ECG109	Gen Purp	Ge 100	200 mA	—	—	—			●		Z2
ECG110A	Gen Purp	Ge 40	50 mA	150 mA	—	—			●		Z2
<del>DISCONTINUED</del>	Matched Diode Pair	Ge 30	15 mA at 60°C	—	—	—	●		●		Z2
ECG112	UHF Mixer (Schottky)	Si 5	25 mA	—	—	.5 at 60 mA					Z4
ECG113A	Common Cathode Dual Diode, Center Tap TV Horiz	Si 100	1.5 A	—	—	0.95 V at 1 A	●		●		Z15
<del>DISCONTINUED</del>	Series Dual Diodes, TV Horiz	Se 20	min 1.1 mA	—	—	—	●		●		Z12
ECG115	Common Anode, Dual Diode, TV Horiz AFC	Se 20	min 1.1 mA	—	—	—	●		●		Z12
ECG116	Gen Purp Rect	Si 600	1 A	—	—	0.8 V at 1 A			●		Z3
ECG120	Color TV Convrg Rect	Se 18	65 mA	—	—	—			●		Z17
ECG125	Gen Purp Rect	Si 1000	2.5 A at 25°C Lead Temp	—	—	1.1 V at 1 A			●		Z3
ECG156	Gen Purp Rect	Si 1000	3 A	—	—	1.1 V at 1.5 A			●		Z6
ECG177	Fast Sw, Det, etc.	Si 200	160 mA	250 mA	50 ns	1.0 V at 100 mA		●			Z4
ECG178MP	Matched Diode Pair, AFC, AFT, etc	Si 50	75 mA	100 mA	—	1.0 V at 5 mA	●				Z5
ECG506	Sw, Fast Recovery, Bst Damp, Blanking	Si 1400	2 A	3.5 A	500 ns	1.0 V at 1 A		●		●	Z6
<del>DISCONTINUED</del>	Gen Purp Rect, Gating, Centering	Si 50	250 mA	—	3 $\mu$ s	1.0 V at 1 A			●		Z6
ECG515	Sw, Fast Recovery, SCR Defl Cla	Si 800	3 A	9 A	1.3 $\mu$ s	1.3 V at 4 A		●		●	Z8
ECG519	Fast Sw Diode	Si 100 (BRV)	200 mA	450 mA	4 ns	1.0 V at 10 mA		●			Z4
ECG525	Sw, Fast Recovery, Damp	Si 2000	1 A	—	500 ns (Fwd Rec)	2 V at 2 A		●		●	Z6A
ECG552	Gen Purp Rect, Fast Recovery	Si 600	1 A	—	200 ns	1.5 V at 250 mA		●	●	●	Z3
ECG558	Gen Purp Rect, Fast Recovery, HV	Si 1500	1 A	—	250 ns	1.2 V at 1 A		●	●	●	Z3
ECG569	Fast Sw, Soft Recovery	Si 600	3A	100 A	200 ns	1.1 V at 3 A		●	●	●	Z6A
ECG571	Fast Sw, Soft Recovery	Si 1000	3 A	—	100 ns	1.5 V at 3 A		●	●	●	Z1B
ECG572	Gen Purp, Fast Recovery	Si 1000	6 A	300 A	500 ns	1.3 V at 6 A		●	●	●	Z71
ECG573	Schottky, Barrier Rectifier	Si 60	5 A	150 A	—	0.7 V at 5 A		●		●	Z6A
ECG574	Sw, Ultra Fast Rec.	Si 400	1 A	30 A	35 ns	1.3 V at 1 A		●	●	●	Z3
ECG575	Sw, Ultra Fast Rec.	Si 1000	1 A	30 A	70 ns	1.7 V at 1 A		●	●	●	Z3
ECG576	Sw, Ultra Fast Rec.	Si 400	5 A	150 A	35 ns	1.25 V at 5 A		●	●	●	Z6A
ECG577	Sw, Fast Recovery, HV	Si 1000	5 A	200 A	70 ns	1.7 V at 5 A		●	●	●	Z6A
ECG578	Schottky, Barrier Rect	Si 90	1 A	50 A	—	.8 V at 1 A		●			Z3
ECG579	Schottky, Barrier Rect	Si 90	3 A	150 A	—	.8 V at 3 A		●			Z6A
ECG580	Gen Purp Rect, Fast Recovery	Si 600	3 A	Single Surge 100 A	250 ns	1.3 V at 3 A		●	●	●	Z1A
ECG581	Gen Purp Rect, Fast Recovery	Si 400	8 A	Single Surge 150 A	200 ns	1.2 V at 3 A		●	●	●	Z41A
ECG582	TV Damper	Si 6000	300 mA	Single Surge 100 A	300 ns	8.0 V at 100 mA				●	Z17A
ECG583	Detector, Mixer, (Schottky) Hot Carrier Modulator	Si 70	15 mA	—	1 ps	.41 V at 1 mA	●	●	●	●	Z4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Microwave Mixer Diodes

Type No.	Test Freq. (MHz)	Noise Figure (dB)	I.F. IMPED. @ 30 MHz (Ohms)	VSWR Max. Ratio	Burn Out (ERGS)	Fig. No.
1N415C	9375	9.5	325-475	1.5	2.0	Z64
1N415E	9375	7.5	335-465	1.3	2.0	Z64
<b>DISCONTINUED</b>		8.3	300-700	---	2.0	Z64
1N416E	3060	7.0	350-450	1.3	5.0	Z64



# PIN Diodes

ECG Type	Description and Application	Max. Power (mW)	V (BR) R Min. (Volts)	IR Max. (nA)	C <sub>T</sub> Max. (pf)	LS Typ. (nH)	RA Max. (Ohms)	Fig. No.
ECG553	Si PIN Diode, UHF, VHF Switch	200	30	150	2	2.5	1.2	Z4
ECG555A	Si PIN Diode, Gen Purp & VHF Switch	250	35	100	1.2	---	0.7	Z11A

# Diode and Rectifier Outlines

<p>Fig. Z1A ECG580</p> <p>COLOR BAND INDICATES CATHODE END</p>	<p>Fig. Z1B ECG571</p> <p>COLOR BAND DENOTES CATHODE</p>	<p>Fig. Z2 ECG 109</p> <p>(COLOR BAND DENOTES CATHODE)</p>
<p>Fig. Z3 ECG 116-585, 125-587, 552, 558, 574, 575, 578</p> <p>DO-41</p> <p>COLOR BAND DENOTES CATHODE</p>	<p>Fig. Z4 ECG 112, 177, 519, 553, 583, 584, 600</p> <p>DQ-35</p> <p>COLOR BAND DENOTES CATHODE</p>	<p>Fig. Z5 ECG178MP</p> <p>(COLOR BAND DENOTES CATHODE)</p>
<p>Fig. Z6 ECG 156, 506, 507</p> <p>COLOR BAND DENOTES CATHODE</p>	<p>Fig. Z6A ECG 525, 569, 573, 576, 577, 579, 586, 588</p> <p>DO-27</p> <p>COLOR BAND DENOTES CATHODE</p>	<p>Fig. Z7 ECG 606, 607</p>
<p>Fig. Z8 ECG515</p>	<p>Fig. Z11A ECG555A</p> <p>COLOR BAND DENOTES CATHODE</p>	<p>Fig. Z12 ECG115 COMMON ANODE</p>

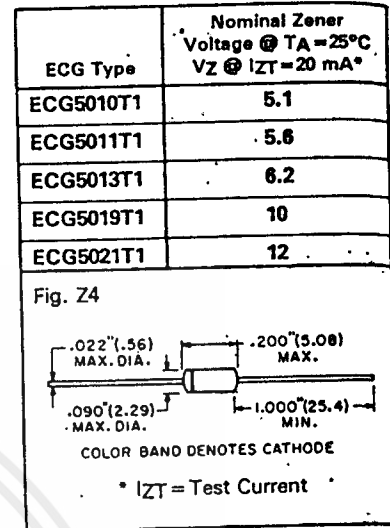
# Zener Diodes

Note: 10 Watt and 50 Watt Zeners listed have anode connected to stud. Add Suffix letter "K" to the ECG number for cathode connected to stud. The ECG type numbers shown have a standard tolerance for the Zener voltage of +/- 5%.



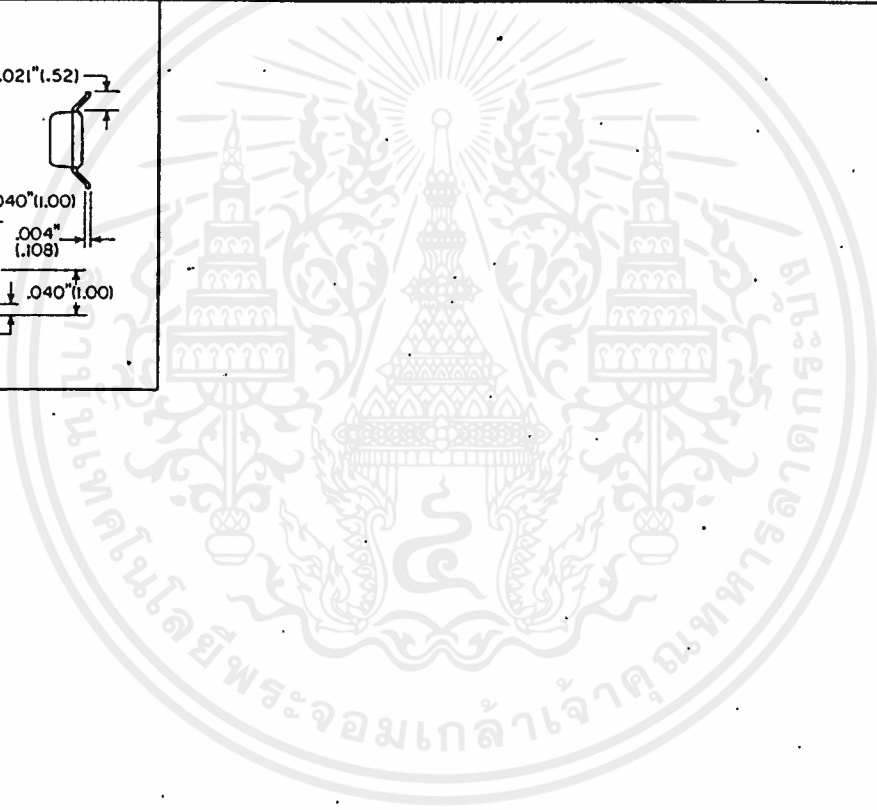
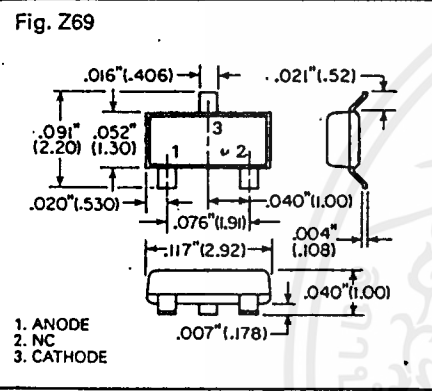
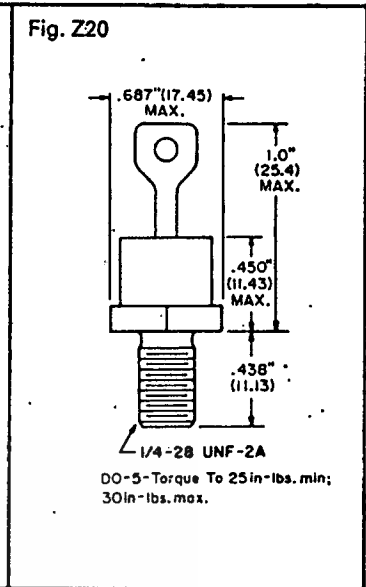
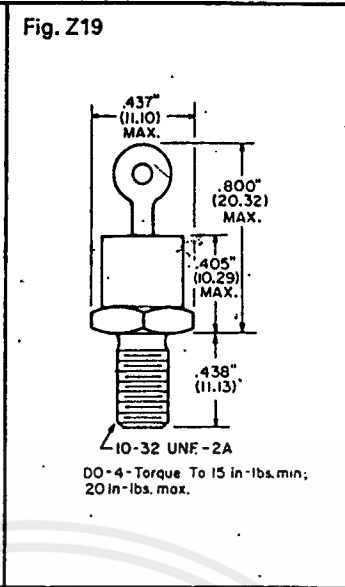
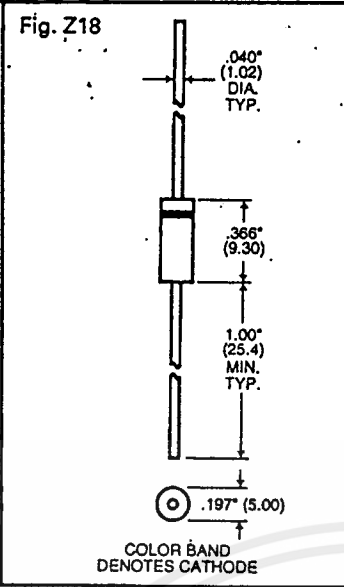
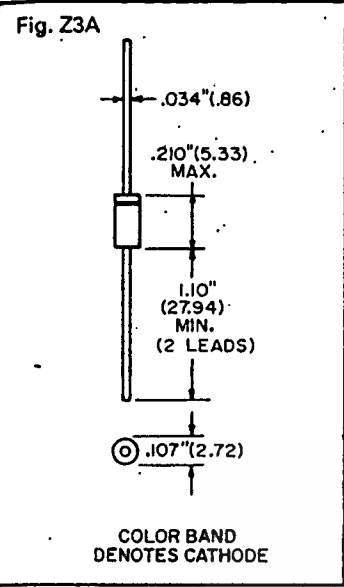
Voltage	Surface Mount		Axial Lead			Stud Mount	
	SOT-23					DO-4	DO-5
	Fig. No. Z69	Z3A	Z18	Z19	Z20		
See Notes for Tolerance	0.3 W #	1/2 Watt †	1 Watt †	5 Watt	10 Watt	50 Watt	
2.4	—	ECG5000A	—	—	—	—	
2.5	—	ECG5001A	—	—	—	—	
2.7	—	ECG5002A	ECG5063A	—	—	—	
2.8	—	ECG5003A	—	—	—	—	
3.0	—	ECG5004A	ECG5065A	—	—	—	
3.3	ECG5005SM	ECG5005A	ECG5066A	ECG5111A	—	—	
3.6	ECG5006SM	ECG5006A	ECG134A	ECG5112A	ECG5173A	—	
3.9	ECG5007SM	ECG5007A	ECG5067A	ECG5113A	ECG5174A	ECG5240A	
4.3	ECG5008SM	ECG5008A	ECG5068A	ECG5114A	ECG5175A	ECG5241A	
4.7	ECG5009SM	ECG5009A	ECG5069A	ECG5115A	ECG5176A	ECG5242A	
5.1	ECG5010SM	ECG5010A	ECG135A	ECG5116A	ECG5177A	ECG5243A	
5.6	ECG5011SM	ECG5011A	ECG136A	ECG5117A	ECG5178A	ECG5244A	
6.0	—	ECG5012A	ECG5070A	ECG5118A	ECG5179A	ECG5245A	
6.2	ECG5013SM	ECG5013A	ECG137A	ECG5119A	ECG5180A	ECG5246A	
6.8	ECG5014SM	ECG5014A	ECG5071A	ECG5120A	ECG5181A	ECG5247A	
7.5	ECG5015SM	ECG5015A	ECG138A	ECG5121A	ECG5182A	ECG5248A	
8.2	—	ECG5016A	ECG5072A	ECG5122A	ECG5183A	ECG5249A	
8.7	—	ECG5017A	ECG5073A	ECG5123A	ECG5184A	ECG5250A	
9.1	ECG5018SM	ECG5018A	ECG139A	ECG5124A	ECG5185A	ECG5251A	
10.0	—	ECG5019A	ECG140A	ECG5125A	ECG5186A	ECG5252A	
11.0	—	ECG5020A	ECG5074A	ECG5126A	ECG5187A	ECG5253A	
11.5	—	ECG141A	—	—	—	—	
12.0	ECG5021SM	ECG5021A	ECG142A	ECG5127A	ECG5188A	ECG5254A	
13.0	—	ECG5022A	ECG143A	ECG5128A	ECG5189A	ECG5255A	
14.0	—	ECG5023A	ECG144A	ECG5129A	ECG5190A	ECG5256A	
15.0	ECG5024SM	ECG5024A	ECG145A	ECG5130A	ECG5191A	ECG5257A	
16.0	—	ECG5025A	ECG5075A	ECG5131A	ECG5192A	ECG5258A	
17.0	—	ECG5026A	ECG5076A	ECG5132A	ECG5193A	ECG5259A	
18.0	ECG5027SM	ECG5027A	ECG5077A	ECG5133A	ECG5194A	ECG5260A	
19.0	—	ECG5028A	ECG5078A	ECG5134A	ECG5195A	ECG5261A	
20.0	—	ECG5029A	ECG5079A	ECG5135A	ECG5196A	ECG5262A	
22.0	—	ECG5030A	ECG5080A	ECG5136A	ECG5197A	ECG5263A	
24.0	ECG5031SM	ECG5031A	ECG5081A	ECG5137A	ECG5198A	ECG5264A	
25.0	—	ECG5032A	ECG5082A	ECG5138A	ECG5199A	ECG5265A	
27.0	—	ECG5033A	ECG146A	ECG5139A	ECG5200A	ECG5266A	
28.0	—	ECG5034A	ECG5083A	ECG5140A	ECG5201A	ECG5267A	
30.0	—	ECG5035A	ECG5084A	ECG5141A	ECG5202A	ECG5268A	
33.0	—	ECG5036A	ECG147A	ECG5142A	ECG5203A	ECG5269A	
36.0	—	ECG5037A	ECG5085A	ECG5143A	ECG5204A	ECG5270A	
39.0	—	ECG5038A	ECG5086A	ECG5144A	ECG5205A	ECG5271A	
43.0	—	ECG5039A	ECG5087A	ECG5145A	ECG5206A	ECG5272A	
45.0	—	—	—	—	ECG5207A	ECG5273A	
47.0	—	ECG5040A	ECG5088A	ECG5146A	ECG5208A	ECG5274A	
50.0	—	—	—	—	ECG5209A	ECG5275A	
51.0	—	ECG5041A	ECG5089A	ECG5147A	ECG5210A	ECG5276A	
52.0	—	—	—	—	ECG5211A	ECG5277A	
55.0	—	—	ECG148A	—	—	—	
56.0	—	ECG5042A	ECG5090A	ECG5148A	ECG5212A	ECG5278A	
60.0	—	ECG5043A	ECG5091A	ECG5149A	ECG5213A	ECG5279A	
62.0	—	ECG5044A	ECG149A	ECG5150A	ECG5214A	ECG5280A	
68.0	—	ECG5045A	ECG5092A	ECG5151A	ECG5215A	ECG5281A	
75.0	—	ECG5046A	ECG5093A	ECG5152A	ECG5216A	ECG5282A	
82.0	—	ECG5047A	ECG150A	ECG5153A	ECG5217A	ECG5283A	
87.0	—	ECG5048A	ECG5094A	ECG5154A	ECG5218A	—	
91.0	—	ECG5049A	ECG5095A	ECG5155A	ECG5219A	ECG5284A	
100.0	—	ECG5050A	ECG5096A	ECG5156A	ECG5220A	ECG5285A	
105.0	—	—	—	—	ECG5221A	ECG5286A	
110.0	—	ECG5051A	ECG151A	ECG5157A	ECG5222A	ECG5287A	
120.0	—	ECG5052A	ECG5097A	ECG5158A	ECG5223A	ECG5288A	
123.0*	—	ECG5107T2	—	—	—	—	
130.0	—	ECG5053A	ECG5098A	ECG5159A	ECG5224A	ECG5289A	
140.0	—	ECG5054A	ECG5099A	ECG5160A	ECG5225A	ECG5290A	
150.0	—	ECG5055A	ECG5100A	ECG5161A	ECG5226A	ECG5291A	
160.0	—	ECG5056A	ECG5101A	ECG5162A	ECG5227A	ECG5292A	
170.0	—	ECG5057A	ECG5102A	ECG5163A	ECG5228A	—	
175.0	—	—	—	—	ECG5229A	ECG5293A	
180.0	—	ECG5058A	ECG5103A	ECG5164A	ECG5230A	ECG5294A	
190.0	—	ECG5059A	ECG5104A	ECG5165A	ECG5231A	ECG5295A	
200.0	—	ECG5060A	ECG5105A	ECG5166A	ECG5232A	ECG5296A	

**1% Tolerance -  
1/2 Watt**



\* 2% Tolerance † 1/2 W and 1 W, 5% Tolerance Zeners are supplied 2 Per Pkg. ‡ 0.3 W, 5% Tolerance Zeners are supplied 3 Per Pkg.

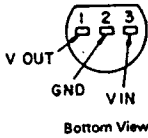
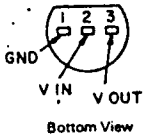

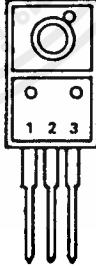
# Zener Diode Outlines



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Voltage Regulator Selector Guide

## Fixed Regulators

Output Voltage V <sub>OUT</sub> (DC) ± 5%	ECG Type		I <sub>O</sub> A (DC)	Input Voltage V <sub>IN</sub> (DC)		PD Watts	Case Style
	Pos	Neg		Max	Min		
5	977	1917	0.1	30	7	0.7	<p><b>TO-92</b></p> <p><b>Positive.</b></p>  <p>Bottom View</p> <p><b>Negative</b></p>  <p>Bottom View</p> <p>1 2 3</p>
6.2	988	—	0.1	35	8.2	0.7	
8	981	—	0.1	30	10	1	
9	1902	—	0.1	30	11	0.7	
12	950	1903	0.1	35	14	0.7	
15	951	1905	0.1	35	17	0.7	
18	1906	1907	0.1	35	20	0.7	
24	1908	1909	0.1	40	26	0.7	
5	960	961	1	35	7	15	
6	962	963	1	35	8	15	
8	964	965	1	35	10	15	
9	1910	—	1	35	11	15	
10	1932	—	1	35	12	20	
12	966	967	1	35	14	15	
15	968	969	1	35	17	15	
18	958	959	1	35	20	15	
24	972	971	1	40	26	15	
3.3	1904	—	1	16	6	15	<p><b>TO-220 (Low Dropout)</b></p> <p><b>Positive</b></p> <p>Tab Common to Pin 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Input</li> <li>2. Ground</li> <li>3. Output</li> </ol>  <p>1 2 3</p>
5	1951	—	1	16	6	15	
8	1952	—	1	19	9	15	
10	1953	—	1	21	11	15	
12	1954	—	1	23	13	15	
15	1955	—	1	26	16	15	
24	1956	—	1	30	25	15	<p><b>TO-220M</b></p> <p><b>Positive</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Input</li> <li>2. Ground</li> <li>3. Output</li> </ol>  <p>1 2 3</p> <p><b>Negative</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ground</li> <li>2. Input</li> <li>3. Output</li> </ol>
5	1960	1961	1	35	7	15	
6	1962	1963	1	35	8	15	
8	1964	1965	1	35	10	15	
9	1966	1967	1	35	11	15	
10	1968	—	1	35	12	15	
12	1970	1971	1	35	14	15	
15	1972	1973	1	35	17	15	
18	1974	1975	1	35	20	15	
24	1976	1977	1	40	26	15	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Linear IC and Module Circuits (cont'd)

**ECG947** 10-Pin Can See Fig. L7  
Dual, Freq-Compensated Op Amp

**ECG947D** 14-Pin DIP See Fig. L104  
Dual, Freq-Compensated Op Amp

Pins 9 and 13 Tied Externally

**ECG948** 14-Pin DIP See Fig. L10  
**ECG948SM** 14-Pin SOIC See Fig L16  
Quad Op Amp

\*ECG948, 948SM - Dual Supply, Pin 11 = V-

**ECG949** 8-Pin Can See Fig. L3  
Dual Op Amp

Pin 4 Connected to Case

**ECG950** TO-92 See Fig: L16  
Pos VR, 12 V, 100 mA  
**ECG951**  
Pos VR, 15 V, 100 mA

See Voltage Regulator Selector Guide Page 1-179

**ECG952** TO-92 See Fig. L16  
Precision 2.5 V Voltage Reference

BOTTOM VIEW

**ECG953** TO-202 4-Pin See Fig. L18  
Pos VR, Adjustable 5 to 30 V, 1 A

Heat sink tabs connected to common through device substrate. Not recommended for direct electrical connection.

**ECG955M** 8-Pin DIP See Fig. L98  
**ECG955SM** 8-Pin SOIC See Fig. L159  
Timer/Oscillator  
**ECG955MC** 8-Pin DIP See Fig. L97  
Low Power Timer/Oscillator, CMOS Output

**ECG955S** 8-Pin SIP See Fig. L35  
Timer/Oscillator

**ECG956** TO-220 See Fig. L17  
Pos VR, 1.2 to 37 V, 1.5 A

See Voltage Regulator Selector Guide Page 1-179

**ECG957** TO-220 See Fig. L17  
Neg VR, 1.2 to 37 V, 1.5 A

See Voltage Regulator Selector Guide Page 1-179

**ECG958** TO-220 See Fig. L17  
Pos VR, 18 V, 1 A  
**ECG960** Pos VR, 5 V, 1 A  
**ECG962** Pos VR, 6 V, 1 A  
**ECG964** Pos VR, 8 V, 1 A  
**ECG966** Pos VR, 12 V, 1 A  
**ECG968** Pos VR, 15 V, 1 A

See Voltage Regulator Selector Guide Page 1-179

Package Outlines - See Page 1-2

# Linear IC and Module Circuits (cont'd)

**ECG959** TO-220 See Fig. L17  
Neg VR, 18 V, 1 A

**ECG961** Neg VR, 5 V, 1 A

**ECG963** Neg VR, 6 V, 1 A

**ECG965** Neg VR, 8 V, 1 A

**ECG967** Neg VR, 12 V, 1-A

**ECG969** Neg VR, 15 V, 1 A

See Voltage Regulator Selector Guide Page 1-179

**ECG970** TO-3 See Fig. L11  
Pos VR, 1.2 to 33 V, 3 A

See Voltage Regulator Selector Guide Page 1-179

**ECG971** TO-220 See Fig. L17  
Neg VR, 24 V, 1 A

See Voltage Regulator Selector Guide Page 1-179

**ECG972** TO-220 See Fig. L17  
Pos VR, 24 V, 1 A

See Voltage Regulator Selector Guide Page 1-179

**ECG973D** 14-Pin DIP See Fig. L104  
Balanced Mod/Demod

**ECG975** 8-Pin DIP See Fig. L98  
**ECG975SM** 8-Pin SOIC See Fig. L159  
Op Amp, Externally Compensated, Supply Voltage  $\pm 18$  V Max

**ECG976** 8-Pin DIP See Fig. L97  
Op Amp, Internally Compensated, Supply Voltage  $\pm 18$  V Max

**ECG977** TO-92 See Fig. L16  
Pos VR, 5 V, 100 mA

**ECG981** Pos VR, 8 V, 100 mA

See Voltage Regulator Selector Guide Page 1-179

**ECG978** 14-Pin DIP See Fig. L104  
**ECG978SM** 14-Pin SOIC See Fig. L160  
Dual Timing Circuit

**ECG978C** 14-Pin DIP See Fig. L104  
Dual Low Power Timer/Oscillator, CMOS Output

**ECG980** 16-Pin DIP See Fig. L111  
CMOS Phase Locked Loop

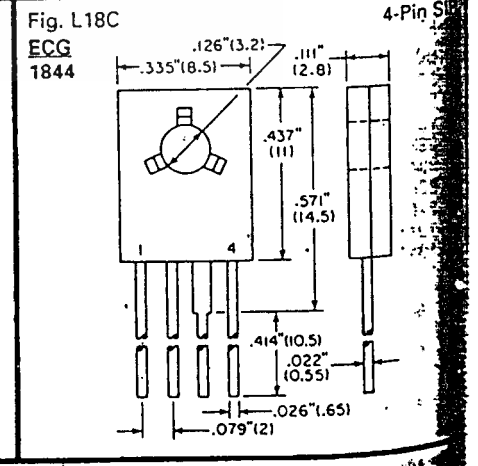
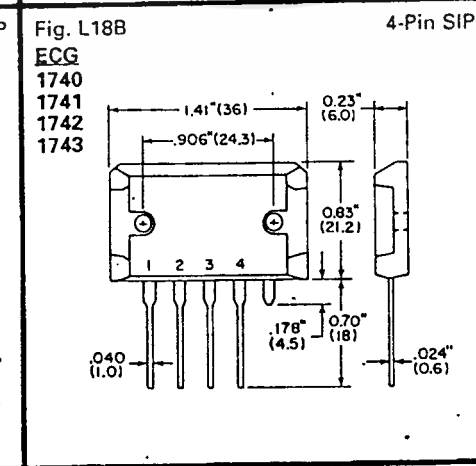
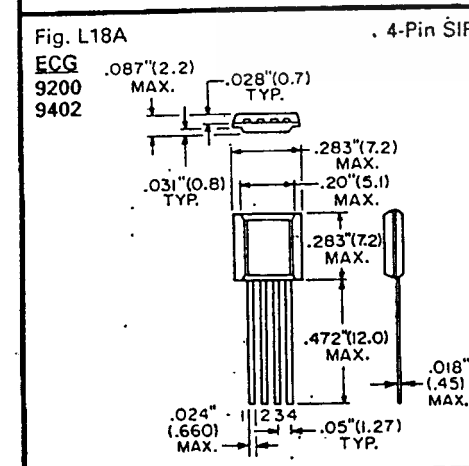
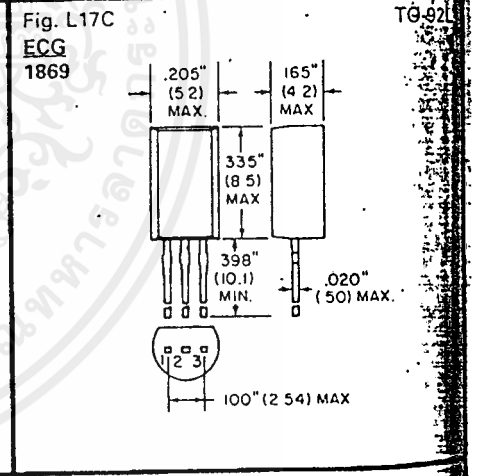
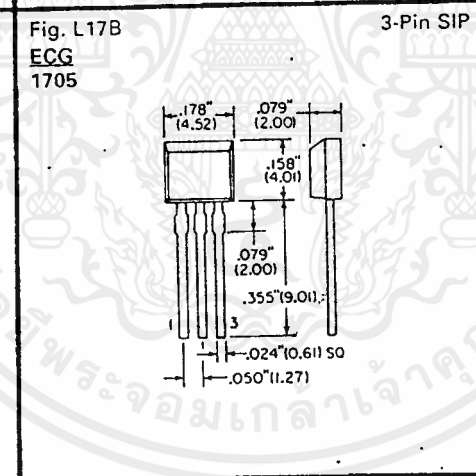
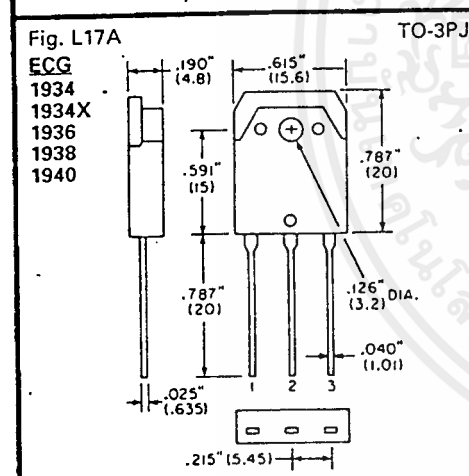
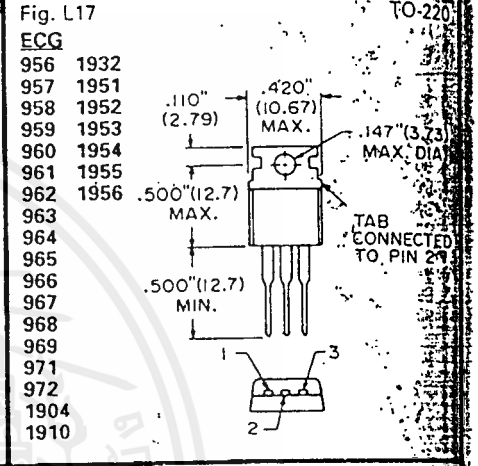
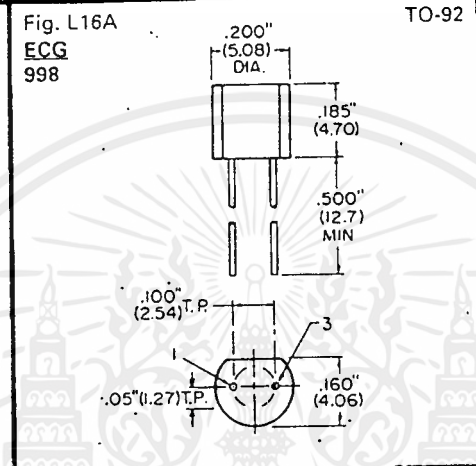
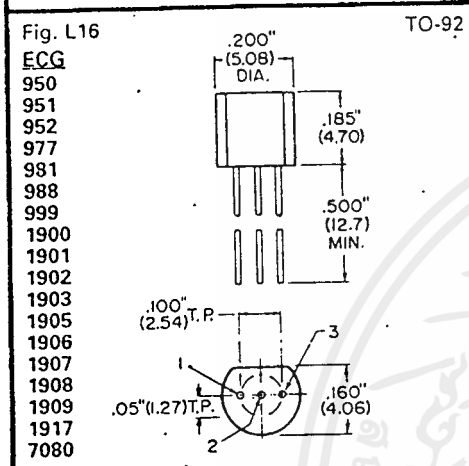
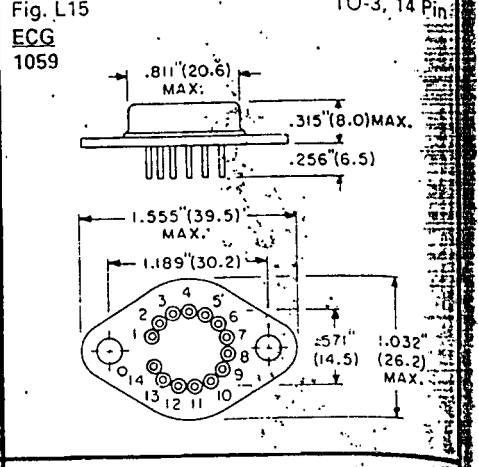
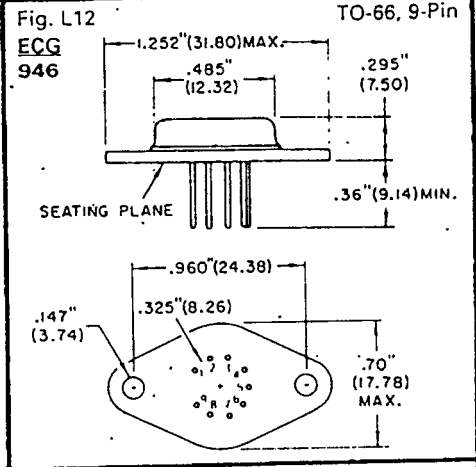
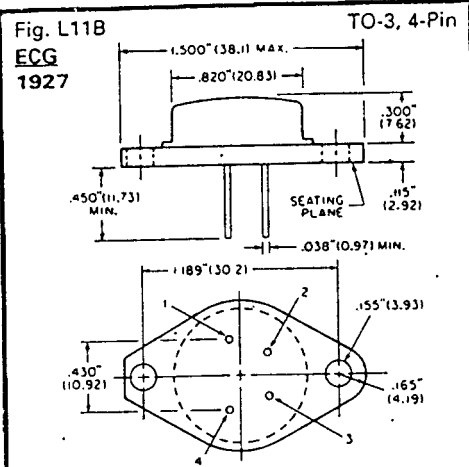
**ECG982** 16-Pin DIP See Fig. L111  
Subcarrier Regenerator ACC, APC Detector

**ECG983** 14-Pin DIP See Fig. L104  
Dual Audio Preamp

Package Outlines - See Page 1-285

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Linear IC and Module Outlines (cont'd)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงการเรื่องแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงนี้ ได้รับการสนับสนุนและช่วยเหลือให้คำแนะนำจาก อาจารย์ภาคเทคโนโลยีการวัดคุม และได้รับความอนุเคราะห์ในด้านอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ จากภาคเทคโนโลยีการวัดคุม ทางคณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่านอย่างที่สุด และขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบุพการี และญาติมิตรพี่ ๆ น้อง ๆ ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนอำนวยความสะดวก และเป็นกำลังใจให้คณะผู้จัดทำเสมอมา

นายปรัชญา กรรณาร

นายจ่านงค์ พิมพัส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### เอกสารอ้างอิง

- 1.สว่าง ประกายรุ่งทอง, หลักการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ตอนที่1 ,เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, เล่มที่81, หน้าที่ 172-181,2530
2. สว่าง ประกายรุ่งทอง, หลักการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ตอนที่2, เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, เล่มที่82, หน้าที่ 190-201,2530
- 3.อาจารย์ ทรงชัย วีรทวิมาศ, เรื่องคิจิตตสมิเตอร์

