ชุดทดลองออกแบบวงจรดิจิตอล

โดย

นายเจษฎา ยิ้มพูลทรัพย์

นายจรัญ เกล้านพรัตน์

ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

เรื่อง ชุดทดลองออกแบบวงจรดิจิตอล

ผู้จัดทำ

1 นายเจษฎา ยิ้มพูลทรัพย์

2 นายจรัญ เกล้าพรัตน์

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(นายธนิกย์ ทรัพย์วรรณวัฒน์)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชุดทดลองออกแบบวงจรดิจิตอล

เจษฎา ยิ้มชูลทรัพย์
จรัญ เกล้านพรัตน์
อ.ธนิตย์ ศรีสุวรรณวัฒน์ ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

จะเห็นว่าเครื่องมือเครื่องใช้ที่มนุษย์ต้องใช้ ในการดำเนินชีวิตประจำวันในปัจจุบัน อีเลคทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์ ได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก อาจเป็นเพราะเทคโนโลยีทางด้านนี้ มีความเจริญรุดหน้าไปอย่างมาก ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีทางด้านนี้ จะเติบโตรวดเร็วเพียงใดก็ตาม แต่ในประเทศของเรา เทคโนโลยีทางด้านนี้ล้าช้ากว่าประเทศอื่นมาก ปัญหาใหญ่ที่เทคโนโลยีเจริญเติบโตช้า ก็เพราะขาดบุคลากร ที่มีความรู้ความสามารถอย่างแท้จริงทางด้านนี้ และอีกประการหนึ่งก็คือ ขาดเครื่องมือในการที่จะใช้ศึกษาเรียนรู้ อย่างพอเพียง ชุดทดลองที่ใช้กันอยู่ในประเทศส่วนใหญ่ นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งราคาแพงมาก แม้จะมีการสร้างชุดทดลองในประเทศออกมาจำหน่ายก็ตาม แต่ราคาก็ยังสูงอยู่ ชุดทดลองเหล่านี้ยังคงมีใช้กันอยู่ตามสถาบันการศึกษาเท่านั้น คนทั่วไปที่สนใจศึกษาทางด้านนี้ ก็ไม่มีโอกาสที่จะมีไว้ใช้ ชุดทดลองการออกแบบวงจรดิจิตอลเครื่องนี้ เป็นเครื่องที่สร้างได้ง่าย และมีราคาถูกมาก สามารถใช้ทดลองได้ ทั้งวงจรอนาล็อก และวงจรดิจิตอล สามารถใช้ทดลองตั้งแต่ขั้นต้นจนถึงขั้นออกแบบ เพราะมีวงจร ที่จะช่วยในการทดลองครบสมบูรณ์

026961
22 พ.ย. 2553
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่1	บทนำ	1
	-ความเป็นมาของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงงาน	
บทที่2	โวลท์เตจเรกกูเลเตอร์	3
	หลักการและทฤษฎีแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง	13
	การป้องกันไอซีเรกูเลเตอร์	51
บทที่3	ทั่วๆไปเกี่ยวกับไอซี 555	75
บทที่4	การแสดงผลในวงจรดิจิตอล	77
บทที่5	วงจรขยายทรานซิสเตอร์	95
บทที่6	รายละเอียดของวงจร	
	โวลท์เตจเรกกูเลเตอร์ปรับค่าได้ 1.25 ถึง 7 โวลท์	97
	โวลท์เตจเรกกูเลเตอร์คงที่ 5 โวลท์	99
	ชุดกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	103
	ชุดเพาเวอร์แอมป์	107
	ชุดแสดงผลดิจิตอล	109
	ชุดลอจิกสวิทช์	111
	ชุดตีเบาซ์สวิทช์	111
บทที่7	การสร้าง	113
	การปรับแต่งและการทดสอบใช้งาน	117
	การประกอบกล่อง	119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ชุดทดลองดิจิตอลนั้นเป็นเครื่องที่สำหรับและจำเป็นอย่างหนึ่งสำหรับงานช่างอิเล็คฯ โดยเฉพาะเหมาะสำหรับนักศึกษาที่ใช้ในการทดลองวงจรต่างๆ และการเรียนวิชาดิจิตอล ดังนั้นรายละเอียดต่าง ๆ ของชุดทดลองนั้นจะต้องมีระบบป้องกันการลัดวงจรของโหลดภายนอก สำหรับวงจรต่าง ๆ ที่อาจจะเสียหายได้ เช่น ชุดจ่ายไฟ 1.25 - 30 โวลท์ และ 0 - 5 โวลท์ นอกนี้อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบวงจรจะต้องมีความทนทานเปลี่ยนได้ง่ายถ้าชำรุด ปัจจุบันชุดทดลองดิจิตอล มีจำนวนไม่พอเพียงกับนักศึกษาที่ใช้ในการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ โครงงานนี้จะช่วยให้สถานศึกษาประหยัดเงินงบประมาณในการซื้อเครื่อง

วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงงาน

ก. วัตถุประสงค์

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น โครงงานนี้จึงมีจุดประสงค์ที่จะศึกษาและออกแบบสร้างชุดทดลองดิจิตอล ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ วงจรเพาเวอร์แอมป์, ลอจิกสวิทย์, สัญญาณนาฬิกา, แหล่งจ่ายไฟ, ดีเบาซ์สวิทช์, วงจรแสดงผลเป็นตัวเลข, ภาคแสดงผล ซึ่งชุดทดลองนี้ใช้ในการทดลองวงจรต่าง ๆ รวมทั้งเป็นสื่อในการเรียนวิชาดิจิตอล ซึ่งจะทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจและยังทำให้มีทักษะในการปฏิบัติงาน ซึ่งในการทดลองนั้นใช้ได้ทั้งวงจรดิจิตอลและวงจรอนาลอก เช่น ทดลองเกี่ยวกับออปแอมป์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการออกแบบวงจรต่าง ๆ ได้อีกด้วย

ข. ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้จะเริ่มศึกษาและออกแบบวงจรที่สำคัญในการทดลองดิจิตอล ซึ่งปัจจุบันนี้ดิจิตอลเป็นที่ใช้กันแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นงานอะไรก็ต้องมีด้านดิจิตอลมาเกี่ยวข้องแทบทั้งสิ้น ซึ่งวงจรที่เกี่ยวข้องนั้นมีรายละเอียดเฉพาะของเครื่องดังนี้

1. แหล่งจ่ายไฟสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 1.25 - 30 โวลท์ โดยมีปุ่มปรับละเอียด
2. สัญญาณนาฬิกา ซึ่งมีค่าความถี่ปรับค่าได้ตั้งแต่ 1 เฮิทซ์ ถึง 100 กิโลเฮิทซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ดิเบาซ์สวิทย์ ซึ่งจะปราศจากสัญญาณรบกวนเหมือนสวิทย์ทางกล

4. ลอจิกสวิทย์ ซึ่งเป็นสวิทย์แสดงสถานะได้ 2 สถานะ คือ "H" และ "L"

5. 7SEGMENT มีอยู่ 2 แบบ คือ 1.7 SEGMENT ซึ่งต่ออนุกรมกันโดบ COMMON นั้น จะปล่อยไว้

2.7 SEGMENT ที่ต่อกับความต้านทาน

6. DISPLAY เป็นตัวบอกสถานะของวงจรที่ใช้ทดลอง

7. SOUND AMP เป็นตัวบอกสภานะถึงการทำงานของวงจร

ค). <u>ลำดับขั้นการดำเนินการ</u>

1. รวบรวมรายละเอียดต่าง ๆ
2. ออกแบบโครงสร้างงของชุดทดลอง
3. ออกแบบวงจรพร้อมทดสอบและทดลองวงจร
4. ถ่ายแบบสกรีนวงจรและหน้าปัทม์
5. ตรวจสอบความถูกต้องของวงจร
6. ประกอบส่วนต่าง ๆ ของวงจร
7. สร้างกล่องชุดทดลองดิจิตอล

ง. <u>ประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงงานนี้</u>

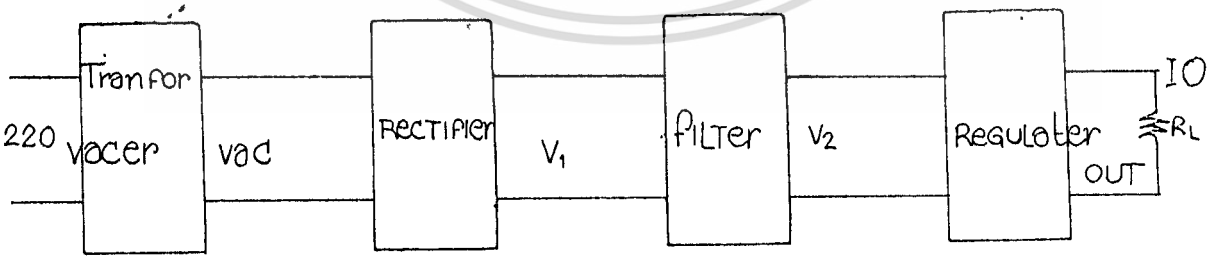
1. ใช้ในการออกแบบวงจรต่าง ๆ
2. ใช้ประกอบในการเรียนวิชาดิจิตอล
3. ใช้ในการศึกษาวงจรต่าง ๆ ในวงการอิเล็คทรอนิคส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
โวลทเตจเร็คกูเลเตอร์

คำว่าเร็คกูเลเตอร์ REGULATER ในทางอิเลคทรอนิคส์หมายถึง วงจรที่ทำให้ระดับศักดาหรือกระแส มีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามสภาวะของโหลด ในความเข้าใจโดยทั่วไปเมื่อเรากล่าวถึงเร็คกูเลเตอร์มักจะหมายถึงวงจรที่ทำให้ศักดามีค่าคงที่ หรือโวลท์เตจเร็คกูเลเตอร์ (VOLTAGE REGULATER) สำหรับกรณีของวงจรที่ทำให้กระแสคงที่มักจะถูกเรียกเจาะจงลงไป ว่าวงจรจ่ายกระแสคงที่ (CONSTANT CURRENT CIRCUIT) ไอซีที่ใช้ทำหน้าที่เร็คกูเลเตอร์ที่เรารู้จักกันแพร่หลาย เบอร์แรกก็คงจะเป็น A 723 ของแฟร์ชายด์ (FAIRCHILD) และเมื่อเร็คกูเลเตอร์ 3 ขา ในตระกูล LM 340 ของเอ็นเอส (NATIONAL SEMI CONDUCTER) ได้ออกมาสู่ตลาด วงจรเร็คกูเลเตอร์ทั้งหลายก็ถูกปฏิวัติโดยเร็คกูเลเตอร์ 3 ขานี้ โดยสิ้นเชิง ในปัจจุบันมีไอซีโมโนลิธิค ที่ทำหน้าที่เป็นเร็คกูเลเตอร์จ่ายกระแสได้สูงถึง 5 แอมป์ โดยไม่จำเป็นต้องมีวงจรภายนอกเพิ่เลย เพาเวอร์ซัพพลายประกอบด้วยอะไรบ้าง

ในรูปที่ 1 แสดงบล๊อคไดอะแกราของเพาเวอร์ซัพพลาย ไฟสลับ 220 โวลท์จะถูกป้อนเข้ามายังทรานส์ฟอร์เมอร์ เพื่อเปลี่ยนขนาดของแรงดันไฟฟ้าให้พอเหมาะกับความต้องการของโหลดหลังจากนั้นก็จะผ่านไปสู่เร็คติไฟร์ (RECTIFIER) เปลี่ยนไฟสลับให้เป็นไฟตรง ไฟตรงที่ได้จากการเร็คติไฟร์นั้นยังไม่สามารถที่จะนำไปจ่ายให้กับวงจรอิเล็คทรอนิคส์ได้ เพราะยังมีการกระเพื่อมหรือมีริปเปิ้ลมาก (RIPPLE) ไฟตรงที่มีริปเปิ้ลนี้จะถูกส่งไปฟิลเตอร์ให้ได้ไฟตรงที่เรียบขึ้น คุณสมบัติของเพาเวอร์ซัพพลาย ที่ดีนั้นจะต้องสามารถจ่ายไฟตรงที่มีริปเปิ้ลน้อย ๆ และค่าของแรงดันไฟที่เอ้าท์พุตจะต้องมีส่วนคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของโหลด ซึ่งส่วนของวงจเร็คกูเลเตอร์จะทำหน้าที่ลดริปเปิ้ลและเป็นตัวรักษาแรงดันไปที่เอ้าท์พุตให้คงที่ วงจรในส่วนของเร็คติไฟร์และฟิลเตอร์จะประกอบด้วยไดโอดและคาปาซิเตอร์

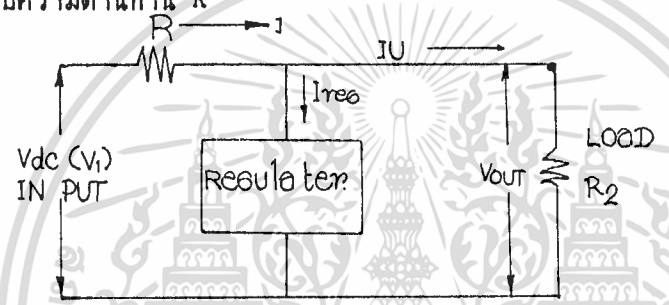


รูปที่ 1 บล๊อคไดอะแกรมของเพาเวอร์ซัพพลาย

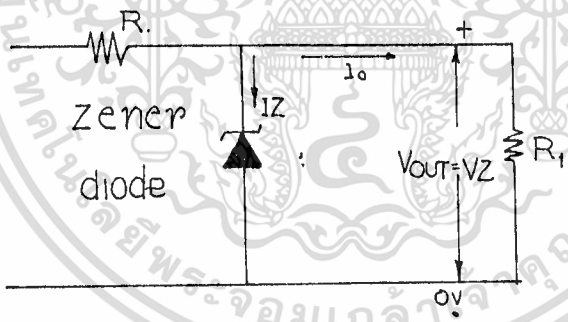
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เร็คกูเลเตอร์มีกี่แบบ

เราอาจแบ่งเร็คกูเลเตอร์ตามบักษณะของการควบคุมได้ 2 แบบ คือเร็คกูเลเตอร์แบบขนาน (SHUNT REGULATER) และเร็คกูเลเตอร์อบบอนุกรม (SERIES REGULATER) ในรูปที่ 2 ก เป็นบล๊อคไดอะแกรมแบบขนานสามารถจะพิจารณาการทำงานอย่างง่าย ๆ เมื่อกระแส IO ที่ต้องการเปลี่ยนแปลงไป กระแสที่ไหลเข้าเร็คกูเลเตอร์ I REG จะมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ศักดาคร่อมโหลด VOUT มีค่าคงที่กล่าวคือ เมื่อโหลดดึงกระแส IO น้อยลง กระแสที่ไหลเข้าสู่เร็คกูเลเตอร์ I REG จะมากขึ้นถ้าโหลดเปิดวงจรกระแสที่ไหลเข้าสู่เร็คกูเลเตอร์ทั้งหมด และเมื่อโหลดดึงกระแส IO มากขึ้น กระแสที่ไหลเข้าสู่เร็คกูเลเตอร์ TREG จะน้อยลง นั่นคือเร็คกูเลเตอร์แบบขนานนี้จะควบคุมแรงดันเอ้าพุตให้คงที่โดยการเปลี่ยนแปลงกระแสที่ไหลผ่านตัวมัน เร็คกูเลเตอร์แบบขนานอย่างง่ายคือ การใช้ซีเนอร์ไดโอดรวมกับความต้านทาน R



ก. บล๊อกไดอะแกรม



ข. ตัวอย่างวงจรอย่างง่าย

รูปที่ 2 เร็คกูเลเตอร์

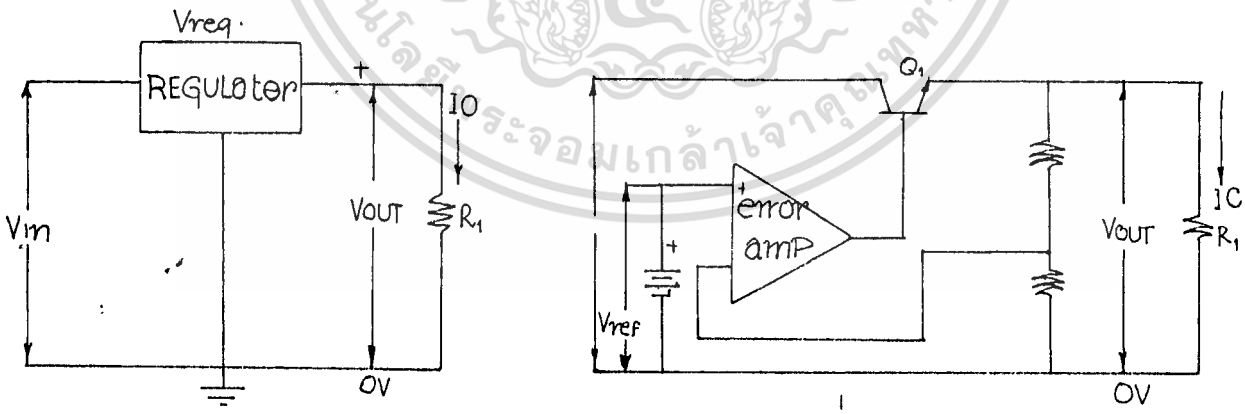
ในรูปที่ 3 เป็นบล๊อคไดอะแกรมของเร็คกูเลเตอร์แบบอนุกรม กระแสที่โหลดต้องการจะไหลผ่านเร็คกูเลเตอร์ทั้งหมด หลักการทำงานโดยสรุปจะเป็นดังนี้ ศักดาที่ตกคร่อมเร็คกูเลเตอร์ VREG จะเปลี่ยนแปลงสภาวะของโหลด IO เพื่อที่จะทำให้ศักดาคร่อมโหลด VOUT ให้คงที่ ในรูป 3 ข ERROR AMPLIFIER ทำหน้าที่เสมือนเป็นสมองของวงจร R1 และ R2 จะทำการสุ่มแรงดันที่เอ้าท์พุต และนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง VREF ซึ่งเป็นแรงดันที่มีค่าคงที่ เมื่อศักดาที่เอ้าท์พุตมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

026961

ERROR AMPLIFIER ก็จะรับรู้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และจะควบคุมทรานซิสเตอร์ Q1 นำกระแสมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าศักดาที่เอ้าท์พุตเพิ่มขึ้น Q1 จะนำกระแสน้อยลง เมื่อกล่าวโดยสรุปแล้วไม่ว่าจะเป็นเร็คกูเลเตอร์แบบขนานหรือแบบอนุกรมก็ดี ตัวเร็คกูเลเตอร์จะทำตัวเสมือนเป็นความต้านทานที่ปรับค่าได้ ซึ่งการแปรค่าความต้านทานนี้จะได้เป็นไปตามสภาวะของโหลดเพื่อที่จะรักษาให้ศักดาซึ่งตกคร่อมโหลดขณะนั้นมีค่าคงที่ ในตารางที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างเร็คกูเลเตอร์แบบขนานและอนุกรม

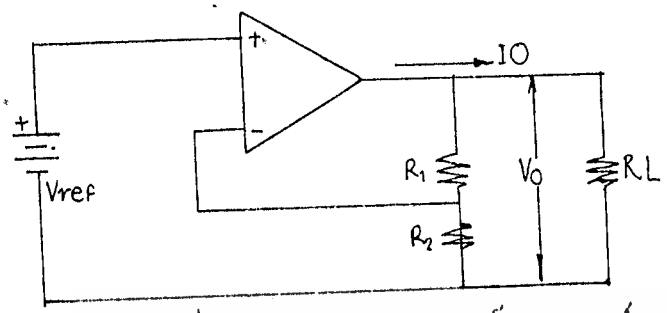
เร็คกูเลอเตอร์แบบขนาด	เร็คกูเลเตอร์แบบอนุกรม
1. เหมาะสมสำหรับใช้งานกับโหลดที่ใช้กระแสต่าง ๆ และโหลดที่มีการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ต้องการไม่มากนัก ถ้าโหลดมีการเปลี่ยนแปลงของกระแสมาก จะทำให้มีการสูญเสียมาก	1. สามารถใช้งานได้กับโหลดทุกแบบ
2. เร็คกูเลเตอร์มีความสามารถป้องกันตัวเองได้ในกรณีที่มีการลัดวงจรที่โหลด	2. ถ้ามีการลัดวงจรที่โหลดจะทำให้ตัวเร็คกูเลเตอร์เสียหาย จะต้องมีวงจรไว้ป้องกันหรือวงจรจำกัดกระแสเข้าช่วย
3. โดยทั่วไปวงจรจะไม่ยุ่งยากซับซ้อน	3. วงจรจะยุ่งยากซับซ้อนกว่าเร็คกูเลเตอร์แบบขนาน



รูปที่ 3 เร็คกูเลเตอร์แบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับไอซีเร็คกูเลทนั้นส่วนใหญ่จะเป็นเร็คกูเลเตอร์แบบอนุกรม เราจะมาเริ่มต้นทำความรู้จักกับโวลท์เดจเร็คกูเลเตอร์แบบอนุกรมที่ใช้ออปแอมป์ดังวงจรในรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรอย่างง่ายของเร็คกูเลเตอร์แบบอนุกรมที่ใช้ออปแอมป์

ในรูปที่ 4 เป็นการนำหลักการทางงานของวงจรขยายชนิดไม่กลับเฟสของออปแอมป์มาใช้เป็นโวลเตจเร็คกูเลเตอร์ ค่าของศักดาเอ้าท์พุตที่คร่อมโหลด V OUT จะมีค่าดังสมการที่หนึ่ง

$$VOUT = V_{REF}(1+R1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

******

สมการที่ 1 จะเห็นได้ว่าศักดาที่คร่อมโหลด VOUT มีค่าไม่ขึ้นอยู่กับกระแสที่ไหลไปยังโหลด IO เลยค่าของศักดาคร่อมโหลด VOUT จะคงที่ที่ดีก็ต่อเมื่อค่าของศักดาอ้างอิง VREF มีเสถียรภาพที่ดี โดยทั่วไปนิยมใช้ซีเนอร์ไดโอดเป็นตัวกำเนิดศักดาอ้างอิง VREF และจากสมการที่ 1 นี้เราจะพบอีกว่า ค่าของศักดาเอ้าท์พุต VOUT ไม่มีทางที่จะมีค่าต่ำกล่าศักดาอ้างอิง VREF ได้เลย ในวงจรเร็คกูเลเตอร์ที่หรับค่าได้ตั้งแต่ค่าของศักดาเอ้าท์พุต VOUT มีค่าเป็นศูนย์โวลท์นั้นเป็นสิ่งที่เป็นไปไม่ได้ จากรูปที่ 4 เขียนให้สมบูรณ์จะได้ดังในรูปที่ 5 ซึ่งสามารถกระแสได้ประมาณ 20 มิลลิแอมป์

เนื่องจากตัวออปแอมป์มีความสามารถในการจ่ายกระแสได้เพียงประมาณ 20 มิลลิแอมป์ ในกรณีที่ต้องการกระแสสูง ๆ นั้นเราจะเพิ่มความสามารถของวงจรได้โดยการเพิ่มทรานซิสเตอร์เข้าไปเพื่อทำหน้าที่ขยายกระแสให้เพียงพอกับความต้องการดังในรูปที่ 6

ในวงจรรูปที่ 6 กระแสที่ได้จากออปแอมป์ประมาณ 20 มิลลิแอมป์นี้จะจ่ายกระแสเบส IB1 ของทรานซิสเตอร์ กระแสเอ้าท์พุตที่จ่ายให้กับโหด จะมีค่าเท่ากับกระแสอิมิตเตอร์ของ Q1 ซึ่งจะมีค่ามากกว่ากระแสที่ได้จากออปแอมป์อยู่ B เท่าหรือ

$$IO = + B_{min} \quad IE1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 2$$

ตัวอย่างเช่น Q1 เป็นทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC 1061 ซึ่งมีค่า B หรือ HFE ต่ำสุดเท่ากับ 35 ออปแอมป์ที่ใช้จ่ายกระแสได้สูงสุด 15 มิลลิแอมป์ จะได้แกะแสเอ้าท์พุท IO = 35 x 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

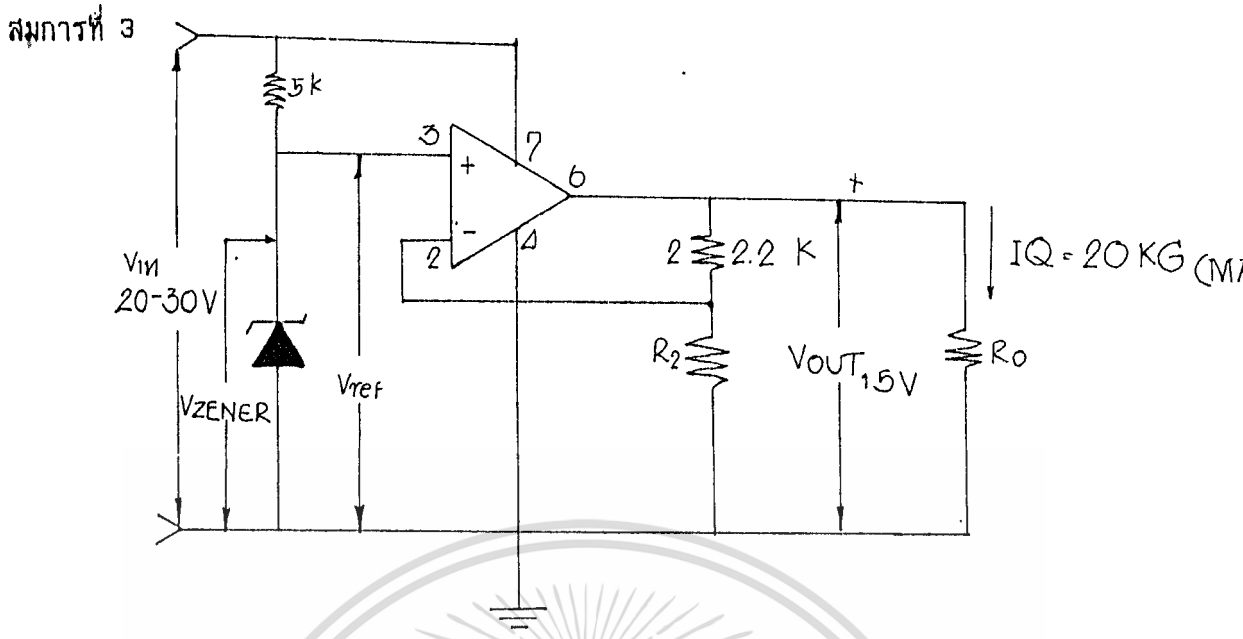
เท่ากับ 525 มิลลิแอมป์ ส่วนค่าของศักดาเอ้าท์พุท V out ยังคงเป็นไปตามสมการที่ 1

ในกรณีที่ต้องการกระแสมากกว่า 500 มิลลิแอมป์ จะได้กระแสเอ้าท์พุท เราสามารถที่จะเพิ่มได้โดยการต่อทรานซิสเตอร์เพิ่มเข้าไปอีกในลักษณะของดาร์ลิงตัน (Darlington) ซึ่งการนำทรานซิสเตอร์มาต่อกันกับดาร์ลิงตันนั้น ผลที่ได้จะเป็นเสมือนทรานซิสเตอร์ตัวเดียว แต่มีค่าของ B หรือ HFE สูงขึ้นคือมีค่า B เท่ากับผลคูณของ B ของทรานซิสเตอร์แต่ละตัวที่ต่อดาร์ลิงตันอยู่ การต่อทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตันสามารถทำได้ 2 วิธีคือ การใช้ตัวทรานซิสเตอร์นิดเดียวกัน (NPN กับ PNP) หรือ (PNP กับ PNP) ดังรูปที่ 7

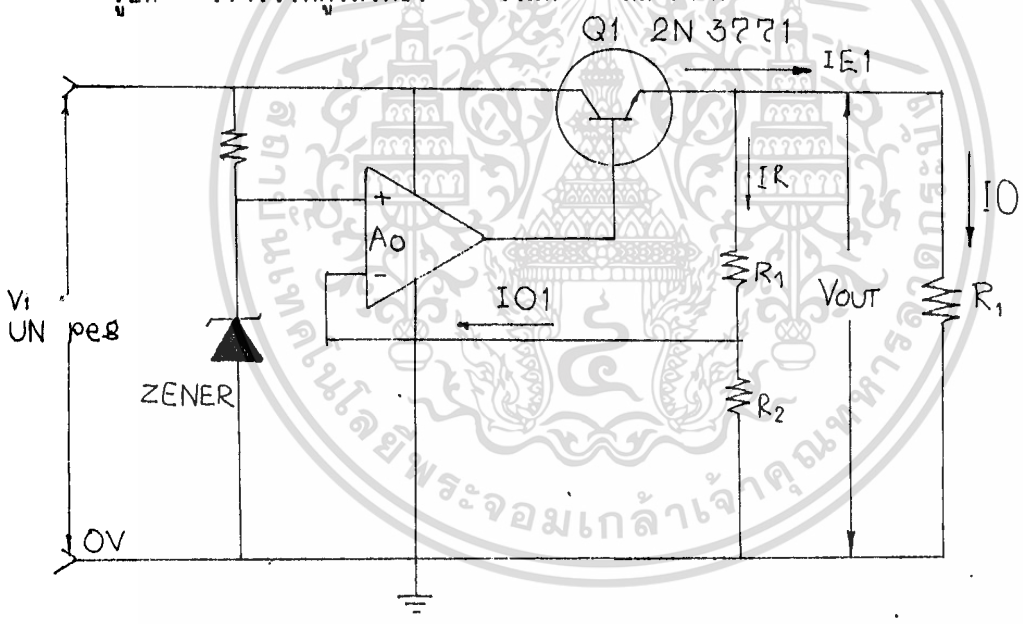
ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตันนี้นิยมใช้กันมากในวงจรที่ต้องการกระแสขับโหลดค่าสูง ๆ เช่น เร็คกูเลเตอร์ วงจรขยายกำลัง วงจรควบคุมมอเตอร์ เป็นต้น และทรานซิสเตอร์บางเบอร์ก็มีโครงสร้างภายในเป็นดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์ ในรูปที่ 8 เป็นตัวอย่างของเร็คกูเลเตอร์ ซึ่งจ่ายกระแสได้สูงถึง 10 แอมป์

ถ้าโหลดเกิดมีการลัดวงจรขึ้น มีวิธีป้องกัน วิธีที่ง่ายที่สุดคือการใช้ฟิวส์ และถ้าหากจะให้แน่ใจก็ควรจะมีวงจรจำกัดกระแสเพื่อป้องกันเอ้าท์พุททรานซิสเตอร์ Q1 พัง ลักษณะของวงจรจำกัดกระแสที่ใช้กันมากจะแสดงในรูปที่ 9 เมื่อมีการลัดวงจรที่เอ้าท์พุทจะทำให้มีกระแสไหลผ่าน Q1 และ RSC มากขึ้นจะทำให้ศักดาที่ตกคร่อม RSC มีค่าสูงขึ้น โดยที่เบสของ Q1 จะเป็นบวกกว่าอีมิตเตอร์ เมื่อศักดาที่ตกคร่อม RSC นี้มีค่าประมาณ 0.7 โวลท์ ก็จะทำให้ Q5 นำกระแสการที่ Q5 นำกระแสจะทำให้กระแสเบสของ Q1 ลดลง กระแสคอลเลคเตอร์ของ Q1 จะลดลงปลอดภัยจากการที่เอ้าท์พุทลัดวงจร กระแสสูงสุดที่วงจรจะจ่ายได้สามารถกำหนดได้จากค่าของ RSC ดังตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 วงจรเร็คกูเลเตอร์ 15 โวลท์ 20 มิลลิแอมป์

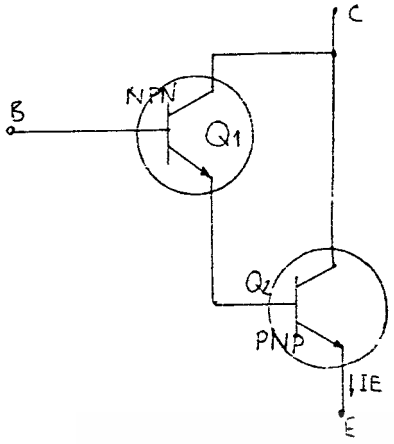


รูปที่ 6 การเพิ่มกระแสเอ้าท์พุท IO โดยการใช้ทรานซิสเตอร์เข้าช่วย

$$RSC = \frac{0.07}{I\ OUT\ (MAX)} \quad .....3$$

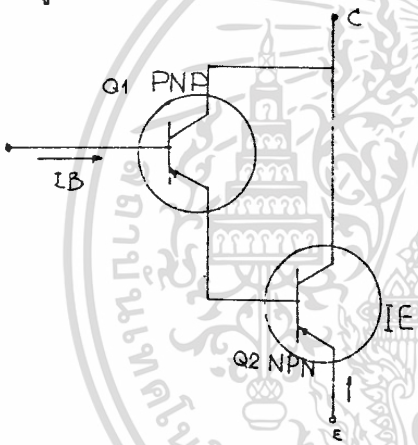
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) ทรานซิสเตอร์ Q1 เป็น NPN จะได้ทรานซิสเตอร์



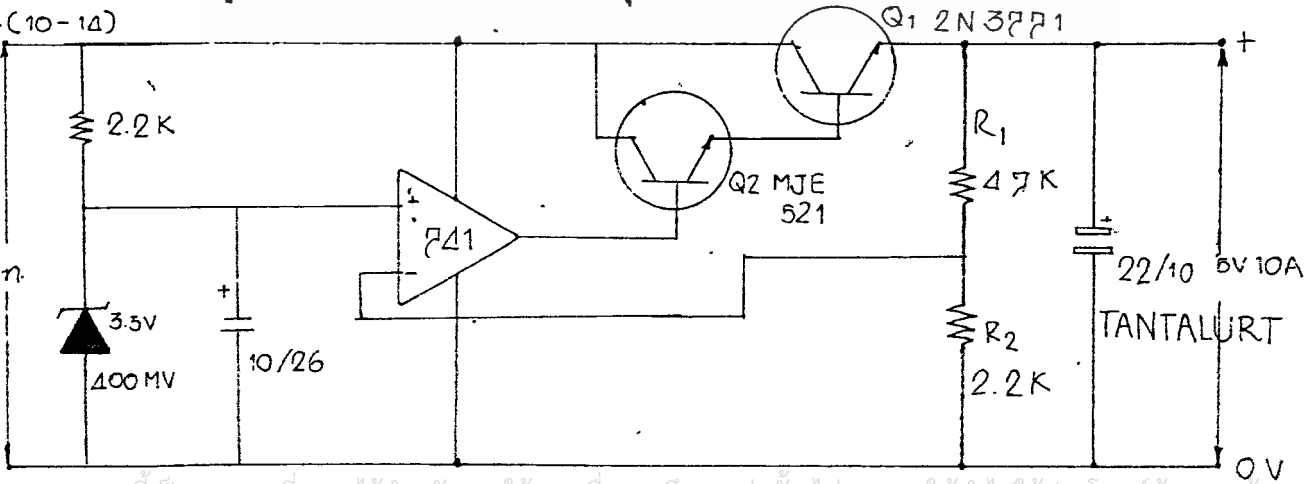
ข) ทรานซิสเตอร์ Q1 เป็น PNP จะได้ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตัน

รูปที่ 7. การต่อทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตัน



รูปที่ 8 5 โวลท์ 10 แอมป์ เร็คกูเลเตอร์

มีวงจรป้องกันแล้ว แต่ทำไมชอร์ตเมื่อไรก็พังเมื่อนั้น สมมุติว่าทรานซิสเตอร์และค่า RSC ของวงจรเป็นดังในรูปที่ 9 ก่อนจะอธิบายว่าเมื่อเอ้าท์พุทลัดวงจรแล้วจะเกิดอะไรขึ้นบ้าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

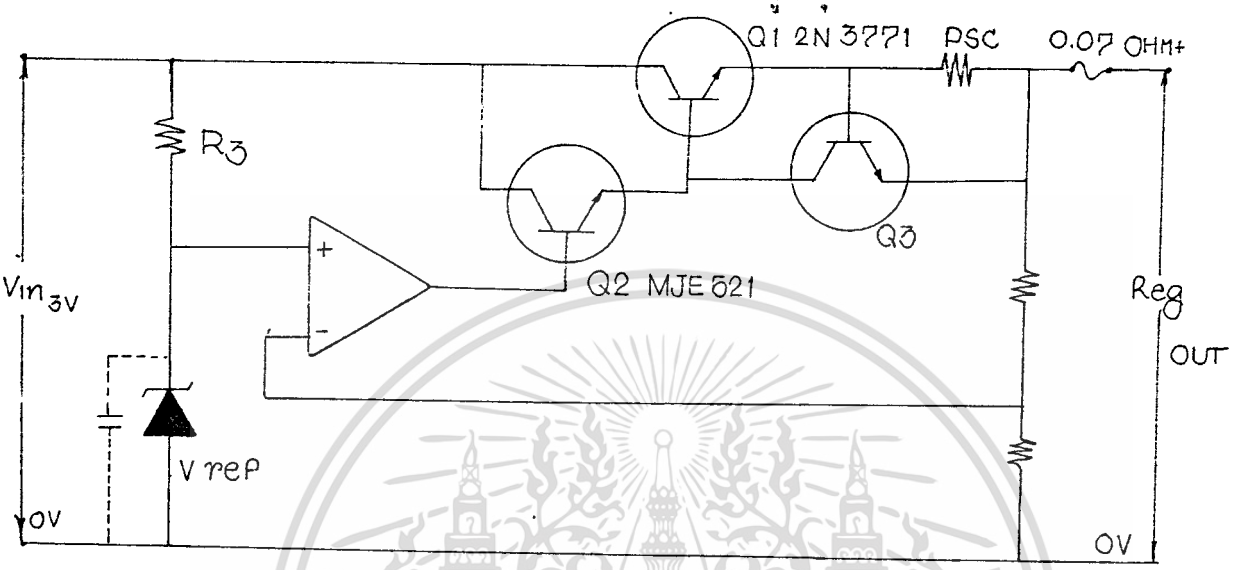
จะขอนำคุณสมบัติของ Q1 มาแสดงให้รู้จักก่อนดังต่อไปนี้

2N 3771

BV ceq 40 โวลท์ (ศักดาเบรคดาวน์ คอล.เลคเตอร์ - อิมิตเตอร์)

Ic max (cont) 30 แอมป์ (กระแสคอล.เลค.เตอร์ต่อเนื่องสูงสุด)

Pd max 150 วัตต์ (กำลังงานที่ทนได้สูงที่สุด)



รูปที่ 9 วงจรเร็คกูเลเตอร์ที่มีวงจรป้องกันการลัดวงจรของเอ้าท์พุท

การที่ทรานซิสเตอร์จะพังได้ต่อเมื่อ

1. ศักดาที่ตกคร่อมที่ขาต่างๆ เกินค่าสูงสุดที่มันจะทนได้ เช่นศักดาระหว่างคอลเลคเตอร์อิมิตเตอร์สูงสุดของ 2N 3771 มีค่า 40 โวลท์

2. กระแสคอลเลคเตอร์ที่ไหลผ่านตัวทรานซิสเตอร์เกินค่าสูงสุดที่จะทนได้ เช่น 30 แอมป์ใน

3. กำลังงานที่เกิดขึ้นที่ตัวทรานซิสเตอร์เกินค่าสูงสุดที่จะทนได้ กำลังงานที่เกิดขึ้นที่ตัวทรานซิสเตอร์ (TRANSI STER DISSIPATION PD) คือผลคูณของศักดาคอลเลคเตอร์ - อิมิตเตอร์กับกระแสคอลเลคเตอร์กำลังงานสูงที่ทรานซิสเตอร์ทนได้นี้จะลดลงเมื่ออุณหภูมิที่รอยต่อสูงขึ้นในรูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ของกำลังงานสูงสุดกับอุณหภูมิที่รอยต่อของ 2N 3771

ในขณะที่มีกระแสไหลผ่านตัวทรานซิสเตอร์ก็จะทำให้อุณหภูมิที่รอยต่อมีค่าสูงขึ้นและจะมีผลทำให้กำลังงานสูงสุดที่ทรานซิสเตอร์จะทนได้มีค่าลดลง เช่น ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 °C 2N 3771 จะทนได้ 150 วัตต์ แต่ที่อุณหภูมิ 100 °C 2N 3771 จะทนเพียง 80 วัตต์ดังนั้นเราจะต้องหาทางที่จะทำให้อุณหภูมิของรอยต่อภายในทรานซิสเตอร์มีค่าน้อย ๆ (ไม่ต่ำกว่า - 55 °C) ถ้าการระบายความร้อนไม่ดีไม่ดีพอก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าสิ่งใดสิ่งหนึ่งใน 3 ข้อที่กล่าวมาข้างต้นเกิดขึ้นเพียงประการเดียวก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้ และสาเหตุที่ทำให้ทรานซิสเตอร์เสียมากที่สุดจะเกิดจาก 3 ข้อ คือ กำลังงานที่เกิดขึ้นที่ตัวทรานซิสเตอร์สูงกว่าค่าที่มันจะทนได้ และกฎ 3 ข้อนี้ครอบคลุมไปถึงสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำทุกชนิด เช่น ไดโอด ไอซี เป็นต้น อะไรเกิดขึ้นมาบ้างในขณะที่เอ้าท์พุทเกิดลัดวงจร เมื่อเอ้าท์พุทลัดวงจรก็จะมีกระแสจำนวนมากไหลผ่าน Q1 ค่าของกระแสที่ไหลในขณะที่ลัดวงจรที่สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3 จะได้

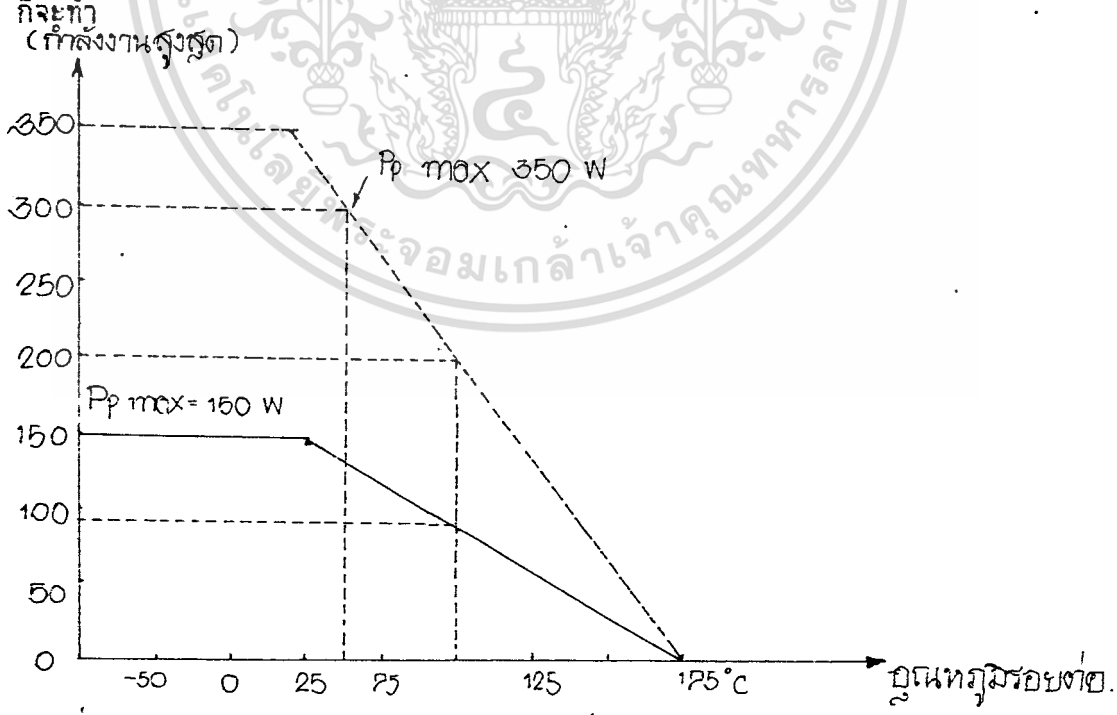
$$I_{OUT\ (MAX)} = 0.7 = 10 \text{ แอมป์แปร์}$$

*****

ในขณะนี้จะมีสิ่งต่อไปนี้เกิดขึ้นกับ Q1 คักดาคอลเลคเตอร์ - อิมิตเตอร์ จะมีค่าเท่ากับศักดาอินพุท (30 โวลท์) ลบด้วยศักดาตกคร่อม RSC (0.7 โวลท์)และศักดาที่ขาอิมิตเตอร์ (0 โวลท์) เนื่องจากเอ้าท์พุทลัดวงจร

$$V_{CE_(Q1)} = V_{IN} - V_{RSC} - V_{OUT} = 29/3 \text{ VOLTS}$$

ซึ่งไม่เกินค่าสูงสุดที่มันจะทนได้ ดังนั้น Q1 ก็จะไม่พังเนื่องจากสาเหตุในข้อ 1 พิจารณาข้อ 2 ต่อมาก็จะพบว่า 2N 3771 ทนได้ถึง 30 แอมป์ กระแสที่ไหลวงจรขณะนี้ประมาณเพียง 10 แอมป์ดังนั้น Q1 ก็จะพบทันทีว่าในขณะนี้กำลังงานที่เกิดขึ้นที่ Q1 จะสูงถึง 293 วัตต์ (29.3 V / 10 แอมป์แปร์) นั่นคือ ทันทีที่เอ้าท์พุทลัดวงจรก็จะมีกำลังงานเกิดขึ้นที่ Q1 ถึง 293 วัตต์ ในขณะที่ Q1 นั้นทนได้สูงสุดเพียง 150 วัตต์ ในไม่ว่า Q1 จะมีแผ่นระบายความร้อนเพียงใดก็ตาม ทรานซิสเตอร์ Q1 ก็จะทำ



รูปที่ 10 คุณสมบัติกำลังงานสูงสุด - อุณหภูมิ ที่รอยต่อของ 2N 3771

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราลองสมมุติต่อไปว่า Q1 สามารถทุ่นกำลังงานได้สูงสุด 350 วัตต์ ดังเส้นประในรูปที่ 10 ถ้าแผ่นระบายความร้อนของ Q1 มีขนาดใหญ่พอที่จะรักษาอุณหภูมิที่มีรอยต่อมิให้เกิน 50 C° Q1 นี้จะมีความสามารถทนกำลังงานได้ 300 วัตต์ Q1 นี้จะปลอดภัย แต่ถ้าแผ่นระบายความร้อนของ Q1 มีขนาดเล็ก เมื่ออุณหภูมิของ Q1 สูงกว่า 50 °C ก็จำทำให้ Q1 ทนกำลังงานสูงสุดได้ค่ากว่า 300 วัตต์ ในขณะที่มีกำลังงานเกิดขึ้นที่ Q1 ประมาณ 300 วัตต์ ก็จะทำให้ Q1 พัง และสำหรับ Q2 และออปแอมป์ก็มีสิทธิที่จะเสียหายในทำนองเดียวกันนี้ได้เหมือนกัน ดังนั้นในเร็คกูเลเตอร์หรือเพาเวอร์แอมป์ที่ดี นอกจากจะต้องมีวงจรป้องกันกระแสไหลเกินเมื่อมีลัดวงจรที่เอ้าท์พุทแล้ว ก็จะต้องมีวงจรป้องกันอุปกรณ์เสียหายเนื่องจากความร้อนด้วย (THEHNING SHUTDOEN)

คุณสมบัติของแปล่งกำเนิดศักดาอ้างอิง .... สิ่งที่ไม่ควรจะมองข้าม จากสมการที่ 1 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า คุณภาพของเอ้าท์พุทนั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของศักดาอ้างอิง VRE) ถ้าศักดาอ้างอิง VREF มีการเปลี่ยนแปลงก็จะทำให้ศักดาที่เอ้าท์พุทเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นแหล่งกำเนิดของศักดาอ้างอิงที่ดีจะต้อง

- มีคุณภาพสูงได้แก่ มีริปเปิ้ลและนอยส์ (NOICE) ต่ำ ๆ
- มีเสถียรภาพสูง คือ ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ

ในวงจรเร็คกูเลเตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์หรือออปแอมป์ มักนิยมใช้ซีเนอร์ไดโอด ซึ่งทำหน้าที่เป็นศักดาอ้างอิง VREF คุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอดนั้น ขึ้นอยู่กับแถบพลังงานภายในของผลึก (ENERGY BAND GAD) ทำให้เรามองเห็นอย่างชัดเจนว่าค่าของแรงดันจะต้องเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิอย่างแน่นอน แต่อย่างไรก็ตามในกรณีของเร็คกูเลเตอร์และอนุกรม ซึ่งพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระแสที่ไหลผ่านตัวไดโอดนั้นจะมีค่าไม่มากนักการเปลี่ยนแปลงของแรงพังเนื่องจากอุแหภูมินั้นอยู่ในขอบเขตที่พอจะยอมรับได้ คุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอดอีกประการหนึ่งที่เราควรจะทราบคือ ในขณะที่ซีเนอร์ไดโอดเบรคดาวน์นั้นจะมีสัญญาณรบกวนขึ้นซึ่งเราเรียกว่า SHOT NOISE ซึ่งจะประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำสารพัดความถี่ตั้งแต่ดีซีไปจนถึงย่านไมโครเวทีเดียว และ SHOT NOISE นี้จะเกิดขึ้นกับสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำทุกชนิดที่มีกระแสไหลข้ามรอยต่อ พี - เอ็น เช่นไดโอด, ทรานซิสเตอร์ ฯลฯ ดังนั้นในวงจรเร็คกูเลเตอร์ หรือวงจรอื่นใดก็ตามที่มีซีเนอร์อยู่ในวงจร ควรจะมีคาปาซีเตอร์คร่อมตัวซีเนอร์ไดโอดนั้นเพื่อเป็นทางให้นอยส์ไหลลงกราวด์ไปได้ ดังเส้นประในรูปที่ 9

เมื่อเรารู้หลักการเบื้องต้นของการเร็คกูเลเตอร์แล้ว เราก็มาดูไอซีเลคกูเลท 3 ขา ซึ่งปัจจุบันนี้เป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เราใช้งานง่ายและราคาถูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอนุกรมของ 78 xx และ 79 xx ดังนั้นถ้าจะกล่าวว่า ไอซีเรคกูเลท 3 ขานี้ คือ ผู้ปฏิบัติโฉมหน้าของวงจรเร็คกูเลเตอร์ในปัจจุบันก็คงจะไม่ผิดความจริงนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

ในการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงชนิดต่าง ๆ โดยเริ่มต้นจากแบบง่าย ๆ ไปถึงแบบที่มีวงจรรักษาระดับแรงดัน ทั้งแบบใช้ทรานซิสเตอร์จนกระทั่งถึงไอซี แหล่งจ่ายมีความสำคัญแค่ไหน? ลองพิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้ดู เช่น แหล่งจ่ายไฟสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งจ่ายกระแสได้น้อยกว่าความต้องการทำให้เกิดแรงดันตกต่ำกว่ามาตรฐาน โดยลดลงจากแรงดันจากแรงดันไฟตรง 5 โวลท์ลงเหลือเพียง 4.1 โวลท์ จะส่งผลให้การทำงานของเครื่องผิดพลาดและการโปรแกรมก็พลอยผิดพลาดไปด้วย ในกรณีอื่นอีกเช่นกัน การระบายความร้อนไม่เพียงพอ ทำให้ทรานซิสเตอร์ที่รักษาระดับแรงดันให้คงที่เกิดการรับวงจร จึงเกิดแรงดันไฟตรง + 8 โวลท์ ขึ้นบนสายจ่ายไฟแรงดัน +5 โวลท์ทำให้อุปกรณ์นั้นเกิดความเสียหายขึ้นมาทันทีนอกเหนือจากเรื่องแรงดันขาออก (OUT PUT) แล้วยังจะต้องพิจารณาถึงค่าการจ่ายกระแสความต้านทานภายใน การรักษาค่าแรงดัน (VOITAGE REGULATION) การส่งผ่านความร้อน ความเชื่อถือของตัวอุปกรณ์และความไวต่อการเสียหาย และบางครั้งอาจจะต้องพิจารณาคุณสมบัติในเรื่อง การลดสัญญาณรบกวนทรานเซี้ยนต์ (TRANSIENT) การป้องกันค่าแรงดันเกิน วงจรกำจัดกระแสขาออก และการตรวจจับแรงดันขาออกของแหล่งจ่ายไฟกระแสสูงที่ติดตั้งไกล ๆ กับอุปกรณ์ที่ใช้มันอยู่ แบบในระยะไกล (REMOTE SENSING)

อุปกรณ์ที่ใช้ในแหล่งจ่ายไฟ

อุปกรณ์ที่เป็นหลักใหญ่ในแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแรงดันต่ำ ได้แก่ หม้อแปลงไฟฟ้า ตัวเรียงกระแส (RECTIFIER) วงจรกรองกระแส (FILTER) และวงจรเพิ่มเติม เช่น วงจรรักษาระดับแรงดัน วงจรลดทรานเซียนต์ วงจรจำกัดกระแส วงจรป้องกันแรงดันเกิน และหรือตัวแสดงสถานะต่างๆ หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นตัวเปลี่ยนแรงดันและกระแส หน้าที่หลักของหม้อแปลงก็คือ การเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูงตามบ้าน ลงมาเป็นระดับแรงดันที่เหมาะสมกับอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ที่ใช้งาน ส่วนหน้าที่อย่างที่สองก็คือ เป็นตัวแยก (ISOLATION) ระหว่างอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์กับแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ หม้อแปลงไฟฟ้าประกอบไปด้วย ขดลวด 2 ขดหรือมากกว่า พันอยู่รอบแกนเหล็กผสม (ส่วนใหญ่) แกนเดียวกันในรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบมาตราฐาน ซึ่งประกอบด้วยขดลวด 2 ขด ขดปฐมภูมิ (PRIMARY) และขดทุติยภูมิ (SECONDARY) ถูกแยกออกจากกันทางไฟฟ้า

ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของกระแสและแรงดัน ระหว่างขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิมีดังนี้

$$VP / IS = IS / IP \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

ซึ่ง VP เป็นแรงดันที่ป้อนให้กับขาดปฐมภูมิ, VS เป็นแรงดันที่ปรากฏขึ้นคร่อมขดทุติยภูมิ, IP เป็นกระแสที่ไหลในขดปฐมภูมิและ IS เป็นกระแสที่ถูกดึงจากขดทุติยภูมิ เราสามารถเขียนสมการที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ใหม่ ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์กว่าดังนี้

$$VP / VS = IS / IP \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

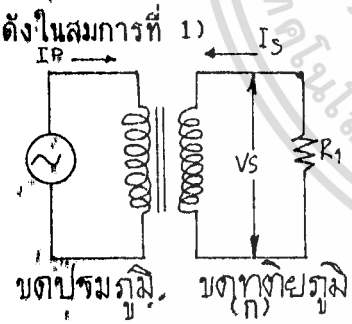
แทนที่เราจะมองถึงความเท่ากันของสมการที่ 1 เราจะพบว่าในสมการที่ 2 นี้ อัตราส่วนระหว่างแรงดันและกระแสเป็นสัดส่วนกับซึ่งกันและกัน อัตราส่วนของแรงดันจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของจำนวนรอบของหม้อแปลงไฟฟ้า โดยมีความสัมพันธ์กันตามสมการข่างล่างนี้

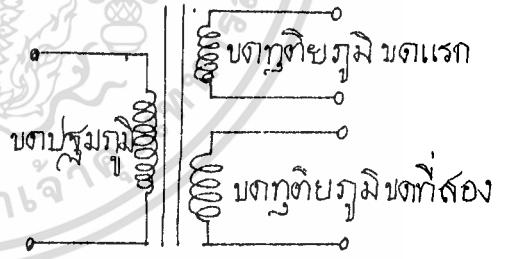
$$VP / VS = NP / NS \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

เมื่อ NP และ NS เป็นจำนวนรอบของขดทุติยภูมิและปฐมภูมิและปฐมภูมิตามลำดับ ส่วน VP และ VS ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น ถ้าไม่ได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่นอัตราค่าแรงดันทางไฟฟ้า จะเป็รค่าเฉลี่ยยกกำลังสองถอดราก (ROOT MEAN = SQUARE: RMS) ดังนั้นหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 6.3 โวลท์ จะผลิตแรงดันยอด (PEAK) เท่ากับ 1.414 เท่าของค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสหรือแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 6.3 โวลท์ จะผลิตแรงดันยอดได้ถึง 8.9 โวลท์

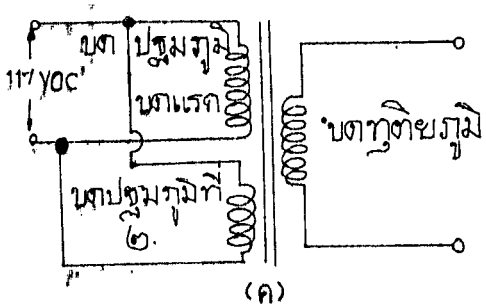
<u>อัตราทนกำลังแบบแรงดันกระแส</u> (VOLT-AMPERE RATING)

อัตราการทนกำลังหลักของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง ได้แก่ อัตราทนกำลังแบบแรงดัน - กระแส หรือวีเอ (VA) อัตราทนกำลังวีเอตามพื้นฐานทั่วไปจะบอกให้เราทราบว่า หม้อแปลงไฟฟ้าตัวนั้นสามารถจ่ายกำลังได้มากน้อยเพียงใด หม้อแปลงไฟฟ้าจัดว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงมาก (96 - 99 %) ดังนั้นอัตราทนกำลังวีเอทางด้านขดปฐมภูมิจะถูกพิจารณาว่า เท่ากับอัตราทนกำลังวีเอทางด้านขดทุติยภูมิ (ดังในสมการที่ 1)

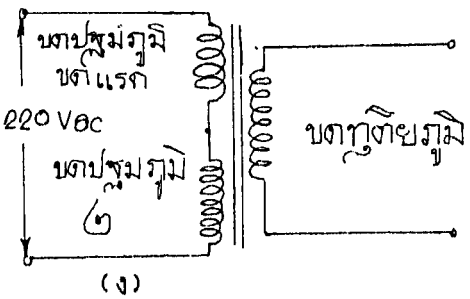




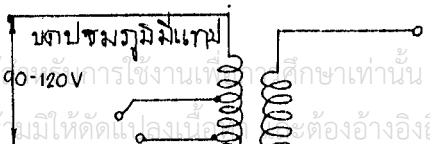
(ข)



(ค)



(ง)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 แสดงถึงวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบทั่วไป โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ คือ

ก) แบบใช้ขดลวด 2 ขด

ข) แบบที่มีขดทุติยภูมิหลายขด ใช้ในอุปกรณ์ที่ใช้หลอดสูญญากาศและแหล่งจ่ายไฟที่ต้องการแยกสายเดิน

ค) แบบที่มีขดปฐมภูมิหลายขด ซึ่งเมื่อต่อขนานกันจะสามารถใช้กับระบบไฟ 117 โวลท์

ง) เมื่อต่อกันแบบอนุกรม จะสามารถใช้กับระบบไฟ 220 โวลท์

จ) หม้อแปลงไฟฟ้าแบบขดปฐมภูมิมีแทปแยกออกมาหลายแทป ซึ่งสามารถใช้กับระบบไฟได้หลายระบบ โดยการเลือกต่อขดลวดที่เหมาะสมเข้ากับระบบไฟให้ถูกต้อง

สำหรับกรณีส่วนใหญ่แล้ว อัตราทนกำลังวีเอทางด้านขดปฐมภูมินับว่ามีความสำคัญมากกว่าทั้งนี้เนื่องมาจากขดปฐมภูมิจะอยู่ข้างในสุด และอยู่ใกล้กับแกนมากที่สุด ดังนั้นขอปฐมภูมจึงได้รับการระบายความร้อนจากสภาพแวดล้อมได้น้อยกว่า จึงไม่เป็นการปลอดภัยที่จะใช้งานที่อัตราทนกำลังวีเอสูงกว่าขดของปฐมภูมิ หม้อแปลงไฟฟ้า มีคุณลักษณะหลายแบบนอกเหนือจากแบบพื้นฐานที่แสดงในรูปที่ 1 - ก หม้อแปลงไฟฟ้าแบบอื่น ๆ จะแสดงให้เห็นในรูปที่ 1 - ข ถึง 1 - จ

การเรียงกระแส (RECTIFIERS)

วงจรอิเลคทรอนิคส์ส่วนใหญ่แล้วจะไม่ทำงานโดยใช้กระแสไฟสลับบ่อยนักโดยมากจะจำกัดให้ใช้งานกับไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น คุณสมบัติหลักของกระแสตรงคือมีขั้วเดียวแน่นอน นั่นคือกระแสจะไหลในทิศทางเดียวเท่านั้นวงจรเรียงกระแส เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ยอมให้กระแสไหลผ่านตัวมันเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น เปรียบเหมือนวงจรเรียงกระแสเป็นตัวปิดเปิดทางเดียว หรือสวิทย์ทางเดียวสำหรับกระแสไฟฟ้า ทั้งหลอดสูญญากาศและไดโอดที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ ถูกใช้เป็นวงจรเรียงกระแส

ในการอธิบายสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้เริ่มแรกเราจะกำหนดให้ขั้วหนึ่งของแบตเตอรี่เป็นขั้วบวกส่วนอีกขั้วหนึ่งเป็นขั้วลบ โดยไม่จำเป็นต้องรู้ถึงฟิสิกส์ของอะตอมและอิเลคตรอน การเลือกทฤษฎีหนึ่งมาใช้อธิบายย่อมมีโอกาศถูกและผิดเท่า ๆ กัน เราอาจจะผิดพลาดได้เช่นหากเราเลือกทฤษฎีผิด โดยที่กระแสจะไหลจากขั้วบวกไปขั้วลบและอิเลคตรอนจะไหลจากขั้วลบไปขั้วบวกสัญญลักษณ์ของไดโอดนั้นด้านหัวลูกศรจะชี้ไปในทิศทางการไหลของกระแสเพียงแต่จำสิ่งนี้ไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

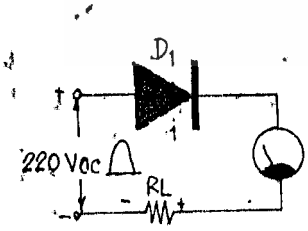
ในรูปที่ 2-ก แสดงวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดอย่างง่าย ๆ เมื่อขั้วของไฟกระแสสลับที่ขั้วแอโนดของตัวเรียงกระแสเป็นบวก (รูปที่ 2-ก) จะทำให้ไดโอดได้รับไบอัสตรง (FORWARD BIAS) ดังนั้นจะมีกระแสไหล สำหรับครึ่งไซเกิ้ลลบของไฟกระแสสลับ ขั้วแอโนดของวงจรเรียงกระแสจะเป็นลบ (รูปที่ 2-ข) ทำให้ไดโอดได้รับไบอัสกลับ (REVERSE VIAS) ภายใต้เงื่อนไขนี้จะไม่มีกระแสไหลเพราะว่าไดโอดจะถูกตัดวงจรออกเปรียบเหมือนวงจรปิด

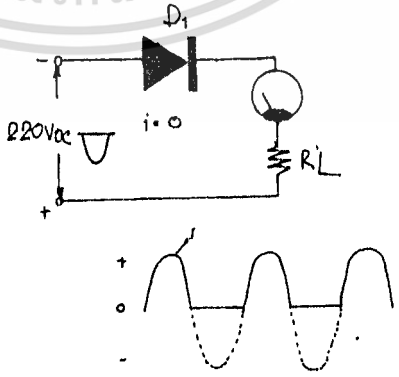
ผลของการเรียงกระแสโดยไดโอดแสดงให้เห็นในรูป 2-ค เนื่องจากมีเพียงครึ่งไซเกิ้ลของรูปคลื่นไฟกระแสสลับที่ทำให้เกิดกระแสไหล วงจรในรูปที่ 2-ก และ 2-ข เรียกว่า วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น เนื่องจากรูปคลื่นขาออกของวงจรเรียงกระแส ประกอบด้วยพัลซ์ของกระแสเพียงทิศทางเดียว ซึ่งเรียกกันว่า ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระเพื่อม (PULSATING DC) ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระเพื่อมนี้ไม่ค่อยมีประโยชน์เท่าใดนักในวงจรส่วนใหญ่ มันจะต้องถูกกรองเพื่อให้เกิดแรงดันกระแสตรงที่บริสิทธิ์ (หรือเกือบบริสุทธิ์) ซึ่งจะไหลอย่างสม่ำเสมอ เมื่อวัดด้วยโวลท์มิเตอร์

วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นไม่ค่อยมีประสิทธิภาพเท่าใดนัก ทั้งยังมีปัญหากับการกรองกระแสอีกด้วย หม้อแปลงที่ใช้ในวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นโดยทั่วไปแล้ว จะต้องมีค่าอัตราการทนวิเอทางด้านขดปฐมภูมิ อย่างน้อยสูงกว่า 40 % ของค่าความต่างศักย์แบบอาร์เอ็มเอสที่ป้อนเข้าไป โดยค่าริปเปิ้ล (RIPPLE) หรือระดับความกระเพื่อม หรือความผิดไปจากกระแสตรงบริสิทธิ์เท่ากับ 120 %

<u>การเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น</u> (FULL WAVE FECTIFICATION)

วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นแสดงให้เห็นรูป 3-ก โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแบบพิเศษที่มีแทปกลาง (CENTER-TAPPED) ของขดทุติยภูมิ เมื่อเริ่มไซเกิ้ลใด ๆ ด้านปลายด้านหนึ่งของขดทุติยภูมิจะเป็นขั้วบวก ส่วนอีกด้านหนึ่งจะเป็นขั้วลบ ค่าความต่างศักย์ที่แทปกลางเป็นขั้วร่วมค่าความต่างศักย์ที่จุด A และ B จะมีค่าเท่ากันใน





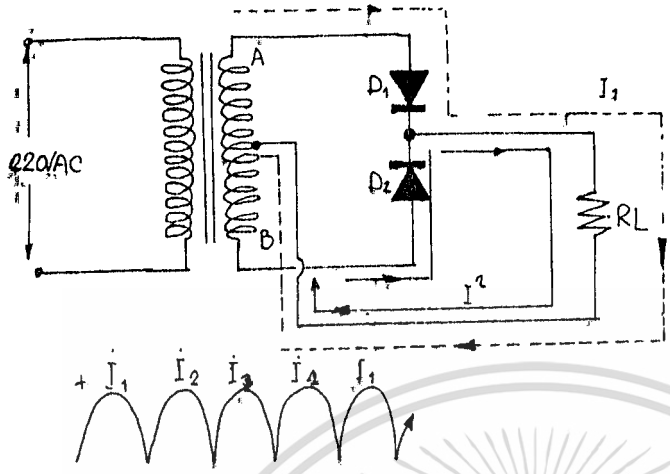
รูปที่2 แสดงลักษณะการทำงานของไดโอดสำหรับ วงจรของระดับไฟกระแสสลับที่ป้อนให้กับวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) แสดงเมื่อมีกระแสไหล

ข) เมื่อกระแสไม่ไหล

ค) เป็นกราฟแสดงกระแส



รูปที่ 3 เป็นวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

ก) แสดงเมื่อกระแสไหลจากทั้งสองครึ่งของระดับแรงดันไฟกระแสสลับ

ข) แสดงรูปคลื่นของกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่เป็นโหลด

เรียงขนาดแต่จะมีขั้วตรงข้าม

สำหรับครึ่งไซเกิลหนึ่งของไฟกระแสสลับที่เข้ามา จุด A จะมีค่าเป็นบวกเมื่อเทียบกับแทปกลาง ขณะที่จุด B มีค่าเป็นลบ ภายใต้สภาวะนี้ไดโอด D_1 จะได้รับไบอัสตรง และ D_2 จะได้รับไบอัสกลับ กระแสจะไหลออกจากหม้อแปลงไฟฟ้าจากจุด A ผ่านไดโอด D_1 ตัวต้านทานที่เป็นโหลด R_L แล้วจึงกลับเข้าสู่หม้อแปลงไฟฟ้าอีกครั้งทางแทปกลาง ให้สังเกตถึงทิศทางของกระแสที่ไหลผ่าน R_L เมื่อไดโอด D_2 นำกระแสสำหรับครึ่งไซเกิลบวก

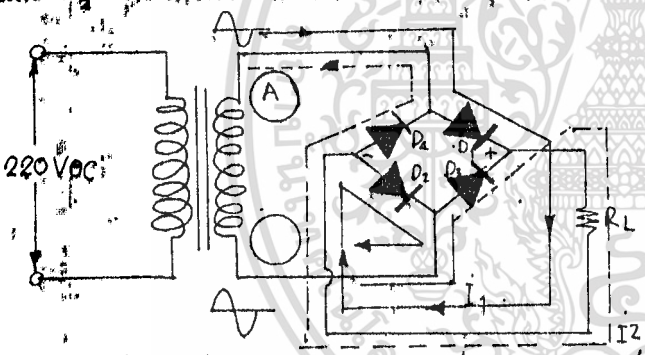
ในครึ่งไซเกิลที่สอง ขั้วของขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าจะมีขั้วตรงกันข้าม ภายใต้สภาวะไดโอด D_1 จะได้รับไบอัสกลับ และไดโอด D_2 จะได้รับไบอัสตรง กระแสจะไหลออกจากจุด B ผ่านไดโอด D_2 ไปยังตัวต้านทาน R_L และไหลกลับเข้าสู่ขดทุติยภูมิอีกครั้งทางแทปกลาง สิ่งสำคัญที่น่าสังเกตก็คือ กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่เป็นโหลด R_L จะไหลในทิศทางเดียวกันกับสำหรับทุกไซเกิลของไฟกระแสสลับซึ่งการกระทำเช่นนี้จะก่อให้เกิดรูปคลื่น ดังแสดงในรูป 3-ข โดยรูปคลื่นของกระแสที่มีส่วนโค้งสองอันคู่จะง่ายต่อการกรองกระแส และมีประสิทธิภาพดีกว่ารูปคลื่น จากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น โดยค่าริปเปิ้ลเท่ากับ 48% ในขณะที่ค่าความถี่ริปเปิ้ลนี้ จะมีค่าเป็น 2 เท่าของความถี่ไฟสลับที่ใช้ ค่าความต่างศักย์เฉลี่ยของไฟออกที่ไม่ได้กรองกระแส จะมีค่าประมาณ 90% ของค่าความต่างศักย์อาร์อาเอ็มเอสที่ป้อนเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเรียงกระแสแบบบริดจ์ (BRIDGE RECTIFIER)

การจัดวงจรสำหรับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นในรูปแบบอื่น ๆ แสดงให้เห็นในรูปที่ 4 วงจรนี้ เรียกว่าวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ ซึ่งประกอบด้วยไดโอด 4 ตัว ในวงจรบริดจ์นี้ไม่ต้องการหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขดทุติยภูมิแบบมีแทปกลาง ซึ่งก็เหมือน ๆ กับหม้อแปลงไฟฟ้าทั่ว ๆ ไป ขั้วของด้านปลายของขดทุติยภูมิจะมีขั้วตรงกันข้ามกันเสมอ ดังนั้นในแต่ละครึ่งไซเกิ้ล ไดโอด 2 ตัวจะได้รับไบอัสกลับหรืออาจจะพูดได้ว่าไดโอดทำหน้าที่เป็นแทปกลาง ในครึ่งไซเกิ้ลแรก แรงดันที่จุด A จะมีค่าเป็นบวกเมื่อเทียบกับจุด B ดังนั้นไดโอด D_1 และ D_2 จะได้รับไบอัสตรง ในขณะที่ไดโอด D_3 และ D_4 ได้รับไบอัสกลับ กระแสจะไหลออกจากหม้อแปลงไฟฟ้าที่จุด A ผ่านไดโอด D_1 ตัวต้านทานที่เป็นโหลด R_L ไดโอด D_2 แล้วจึงไหลกลับเข้าสู่ขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าที่จุด B

ในครึ่งไซเกิ้ลที่สอง ขั้วของกระแสไฟสลับจะเปลี่ยนไปเป็นตรงกันข้ามทำให้จุด A มีขั้วเป็นลบ และจุด B มีขั้วเป็นบวก ภายใต้สภาวะนี้ ไดโอด D_3 และ D_4 จะได้รับไบอัสตรง ส่วนไดโอด D_1 และ D_2 จะได้รับไบอัสกลับกระแสจะไหลผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าที่จุด B ผ่านไดโอด D_3, R_L และ D_4



รูปที่ 4 เป็นวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ จะให้ลักษณะการเรียงกระแสเช่นเดียวกันในรูปที่ 3 แต่ไม่ต้องการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแบบที่มีแทป

แล้วจึงไหลกลับเข้าสู่หม้อแปลงไฟฟ้าทางจุด A และเช่นเดียวกับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นทั่ว ๆ ไป ทิศทางการไหลของกระแสในตัวต้านทานที่เป็นโหลดจะมีทิศทางเดียวกันทั้งสองครึ่งไซเกิ้ลของไฟกระแสสลับ (ดังแสดงในรูปที่ 3 (ข)) ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระเพื่อมที่ผลิตได้จากวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์นี้ยังไม่ค่อยจะมีประโยชน์เท่าใดนักในวงจรอิเล็คทรอนิคส์ส่วนใหญ่ ในการผลิตไฟฟ้ากระแสแบบบริสุทธิ์จากไฟฟ้าออกของวงจรเรียงกระแส จะต้องใช้วงจรกรองกระแส วงจรกรองกระแสในรูปแบบที่ง่ายที่สุด ได้แก่ การต่อตัวเก็บประจุตัวเดียวขนานคร่อมตัวต้านทานที่เป็นโหลด ดังแสดงในรูปที่ 5 การทำงานของวงจรกรองกระแส จะได้กล่าวต่อไปแต่จะร่วมอยู่ในที่นี้ด้วย เนื่องจากตัวเก็บประจุที่ใช้ในการกรองกระแส (C1) จะถูกประจุไฟให้มีค่าถึงค่ายอดของรูปคลื่นไฟกระแสสลับ ซึ่งหมายถึงว่า (แรงดันขาออกของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ภายใต้สภาวะไม่มีโหลดเท่ากับ 1.414 แรงดัน (อาร์ เอ็ม เอส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราทนกำลังของวงจรเรียงกระแส (RECTIFIER RATING)

มีคุณสมบัติหลักอยู่ 4 อย่างที่ใช้กับวงจรเรียงแระแส ได้แก่ ค่ากระแสกระชาก (SURGE CURRENT) กระแสรั่วไหล (LEAKAGE CURRENT) กระแสที่ไหลในทิศทางตรง (PEAK INVERSE VOLTAGE) และแรงย้อนกลับสูงสุด (PEAK INVERSE VOLTOE : PIT) สำหรับคุณสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้สองอย่างเป็นสิ่งที่มีความสำคัญสูง กระแสกระชากเป็นค่ากระแสสูงสุดในช่วงระยะสั้น ๆ โดยทั่วๆ ไปจะกำหนดจากไซเกิ้ลของไฟ กระแสสลับ (1/50 วินาที หรือ 20 มิลลิวินาที) กระแสจำนวนนี้จะมีค่าสูงกว่าและไม่ใช่กระแสในตอนปฏิบัติงาน กระแสรั่วไหล เป็นค่ากระแสที่ไหลเมื่อไดโอดในวงจรเรียงกระแสได้รับไบอัสกลับซึ่งค่านี้โดยทั่วไปแล้วมีค่าน้อยมากเท่าใดก็จะดีมากเท่านั้น กระแสที่ไหลในทิศทางเดียวกัน เป็นค่ากระแสสูงสุดที่ไดโอดนั้นทนได้โดยไม่เกิดความเสียหาย จากค่าคุณสมบัติที่ระบุในหนังสือแสดงคุณสมบัติของไดโอดค่ากระแสที่กล่าวถึงก็เป็นกระแสที่ไหลในทิศทางตรง ในการเขียนคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับกระแสที่ไหลในทิศทางตรงผู้ผลิตบางแห่งจะกำหนดอัตราทนกำลังของไดโอด เท่ากับ 1.5 ถึง 2 เท่าของดัตรากระแสที่ใช้งานจริง เนื่องจากใช้งานเป็นช่วง ๆ ภายใต้การกำหนดของไอซีเอเอส (ICAS ; INTERMITTANT COMMERCIAL AND AMATEUR SERVICE CODE) แทนเงื่อนไขการใช้งานแบบต่อเนื่องภายใต้กำหนดของ ซีซีเอส (CCS ; CONTINUOUS COMMERCIAL SERVICE CODE)

โดยทั่ว ๆ ไปมันเป็นการดีที่สุดในการเลือกวงจรเรียงกระแสโดยมีอัตรากระแสที่ไหลในทิศทางตรงเป็นสองเท่าของค่ากระแสเฉลี่ยที่คาดไว้ สำหรับวงจรเรียงกระแสที่ไม่แน่นอนเหล่าที่ผู้ออกแบบจะต้องคูณด้วยอัตราทนกำลัง (DERATING FACTOR) เข้าอีก 1 ใน 4 ถึง 1 ใน 3

ค่าทนแรงดันย้อนกลับสูงสุด (PIV) หรือเรียกอีกอย่างว่าค่าแรงดันไบอัสกลับสูงสุด (PEAK-REVERSE VOLTAGE ; PRV) เป็นค่าความต่างศักย์ในการไบอัสกลับสูงสุดที่เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาขึ้นกับนักออกแบบแหล่งจ่ายไฟ เมื่อใดก็ตามที่แหล่งจ่ายไฟทำให้ไดโอดเสียหายบ่อย ๆ มันก็เป็นการแน่ใจได้ว่าสาเหตุมาจากอัตราการทนแรงดันย้อนกลับสูงสุดนั้นไม่เพียงพอ

นักออกอบบบางคนลืมสำนึกถึงค่าแรงดันไบอัสกลับที่เป็นจริง ในวงจรกรองกระแสของแหล่งจ่ายไฟ สำหรับครึ่งไซเกิ้ลหนึ่ง ๆ ไดโอดจะได้รับไบแอสตรงและมีกระแสไหล ในครึ่งไซเกิ้ลนั้นตัวเก็บประจุสำหรับกรองกระแส (C_1 ในรูปที่ 5) จะประจุจนมีระดับแรงดันบวกสูงสุด (เท่ากับ 1.414 * แรงดันอาร์เอ็มเอส) แรงดันที่ประจุนี้จะยังคงอยู่บน C_1 สำหรับครึ่งไซเกิ้ลต่อไประดับแรงดันไฟสลับกับวงจรเรียงกระแส จนถึงค่าแรงดันที่เป็นลบสูงสุด (เท่ากับ 1.414 * แรงดันอาร์เอ็มเอส) ระดับความต่างศักย์นี้จะถูกรวมเข้ากับแรงดันจากตัวเก็บประจุ ทำให้ค่าแรงดันย้อนกลับสูงสุดจริง ๆ เป็น 2

ในระหว่างระดับแรงดันขาออกของวงจรเรียงกระแสกำลังเพิ่มขึ้น ตัวเก็บประจุ C_1 จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับกรจรประจุในรูปที่ 6 หลังจากที่ระดับแรงดันสูงสุดได้ผ่านพ้นไปโดยระดับแรงดันที่ผ่านจากการเรียงกระแสเริ่มลดลง และมาถึงจุดที่มีความต่างศักย์ของมันลดลงต่ำกว่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุสำหรับกรองกระแส C_1 ที่ระยะเวลานั้นประจุที่เก็บไว้ในตัวเก็บประจุจะเริ่มปลดปล่อยเข้าสู่โหลด R_L ซึ่งการกระทำนี้จะมีผลในการเติมเข้าไปในช่องว่างระหว่างยอดคลื่น (ส่วนที่แลเงาในรูปที่ 6) เป็นการเพิ่มระดับแรงดันเฉลี่ยขาออกให้ใกล้เคียงกับค่าแรงดันสูงสุด (VP) ความลาดชันของการคายประจุดังแสดงในรูปที่ 6 จะแสดงให้เห็นถึงกระแสที่ถูกดึงออกจากตัวเก็บประจุที่ใช้กรองกระแส ในระหว่างที่ระดับแรงดันขาออกของวงจรเรียงกระแสต่ำกว่าระดับแรงดันของตัวเก็บประจุ ความสามารถของวงจรกรองกระแสที่จะทำให้ระดับแรงดันขาออกเรียบ (ลดความลาดชันของเส้นกราฟในแนวระดับในรูปที่ 6) นั้นขึ้นอยู่กับทั้ง R_L และ C_1 และแสดงค่าให้เห็นโดยตัวประกอบริปเปิ้ลที่ไม่มีหน่วย (RIPPLE FACTOR: R.F)

$$R.F. = V_R/V \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

โดย R.F. เป็นตัวประกอบริปเปิ้ล (ไม่มีหน่วย) , V_R เป็นความสูงของค่าริปเปิ้ลเมื่อไม่ได้ต่อ C_1 และ V เป็นระดับแรงดันขาออกเฉลี่ยเมื่อมี C_1 ในวงจร ในสมการที่ (4) สามารถแทนที่ด้วยรูปแบบที่เป็นประโยชน์มากกว่าคือ

$$R.F. = 1/3.46 \; FR_L C_1 \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

เมื่อ F เป็นความถี่ริปเปิ้ลมีค่าเป็นเฮิรต์, R_L เป็นค่าความต้านทานของโหลด มีค่าเป็นโอห์ม และ C_1 เป็นค่าความจุมีหน่วยเป็นฟารัด (R_L หาได้จากระดับแรงดันขาออกหารด้วยกระแสขาออกหรือ VO/IO) สำหรับในเมืองไทยนั้นความถี่ของไฟกระแสสลับตามบ้าน ได้แก่เท่ากับ เฮอร์ซ ดังนั้นค่าความถี่ริปเปิ้ลของแหล่งจ่ายไฟเท่ากับ 50 เฮอร์ซ เมื่อใช้การเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น และ 100 เฮอร์ซเมื่อใช้การเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ดังนั้นเราสามารถเขียนรูปแบบทั่ว ๆ ไปของสมการให้อยู่ในรูปแบบเฉพาะดังนี้ สำหรับวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

$$R.F. = 1/173 \; R_L C1 \quad \ldots\ldots\ldots (6)$$

<u>สำหรับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น</u> $R.F. = 1/346 \; R_L C1 \quad \ldots\ldots\ldots (7)$

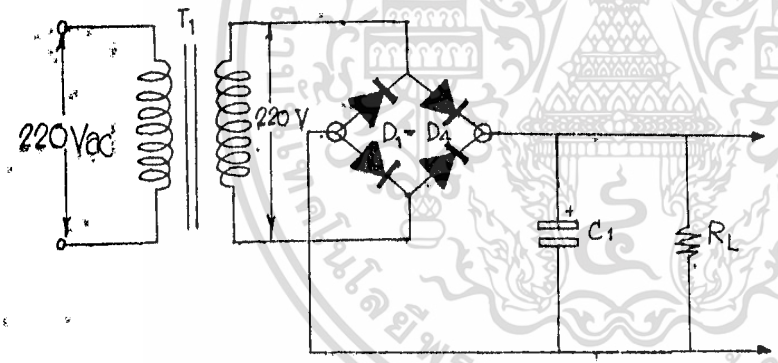
ตัวอย่างการคำนวณหาค่าตัวประกอบริปเปิ้ล จงคำนวณค่าตัวประกอบริปเปิ้ล (% R.F.) ของแหล่งจ่ายไฟตรง แรงดัน 12 โวลท์ 2 แอมป์แปร์ ซึ่งใช้ในวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น และตัวเก็บประจุในวงจรกรองกระแสขนาด 1,000 ไมโครฟารัด (ค่าความถี่ไฟบ้านเท่ากับ 50 เฮอร์ซ) เราเท่าของค่าแรงดันยอดตามปกติ (เท่ากับ * 1.414 แรงดันอาร์เอ็มเอส = 2.03 เท่าของแรงดันอาร์เอ็มเอส) มันเป็นที่เหมาะสมในการใช้ไดโอดที่มีค่าการทนแรงดันย้อนกลับสูงสุด 1000 โวลท์สำหรับงานทั่วด้านแรงดันต่ำ (ต่ำกว่า 165 โวลท์) ในย่านกระแสต่ำถึงปานกลาง 1 ถึง 3 แอมป์ ซึ่งไดโอดเมอร์ 1 N4007 มีค่าการทนแรงดันย้อนกลับสูงสุด 100 โวลท์. ที่กระแส 1 แอมป์ เป็นเบอร์ที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาถูกและหาได้ง่าย เมื่อจะติดตั้งแหล่งจ่ายไฟตรงจะต้องแน่ใจว่าได้ติดตั้งวงจรเรียงกระแสในที่มีการระบายอากาศได้ดี วงจรเรียงกระแสจะกำเนิดความร้อนขึ้น จึงต้องการระบายอากาศที่ดีวงจรเรียงเรียงกระแสแบบที่ยึดติดกับแผ่นระบายความร้อนมักจะต้องการแผ่นระบายความร้อนที่มีขนาดใหญ่เพียงพอ สำหรับวงจรเรียงกระแสแบบที่มีขาออกมาในแนวยาว (AXIAL-LEAD RECTIFIERS) ควรจะติดตั้งห่างจากวงจรพิมพ์และวงจรเรียงกระแสตัวอื่นอย่างต่ำ 1/8 นิ้ว และเว้นระยะขาให้เหลืออยู่บนวงจรแผ่นพิมพ์แต่ละข้าง 0.4 นิ้ว นอกจากนี้ไม่ควรติดตั้งวงจรเรียงกระแสใกล้เคียงกับอุปกรณ์ที่ไวต่อความร้อน เช่น พาวเวอร์แอมป์ วงจรออสซิเลเตอร์และทรานซิสเตอร์

วงจรเรียงกระแส

หน้าที่ของวงจรกรองกระแสในแหล่งจ่ายไฟคือ ทำให้รูปคลื่นของไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระเพื่อมนี้ราบเรียบขึ้น และทำให้ใกล้เคียงกับไฟฟ้ากระแสตรงบริสุทธิ์เท่าที่จะทำได้ มีวงจรอิเลคทรอนิคส์เพียงไม่กี่วงจร ที่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงที่ไม่ผ่านการกรองกระแส วงจรกรองกระแสที่ง่ายที่สุดได้แก่ การต่อตัวเก็บประจุขนานกับทางออกของวงจรเรียงกระแสและโหลด วงจรกรองกระแสแบบนี้เรียกว่า "วงจรกรองกระแสแบบบังคับ" (BRUTE-FORCE FILTER) ตัวอย่างจะแสดงให้เห็นในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตัวเก็บประจุ C_1 จะทำหน้าที่กรองกระแสเพื่อให้แรงดันไฟตกคร่อม R_L อยู่ตลอดเวลา

จะใช้สมการที่ 7 ในการคำนวณ อย่างไรก็ตามเราจะต้องคำนวณหาค่าความต้านทานที่เป็นโหลดจาก

$$R_L = V_o / I_o$$
$$= 12/2$$
$$= 6$$

ดังนั้น

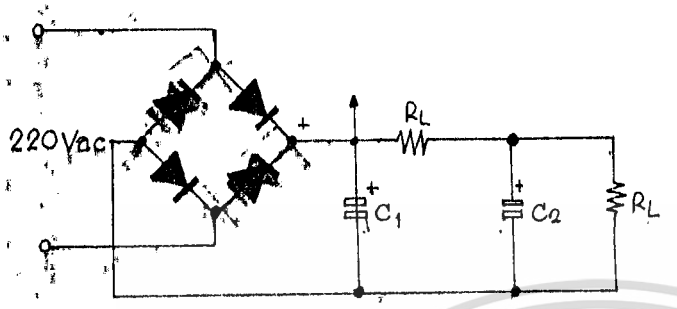
$$R.F. = 1/(346)(6)(1000*10^{-6}) = 0.48$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วงจรกรองกระแสแบบพายใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ</u> (RC PI-SECTION FILTER)

วงจรกรองกระแสแบบพายแสดงในรูปที่ 7 เป็นการปรับปรุงการกรองกระแสได้ดีขึ้น เนื่องจากเป็นการปรับปรุงเพื่อลดริปเปิ้ลที่ทำให้การรักษาระดับแรงดันไม่คงที่และช่วยจำกัดกระแส โดย R_1

โดยที่ R_1 นี้จะช่วยเพิ่มค่าอิมพีแดนซ์ทานด้านขาออกของแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 7 เป็นวงจรกระแสแบบพาย ที่ใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ เพื่อปรับปรุงการกรองกระแส

เป็นการเพิ่มค่าการรักษาระดับแรงดัน ซึ่งวงจรนี้เหมาะสำหรับโหลดที่ดึงกระแสที่ผลกระทบการะเหือนของการใช้วงจรกรองกระแสแบบพายนี้ อาจจะถูกมองข้ามไป ถ้ามีการลดค่าริปเปิ้ลเป็นตัวหลักที่ต้องคำนึงถึง และกระแสโหลดค่อนข้างคงที่ตัวอย่างที่ดีอันหนึ่งของการใช้งานอันหนึ่งได้แก่ภาคปรีแอมป์ของวงจรขยายเสียง คลาส A เนื่องจากวงจรใช้กำลังงานต่ำ แต่ต้องใช้การกระแสที่เกือบจะคงที่ ในขณะเดียวกันวงจรภาคปรีแอมป์นี้ต้องการแหล่งจ่ายไฟที่ปราศจากริปเปิ้ลเพื่อไม่ให้เกิดเสียงฮัมขึ้นมา ค่าตัวประกอบริปเปิ้ลทางขาออกของรูปที่ 7 (ที่ตกคร่อม R_L) สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้คือ

$$R.F. = K/C_1C_2R_1R_L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

โดยที่ C_1 และ C_2 มีหน่วยเป็นฟารัด, R_1 และ R_2 มีหน่วยเป็นโอห์ม, K เป็นค่าคงที่ (10^{-9} สำหรับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น และ $2\ 10^{-9}$ สำหรับวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น) ต่อไปนี้จะเป็นตัวอย่างง่าย ๆ ให้หาค่าตัวประกอบริปเปิ้ลของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงขนาด 12 โวลท์ 500 มิลิแอมป์ ซึ่งมีค่า C_1 เท่ากับ 1,000 ไมโครฟารัด, C_2 เท่ากับ 500 ไมโครฟารัด และ R_1 เท่ากับ 68 โอห์ม สมมติว่าเป็นวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นผลลัพธ์จะหาได้ดังนี้

$$RF = 2\times10^{-9}/10^{-3}\times5\times10^{-4}\times68\times(12/0.5)$$
$$= 2\times10^{-6}/8.2\times10^{-4}$$
$$= 0.002$$

ในหลายกรณี แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงในทางปฏิบัติที่คล้ายกับรูปที่7 จะมีไฟขาออกอยู่ 2 ที่ โดยไฟขาออกที่มีริปเปิ้ลต่ำที่คร่อม C_1 และไฟที่ขาออกที่สามารถจ่ายกระแสได้สูงที่คร่อม C_2 โดยแต่ละที่จะมีค่าตัวประกอบริปเปิ้ลแตกต่างกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกตัวเก็บประจุที่ใช้ในวงจรกรองกระแส

ค่าของตัวเก็บประจุที่ใช้ในวงจรกรองกระแสของแหล่งจ่ายไฟส่วนใหญ่แล้ว จะมีค่าสูงเมื่อเทียบกับค่าของตัวเก็บประจุอื่น ๆ ที่ใช้ในวงจรที่ถูกป้อนโดยแหล่งจ่ายไฟ แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแรงดันสูง จะใช้ตัวเก็บประจุอยู่ในย่าน 5 ไมโครฟารัด ถึง 100 ไมโครฟารัด (โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้แบบ RC หรือ LC) ในขณะที่แหล่งจ่ายไฟแรงดันต่ำจะมีตัวเก็บประจุในวงจรกรองกระแสอยู่ในย่านเกิน 500 ไมโครฟารัด อาจจะพบตัวเก็บประจุที่ใช้กรองกระแสค่า 150,000 ไมโครฟารัด ในแหล่งจ่ายไฟของคอมพิวเตอร์บางตัว

ในวงจรแหล่งจ่ายไฟบางแห่งนั้นจะซับซ้อนขึ้นโดยใช้อุปกรณ์หลายภาคซึ่งก่อให้เกิดการดีคัปปลิ้ง (DECOUPLING) ในระหว่างภาค เพื่อที่จะป้องกันการออสซิลเลต อันเนื่องมาจากเส้นทางของการป้อนกลับที่ไม่ต้องการ สมการที่ต้องการใช้ เพื่อที่จะคำนวณหาค่าตัวประกอบริปเปิ้ลที่ต้องการลดลง แต่อาจจะไม่เพียงพอสำหรับการตัดสัญญาณไฟกระแสสลับความถี่ต่ำ และสัญญาณเสียงนั้น การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ของตัวประกอบริปเปิ้ลที่ใช้นี้ โดยทั่วไปแล้วก็เป็นการเพียงพอ แต่เมื่อการตอบสนองด้านความถี่ต่ำของวงจรขยายเสียงเข้าใกล้ย่ายไฟตรง (ดังที่อาจจะเป็นในระบบเครื่องมือวัดหรือระบบควบคุม) เราอาจจะต้องการค่าความจะไฟฟ้าที่สูงขึ้น เพื่อให้เหมาะสมในการดีคัปปลิ้งกฎโดยทั่วไปก็คือ การเลือกค่าตัวเก็บประจุที่ทำให้ (ก) ให้การตอบสนองต่อความถี่ต่ำที่ต้องการ หรือ (ข) เพื่อให้เกิดการลดค่าริปเปิ้ลตามที่ต้องการ เมื่อค่าต่าง ๆ เหล่านี้ไม่เท่ากันก็ให้เลือกใช้ค่าความจุค่าที่สูงกว่า

มีกฎง่าย ๆ ในการเลือกค่าความจุสำหรับการดีคัปปลิ้ง ซึ่งจะให้ค่ารีแอคแตนซ์เท่ากับหนึ่งในสิบของค่าความต้านทาน ที่ความถี่ต่ำสุดของการทำงานจะได้สมการคือ

$$C = 1/2\ F\ (0.1\ R_s) \quad \ldots\ldots\ldots\ (13)$$

เมื่อ C เป็นค่าความจุหน่วยเป็นฟารัด, F เป็นจุดหาความการตอบสนองความถี่ต่ำโดยกำลังลดลง - 3DB และ R_s เป็นความต้านทานของวงจรแหล่งจ่ายไฟ วิธีการออกแบบที่ถูกต้องก็คือการคำนวณค่าความจุที่ต่ำที่สุดจากทั้งตัวประกอบริปเปิ้ล และช่วงการตอบสนองความถี่แล้ว จึงเลือกเอาค่าที่สูงกว่าจากค่าทั้งสองที่คำนวณได้ ค่าความจุค่าสูงๆ สามารถหาได้จากตัวเก็บประจุแบบอิเล็กทรอไลต์ ซึ่งมีอยู่ด้วยกันสองชนิดคือ แบบอลูมิเนียมและแทนทาลัม สำหรับงานกรองกระแสแล้วส่วนใหญ่จะใช้แบบอลูมิเนียม

อัตราทนกำลังและแรงดันใช้งานสูงสุด

อัตราการทนกำลังของตัวเก็บประจุแบบอิเล็กทรอไลต์ ซึ่งจะต้องคำนึงถึง ได้แก่ ค่าความจุและระดับแรงดันใช้งานสูงสุด (DC WORKING VOLTAGE : WVDC) โดยปกติแล้วค่าความจุของตัวเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจุอิเล็กทรอไลต์แบบอลูมิเนียม จะมีค่าความคลาดเคลื่อน (TOLERANCE) จาก - 20 เปอร์เซ็นต์ ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ถ้าค่าตัวประกอบริปเปิ้ลหรือการตอบสนองความถี่นั้น ค้อนข้างวิกฤตก็ให้เพิ่มค่าความจุของวงจรกรองกระแสจากที่คำนวณได้อีก 20 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยปกติไม่มีโทษอะไรในการใช้ค่าความจุที่มากเกินไป สำหรับอัตราการทนแรงดันใช้งานสูงสุดนั้น โดยปกติจะยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้อีก 20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องมาจากการออกแบบที่ไม่รัดกุม จะงานตัวเก็บประจุในวงจรกรองกระแสที่ค่าความต่างศักย์สูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ของค่าระดับแรงดันใช้งานสูงสุดนอกจากนี้ยังต้องจำไว้ในใจว่า ค่าความต่างศักย์ในวงจรอาจจะแปรเปลี่ยนไปประมาณ +- 20 ครั้งจึงควรเลือกอัตราการทนแรงดันใช้งานสูงสุดอย่างน้อยสูงกว่า 40 ของค่าแรงดันที่คลาดว่าจะเป็นจริง ต่อไปนี้จะอ้างถึงการออกแบบที่ผิดพลาดในการใช้อุปกรณ์ ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายอย่างใหญ่หลวงกับตัวเก็บประจุที่ใช้ในวงจรกรองกระแส กล่าวคือแหล่งจ่ายไฟตรงขนาด + 200 โวลท์ ที่มีการรักษาระดับค่าแรงดันไว้ ซึ่งในภาครักษาแรงดันในภาคต้น ๆ นั้น ค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมภาคกรองกระแสโดยปกติเท่ากับ +200 โวลท์ นักออกแบบได้ใช้ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กทรอไลต์ขนาดทนแรงดันสูงสุด 50 โวลท์ ต่อขนานกับตัวเก็บประจุที่มีอัตราการทนแรงดันสูงสุด 25 โวลท์จะได้อัตราการทนแรงดันสูงสุดของตัวเก็บประจุคู่นี้เท่ากับ 25 โวลท์

<u>การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม</u>

ในรูปที่ 9 จะแสดงให้เห็นถึงตัวเก็บประจุต่อแบบอนุกรมกัน เพื่อที่จะเพิ่มค่าอัตราทนแรงดันสูงสุดแต่วิธีนี้จะเป็นการลดค่าของความจุตามกฎการต่ออนุกรมกันของตัวเก็บประจุ ส่วนใหญ่แล้วตัวเก็บประจุที่ตออนุกรมกันที่มีค่าเท่ากันค่าความจุรวมจะเท่ากับ C/N เมื่อ C เป็นค่าความจุของแต่ละตัวและ N เป็นจำนวนที่ต่ออนุกรมกัน ถ้าตัวเก็บประจุทั้งหมด มีค่าความจุและอัตราการทนแรงดันสูงสุดเท่ากันแล้วอัตราการทนแรงดันสูงสุดทั้งหมดจะเท่ากับผลรวมของอัตราการทนแรงดันสูงสุดแต่ละตัวรวมกัน ดังนั้นถ้านำเอาตัวเก็บประจุขนาด 200 ไมโครฟารัด อัตราการทนแรงดันสูงสุด 450 โวลท์ จำนวน 4 ตัวมาต่ออนุกรมกัน จะได้ค่าความจุรวมเท่ากับ 50 ไมโครฟารัด โดยมีอัตราการทนแรงดันเท่ากับ 1000 โวลท์ ส่วนใหญ่แล้วเรามักจะเห็นตัวเก็บประจุต่ออนุกรมกันในวงจรกำลังงานสูงหลอดสูญญากาศ และวงจรขยายสัญญาณวิทยุของนักวิทยุสมัครเล่น

<u>การต่อความต้านทานรวม</u>

ในบางวงจรจะเห็นมีตัวต้านทานที่ใช้ควบคุมความสมดุลย์ของระดับแรงดัน R_1 และ R_2 (ในรูปที่ 9) โดยการต่อขนานกับตัวเก็บประจุแต่ละตัว ตัวต้านทานเหล่านี้ ควรจะมีค่าความต้านทาน (RO) ประมาณ 100 โอห์มต่อโวลท์ และอัตราการทนกำลังงานสูงกว่า V^2C/R ยกตัวอย่าง เช่น ตัว

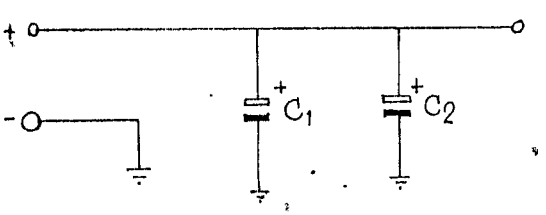
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บประจุมีค่าแรงดันใช้งานสูงสุด 450 โวลท์ ดังนั้น R = (450x100) =45,000 โอห์ม (ใช้มาตรา-ฐาน 47,000 โอห์ม) โดยมีอัตราการทนกำลังงานสูงกว่า (450^2/45,000) หรือ 4.5 วัตต์ เราจะเลือกใช้ขนาด 5 วัตต์ก็ได้ แต่ถ้าใช้ขนาด 7 วัตต์หรือ 10 วัตต์จะเหมาะกว่า นักออกแบบบางคนจะเลือกใช้อัตราการทนกำลังงานต่ำต่ำลงมาเนื่องจากว่าเวลาใช้งาน แรงดันของแหล่งจ่ายไฟจะต่ำกว่าค่าอัตราการทนแรงดันสูงสุดเสมอยกตัวอย่างเช่น ถ้าเราแน่ใจว่าระดับแรงดันจะไม่สูงกว่า 250 โวลท์ ตกคร่อมตัวเก็บประจุแล้วเราอาจจะเลือกใช้ตัวต้านทานขนาดทนกำลังงาน 2 วัตต์ได้

ยังมีสิ่งอื่นที่เกี่ยวกข้องกับแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุไม่เท่ากัน โดยปกติแล้วเราสามารถรวมค่าอัตราการทนแรงดันสูงสุด แต่ถ้าค่าความจุไม่เท่ากันแล้ว ค่าแรงดันตกคร่อมจะมีค่าไม่เท่ากัน เราจะต้องคำนวณค่ารีแอคแตนซ์ของตัวเก็บประจุแต่ละตัวที่ค่าความถี่ของริปเปิ้ล แล้วจึงคำนวณหาค่าแรงดันที่ตกคร่อมรีแอคแตนซ์แต่ละตัวโดยการคำนวณด้วยสมการของการแบ่งแรงดัน (VOLTGE DEVIDER) มันอาจจุเป็นไปได้ที่ตัวเก็บประจุหนึ่งตัวหรือมากกว่าจะได้รับแรงดันตกคร่อมแรงดันใช้งานสูงสุด 350 โวลท์ คุณอาจจะคิดว่ามันถูกต้องแล้วใช่หรือไม่แต่ผิดถนัด ลองพิจารณาดูถึงกรณีที่เลวร้ายที่สุด ซึ่งค่าการทนแรงดันของตัวประจุ (VC) ต่ำกว่าอัตราการทนแรงดันใช้งานสูงสุดเดิม 20 เปอร์เซ็นต์และค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ (VPS) สูงขึ้นกว่าเดิม 20 เปอร์เซ็นต์ จากค่าปกติ 280 โวลท์

$$Vps = 280 + (0.2 * 280)$$
$$= 336\ V(dc)$$
$$Vc = 350 - (0.2 * 350)$$
$$= 280\ V(dc)$$

ซึ่งในกรณีที่เลวร้ายที่สุดนี้ เราจะมีตัวเก็บประจุที่ทนแรงดันได้ 280 โวลท์ (ดีซี) ใช้ในวงจรที่มีไฟ 336 โวลท์ (ดีซี) ซึ่งตามความจริงแล้ว กรณีที่เลวร้ายที่สุดนี้ อาจจุไม่ค่อยเกิดขึ้น แต่ตัวเก็บประจุเหล่านี้อาจจะเกิดความเค้นได้จนเกิดความเสียหายอย่างใหญ่หลวงได้ในอุปกรณ์ที่ค่อนข้างวิกฤต การแก้ไขก็โดยการเปลี่ยนตัวเก็บประจุแบบอิเล็กทรอไลต์ขนาดทนแรงดันใช้งานสูงสุด 350 โวลท์ (ดีซี) ทั้งหมดในวงจรมาเป็นขนาดทนแรงดันได้ 450 โวลท์โดยมีค่าความจุเดิม



รูปที่ 8. ตัวเก็บประจุที่ใช้กรองกระแสต่อกันแบบขนาน ทำให้ค่าความจุรวมเพิ่มขึ้นเท่ากับผลรวมของค่าความจุแต่ละตัว

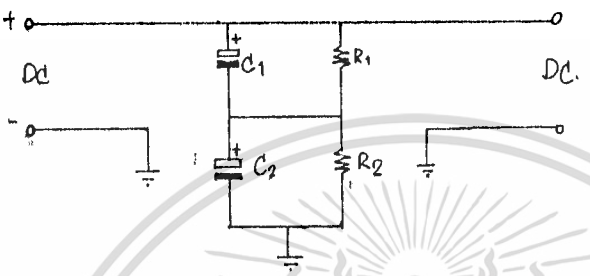
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน

ในบางกรณีจะเป็นที่จะรวมค่าตัวเก็บประจุเข้าด้วยกันเพื่อให้ค่าความจุสูงขึ้น เมื่อตัวเก็บประจุสองตัวหรือมากกว่าต่อขนานกัน (ในรูปที่ 8) ค่าความจุรวม C_T จะหาได้จากสมการดังนี้คือ

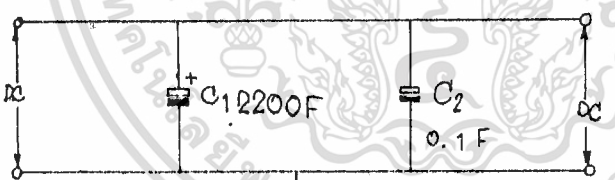
$$D_T = C_1 + C_2 + \ldots\ldots + C_N$$

อัตราการทนแรงดันการใช้งานสูงสุดของตัวเก็บประจุที่ต่อขนานกันจะเท่ากับอัตราการทนแรงดันสูงสุดของตัวเก็บประจุที่ต่ำที่สุดในกลุ่ม ยกตัวอย่างเช่น ถ้าตัวเก็บประจุที่มีอัตราการทนแรงดันมากกว่าตัวอื่น ๆ



รูปที่ 9 ตัวเก็บประจุที่ใช้กรองกระแสต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าทรระดับแรงดันสูงสุดตัวเก็บประจุบายพาส

ส่วนในรูปที่ 10 มักพบในแหล่งจ่ายไฟของวงจรขยายกำลังสัญญาณความถี่วิทยุโดยตัวเก็บประจุแบบอิเล็กทรอไลต์จะไม่มีความสามารถในการส่งผ่านความถี่สัญญาณวิทยุหรือความถี่สูง ในงานเหล่า



รูปที่ 10 ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กทรอไลต์ไม่สามารถที่จะใช้ส่งผ่านความถี่สูง ๆ ได้ ดังนั้นจึงใช้ตัวเก็บประจุแบบเซรามิกแทน

นั้นเราต้องการตัวเก็บประจุค่าสูง ๆ สำหรับลดค่าริปเปิ้ล และตัวเก็บประจุแบบเซรามิกหรือไมก้าสำหรับเหนี่ยวนำความถี่สูงทั้งไป สำหรับในรูปที่ 10 ตัวเก็บประจุขนาด 2,200 ไมโครฟารัด สำหรับลดค่าริปเปิ้ลในแหล่งจ่ายและตัวเก็บประจุขนาด 0.1 ไมโครฟารัดสำหรับเหนี่ยวนำความถี่สูงทั้งไป

การรักษาระดับแรงดันให้คงที่

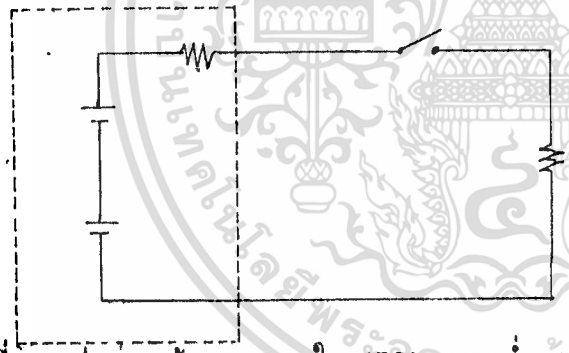
จุดมุ่งหมายของการรักษาระดับแรงดันให้คงที่ ก็คือการรักษาระดับแรงดันเอาต์พุทให้คงที่แม้ว่ากระแสของโหลดเอาต์พุท ระดับแรงดันอินพุทหรือทั้งสองอย่าง มีการเปลี่ยนแปลงไปก็ตามปัญหาเบื้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

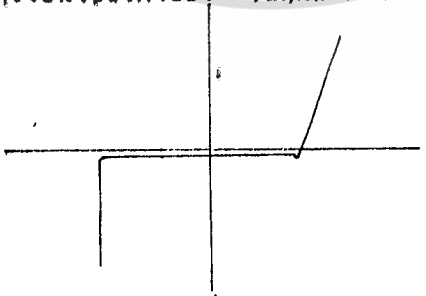
ต้นของการรักษาระดับแรงดันซึ่งก่อให้เกิดความยุ่งยากกับอุปกรณ์เครื่อง ใช้ภายในบ้านซึ่งมีอยู่หลายสาเหตุ ปัญหาแรก ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟจากสายตามบ้าน ซึ่งสามารถจะเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ ได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ หรือในเบตเตอรี่รถยนต์ ระดับแรงดันสามารถเปลี่ยนแปลงได้ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโดยปกติจะเปลี่ยนแปลง 20-25 เปอร์เซ็น การเปลี่ยนแปลงแรงดันของเบตเตอรี่อย่างมากมายนี้จะก่อให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ เช่นเครื่องเสียงที่ติดตั้งภายในรถยนต์

ส่วนสาเหตุประการที่สองของการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันเอาต์พุท ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของกระโหลดรากแท้ของปัญหาได้แก่ ไม่มีแหล่งจ่ายไฟใดที่มีคุณสมบัติเหมือนกับไนอุดมคติเลยเนื่องจากแหล่งจ่ายไฟทุกชนิดจะมีค่าความต้านทานภายใน บางครั้งเรียกว่าความต่านทานของแหล่งจ่ายไฟทุกชนิดจะมีค่าความต้านทานภายใน บางครั้งเรียกว่าความต้านทานของแหล่งจ่าย ปัญหาในเรื่องค่าความต้านทานภายในนี้ แสดงให้เห็นในรูปที่ 11 โดยจะต่ออนุกรมอยู่กับแหล่งจ่ายแรงดัน เมื่อไม่มีกระแสเอาต์พุทไหลระดับแรงดันเอาต์พุทจะมีค่าเท่ากับ แต่เมื่อเกิดการไหลของกระแสเอาต์พุทก็จะเกิดแรงดัน (เท่ากับ) ตกคร่อมความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายไฟ ภายใต้สภาวะเช่นนี้ ค่าความต่างศักย์ที่เป็นจริงของเอาท์พุท

เราสามารถสรุปได้ว่าการรักษาให้ระดับแรงดันเอาท์พุทเปลี่ยนแปลงไปได้



รูปที่ 11 ค่าความต้านทานภายใน (RS) ขนาดต่ำ ๆ เพื่อให้แน่ใจได้ว่าการออกแบบรักษาแรงดันทำได้ดี ภายใต้เงื่อนไขซึ่งค่าของ เปลี่ยนแปลงไปมาก

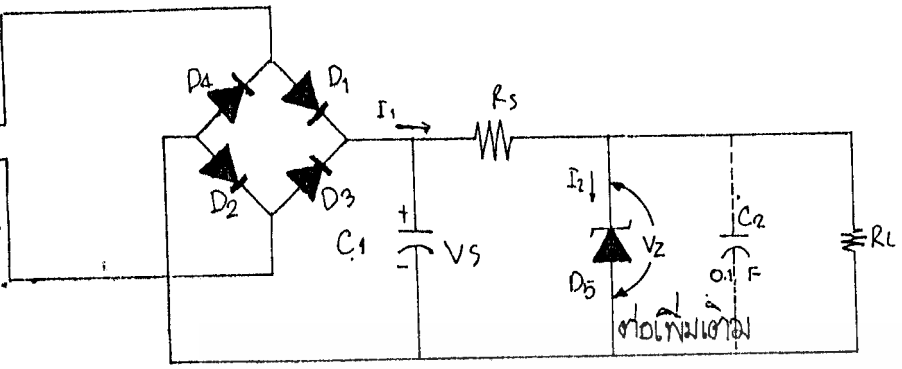


รูปที่ 12 การรักษาระดับแรงดันของซีเนอร์ได้โอดจะทำในย่านไปอัสกลับ ภายใต้สภาวะไบอัสตรงก็จะเหมือนกับไดโอดทั่ว ๆ ไป

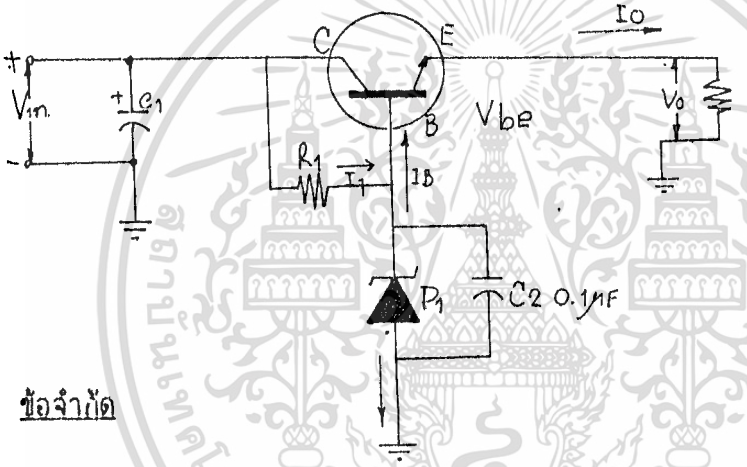
ในเงื่อนไขที่ 3 ให้ค่า VMIN เช่นเดียวกับเงื่อนไขที่ 1 และใช้ค่า $I_{ลม}$ x เช่นเดียวกับเงื่อนไขที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 13 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงที่รักษาระดับแรงดันด้วยซีเนอร์ไดโอด เพื่อให้ระดับที่ R_L คงที่ ตัวเก็บประจุ C_1 จะทำหน้าที่กรองกระแสโดยการรักษาระดับ VS ให้สูงกว่า VZ เสมอ



รูปที่ 14 ค่าความสามารถในการจ่ายกระแสของซีเนอร์ไดโอดสามารถทำให้เพิ่มขึ้นได้ โดยการเพิ่มทรานซิสเตอร์เข้าไปในวงจรแรงดัน VBE จะรวมกับ VZ เพื่อให้ได้ระดับแรงดันเอาท์พุท VO คงที่



ข้อจำกัด

บางคนเข้าใจผิดๆ ว่า ซีเนอร์ไดโอดเป็นวงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้ได้โดยทั่วไปซึ่งความจริงไม่ได้เป็นเช่นนั้น ซึ่งในการใช้งานส่วนใหญ่แล้วมันถูกจำกัดให้ใช้ในวงจรของแหล่งจ่ายไฟที่มีขนาดกระแสที่ต่ำจนถึงปานกลาง แต่ถ้าต้องการกระแสที่สูงขึ้นก็ทำได้ โดยการใช้วงจรที่ใช้ซีเนอร์ไดโอดในการให้ค่าระดับแรงดันอ้างอิง แต่ต้องมีอุปกรณ์ตัวอื่นช่วยในการรับกระแสที่สูงขึ้น

ซีเนอร์ไดโอดนั้น จะได้รับผลกระทบจากความผิดพลาดของระดับแรงดันอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และนอกจากนี้จากหลักความจริงที่ว่าระดับแรงดันซีเนอร์นั้นมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงไปได้มากกว่าที่จะมีค่าคงที่อย่างแน่นอน แต่ก็ยังมีวิธีการในการเอาชนะข้อจำกัดเหล่านี้ แต่ในขณะนี้จะต้องระมัดระวังถึงความเที่ยงตรง ความแน่นอน ระดับแรงดันอ้างอิง ซึ่งสามารถผลิตได้จากไดโอดแบบพิเศษที่ใช้เป็นแรงดันอ้างอิง และในอุปกรณ์ที่เป็นแบบวงจรรวม ซึ่งภายในบรรจุซีเนอร์ไดโอดไว้

<u>วงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้ทรานซิสเตอร์</u> (SERIES PASS TRANSISTOR REGULATOR)

เราสามารถที่จะเพิ่มความสามารถในการจ่ายกระแสของซีเนอร์ไดโอด โดยการใช้ทราน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซิสเตอร์กำลังในการจ่ายกระแสโหลด และใช้ซีเนอร์ไดโอดในการควบคุมรอยต่อระหว่าง B-E ของทรานซิสเตอร์

ในรูปที่ 14 จะแสดงให้เห็นถึงวงจรรักษาระดับแรงดัน ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ต่ออนุกรม (Q1) โดยในรูปที่ 14 นี้ เป็นตัวอย่างของวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรม เนื่องมาจากรอยต่อระหว่างขา C-E ของ Q1 จะต่ออนุกรมอยู่กับโหลด (RL) ตัวเก็บประจุ C1 ในรูปที่ 14 นี้จะเป็นตัวเก็บประจุที่ใช้กรองกระแสแบบธรรมดา ที่อยู่ตรงเอาต์พุทของวงจรเรียงกระแสตัวเก็บประจุนี้ควรจะมีค่าอย่างต่ำ 1000 ไมโครฟาร์ดต่อกระแสโหลดเอาต์พุทสูงสุด 1 แอมป์แปร์ (IOMAX) ระดับแรงดันเอาต์พุทจะถูกกำหนดโดยค่าความต่างศักย์ของซีเนอร์ (V_z) และมีค่าโดยประมาณเท่ากับ VO = VZ + VBE

เมื่อ VBE มีค่าโดยประมาณ 0.7 โวลท์สำหรับทรานซิสเตอร์แบบซิลิกอน ค่ากระแสโหลดสำหรับซีเนอร์ไดโอดในรูปที่ 14 จะมีกระแสเบส IB ของ Q1 เนื่องจากกระแสนี้มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับระดับแรงดันอินพุต เราใช้สมการในการออกแบบในเงื่อนไขที่ 3 ดังข้างต้น สำหรับวงจรรักษาระดับแรงดันด้วยซีเนอร์ไดโอด เราจะต้องเลือกทรานซิสเตอร์สำหรับ Q1 ซึ่งจะต้อง (1) สามารถรับค่ากระแสเอาต์พุตสูงสุด (IO) ได้มีค่าระดับแรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์อย่างน้อยสูงเท่ากับค่าสูงสุดของ VIN (3) สามารถกระจายกำลังงาน โดยแทนค่าด้วย (VIN - VO) x IO และ (4) มีค่าอัตราขยายกระแส (CURRENT GAIN : H_{FE}) ที่เพียงพอเมื่อถูกขับด้วย IB ที่เหมาะสม

อัตราขยายกระแส (เบต้าหรือ H_{FE}) เป็นอัตราส่วนระหว่างกระแสคอลเลคเตอร์ (IC) ต่อกระแสเบส (IB)

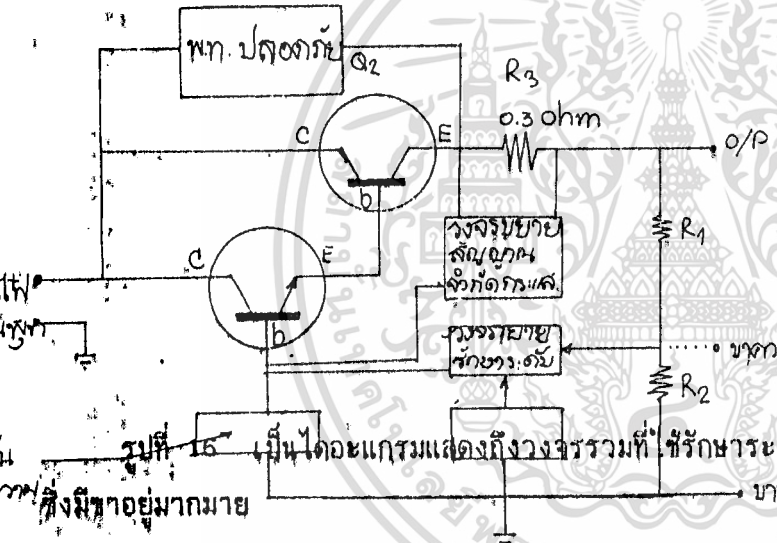
ทรานซิสเตอร์เลือกมาใช้เป็น Q1 จะต้องมีคุณสมบัติตรงตามกฎเกณฑ์นี้ วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรมนั้นสามารถดัดแปลงใหม่ดังแสดงในรูปที่ 15 โดยมีทรานซิสเตอร์ที่ต่ออนุกรมอยู่นั้นเหมือนกับในรูปที่ 14 แต่วงจรที่ใช้ควบคุมที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ได้รับการเปลี่ยนแปลงใหม่ในรูปที่ 15 แรงดันที่ใช้ควบคุมขาเบสจะเป็นความต่างศักย์เอาต์พุต (VB) ที่สร้างจากวงจรขยายสัญญาณ A1

วงจรขยายนี้จะต้องมีอินพุตที่เป็นแบบค่าความแตกต่าง (DIFFERENTIAL INPUT) โดยระดับแรงดันอ้างอิง (VREF) จะป้องเข้าสู่ขาอินพุตที่ไม่กลับสัญญาณ (NONINVERING INPUT) ในขณะที่ระดับความต่างศักย์เอาต์พุตที่เป็นจริงนี้อาจจะป้องเข้าสู่ขากลับสัญญาณ (INVERTING INPUT) ของ A1 โดยแรงดันเอาต์พุตที่เป็นจริงนี้อาจจะเป็นค่า VO ที่แท้จริง หรือเป็นเปอร์เซนต์ของแรงดันเอาต์พุต (V1) หลังจากผ่านวงจรแบ่งระดับแรงดัน (R1 และ R2) เอาต์พุตของวงจรขยายสัญญาณ A1 นี้จะแปรผันโดยตรงกับ (ก) ค่าความแตกต่างของอัตราขยายแรงดันของ A1 และ (ข) ค่าแรงดันที่แตกต่างกันของ V_{REF}-V1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 15 ระดับแรงดันนี้ป้อนกลับจากเอาต์พุตจะเปรียบเทียบกับระดับแรงดันอ้างอิงในวงจรขยายสัญญาณซึ่งจะควบคุมกระแสที่ไหลผ่านทรานซิสเตอร์ที่ต่ออนุกรมอยู่

วงจรรักษาระดับแรงดันในรูปที่ 15 นี้ บางครั้งเรียกว่า วงจรรักษาระดับแรงดันแบบป้อนกลับ (FEEDBACK VOLTAGE REGULATOR) เนื่องจากมันทำงานโดยการเปรียบเทียบค่าระดับแรงดันเอาต์พุตที่เป็นจริงกับที่ควรจะเป็นจาก V_{REF} เส้นทางที่ใช้ในการตรวจรับ (SENSE LINE) นั้นจะใช้สำหรับรับเอาตัวอย่างระดับแรงดันในหลาย ๆ กรณีเส้นทางที่ใช้ตรวจรับจะต่อโดยตรงกับขั้วเอาต์พุตของวงจรรักษาระดับแรงดัน ส่วนบางกรณีเส้นทางที่ใช้ในการตรวจรับจะถูกแยกออกไป ดังนั้นมันสามารถที่จะต่อเข้ากับขั้วบวกที่โหลดเลย ซึ่งกรณีนี้จะเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นเมื่อแหล่งจ่ายไฟกระแสสูงถูกต่อเข้ากับโหลดโดยใช้สายตัวนำที่ยาวมากกว่า 2 - 3 นิ้วขึ้นไป แรงดันตกที่เกิดขึ้นในสายตัวนำอาจมากจนต้องคำนึงถึง และถ้าใช้เส้นทางในการตรวจรับแยกออกไปที่โหลดแล้วจะทำให้วงจรรักษาระดับแรงดันเห็นค่าแรงดันที่ตัวโหลด แทนที่จะไปรับรู้ถึงแรงดันที่เอาต์พุตของแหล่งจ่ายไฟเองที่ไม่ถูกต้อง



รูปที่ 16 เป็นไดอะแกรมแสดงถึงวงจรรวมที่ใช้รักษาระดับแรงดันแบบทั่วไปที่มี 3 ขาหรือ 4 ขา ซึ่งมีขาอยู่มากมาย

<u>วงจารักษาระดับแรงดันที่ใช้ไอซี</u>

มีเพียงไม่กี่คนที่ยังคงออกแบบวงจรรักษาระดับแรงดันแบบใช้อุปกรณ์แยกชิ้น (DISCRETE) เนื่องจากปัจจุบันนี้มีวงจรรักษาระดับแรงดันที่ทำมาจากวงจรรวม หรือ วงจรไฮบริด (HYBRID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REGULATOR) ที่มีความเชื่อถือได้สูงจำหน่ายมากมาย อุปกรณ์เหล่านั้นบางตัวก็เป็นแบบง่าย ๆ ในขณะที่บางชนิดก็มีความสลับซับซ้อนมาก อุปกรณ์เหล่านี้มีขายในย่านกระแสจาก 100 มิลลิแอมป์ ถึง 35 แอมป์ และระดับแรงดันไฟตรงจาก 2 โวลต์ ถึง 24 โวลต์

อุปกรณ์บางตัวจะมีขั้วต่อเพียง 3 ขั้ว (อินพุต เอาต์พุต และขาร่วม) และมันจะทำงานให้ระดับแรงดันค่ามาตรฐานออกมาคงที่ ในขณะที่บางตัวจะมีขาต่อมากกว่านี้ และสามารถปรับค่าแรงดันได้ การบรรจุอุปกรณ์ลงในตัวถังจะเริ่มจากตัวถังของทรานซิสเตอร์แบบ 3 ขา (ประกอบด้วยตัวถังแบบ TO-5, TO-3 และแบบ TO-220) จนกระทั่งถึงตัวถังแบบดีนตะขาบ (DIP) และตัวถังแบบไอซี จนกระทั่งถึงตัวถังแบบพิเศษที่ทำมาโดยเฉพาะ ในรูปที่ 16 จะแสดงให้เห็นถึงผังการทำงานภายในของวงจรระดับแรงดันแบบทั่วไปที่มีคุณภาพสูง และบรรจุในตัวถังแบบสามขาและสี่ขาของไอซีรักษาระดับแรงดัน ซึ่งโดยแบบทั่วไปแล้วจะบรรจุอยู่ภายในตัวถังทรานซิสเตอร์แบบมาตรฐาน ส่วนคุณสมบัติในการป้องกันกระแสเกินจะได้กล่าวในภายหลัง

โดยทั่วไปไดซีรักษาระดับแรงดันแบบ 3 ขาจะทำงานกับระดับแรงดันอินพุตจาก (VO+3 โวลต์) จนถึง 35 หรือ 40 โวลต์ (ขึ้นอยู่กับแต่ละรุ่น) บางรุ่นต้องการเพียงความแตกต่างระหว่างแรงดันอินพุตกับเอาต์พุตแค่ 2 โวลต์ (VO/2 โวลต์) สำหรับวงจรรักษาระดับแรงดันขนาด / 5 โวลต์ จะต้องการระดับแรงดันทางด้านอินพุตเท่ากับ 7 ถึง 8 โวลต์ ซึ่งก็เป็นเหตุผลที่ทำไมบัสของไมโครคอมพิวเตอร์แบบ S - 100 ใช้ระดับแรงดัน 8 โวลต์ (ยังไม่ได้รักษาระดับแรงดัน) ที่บัสแหล่งจ่ายไฟหลัก เนื่องจากหม้อแปลงจุดไส้หลอดขนาด 6.3 โวลต์ อาร์เอ็มเอส จะสามารถจ่ายระดับแรงดันที่ถูกต้อง ถ้าใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เต็มคลื่น และใช้วงจรกรองกระแสขนาด 1000 ไมโครฟารัด/แอมแปร์

สำหรับไอซีที่ใช้รักษาระดับแรงดันแบบตัวถัง 3 ขา ส่วนใหญ่แล้ว ตัวเลขที่ของชนิดจะบอกเราถึงบางสิ่งบางอย่างที่เกี่ยวกับคุณสมบัติของมัน ยกตัวอย่างเช่น อัตราการทนแรงดันอัตราการทนกระแสโดยประมาณ และให้ระดับแรงดันบวกหรือลบ ตัวเลขที่พิมพ์อยู่บนตัวถังแต่ละตัวนั้น จะบอกเราถึงขั้วของแรงดันที่ไอซีนั้นจะให้ มีอยู่ 2 กลุ่มหลัก ๆ คือแบบไฟบวกและแบบไฟลบโดยจะกำหนดเป็นตัวเลขอยู่ 4 แบบคือ

แบบให้แรงดันบวก : 78 XX และ LM340NXX

แบบให้แรงดันลบ : 79 XX และ LM320NXX

สำหรับทั้ง4 กรณี ค่า XX จะระบุถึงระดับแรงดันเอาต์พุต ยกตัวอย่างเช่น เบอร์ 7005 และ LM340N05 จะเป็นไอซีรักษาระดับแรงดันขนาด 12 โวลต์ ส่วนตัวอักษรนั้นจะระบุถึงแบบของตัวถังที่บรรจุอยู่ และจะบอกโดยอ้อมถึงอัตราการทนกระแสโดยประมาณ โดยชื่อตัวถังที่ตั้งขึ้นมาได้แก่

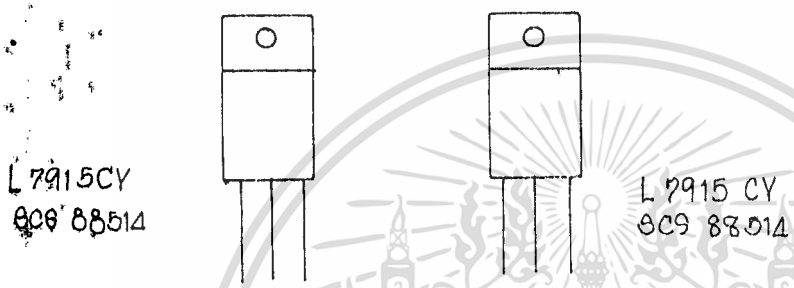
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H จะหมายถึง ตัวถังแบบ TO - 5 จะจ่ายกระแสได้ประมาณ 100 MA

K จะหมายถึง ตัวถังแบบ TO - 3 จะจ่ายกระแสได้ประมาณ 1A*

T จะหมายถึง ตัวถังแบบ TO - 220 จะจ่ายกระแสได้ประมาณ MA

หมายเหตุ * หมายถึงใช้งานในสภาพแวดล้อมที่เป็นอากาศ ซึ่งจะจ่ายกระแสได้สูงกว่านี้ โดยใช้แผ่นระบายความร้อนที่เหมาะสม หรือใช้พัดลมเป่า ตัวถังแบบ TO - สามารถมีอัตราทนกำลังได้ 3, 5 และ 10 แอมป์ แต่ส่วนใหญ่แล้วจะทนได้สูงสุด 1 แอมป์ ดังนั้นไดซ์เบอร์ LM340K05 จึงเป็นไอซีรักษาระดับแรงดันบวก ขนาด 5 โวลต์ บรรจุในตัวถังแบบ TO - 3 และสามารถรับค่ากระแสเอาต์พุตขาวนด 1 แอมป์ได้อย่างปลอดภัย



ไอซีเรกูเลเตอร์ไฟลบขนาด 15 โวลต์ เบอร์ 7915

รูปที่ 17 ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบ 3 ขา หลายชนิดบรรจุอยู่ในตัวถังทรานซิสเตอร์และไอซีทั่วไป ตัวถังแบบที่เห็นกันอยู่บ่อย ๆ แสดงให้เห็นซึ่งกำหนดด้วยตัวเลขบอกชนิดของตัวถัง ตัวถังแบบ TO - 3 นี้ ตัวถังมันจะเป็นส่วนหนึ่งของวงจรไฟฟ้าด้วย ส่วนตัวถังแบบ TO - 220 จะมีรูเจาะสำหรับติดตั้งอยู่ตรงกลางตัวถัง และขากลางจะต่อเป็นส่วนหนึ่งของวงจรไฟฟ้ากับตัวถัง

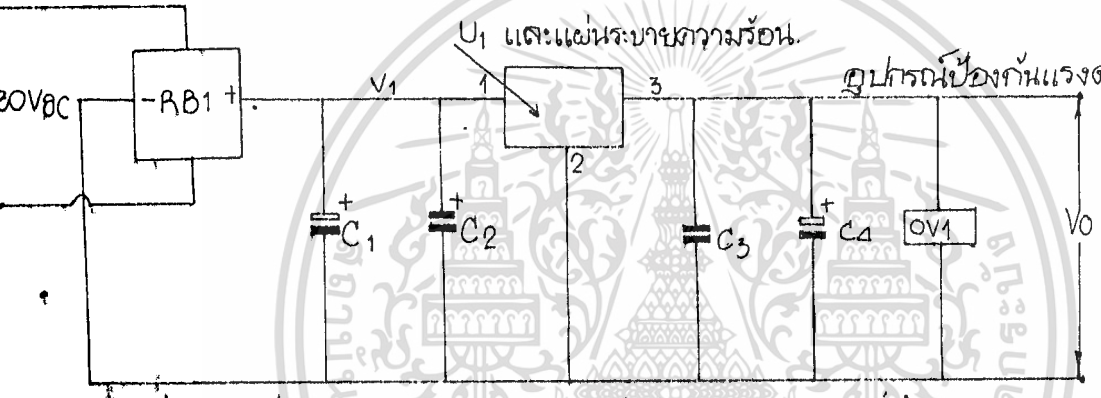
<u>การรักษาระดับแรงดันโดยใช้ไอซี 3 ขา</u> (THREE - TERMINAL REGULATORS)

วงจรรักษาระดับแรงดันใช้ไอซีแบบ 3 ขานี้เป็นกลุ่มของอุปกรณ์ซึ่งให้ค่าระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ บรรจุอยู่ในตัวถังของทรานซิสเตอร์แบบมาตรฐาน (แบบ TO-3, TO-39, TO 92, TO-5, TO-220)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสเอาต์พุตสูงสุดที่จ่ายได้อยู่ในย่านจาก 100 มิลลิแอมป์ ในตัวถังแบบ TO-5 (และ TO-39, TO-92) ไปจนถึง 10 แอมป์แปร์ ในตัวถังแบบ TO-3 สำหรับตัวถังแบบ TO-3 และ TO 220 นั้น ส่วนใหญ่จะอยู่ในอัตรา 750 มิลลิแอมป์ จนถึง 1 แอมแปร์

ในรูปที่ 17 แสดงให้เห็นถึงรูปร่างของตัวถังรูปร่างของตัวถังประเภทต่าง ๆ ที่นิยมใช้บรรจุวงจรไอซีรักษาระดับแรงดันแบบ 3 ขา เป็นส่วนใหญ่ จงสังเกตว่าทุกตัวเป็นตัวถังทรานซิสเตอร์แบบมาตรฐาน แต่ก็มีบางแบบที่ใช้ตัวถังต่างจากนี้ไป ซึ่งก็ใช้ในอุปกรณ์ชนิดพิเศษและละขึ้นกับบริษัทผู้ผลิตด้วย วงจรมาตรฐานทั่วไปที่นิยมใช้ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบ 3 ขา แสดงให้เห็นในรูปที่ 18 อุปกรณ์บางตัวในวงจรก็เป็นแบบเพิ่มเติมเป็นพิเศษ (OPTIONAL) แต่บางตัวก็พบว่าใช้อยู่เสมอทุกวงจรในรูปที่ 18 นี้ ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงหม้อแปลงไฟฟ้าและแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับซึ่งก็ใช้ได้เหมือนกันไม่ว่าจะเป็นวงจรรักษาระดับแรงดัน หรือไม่มีการรักษาระดับแรงดัน หรือไม่มีการรักษาระดับแรงดันก็ตาม



รูปที่ 18 เป็นวงจรรักษาระดับแรงดันโดยใช้ไอซีแบบ 3 ขาตัวเก็บประจุ C2 และ C3 จะใช้เพื่อกดทรานเซี้ยนต์ที่เป็นสัญญาณรบกวนตัวไอซี วงจรป้องกันแรงดันเกิน (OV1) จะเป็นตัวป้องกันแรงดันที่เอาต์พุตเกินกว่าระดับแรงดันที่กำหนดไว้

ไดโอดเรียงกระแสแบบบริดจ์ BR1 และตัวเก็บประจุ C1 นั้นเหมือนกันหมดสำหรับแหล่งจ่ายไฟใด ๆ การเลือกใช้อุปกรณ์เหล่านี้ได้กล่าวมาแล้ว มีกฎแบบง่าย ๆ ในการเลือกค่าตัวเก็บประจุ C1 คือมีค่าไม่ต่ำกว่า 1000 ไมโครฟารัดต่อแอมแปร์ ของกระแสโหลดค่าสูงสุด เช่นสำหรับแหล่งจ่ายไฟขนาด 3 แอมแปร์ จะใช้ตัวเก็บประจะในการกรองกระแสขนาด 3000 ไมโครฟารัด (หรือมากกว่า)

ตัวเก็บประจุ C2 และ C3 ใช้สำหรับปรับค่าความต้านทานต่อสัญญาณรบกวนให้ดีขึ้นและมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ไมโครฟารัด และ 0.47 ไมโครฟารัด ค่าที่แท้จริงขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ยกเว้นว่าเมื่อออกแบบให้จ่ายกระแสโหลดได้สูงขึ้น ก็จะเลือกค่าความจุสูงขึ้น เราสามารถใช้ค่าความจุ .1 ไมโครฟารัด และค่าความจุ 0.33 ไมโครฟารัด หรือ 0.47 ไมโครฟารัด สำหรับกระแสขนาด 3 และ 5 แอมแปร์ตามลำดับ ซึ่งค่าต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ช่วยเป็นแนวทาง ซึ่งก็เหมาะกับงานส่วนใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งของ C2 และ C3 นั้น เป็นสิ่งสำคัญมาก ตัวเก็บประจุเหล่านี้ใช้สำหรับกันสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยพัลส์ความถี่สูง ๆ ดังนั้นตัวเก็บประจุ C2 และ C3 จะต้องติดตั้งให้ใกล้กับตัวถังของไอซีรักษาระดับแรงดันเท่าที่จะทำได้ บางวงจรจะแนะนำให้ติดตั้ง C2 และ C3 เข้ากับตัวถังของ U1 เลยที่เดียว ถ้าตัวเก็บประจุเหล่านี้ถูกติดตั้งห่างจาก U1 มากเกินไป หรือขาต่อเหลือไว้ยาวเกินไป จะทำให้การทำงานของตัวเก็บประจุมีประสิทธิภาพลดลงสำหรับตัวเก็บประจุ C4 เป็นตัวที่เพิ่มเติมเข้ามา แต่ก็แนะนำให้มีโดยเฉพาะในวงจรที่มีการเปลี่ยนแปลงของกระแสโหลดอย่างมากในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เช่น ในวงจรดิจิตอล ซึ่งในกรณีเช่นนี้เป็นหน้าที่ของตัวเก็บประจุ

หน้าที่ของ C4 ก็คือ ปรับค่าการตอบสนองทางด้านทรานเซียนต์ (TRANSIENT RESPONSE) ของวงจรรักษาระดับแรงดันตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมประจุเพื่อที่จะป้อนกระแสเข้าสู่โหลดในช่วงเวลาสั้น ๆ ในขณะที่วงจรรักษาระดับแรงดันกำลังปรับตัวเองเพื่อรับกับความต้องการกระแสที่สูงขึ้น

อุปกรณ์ที่ระบุว่า OV1 นั้นเป็นวงจรป้องกันแรงดันเกิน บางครั้งเรียกว่าวงจรเอสซีอาร์โครวบาร์ (SCR CROWBAR) หน้าที่ของ OV1 นั้นก็เพื่อป้องกันวงจรภายนอกที่รับกระแสจากวงจรรักษาระดับแรงดันนี้ ไม่ให้เกิดความเสียหายเมื่อวงจรรักษาระดับแรงดัน U1 เกิดการเสียหายขึ้น

โดยปกติระดับแรงดันอินพุต VI จะสูงกว่าระดับแรงดันเอาต์พุต VO อย่างน้อย 2-3 โวลต์ และมักจะมีค่าสูงกว่า VO มากในหลายวงจร ถ้าหาก U1 เกิดเสียขึ้นมาและทำให้แรงดันอินพุต VI ปรากฏที่เอาต์พุต VO (ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเป็นเช่นนี้) ก็จะทำให้อุปกรณ์ที่ต่ออยู่ได้รับความเสียหายได้ ยกตัวอย่างเช่น ในวงจรทีทีแอล ถ้าหาก U1 เกิดเสียจะทำให้ปรากฏแรงดัน 7 โวลต์ ขึ้นที่เอาต์พุตแรงดัน 5 โวลต์ ซึ่งก็จะทำให้ไอซีทีทีแอลเสียหายขึ้นมาทันที

แผ่นระบายความร้อนสำหรับ U1 นั้น บางครั้งจะมีเพิ่มเติมขึ้นมาโดยผู้ผลิตบางรายแต่จริงๆ แล้วขอแนะนำให้ผลิตแผ่นระบายความร้อนให้กับวงจรรักษาระดับแรงดันทุกชนิด เนื่องจากวงจรรักษาระดับแรงดันเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่จะกระจายพลังงานออกมา ดังนั้นความเชื่อถือได้จะแปรผันโดยตรงกับค่าอุณภูมิ สำหรับวงจรที่จ่ายกระแสขนาด 1 แอมแปร์หรือที่น้อยกว่าแผ่นระบายความร้อนแบบเป็นครีบ

<u>เมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันเอาต์พุต</u>

ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบ 3 ขานั้น จะทำมาสำหรับระดับแรงดันคงที่ขนาด 3, 5, 10, 12, 15, 18, และ 24 โวลต์ ถ้าเราต้องการระดับแรงดันที่อยู่ระหว่างระดับแรงดันมาตรฐานแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องการใช้วิธีการบางอย่างเข้ามาช่วยในรูปที่ 19 ได้แสดงให้เห็นถึงวิธีการเปลี่ยนระดับแรงดัน VO โดยใช้ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบค่าคงที่ ซึ่งมีอยู่ 2 วิธีคือ

ในรูปที่ 19 (ก) แสดงให้เห็นถึงการใช้ไดโอดเรียงกระแส (เช่นเบอร์ 1N4001-1N4007 หรือเทียบเท่า) ต่อเข้าที่ขาร่วมของไอซีรักษาระดับแรงดัน เพื่อที่จะเพิ่มค่าแรงดันเอาต์พุต (VO) ค่าของ VO จะเปลี่ยนแปลงไปประมาณ 0.7 โวลต์ สำหรับไดโอดแต่ละตัวที่จะมาต่ออนุกรมกัน ถึงแม้ว่าวิธีนี้จะใช้ได้ แต่ก็ไม่แนะนำให้ทำเพราะว่า ระดับแรงดัน 0.7 โวลต์ที่ตกคร่อมรอยต่อพีเอ็นของไดโอดนั้นจะมีค่าขึ้นกับอุณภูมิ โดยส่วนใหญ่แล้วจะนิยมใช้วิธีในรูปที่ 19 (ข)

วงจรในรูปที่ 19 (ข) นั้นจะให้ขั้วต่อของขาร่วมของไอซีรักษาระดับแรงดันมีค่าความต่างศักย์สูงขึ้นเป็นสัดส่วนกับระดับแรงดันเอาต์พุตที่ต้องการแทนที่จะต่อลงกราวด์

แต่วิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการปรับค่าแรงดัน ได้แก่ การใช้วงจรรักษาระดับแรงดันที่ถูกออกแบบมาเฉพาะงาน ไอซีรักษาระดับแรงดันที่ปรับค่าได้ที่มีจำหน่ายได้แก่ เบอร์ LM 317 (1.5 แอมแปร์) เบอร์ LM338 (5 แอมแปร์) และอุปกรณ์ของบริษัทแลมด้าอิเล็กทรอนิคส์ (LAMBDA ELECTRONICS) เบอร์ LASXXX

ไอซีเบอร์ LM 338 เป็นไอซีรักษาระดับแรงดันที่สามารถจ่ายกระแสได้ 5 แอมแปร์ ในตัวถังแบบ TO-3 ซึ่งจะต้องติดตั้งแผ่นระบายความร้อนช่วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานะ เมื่อระดับแรงดันอินพุต (VI) สูงกว่าแรงดันเอาต์พุตมาก ซึ่งในสถานะนี้จะเกิดขึ้นใน

1. พยายามรักษาค่า IO ให้คงที่ (ซึ่งเป็นไปได้ไม่เสมอไป)
2. ลดค่าความต้านทาน RS ให้น้อยที่สุด (ซึ่งเป็นวิธีการที่แพงมากและส่วนใหญ่จะเป็นไปไม่ได้
3. จัดหาวงจรรักษาระดับแรงดันซึ่งเป็นวิธีการที่สมเหตุสมผลมากที่สุด

ค่าเปอร์เซ็นต์ของการรักษาระดับแรงดัน (PERCENTAGE OF REGULATION % REG) เป็นวิธีการวัดค่าการรักษาระดับแรงดัน และหาได้จากสมการดังนี้

$$\% \text{ REG} = (100)\ (VO - V_{LM\ x})/VO$$

เมื่อ VO เป็นระดับแรงดันเอาต์พุต เมื่อไม่มีโหลด และ $V_{LM\ x}$ เป็นระดับแรงดันเอาต์พุต เมื่อแหล่งจ่ายไฟจ่ายกระแสออกไปสูงที่สุดเต็มขีดจำกัด

<u>วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรมและแบบขนาน</u> (SERIES VS. PARALLEL REGULATORS)

วงจรรักษาระดับแรงดัน แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แบบอนุกรม และ แบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรักษาระดับแรงดันแบบขนานเป็นแบบหนึ่งซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันจะต่อขนานแบบโหลด ตัวอย่างได้แก่ วงจรที่ใช้ซีเนอร์ไดโอดเป็นอุปกรณ์ในการรักษาระดับแรงดัน ส่วนวงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรมนั้น อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันจะต่ออนุกรมกับโหลด ดังตัวอย่างได้แก่ วงจรทั้งหมดที่ใช้ทรานซิสเตอร์ต่ออนุกรมเพื่อควบคุมระดับเอาต์พุต

วงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้ซีเนอร์ไดโอด ซีเนอร์ไดโอดเป็นวงจรรักษาระดับแรงดันที่หาได้ง่ายที่สุด ในรูปที่ 12 จะแสดงให้เห็นถึงสัญญลักษณ์ และกราฟแสดงคุณลักษณะระหว่างกระแสต่อแรงดันของซีเนอร์ไดโอด ซีเนอร์ไดโอดเป็นไดโอดที่ทำจากรอยต่อของสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็น (PN JUNCTION) โดยได้มีการควบคุมและรักษากระดับแรงดันพังทลาย (AVALANCH VOLTAGE :V_z) ซึ่งเรียกกันว่า แรงดันซีเนอร์ (ZENER POTENTOAL)

ซีเนอร์ไดโอดจะเหมือนกับไดโอดโดยทั่วไป เมื่อให้ทำงานในย่านที่ได้รับไบแอสตรงดังแสดงในรูปที่ 12 ในช่วงระหว่าง 0 โวลต์ ถึงประมาณ 0.7 โวลต์ (VG) กระแสจะเพิ่มขึ้นจากค่ากระแสรั่วไหลพื้นฐาน (I_L) ไปสู่ค่ากระแสที่มีค่าเฉพาะ แต่มีลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้นที่ระดับแรงดันสูงกว่า VG กระแสจะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้นต่อการเพิ่มขึ้นของระดับแรงดัน ซึ่งเรียกกันว่า เป็นย่านการทำงานตามกฎของโอห์ม (OHM'S LOW REGION OF OPERATION) ซีเนอร์ไดโอดนั้นจะทำงานคล้ายกันกับไดโอดแบบรอยต่อพีเอ็ม ในย่านการทำงานแบบไบแอสกลับ ซึ่งระหว่าง 0 โวลต์และแรงดันซีเนอร์ (V_z) โดยจะเกิดกระแสไหลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เรียกว่า "กระแสรั่วไหลเมื่อได้รับไบแอสกลับ" (I_L) ความแตกต่างระหว่างซีเนอร์ไดโอดกับไดโอดแบบทั่วไปได้แก่ เมื่อได้รับไบแอสกลับถึงจุดซีเนอร์ (V_z) ที่ค่าความต่างศักย์นี้ รอยต่อของไดโอดจะเกิดการพังทลาย (AVALANCHES) และกระแสจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ค่าแรงดันที่ตกคร่อมซีเนอร์ไดโอดจะมีค่าคงที่ถึงแม้ว่า จะมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ป้อนเข้ามา ซึ่งปรากฏการณ์เช่นนี้จะทำให้เกิดการรักษาค่าระดับแรงดันโดยซีเนอร์ไดโอด ในรูปที่ 13 เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงที่รักษาระดับแรงดันด้วยซีเนอร์ไดโอด โดยตัวต้านทาน R_L จะแทนค่าโหลดที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟนี้ (เท่ากับ VZ/I_L) ตัวเก็บประจุ C1 เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้กรองกระแสแบบธรรมดาที่ความจุของ C1 ใช้กฎอย่างง่าย ๆ ที่คือไม่ต่ำกว่า 1000 ไมโครฟารัด ต่อค่าไมโครฟารัด ต่อกระแสโหลด 1 แอมแปร์ หรือ 500 ไมโครฟารัด ต่อกระแส 1 แอมแปร์

ตัวเก็บประจุ C_2 ในรูปที่ 13 ใช้ในการการลดสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากซีเนอร์ไดโอด ในหลาย ๆ วงจรที่ไม่ค้านึงถึงสัญญาณรบกวน ก็อาจตัด C_2 ออกไปจากวงจรได้

ตารางที่ 1 สูตรสำหรับวงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้ซีเนอร์ไดโอด

	คำนวณค่าของ RS ในหน่วยโอห์ม
เงื่อนไขที่ 1	$RS = VMIN - V_z$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$1.1\ I_g$$

เงื่อนไขที่ 2 $RS = RIN - VZ$

$$1.1\ I_g\ (MAX)$$

เงื่อนไขที่ 3 $RS = VMIN - VZ$

$$1.1\ I_g\ (MAX)$$

กำลังงานสูญเสียของ D5 หน่วยเป็นวัตต์

$$P_{RS} = \frac{(VMIN - VZ)^2 - (I_g VZ)}{RS}$$

กำลังสูญเสียของ RS หน่วยเป็นวัตต์

$$P_{RS} = (VMAX - VZ)^2$$

หรือ

$$P_{RS} = PDS + I_g VZ$$

การออกแบบวงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้ซีเนอร์ไดโอดดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 13 โดยมีขั้นตอนที่สำคัญอยู่ 4 ขั้น คือ

1. พิจารณาถึงสภาวะการทำงาน
2. เลือกค่าความต่างศักย์ของซีเนอร์
3. เลือกค่าความต้านทานและอัตราทนกำลังของ RS
4. คำนวณค่ากำลังสูญเสียของซีเนอร์ไดโอด

ซีเนอร์ไดโอดจะต้องทำงานอยู่ภายใต้เงื่อนไข 3 ข้อ แต่อันดับแรกจะต้องเลือกเอาเงื่อนไขที่ใกล้เคียงกับวงจรของเราที่สุด เงื่อนไขต่าง ๆ เหล่านั้นได้แก่

1. ระดับแรงดันไฟป้อน (VS) มีค่าเปลี่ยนแปลง ส่วนกระแสโหลด (I_g) มีค่าคงที่
2. ระดับแรงดันไฟป้อนมีค่าคงที่ ส่วนกระแสโหลดมีค่าเปลี่ยนแปลง
3. ระดับแรงดันไฟป้อนมีค่าเปลี่ยนแปลง และกระแสโหลดมีค่าเปลี่ยนแปลง

สมการที่ใช้ในการออกแบบสำหรับทั้ง 3 กรณีนั้น แสดงให้เห็นในตารางที่ 1 และต่อไปนี้จะแสดงให้ขั้นตอนการออกแบบและตัวอย่างสำหรับเงื่อนไขไปแบบที่ 1 ถึงเงื่อนไขแบบที่ 3

<u>การออกแบบสำหรับเงื่อนไขที่ 1</u>

โดยการทำตามขั้นตอนข้างล่างเพื่อกำหนดตัวแปรของวงจร

1. เลือกค่า VZ จากการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เลือกค่ากระแสโหลด I_L

3. คำนวณหาค่า RS (ดูจากตารางที่ 1)

4. คำนวณค่ากำลังสูญเสียของซีเนอร์ไดโอด .

5. คำนวณค่ากำลังสูญเสียของซีเนอร์ไดโอด และค่าอัตราทนกำลังของซีเนอร์ไดโอด

6. คำนวณค่ากำลังสูญเสียของตัวต้านทาน RS

7. เลือกอัตราทนกำลังของตัวต้านทาน RS

ตัวอย่าง .....

จงออกแบบวงจรรักษาระดับแรงดันโดยใช้ซีเนอร์ไดโอด ดังแสดงในรูปที่ 13 เพื่อให้ได้ระดับเอาต์พุตเป็นไฟตรง 6.8 โวลต์ โดยมีกระแสโหลด 75 มิลลิแอมป์ แหล่งจ่ายไฟมาจากตัวแบตเตอรี่รถยนต์ ซึ่งปกติแล้วจะมีค่าแรงดันไฟตรงเปลี่ยนแปลงจาก 12 ถึง 15 โวลต์ เนื่องจากความเร็วของเครื่องยนต์จะเปลี่ยนจากตอนเดินเบาไปสู่รองหมุนสูงขึ้น

ขั้นตอนที่ 1 .. เลือกค่า VZ = 6.8 โวลต์ดีซี (จากการกำหนดให้มา)

ขั้นตอนที่ 2 .. กำหนดค่ากระแสโหลด = 0.075 แอมแปร์ (จากการกำหนดให้มา)

ขั้นตอนที่ 3 .. $RS = (VMIN - VZ)/ 1.1\ I_L$

ข้อสังเกต .. ใช้ค่า $1.1\ I_L$ เพื่อยอมให้กระแสไหลเป็น RS เพิ่มขึ้น 10%

$RS = (12-6.8)/(11/ 0.075)$

$RS = 5.2\ (V)/0.083\ (A)$

$= 63$ โอห์ม

ขั้นตอนที่ 4 .. คำนวณหาค่า P_{DS}

$P_{DS} = (VMAX-VZ)^2/R_1 - (I_L VZ)$

$= (13-6.8)^2/63 - (0.075/6.8$

$= (8.2)^2/63 - 0.5$

$= (67.2)/63 - 0.5$

$= 1.07 - 0.5$

0.57 WATT

ขั้นตอนที่ 5 .. เลือกอัตราทนกำลังของ DS เนื่องจากการคำนวณได้ค่า P_{DS} เท่ากับ 0.57 วัตต์ เราสามารถใช้ซีเนอร์ขนาด 1 วัตต์ ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปแล้วเป็นการฝึกหัดที่ดีที่จะใช้ไดโอดที่มีอัตราการทำกำลังสูงกว่าค่า P_{DS} ที่ได้จากการคำนวณ 20 เปอร์เซนต์ หรือมากกว่า)

ขั้นตอนที่ .. คำนวณหาค่า $P_{RS} = P_{DS}+(IZ/VZ)$

$= 0.57 + (0.075)(6.8)$

$= 0.57+0.5$

$= 1.00$ WATT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 7 .. พิจารณาเลือกอัตราทนกำลังของ RS เนื่องจาก P_{RS} เท่ากับ 1.07 วัตต์ เราจะเลือกใช้ตัวต้านทาน RS ขนาด 2 วัตต์ ซึ่งเป็นค่ามาตรฐาน ค่าถัดไปที่มี โดยเราใช้หลักเดียวกับอัตราทนกำลังของซีเนอร์ไดโอดคือ เผื่อไว้ 20% หรือมากกว่า

การออกแบบสำหรับเงื่อนไขที่ 2 และ 3

สำหรับเทคนิคในการออกแบบตามเงื่อนไขที่ 2 และ 3 นั้น จะเหมือนกับในเงื่อนไขที่ 1 ทุกอย่างยกเว้น ในเงื่อนไขที่ 2 ใช้ค่า I_{SM} x แทนค่า I_S (เงื่อนไขที่ 2 ใช้แทนค่ากระแสที่เปลี่ยนแปลง) แหล่งจ่ายไฟแบบปรับค่าได้เมื่อ VO มีค่าต่ำสุด ในวงจรรูปที่ 20 ใช้ไอซีเบอร์ LM 338

รูปที่ 19 สำหรับขนาดแรงดันที่ไม่เป็นมาตรฐาน สามารถทำได้จากวงจรรักษาระดับแรงดันซึ่งออกแบบมาให้ผลิตระดับแรงดันที่คงที่ในรูป (ก) ใช้ไดโอดหนึ่งตัวหรือมากกว่า ในการเพิ่มแรงดัน (VO) อีก 0.7 โวลต์ สำหรับไดโอดแต่ละตัวที่ต่ออนุกรมเข้าไป สำหรับตัวต้านทานที่ต่อในรูป (ข) ใช้สำหรับปรับระดับแรงดันออปเซ็ต ซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าแรงดัน (VO) ได้

ยกตัวอย่างเช่น ระดับแรงดันอินพุต VI จะสามารถปรับแรงดันออกได้จาก 1.2 โวลต์ ถึง 25 โวลต์ที่ระดับแรงดันต่ำ การกระจายกำลังงาน P_D ที่กระแสโหลด 5 แอมแปร์ เท่ากับ

$$P_D = (28-1.2\ V)/(5A)$$
$$= 134 \text{ วัตต์}$$

ปัญหาจะลดน้อยลงที่ค่าสูงสุดของ VO โดยจะได้

$$P_D = (VI-VO)*(I_{LO\ D})$$
$$= (20-25)*(5A)$$
$$= 15 \text{ วัตต์}$$

ระดับแรงดันเอาต์พุตของไอซีเบอร์ LM 338 จะถูกกำหนดโดยวงจรแบ่งระดับแรงดัน (R1 และ R2) ซึ่งอาจจะเป็นโปเทนวิโอมิเตอร์ หรือใช้ตัวต้านทานแบบค่าคงที่และโปเทนชิโอมิเตอร์ร่วมกัน ถ้าต้องการระดับแรงดันเอาต์พุตที่คงที่แล้ว R1 และ R2 ควรใช้มีค่าคงที่ทั้งสองตัว ระดับแรงดันเอาต์พุตจะถูกกำหนดโดย

$$VO = (1.25V)*(R2/R1+1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนมากแล้วค่าของ R1 จะอยู่ระหว่าง 120 โอห์ม ถึง 250 โอห์ม ถึง และจะใช้ปรับให้ได้ระดับแรงดันที่ต้องการ สมการข้างต้นสารถเขียนใหม่ให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมขึ้น ดังนี้

$$R2 = (VO/1.25-1)xR1$$

ตัวอย่าง

จงบอกแบบวงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้ไอซีเบอร์ LM 388 เพื่อให้ได้ระดับแรงดันเอาต์พุตขนาด 13.8 โวลต์ โดยกำหนดให้ค่า R1 = 120 โอห์ม

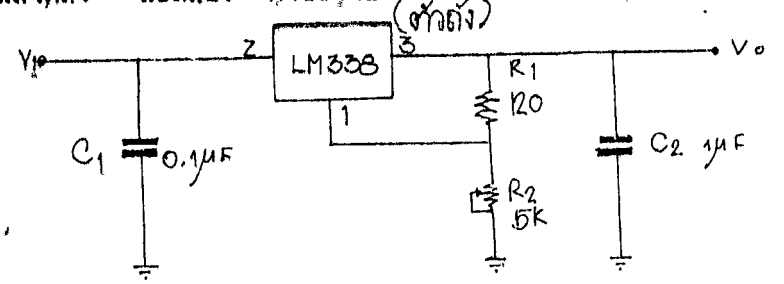
$$R2 = (VO/1.25-1)xR1$$
$$= (13.8/1.25-1)x120$$
$$= (11.04-1)x120$$
$$=1205 \text{ โอห์ม}$$

แน่นอนว่าเราไม่สามารถหาตัวต้านทานค่าคงที่ขนาด 1205 โอห์มได้แต่เราสามารถต่อ R2 โดยใช้ตัวต้านทานค่าคงที่ต่ออนุกรมกับโปเทนชิโอมิเตอร์ยกตัวอย่างเช่น ใช้ตัวต้านทานค่าคงที่ขนาด 1000 โอห์มและโปเทนชิโอมิเตอร์ขนาด 500 โอห์ม เพื่อปรับให้ได้ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ถูกต้อง

ไอซีเรกูเลเตอร์ปรับไฟได้เบอร์ LM 317

จะต้องจำไว้ให้ดีว่า ไอซีเบอร์ LM 317 เป็นวงจรรักษาระดับแรงดันที่จ่ายกระแสได้ 5 แอมแปร์ ดังนั้นจึงควรติดแผ่นระบายความร้อนแบบมีครีบและใช้จารบีซิลิโคนทาระหว่างผิวหน้าเพื่อให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้นสำหรับตัวถังแบบ TO-3 นี้ตัวถังจะเป็นเอาต์พุตขาหนึ่ง ดังนั้น จึงต้องแยกตัวถังไม่ได้แตะกับกราวด์ ซึ่งทำได้โดยการแยกตัวแผ่นระบายความร้อนออกจากกราวด์หรือใช้แผ่นไมก้าเป็นฉนวนรองตัวถังของไอซีเบอร์ LM 388

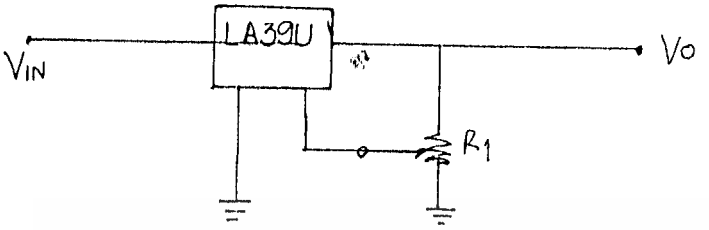
ในรูปที่ 21 ได้แสดงให้เห็นถึงวงจรรักษาระดับแรงดันที่ปรับค่าได้แบบอื่น ๆ โดยใช้ไอซีเบอร์ LAS-39 ของแลมด้าอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งอุปกรณ์นี้จะคล้ายคลึงกับไอซีเบอร์ LM 388 แต่สามารถจ่ายกระแสได้ถึง 8 แอมแปร์ ค่าของโปเทนชิโอมิเตอร์ที่ใช้ปรับค่าแรงดันเท่ากับ



(ไม่ได้แสดงถึงคาพาซิเตอร์กรองกระแส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ วงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้ไอซีเบอร์ LM 388 จะต้องติดตั้งบนแผ่นระบายความร้อน เมื่อระดับแรงดันตกภายในตัวมีค่ามาก ถ้าหาก VI มีค่า 28 โวลต์ และ VO มีค่าเพียง 1.2 โวลต์ จะทำให้เกิดการกระจายกำลังงานประมาณ 134 โวลต์ ที่กระแสโหลด 5 แอมแปร์ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน ถ้าหาก VO มีค่า 25 โวลต์ การกระจายกำลังงานก็จะมีเพียง 15 วัตต์เท่านั้น



รูปที่21 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้เบอร์ LAS39U เป็นการปรับปรุงวงจรที่ใช้เบอร์ LM388 ในรูปที่ 20 โดยเบอร์ LAS39U ต้องการเพียงอุปกรณ์ประกอบภายนอกตัวเดียวเท่านั้น คือ โปเทนชิโอมิเตอร์แบบปรับค่าได้ สำหรับปรับค่าแรงดันเอาต์พุต

<u>วงจรรักษาระดับแรงดันที่จ่ายกระแสได้สูงขึ้น</u> (HIGHER - CURRENT REGULATORS)

วงจรรักษาระดับแรงดันที่สามารถจ่ายกระแสได้สูงขึ้นมี บางครั้งอาจจะเป็นที่ต้องการในไดรงงานทางด้านดิจิตอล เครื่องส่งวิทยุสมัครเล่น และวงจรขยายเสียง เราจะกำหนดว่ากระแสสูงหมายถึง กระแสนั้นสูงกว่า 5-8 แอมแปร์ วิธีหนึ่งที่ง่ายที่สุดในการบรรลุถึงความต้องการนี้ ก็โดยการใช้ทรานซิสเตอร์ตัวหนึ่งหรือหลายตัวต่ออนุกรมเข้าไปช่วย

ในรูปที่ 22 และรูปที่ 23 จะแสดงให้เห็นถึงวิธีเหล่านี้ ข้อได้เปรียบของวงจรเหล่านี้ได้แก่ การออกแบบนั้นทำได้ง่ายมาก และเราสามารถใช้ทรานซิสเตอร์กำลังที่มีค่าอัตราขยาย (B) ต่ำๆได้ เนื่องจากไอซีรักษาระดับแรงดันสามารถจ่ายกระแสได้สูงขึ้น ในวงจรทั้งสองแบบแรงดันเอาต์พุตจะมีค่าโดยประมาณต่ำกว่าอัตราแรงดันเอาต์พุตของไอซีรักษาระดับแรงดันแบบ 3 ขา ประมาณ 0.6 ถึง 0.7 โวลต์เช่น โดยการใช้ไอซีรักษาระดับแรงดันเบอร์ LM317 จะสามารถให้แรงดันเอาต์พุตประมาณ 11.4 โวลต์

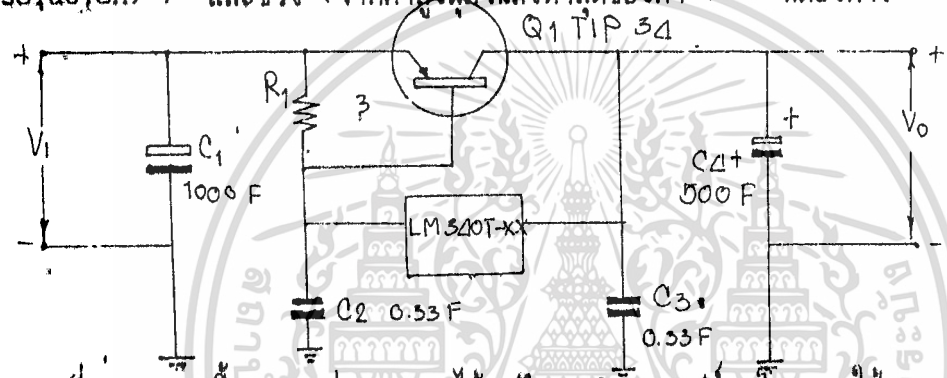
ในบางกรณี การจ่ายกระแสที่สูงขึ้นนั้น สามารถทำได้โดยวงจรในรูปที่ 23 วงจรนี้ยังคงสามารถปรับค่าแรงดันเอาต์พุตได้อย่างเที่ยงตรงเช่นกัน โดยหัวใจของวงจรได้แก่ ไอซีรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้เบอร์ LM317 (U1) ซึ่งไอซีตัวนี้จะสามารถตั้งค่าแรงดันอ้างอิงให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ที่ต่ออนุกรมอยู่กับวงจร และยังสามารถจ่ายกระแสเบสให้กับตัวทรานซิสเตอร์ได้ถึง 1.5 แอมแปร์ ถ้าต้องการกระแสเบสมากกว่านี้แล้ว ให้ใช้เบอร์ LM338 (ซึ่งสามารถจ่ายกระแสได้ถึง 5 แอมแปร์) แทนเบอร์ LM317

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

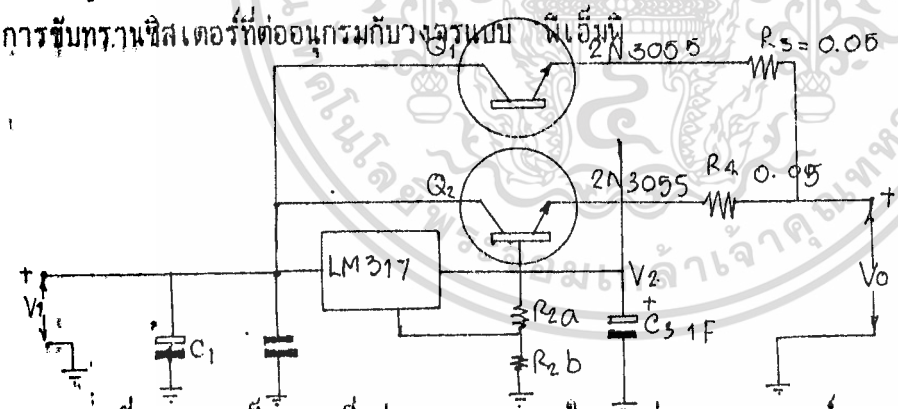
ระดับแรงดันเอาต์พุต VO จะน้อยกว่าระดับแรงดันที่จ่ายออกมาจาก U1 เท่ากับ Ø.7 โวลต์ โดยระดับแรงดันที่จ่ายออกมาจาก U1 จะสามารถตั้งได้เช่นเดียวกับของไอซีเบอร์ LM3ØØ ที่กล่าวมาๆ แล้ว แต่ในกรณีนี้ R2 จะถูกแทนด้วยตัวต้านทานสองตัว คือ R_{2a} และ R_{2b} สมการจะเขียนออกได้เป็น

$$VO = 1.25(R_{2a}+R_{2b})/R1$$
$$= 1-0.7\ V$$

คุณอาจสังเกตพบว่าสมการนี้ได้ดัดแปลงมาจากสมการที่ใช้กับไดซีเบอร์ LM3ØØ โดยปกติแล้วโปเทนชิโอมิเตอร์ R_{2b} จะมีค่าประมาณจาก 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของความต้านทาน $R_{2a}+R_{2b}$ ความเที่ยงตรงของอัตราส่วนระหว่าง R_{2a} กับ R_{2b} ขึ้นอยู่กับองศาของการควบคุม (ความละเอียด (resolution)) และช่วง (จากค่าสูงสุดจนถึงต่ำสุดของค่า VO) ที่ต้องการ



รูปที่ 22 วงจรนี้สามารถจ่ายกระแสได้สูงถึง 6-7 แอมแปร์ โดยการใช้วงจรรักษาระดับแรงดันการขับทรานซิสเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับวงจรแบบ พีเอ็มพี



รูปที่ 23 เป็นการเพิ่มค่าความสามารถในการจ่ายกระแสเอาต์พุต โดยวงจรนี้จะปรับปรุงจากวงจรในรูปที่ 22 โดยการต่อทรานซิสเตอร์อนุกรมกับวงจรขนานกันหลายตัว เพื่อจ่ายกระแสได้เพิ่มขึ้น วงจรนี้สามารปรับค่าแรงดันได้

กระแสค่าสูง ๆ นี้ จะถูกรับโดยทรานซิสเตอร์ที่ต่ออนุกรมหนึ่งตัวหรือมากกว่า มีอัตราค่าสูงสุดที่ต้องคำนึงถึงในตอนแรกอยู่ 2 ตัวเมื่อจะเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ คือ กรรกระจ่ายกำลังงานของคอลเลคเตอร์ (COLLECRGR POWRER DISSIPATION) และค่ากระแสคอลเลคเตอร์นอกจากนี้แล้วเรายัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องคำนึงถึงว่าทรานซิสเตอร์แต่ละตัวจะต้องมีค่าอัตราทนแรงดัน V_{CE} ที่ สูงเพียงพอที่จะรับกับแรงดันอินพุตคร่อมตัวมันอยู่

ค่าการกระจายกำลังงานคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ที่มาต่ออนุกรมนี้ เท่ากับผลคูณของกระแสคอลเลคเตอรสูงสุดลบแรงดนตกระหว่างขา C-E ซึ่งเกิดจากผลต่างของ VI VO สำหรับวงจรรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้นี้อัตรากระจายกำลังงานที่แท้จริง ซึ่งทรานซิสเตอร์จะได้รับเท่ากับ

$$P_{D(MAX)} = I_{C(MAX)} (V_{I(MAX)} - V_{O(MIN)})$$

เมื่อใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวหรือมากกว่าต่อขนาดกัน เพื่อเพิ่มความสามารถในการจ่ายกระแสของวงจรรักษาระดับแรงดัน เราจะต้องใช้ตัวต้านทานต่ออนุกรมกับขาอิมิตเตอร์ (R3 และ R4) ของทรานซิสเตอร์แต่ละตัว เนื่องจากว่าค่าอัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์แต่ละตัวจะมีค่าแตกต่างกันมาก แตการเปลี่ยนแปลงของโหลดไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก ภายใต้สถานการณ์นั้น อาจจะปรากฏค่ากระแสที่รับโดยทรานซิสเตอร์ตัวหนึ่งมีค่าเกินอัตรา IC สูงสุดของมัน

สำหรับกรณีนี้ จะต้องมีการเลือกค่าอัตราขยายของทรานซิสเตอร์ที่จะนำมาใช้อย่างคร่าว ๆ ก่อน โดยการใช้วงจรในรูปที่ 23 ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 เบอร์ 2N 3055 จะสามารถจ่ายกระแสออกไปได้สูงสุด 15 ถึง 20 แอมแปร์

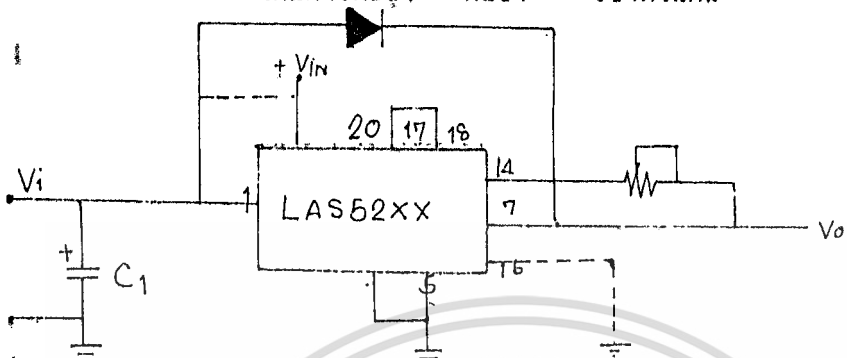
ทางเลือกอื่นในการออกแบบวงจรรักษาระดับแรงดันแบบจายกระแสได้สูงได้แก การใช้วงจรไฮบริด (HIBRID UNIT) ที่ผลิตโดยบริษัทแลมด้าอิเลคทรอนิกส์ ซึ่งมีบริษัทนี้มีชื่อเสียงทางด้านการผลิตแหล่งจ่ายไฟแบบตั้งโต๊ะ และยังจำหน่ายอุปกรณ์ที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟด้วย ในรูปที่ 24 ได้แสดงให้เห็นถึงวงจรรักษาระดับแรงดันแบบไฮบริดที่จ่ายกระแสได้ 20 แอมแปร์ เบอร์ LAS 52XX ตัวอักษร XX จะระบุถึงค่าระดับแรงดันเอาต์พุต ซึ่งอาจจะเป็น 5 หรือ 24 โวลต์

ตัวถังที่ใช้บรรจุวงจรรักษาระดับแรงดันนี้ แสดงให้เห็นในรูปที่ 24 (ก) ซึ่งได้รับการออกแบบด้วยอีพ็อกซี่แบบพิเศษ โดยมีแผ่นระบายความร้อนภายนอกอีกที่

วงจรใช้งานจริงสำหรับไอซีเบอร์ LAS-52XX จะแสดงไว้ในรูปที่ 24 (ข) ตัวเก็บประจุ C1 จะใช้ในการกรองกระแสที่เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส ค่าความจุของตัวเก็บประจุนี้ มีเทากับ 2000 ไมโคร/แอมแปร์ ดังนั้นสำหรับแหล่งจ่ายไฟขนาด 20 แอมแปร์ จะใช้ตัวเก็บประจุขนาด 40,000 ไมโครฟารัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

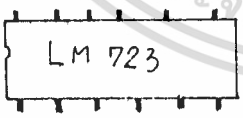
มีขา V+ อยู่ 2 ขั้ว สำหรับไอซีตัวนี้โดยขาเบอร์ 1 จะเป็นขา หลัก (กระแสสูง) และใช้ตัวอักษรกำกับว่า +VIN ขานี้จะต้องเข้ากับทรานซิสเตอร์ที่ใช้ต่ออนุกรมภายใน ขาเบอร์ 20 ซึ่งใช้ตัวอักษรกำกับว่า +VIN (ขาควบคุม) จะใช้ในการจ่ายกำลังงานให้กับวงจรควบคุมอัตราขยายภายในแรงดันที่จ่ายให้กับขา 20 อย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 7.5 โวลต์ดีซี ซึ่งความต้องการนี้จะพบได้ในไอซีเบอร์ LAS-5212 และ LAS-5224 โดยการต่อขา 1 กับขา 20 เข้าด้วยกัน



รูปที่ 24 ไอซีเบอร์ LAS52XX เป็นวงจรรักษาระดับแรงดันแบบไอบรัด ซึ่งสามารถจ่ายกระแสได้สูงถึง 20 แอมแปร์ โดยตัวอักษร XX อาจจะเป็น 05 หรือ 24 ซึ่งแสดงถึงระดับแรงดันเอาต์พุต

สำหรับไอซีเบอร์ LAS-5205 นั้นแรงดันของอินพุตอาจอยู่ในช่วง 7-8 โวลต์ ดังนั้นในบางช่วง แรงดันอินพุตนี้อาจจะตกลงมาเหลือต่ำกว่า 7.5 โวลต์ ดังนั้น ถ้าหากใช้แรงดันของ VIN สำหรับแหล่งจ่ายไฟ + 5 โวลต์โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 6.3 โวลต์แล้ว อาจเกิดปัญหาได้ ดังนั้น จึงควรหาแหล่งไฟป้อนให้กับขา VIN ใหม่ เพื่อให้แน่ใจว่าแรงดันที่ขานี้อย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 7.5 โวลต์ดีซี

ขาเบอร์ 14 และเบอร์ 16 เป็นขาใช้ตรวจรับ และใช้สำหรับส่งสัญญาณให้กับวงจรขยายสัญญาณอ้างอิงภายในได้รู้ถึงระดับแรงดันใดที่ควรจะผลิตขึ้นสำหรับ VO ถ้าสายที่ต่อออกจากเอาต์พุต



ไอซีเรกูเลเตอร์ปรับไฟได้เบอร์ 723

ของวงจรรักษาระดับแรงดันไปยังโหลดนั้นสั้น และใช้สายขนาดใหญ่แล้ว ขา 14 สามารถต่อเข้ากับขอ 7 โดยผ่าน R1 และขา 16 สามารถต่อลงกราวด์หรือต่อเข้ากับขา 3 และขา 5 ในหลายกรณีเราจะต่อขาตรวจรับนี้เข้ากับขา +VO และ -VO ที่โหลดเลย การต่อเช่นนี้จะทำให้วงจรรักษาระดับแรงดันนั้นสามารถชดเชยค่า ที่ต้องการจริง ๆ และใช้ลดผลข้างเคียงอันอาจจะเกิดขึ้นจากแรงดันตกที่เกิดขึ้นในสายตัวนำด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

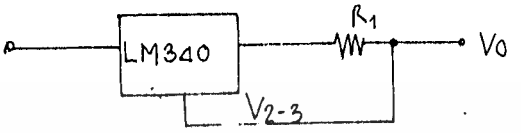
โปเทนชิตอมิเตอร์ R1 นั้น ใช้สำหรับกำหนดค่า VO ที่ถูกต้องจริง ๆ ให้ใกล้เคียงกับค่าที่ระบุไว้โดย XX ที่เบอร์ของอุปกรณ์ค่าความต้านทานของ R1 กำหนดโดย

R1 = 0.25 VO *(1000 /V) ..... OHM

สำหรับอุปกรณ์เบอร์ LAS-5205 ขนาดเอาต์พุต 5 โวลต์นั้น เราต้องการความต้านทานที่สูงกว่า

R1 = (0.25*5V)(1000 OHM/V) ..... OHM

= 1250 โอห์ม



รูปที่ 25 เป็นวงจรรักษาระดับแรงดัน ซึ่งต่อในลักษณะจ่ายกระแสคงที่

<u>วงจรจ่ายกระแสคงที่</u> (CURRENT REGULATORS)

ในรูปที่ 25 ได้แสดงให้เห็นถึงไอซีรักษาระดับแรงดันแบบ 3 ขา ที่ต่อเนื่องเป็นแหล่งจ่ายกระแสเอาต์พุตจะหาได้อย่างประมาณเท่ากับ

$I = V_{2-3}/R1 + I_Q$

เมื่อ IO เป็นค่ากระแสเอาต์พุต, V_{2-3} เป็นระดับแรงดันเอาต์พุต R1 เป็นค่าความต้านทานในหน่วยโอห์ม และ I_Q เป็นค่ากระแสในสภาวะสงบ (QUIESCENT CURRENT) ของ U1 (ซึ่งปกติจะอยู่ระหว่าง 1-5 มิลลิแอมแปร์)

<u>หลักการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง</u>

<u>การเพิ่มประสิทธิภาพ</u>

สู่สายตากันมาแล้วถึง 2 ตอน และคุณก็ได้เข้าถึงหลักการออกแบบที่เกือบจะสมบูรณ์ แต่มีสิ่งหนึ่งที่จำดูหายไปนั่นคือประสิทธิภาพ ในตอนนี้จึงเป็นเรื่องของการเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่แหล่งจ่ายไฟตรง ซึ่งมีหัวข้อที่น่าสนใจคือ การป้องกันไดโอดเรียงกระแส การจำกัดกระแสเอาต์พุต การป้องกันแรงดันเกินความร้อน แหล่งจ่ายไฟแรงดันสูง แหล่งจ่ายไฟแบบไร้หม้อแปลงไฟฟ้า เมื่อระดับแรงดันสูงขึ้นและกำลังงานเพิ่มขึ้น การลดความร้อนที่เกิดขึ้น การรักษาแรงดันแบบสวิตซ์ซึ่งที่ใช้ไอซี วงจรอินเวอร์เตอร์

<u>การป้องกันไดโอดเรียงกระแส</u>

วงจรเรียงกระแสในแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงสมัยใหม่นี้ ทำมาจากไดโอดแบบรอยต่อพี-เอ็น ข้อได้เปรียบของไดโอดเหล่านี้ ได้แก่ มันมีขนาดเล็ก ไม่กินเนื้อที่ แต่ข้อเสียของมันก็คือ ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบต่อการเสียหายเนื่องจากทรานเซี้ยนต์แรงดันสูง และความเสียหายอันเนื่องมาจากกระแสกระชากสูง ๆ

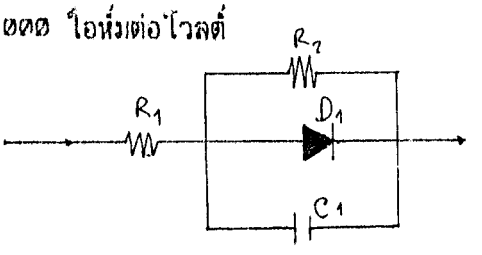
ในรูปที่ 26 ได้แสดงให้เห็นถึงการต่ออุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อใช้ป้องกันไดโอด ซึ่งไม่ได้ใช้ในทุกกรณี แต่ส่วนใหญ่จะนำมาใช้กัน โดยตัวต้านทาน R1 ที่ต่ออนุกรมนั้นใช้สำหรับจำกัดกระแสกระชากโดยทั่วไปแล้วไดโอดจะมีค่าอัตราทนกระแสกระชากได้สูง ซึ่งกำหนดว่าทนกระแสเกินได้ 1 ไซเกิล เช่นในระบบไฟ 50 เฮิรตซ์ จะสามารถทนกระแสเกินได้ 1/50 วินาที หรือน้อยกว่าถ้าหากอัตรากระแสเกินมีระยะเวลายาวนานกว่านี้ จะทำให้อัตราการทนกระแสของไดโอดลดลง

อาจกล่าวได้ว่า การเกิดกระแสเกินที่พบบ่อยที่สุดที่วงจรเรียงกระแสได้รับอยู่บ่อย ๆ ได้แก่ การอัดประจุในตอนเริ่มแรกของตัวเก็บประจุในวงจรกรองกระแส ในสถานะที่ป้อนไฟเข้าแหล่งจ่ายไฟตัวเก็บประจุในวงจรกรองกระแสจะไม่มีประจุอยู่เลย ดังนั้น อัตรากระแสที่ใช้ในการประจุจะสูงมากสำหรับแหล่งจ่ายไฟกระต่ำทั้งหลายจะไม่เกิดปัญหาเหล่านี้ เนื่องจากค่าความจุของตัวเก็บประจุในวงจรกรองกระแส มีค่าต่ำพอจะทำให้การประจุทำได้อย่างรวดเร็ว

ถ้าหากใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุสูง ๆ กระแสจำนวนมากในช่วงของการเปลี่ยนไซเกิลจะยาวนานเพียงพอที่จะทำความเสียหายให้กับวงจรเรียงกระแสได้ หน้าที่ของตัวต้านทาน R1 ก็เพื่อจำกัดค่ากระแสให้อยู่ในย่านที่ปลอดภัยในระหว่างช่วงของการเปลี่ยนไซเกิล ค่าของ R1 อยู่ระหว่าง 5 ถึง 100 โอห์ม ขึ้นอยู่กับระดับแรงดันที่และกระแส ค่าที่เหมาะสมสามารถหาได้จากการคำนวณจากกฎของโอห์ม (E/I) โดยใช้ค่าแรงดันที่ป้อนหารด้วยค่ากระแสสูงสุดที่อยู่ในย่านที่ปลอดภัย

วิธีการอื่นในการป้องกันวงจรเรียงกระแสจากความเสียหาย ที่โดยการเพิ่มความแรงดันของแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับให้แก่ไดโอดอย่างช้า ๆ แต่จะกล่าวถึงวิธีการนี้ในตอนหลัง

ตัวต้านทานที่ต่อขนานคร่อมไดโอด (R2 ในรูปที่ 26) ใช้เมื่อมีการต่อไดโอดหลายตัว หรือมากกว่าอนุกรมกัน ซึ่งวิธีการนี้ใช้สำหรับเพิ่มค่าอัตราการทนแรงดันย้อนกลับสูงสุดของไดโอด (PIV) เนื่องมาจากความแตกต่างของไดโอดแต่ละตัวทำให้แรงดันตกคร่อมไดโอดอาจแตกต่างกันไปบ้าง โดยการใช้ตัวต้านทานค่าเท่ากันขนานกับไดโอดแต่ละตัว จะทำให้แรงดันตกคร่อมไดโอดมีค่าใกล้เคียงกันค่าที่ใช้ตามปกติเท่ากับ 1000 โอห์มต่อโวลต์

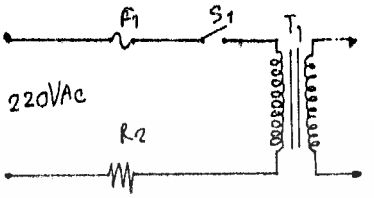


รูปที่ 26 เมื่อเปิดเครื่อง วงจรเรียงกระแสจะถูกถึงกระแสผ่านจำนวนมาก เนื่องจากตัวเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจุในวงจรกรองกระแสไม่มีประจุอยู่เลย ทำให้เสมือนว่าลัดวงจรในช่วงครึ่งไซเกิลแรกหรือมากกว่า

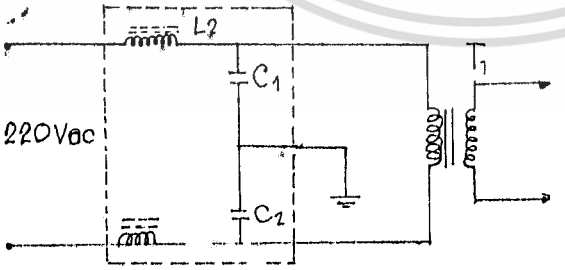
ตัวเก็บประจุ C1 ที่ต่อขนานกับ D1 นั้น ใช้สำหรับลดทรานเซี้ยนต์แรงดันสูงจากสายส่งไฟฟ้า ระดับแรงดันนี้อาจมีค่าสูงถึง 2000 โวลต์ และอาจจะเกิดขึ้นหลายครั้งในหนึ่งวินาทีทรานเซี้ยนต์เหล่านั้น สามารถทำลายไดโอดได้ การต่อตัวเก็บประจุขนาด 0.001 ไมโครฟารัด ขนานกับไดโอดจะลดค่าทรานเซี้ยนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น (เนื่องมาจากประกอบด้วยค่าความถี่สูง) โดยไม่ผ่านกระแสที่ความ 50 เฮิรตซ์ออกไป



รูปที่ 27 วิธีการหนึ่งในการลดกระจ้านวนมากที่ไหลผ่านไดโอดในระหว่างชั่วขณะแรกเมื่อแหล่งจ่ายไฟไอซิต่อวงจร ก็โดยการลดแรงดันไฟไอซิที่จะป้อนสู่วงจรเรียงกระแสให้มีขนาดลดลง

รูปที่ 27 แสดงให้เห็นถึงวงจรเริ่มจ่ายไฟแบบช้า ๆ (SOFT TURN-ON) ซึ่งความตั้งใจของวงจรนี้ก็เพื่อจำกัดค่ากระแสที่ไหลในช่วงระยะเวลา 2-3 วินาทีแรกจนกระทั่งตัวเก็บประจุทำการอัดประจุถึงระดับแรงดันที่ต้องการ มีวิธีการหลายอย่างในการทำเช่นนี้ สำหรับในรูปที่ 27 โดยการต่อตัวต้านทานอนุกรมกับขดปฐมภูมิของหม้อแปลง หลังจากประมาณ 2 3 วินาที จึงต่อวงจรสวิตช์ S2 เพื่อให้แหล่งจ่ายไฟทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ

ส่วนวิธีการอื่นก็โดยการแทน R1 ด้วยหลอดไฟหรือบาลลาสต์ (BALLAST) เป็นที่สังเกตว่ามีฟิวส์ F1 ต่ออนุกรมอยู่ที่ขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า T1 (ในรูปที่ 27) จงต่อฟิวส์กับแหล่งจ่ายไฟของคุณเสมอ ฟิวส์ควรจะเป็นอุปกรณ์ซึ่งต่อใกล้ที่สุดกับสายไฟเส้นที่มีไฟ (HOT LINE) เพื่อที่ฟิวส์จะเป็นเครื่องป้องกันโดยขาดก่อนที่จะเกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ตัวอื่น



รูปที่ 28 วงจรนี้อาจจะไม่ปลอดภัยสำหรับคุณ เนื่องจากถ้าค่าความจุของตัวเก็บประจุไม่เท่ากันและปฏิกิริยาของตัวเหนี่ยวนำอาจจะทำให้สายกราวด์มีไฟได้

สัญญาแรบกวนความถี่สูงที่เกิดขึ้นในสายส่งไฟฟ้า ซึ่งรวมทั้งทรานซิเซี้ยนต์ที่กล่าวถึงในตอน

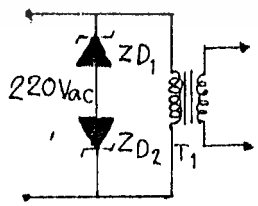
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันนี้ สามารถทำให้การทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกิดการผิดพลาดขึ้นได้ วิธีการหนึ่งในการลดสัญญาณรบกวนเหล่านี้ก็โดยการต่อวงจรกรองสัญญาณแอลซี ที่วงจรของสายจ่ายไฟก่อนที่จะเข้าสู่อุปกรณ์กับหม้อแปลงไฟฟ้า ในรูปที่ 28 แสดงถึงวงจรกรองสัญญาณรบกวน แต่ละสายจากแหล่งจ่ายไฟเอซี จะประกอบด้วยส่วนของตัวเหนี่ยวนำ ที่เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (LOWPASS FILTER) ซึ่งจะยอมให้สัญญาณความถี่ 50 เฮิรตซ์ผ่านไปได้แต่จะไม่ยอมให้ความถี่สูงและทรานเซี้ยนต่าง ๆ ผ่านไปได้

วงจรกรองสัญญาณรบกวนเช่นในรูปที่ 27 นี้มีขายทั่วไปในท้องตลาดและแบบที่ติดตั้งกับแท่นเครื่องก็หาได้เช่นกัน ถ้าคุณคิดที่จะต่อวงจรนี้ขึ้นมาเอง ต้องแน่ใจว่าตัวเก็บประจุมีอัตราการทนแรงดันเพียงพอที่จะใช้กับระบบไฟกระแสสลับ โดยทั่วไปแล้ววงจรกรองสัญญาณรบกวนควรติดตั้งให้ใกล้กับจุดที่ต่อระบบไฟกระแสสลับเข้ากับอุปกรณ์ ซึ่งวิธีการนี้เป็นการป้องกันการเหนี่ยวนำสัญญาณเข้าสู่สายตัวนำอื่นภายในตัวถังเนื่องมาจากส่วนของสายที่ไม่ได้มีการกรองสัญญาณรบกวนออกไป ถ้าเป็นไปได้ ควรจะต่อตั้งพร้อมกับวงจรกรองสัญญาณรบกวนที่มีการชิลด์ และควรจะอยู่ข้างหน้าของวงจรกรองสัญญาณรบกวนเมื่อต่อวงจรเข้ากับแท่นเครื่อง

โดยการใช้วงจรกรองสัญญาณรบกวนเจากระบบไฟกระแสสลับ ดังเช่นในรูปที่ 28 จะเป็นการเพิ่มกระแสที่ไหลในสายดินอย่างอัตโนมัติในงานเฉพาะบางอย่าง ค่ากระแสที่เพิ่มขึ้นมานี้ไม่สามารถจะละไว้ได้ ยกตัวอย่างเช่น ในเครื่องมือทางการแพทย์ จำนวนของกระแสในสายดินที่เพิ่มขึ้นมาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าของ C1 และ C2 และในบางครั้งการเหนี่ยวนำซึ่งกันและกัน ระหว่างตัวเหนี่ยวนำและ L2 กับแท่นเครื่องสำหรับกรณีเช่นนี้ วงจรกรองสัญญาณรบกวนในระบบไฟกระแสสลับอาจจะใช้ไม่ได้

ดังได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น ทรานเซี้ยนต์แรงดันสูงในสายจ่ายไฟจะก่อให้เกิดปัญหาในอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ นอกจากจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ไดโอดแล้ว ยังทำการรบกวนการทำงานของอุปกรณ์นั้นด้วย ในวงจรดิจิตอลของคอมพิวเตอร์นั้น จะมีปัญหาอย่างมากในเรื่องของทรานเซี้ยนต์ สำหรับคอมพิวเตอร์ที่มีอาการอยู่ดี ๆ ก็เสียหายไป บางครั้งจะเกิดความผิดพลาดของข้อมูลที่ป้อนเข้าไปเนื่องมาจากทรานเซี้ยนต์ สิ่งที่ควรทำก็ได้แก่การกำจัดทรานเซี้ยนต์ที่จะเกิดขึ้นก่อนที่มันจะไปทำลายและก่อให้เกิดความเสียหาย



รูปที่ 29 วิธีการ 2 วิธีในการลดความเสียหายในวงจรอันเนื่องมาจากทรานเซี้ยนต์แรงดันสูงที่เกิดขึ้นในสายไฟเอซี ในรูป (ก) โดยการใช้ซีเนอร์ไดโอดต่อหันหลังชนกัน โดยมีวัตราทนกำลังสูง

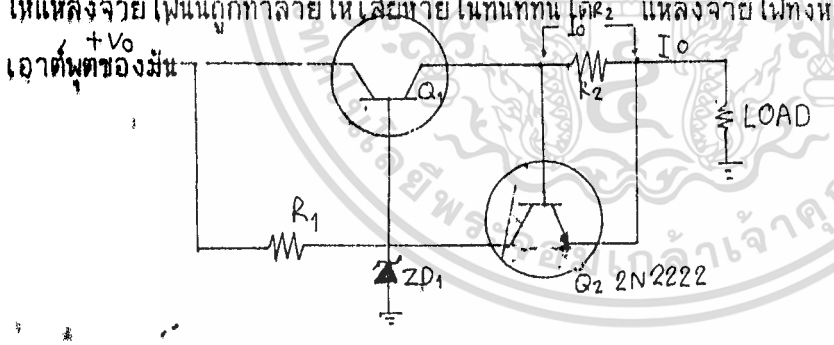
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงพอเพื่อลดแรงดันเกิดที่สูงเกินไป ในรูป (ข) ใช้วาริสเตอร์ที่ทำจากออกไซด์ของโลหะ ซึ่งเป็นตัวต้านทานที่ไวต่อแรงดัน เพื่อใช้ลดแรงดันสูงที่เกิดขึ้น

ในรูปที่ 29 ได้แสดงให้เห็นถึงวิธีการ 2 วิธีในการตัดสัญญาณทรานเซี้ยนต์ในสายจ่ายไฟกระแสสลับก่อนที่มันจะเข้าสู่แหล่งจ่ายไฟ ในรูปที่ 29(ก) เราจะเห็นซีเนอร์ไดโอดสองตัวต่อหันหลังชนกัน แรงดันพังทลาย (V_z) ของไดโอดเหล่านี้ ควรจะสูงกว่าระดับแรงดันยอดสูงสุด (MAXIMUM PACK) ของไฟสลับที่คาดว่าจะเป็น อุปกรณ์ส่วนมากแล้วจะทำงานกับแรงดันขนาด 220 V (RMS) ดังนั้นระดับแรงดันยอดสูงสุดจะเท่ากับ 1.414 *220 หรือ 311 โวลต์ สำหรับทั้ง ZD_1 และ ZD2

ส่วนทางเลือกอื่นที่นิยมใช้กันได้แก่การใช้วาริสเตอร์ที่ทำจากออกไซด์ของโลหะ (METAL OXIDE VARISTER : MOV) ดังแสดงในรูปที่ 29(ข) โดยวาริสเตอร์นี้สามารถถือได้ว่าเหมือนกับซีเนอร์ไดโอดต่อหันหลังชนกัน แต่จริง ๆ แล้วเป็นตัวต้านที่ไวต่อระดับแรงดัน โดยมันจะมีค่าความต้านทานสูงที่ทุกค่าของความต่างศักย์ที่ต่ำกว่าระดับแรงดันที่รับรู้ (THRESHOLD VOLTAGE) แต่เมื่อกระแสและมีค่าความต้านทานต่ำเมื่อความต่างศักย์สูงกว่าระดับแรงดันที่รับรู้ ดังนั้นทรานเซี้ยนต์แรงดันสูงจะถูกกำจัดออกไปโดยวาริสเตอร์ ในขณะที่แรงดันไฟกระแสสลับในสายจ่ายไฟจะไม่มีผลกระทบกระเทือนการทำงานกระแสเอาต์พุต

ถ้าหากเอาต์พุตของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงที่ไม่ได้มีการป้องกันถูกลัดวงจรโดยบังเอิญ ทำให้แหล่งจ่ายไฟนั้นถูกทำลายให้เสียหายในทันทีทันใด แหล่งจ่ายไฟทั้งหลายไม่ชอบการลัดวงจรเกิดขึ้นที่เอาต์พุตของมัน



รูปที่ 30 ตัวต้านทานที่ใช้ตรวจจับอนุกรมนี้จะมีแรงดันตกคร่อมเพื่อกระตุ้น Q2 ให้ทำงานที่กระแสตามต้องการ ทรานซิสเตอร์ Q2 จะเป็นตัวจำกัดกระแสที่ไหลผ่าน Q1

ในรูปที่ 30 แสดงให้เห็นถึงวงจรป้องกันกระแสเกิน หรือการลัดวงจรอย่างง่าย ๆ โดยทรานซิสเตอร์ Q1 ต่ออนุกรมกับวงจร เหมือนกับที่พบในวงจรรักษาระดับแรงดันแบบทั่วไป โดยระดับแรงดันเอาต์พุตถูกกำหนดโดยค่า Vz ของซีเนอร์ไดโอด ZD และจะมีค่ามากกว่า VZ โดยประมาณ 0.6 ถึง 0.7 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรป้องกันกระแสเกิน จะประกอบด้วย Q2 และ R2 ตัวต้านทาน R2 จะต่อขนานกับเส้นทางกระแสเอาต์พุตดังนั้นจะเกิดแรงดันตกคร่อม R2 เท่ากับ IO*R2 ซึ่งระดับแรงดันนี้จะเป็นไบแอสระหว่างเบส-อิมิตเตอร์ สำหรับ Q2 จะนำกระแสทำให้ลัดวงจรระหว่างขาเบสและอิมิตเตอร์ของ Q1 ภายใต้สภาวะเช่นนี้จะทำให้ Q1 หยุดทำงาน

ในแหล่งจ่ายไฟบางแห่ง จะถูกออกแบบเพื่อยอมให้มีการแปรเปลี่ยนของจุดจำกัดกระแสวิธีการที่เร็วที่สุดในการทำเช่นนี้ ก็โดยการใช้ตัวต้านทาน R2 แบบปรับค่าได้ และโดยไม่คำนึงถึงว่าจะใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้หรือแบบค่าคงที่ ค่าของ R2 จะหาได้จากกฎของโอห์ม ซึ่งค่าของระดับแรงดันเท่ากับ 0.6 โวลต์

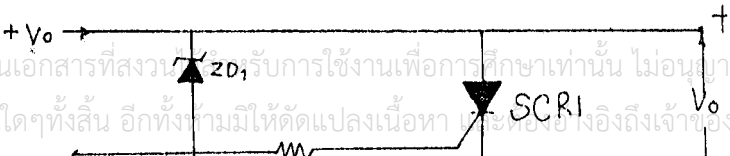
$$R2 = 0.6/IO(MAX)$$

เมื่อ R2 มีหน่วยเป็นโอห์ม และ IO มีหน่วยเป็นแอมแปร์

ในแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงส่วนใหญ่ ค่าของ R2 จะมีค่าต่ำมาเป็นเศษส่วนของโอห์มยกตัวอย่างเช่น แหล่งจ่ายไฟขนาด 10 แอมแปร์ จะต้องการค่าความต้านทานขนาด 0.06 โอห์ม ซึ่งความต้านทานต่ำขนาดนั้น สามารถทำได้โดยการต่อตัวต้านทานขนานกันหลาย ๆ ตัว (เช่นใช้ตัวต้านทานขนาด 0.33 โอห์ม ต่อขนานกัน 5 ตัว(หรือจากลวดความต้านทานเฉพาะแบบที่ใช้พันบนตัวต่อทำการป้องกันแรงดันเกิน

ยังคงมีความแตกต่างระหว่างระดับแรงดันอินพุตและเอาต์พุต สำหรับแหล่งจ่ายไฟแบบรักษาระดับแรงดันคงที่ โดยทั่วไปแล้ว จะคงความแตกต่างอย่างน้อย 2 โวลต์ และอาจจะสูงถึง 15 โวลต์ ถ้ามีบางสิ่งเกิดขึ้นทำให้ระดับแรงดันอินพุตปรากฏขึ้นที่เอาต์พุต จะทำให้วงจรที่ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟเกิดความเสียหายขึ้น ในวงจรดิจิตอลแบบทีทีแอลมาตรฐานนั้น ทำงานด้วยระดับแรงดันคงที่ ขนาด + 5 โวลต์ ที่รับจากแหล่งจ่ายไฟที่ไม่ได้รักษาระดับแรงดันขนาด + 8 โวลต์ ถ้าหากทรานซิสเตอร์ที่ต่อนุกรมอยู่ในวงจรเกิดลัดวงจรขึ้นมา หรือซีเนอร์ไดโอดเกิดเปิดวงจรขึ้นมาแล้ว จะทำให้ระดับแรงดันขนาด + 8 โวลต์ ปรากฏขึ้นที่เอาต์พุตของวงจรรักษาระดับแรงดัน ซึ่งแรงดันขนาดนี้จะทำลายไอซีทีทีแอลทำให้เสียหายทันที ซึ่งกล่าวได้ว่าการผิดพลาดขึ้นเพียงจุดเดียวในแหล่งจ่ายไฟสามารถทำลายวงจรดิจิตอลจำนวนมากขึ้นทันที

การแก้ปัญหานี้ทำได้โดยการใช้วงจรป้องกันแรงดันเกินแบบเอสซีอาร์โครวบาร์ (SCR CROBAR) ซึ่งตัวอย่างได้แสดงให้เห็นในรูปที่ 31 วงจรเอสซีอาร์โครวบาร์นี้ เป็นวงจรที่ใช้ป้องกันปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ได้ดีที่สุด เมื่อวงจรตรวจจับสภาวะของแรงดันเกิดเกิดขึ้น ก็จะทำการลัดวงของเอาต์พุตของแหล่งจ่ายไฟเพื่อทำให้ฟิวส์ที่ต่ออยู่ขาดไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

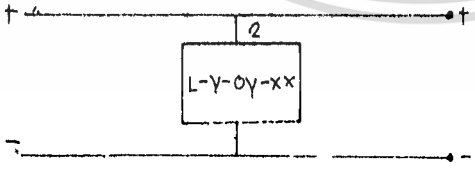
รูปที่ 31 การตัดการทำงานของวงจรลง ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีระดับแรงดันเกิน โดยเอสซีอาร์ ถูกจุดชนวน ทำให้ฟิวส์ของวงจรขาดไป

เอสซีอาร์นี้ จะแสดงค่าอิมพีแดนซ์สูงระหว่างแคโทดและแอโนด จนกว่าจะมีกระแสไหลเข้าสู่ขาเกต เมื่อมีการแสไหลเข้าสู่ขาเกตแล้ว เอสซีอาร์จะทำตัวเหมือนกับไดโอดแบบพื้น ๆ ไป โดยพัลส์เพียงนิดเดียวที่ป้อนเข้าสู่ขาเกตนี้จะทำให้เอสซีอาร์นำกระแสและจะนำกระแสต่อไป ถึงแม้ว่าแรงดันที่เกตจะหมดไปแล้วก็ตาม เอสซีอาร์จะนำกระแสอยู่จนกระทั่งกระแสแคโทดและแอโนดต่ำกว่าค่ากระแสยึด (HOLD) จึงจะหยุดทำงาน

ในรูปที่ 31 เอสซีอาร์ไดรเวอร์นี้จะต่อคร่อมเอาต์พุตของแหล่งจ่ายไฟโดยตรง โดยเอสซีอาร์จะยังคงไม่ทำงานจนกว่าซีเนอร์ไดโอด ZD1 เริ่มทำงาน จะทำให้กระแสเกตไหลผ่าน R7 โดยระดับแรงดันซีเนอร์ของ ZD1 นี้ จะถูกเลือกให้มีค่าสูงกว่า VO แต่น้อยกว่าระดับแรงดัน V1 ที่ป้อนเข้าสู่อินพุตของวงจรรักษาระดับแรงดันสำหรับแหล่งจ่ายไฟขนาด + 5 โวลต์ จะเสียค่า VZ สำหรับ ZD1 เท่ากับ 6.2 โวลต์ หรือ 6.8 โวลต์

บริษัท แลมด้าอิเล็กทรอนิกส์ ได้สร้างโมดูลสำหรับป้องกันแรงดันเกิน ซึ่งใช้แทนวงจรเอสซีอาร์ไดรเวอร์อยู่ในรูปตัวถังแบบ 2 ขา (ในรูปที่ 32) โดยโมดูลเหล่านี้จะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังแบบ TO-66 และ TO-3 ของตัวถังทรานซิสเตอร์ (ในขนาดกระแสต่ำถึงกระแสปานกลาง) และในตัวถังแบบพิเศษ (สำหรับกระแสสูง) โดยมีหลายแบบในระดับแรงดันที่นิยมใช้กัน ที่ระดับกระแสตั้งแต่ 2 แอมป์ จนถึง 35 แอมป์

วิธีการในการทำให้โมดูลของแลมด้าขนาดกระแสต่ำ (2 แอมป์) ใช้งานเกี่ยวกับแรงดันสูงนั้นมีทางทำได้โดยใช้โมดูลขนาดกระแสต่ำนี้ในการตรวจรับสภาวะการเกิดแรงดันเกิน แล้วจึงป้อนกระแสเข้าสู่เอสซีอาร์อีกที ซึ่งวิธีการนี้จะคล้ายคลึงกับวงจรในรูปที่ 31 มาก แต่ใช้โมดูลป้องกันแรงดันเกินนี้แทนที่ซีเนอร์ไดโอด และวงจรนี้จะสามารถใช้ร่วมกับเอสซีอาร์ในย่านกระแสขนาด 50 ถึง 100 แอมป์



รูปที่ 32 วงจรทั้งหมดในรูปที่ 31 ถูกบรรจุไว้ในตัวถังแบบ 2 ขา เพื่อใช้ป้องกันแรงดันเกิน ซึ่งโมดูลเหล่านี้สามารถเลือกค่าระดับแรงดันที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อน

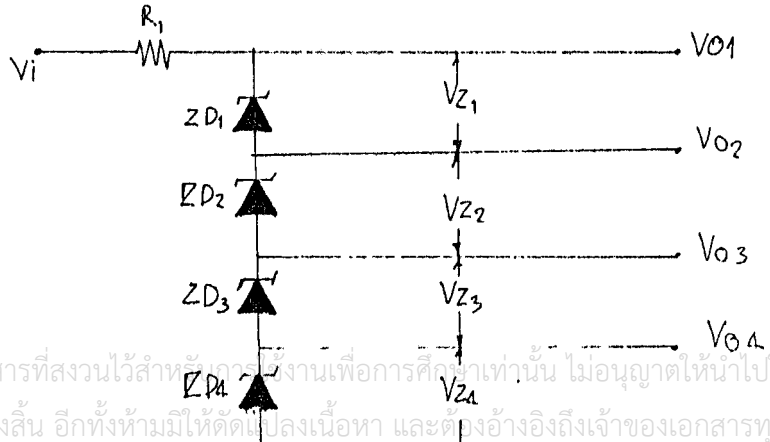
สาเหตุเดียวที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งเป็นสาเหตุของความเสียหายในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก็ได้แก่ เรื่องความร้อน โดยการศึกษาในสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับทรานซิสเตอร์กำลัง วงจรรักษาระดับแรงดัน วงจรเรียงกระแส และวงจรขยายกำลังตลอดจนไอซี

ไม่มีแหล่งจ่ายไฟแบบรักษาระดับแรงดันใด ๆ ที่จะสามารถทำงานได้โดยปราศจากแผ่นระบายความร้อน ถ้าคุณใช้อุปกรณ์ที่บรรจุอยู่ในตัวถังแบบ (TO - 5) แล้วก็ให้ใช้แผ่นระบายความร้อนแบบครอบอยู่บนตัว (HAT TYPE) แต่ถ้าหากตัวถังที่บรรจุเป็นแบบ TO 66 , TO - 220 หรือแบบ TO-3 ก็ให้คิดตั้งอุปกรณ์เหล่านั้นลงบนแผ่นระบายความร้อนแบบมีครีบ สำหรับวงจรรักษาระดับแรงดันที่จ่ายกระแสมากกว่า 5 แอมป์ จะต้องมีพัดลมเป่าตัวแผ่นระบายความร้อนด้วยโดยการให้ความระมัดระวังในเรื่องความร้อนที่จะเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้วงจรของคุณเพิ่มความเชื่อถือได้สูงขึ้น

แหล่งจ่ายไฟแรงดันสูง

ในยุคของซิลิคอนและโซลิดสเตต (SOLID STATE) ในปัจจุบันนี้ เป็นการยากที่จะกล่าวถึงแหล่งจ่ายไฟ และวงจรรักษาระดับแรงดันขนาดสูงกว่า 30 โวลต์ขึ้นไป สำหรับแหล่งจ่ายไฟเหล่านั้น เราจัดมันไว้ในระดับแรงดันสูง ซึ่งเป็นที่เข้าใจกันว่าในย่านแรงดันจาก 30 โวลต์จนถึงหลายพันโวลต์ ในขณะที่เทคนิคที่ใช้กับกระแสระดับแรงดันขนาดนี้แตกต่างกันไปเล็กน้อย

ย่านระดับแรงดันสูงขึ้น สามารถแบ่งย่อยออกได้เป็นระดับแรงดันต่ำกว่า 100 โวลต์ ในย่านแรงดันต่ำกว่า 100 โวลต์ เราสามารถใช้เทคนิคที่เหมือนกับแหล่งจ่ายไฟแรงดันต่ำที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น สิ่งที่เราต้องทำก็โดยการแทนหม้อแปลงไฟฟ้า วงจรเรียงกระแส และตัวเก็บประจุกรองกระแสให้มีอัตราการทนกำลังที่สูงขึ้น สำหรับแหล่งจ่ายไฟแบบรักษาระดับแรงดัน เราต้องการทรานซิสเตอร์ที่ต่ออนุกรมที่มีอัตราการกระจายกำลังงานของคอลเลคเตอร์ที่เพียงพอ ที่ระดับแรงดันคอลเลคเตอร์ อิมิตเตอร์ (V_{ce}) ที่คาดไว้ ซีเนอร์ไดโอดที่มีอัตราทนกำลังที่ถูกต้องจะถูกเลือกใช้อาจจะเป็นแบบตัวเดียว (ที่มีอัตราแรงดันสูงกว่า 200 โวลต์ ก็หาซื้อได้ทั่วไป) หรือโดยการต่อซีเนอร์ไดโอดแรงดันต่ำอนุกรมกันหลายตัว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 33 ซีเนอร์ไดโอดสามารถต่ออนุกรมกันหลายตัว เพื่อให้ระดับแรงดันซีเนอร์สูงขึ้นได้ แต่จะต้องคำนึงถึงอัตราทนกำลังงานด้วย

ในรูปที่ 33 จะแสดงให้เห็นชุดของซีเนอร์ไดโอด 4 ตัวต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้แรงดันสูง VO1 โดยระดับแรงดันสูงสุดจากชุดนี้เท่ากับ

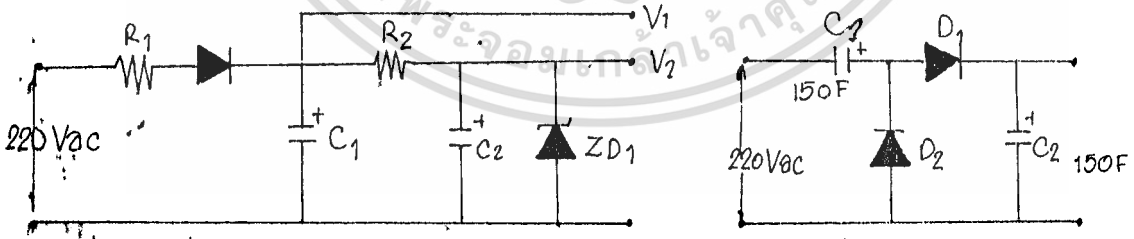
$$VO1 = VZ1+VZ2+VZ3+VZ4$$

สำหรับประโยชน์ข้างเคียงของวงจรนี้ ก็ได้แก่ เราสามารถแยกระดับแรงดันซีเนอร์ไดโอดแต่ละตัวได้ เพื่อให้ได้ค่าแรงดันต่ำตามที่ต้องการ ซึ่งวิธีการนี้มีข้อจำกัดในกรณีที่ระดับแรงดันที่ต่ำกว่านี้จะถูกดึงไปใช้ในงานไม่มากนัก

ซีเนอร์ไดโอดที่ใช้ในรูปที่ 33 นั้นจะต้องเลือกค่าอัตราการทนกำลังงาน ซึ่งต้องคำนึงถึงระดับแรงดัน V_z แต่ละตัว ถ้าซีเนอร์ไดโอดแต่ละตัวมีอัตรา V_z ต่างกันมาก ๆ แล้ว มันเป็นไปได้ที่อัตราการทนกำลังงานสำหรับซีเนอร์ไดโอดตัวหนึ่งหรือมากกว่าจะมีค่าเกินขึ้นมา ถึงแม้ว่าบางตัวจะทำงานอยู่ภายในย่านที่กำหนด บางคนนิยมใช้ซีเนอร์ไดโอดที่มีระดับแรงดันเท่ากัน (หรือเกือบเท่ากัน) และอัตราการทนกำลังงาน (วัตต์) ที่เท่ากัน

<u>แหล่งจ่ายไฟแบบไร้หม้อแปลงไฟฟ้า</u>

มีเครื่องใช้ไฟฟ้าอยู่หลายชนิดที่ใช้แหล่งจ่ายไฟแบบไร้หม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อที่จะลดค่าใช้จ่าย (ซึ่งโดยทั่วไปหม้อแปลงไฟฟ้าค่อนข้างมีราคาแพง) ในรูปที่ 34 แสดงให้เห็นถึงแหล่งจ่ายไฟแบบไร้หม้อแปลงไฟฟ้า 2 แบบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 34 เป็นแหล่งจ่ายไฟแบบไร้หม้อแปลงไฟฟ้าโดยในรูป (ก) เป็นวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นซึ่งใช้กันส่วนใหญ่ในหลอดสูญญากาศที่ต่อกันหลาย ๆ หลอด ในรูป (ข) เป็นวงจรทวีแรงดันสองเท่าซึ่งใช้ตัวเก็บประจุขนาดเท่ากันสองตัว เพื่อผลิตแรงดันของวงจรในรูป (ก) เป็นสองเท่า

แหล่งจ่ายไฟแบบไร้หม้อแปลงไฟฟ้าที่แสดงในรูปที่ 34 (ก) จะใช้วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นง่าย ๆ ซึ่งทำงานโดยตรงจากแรงดันไฟสลับขนาด 220 โวลต์ วงจรเรียงกระแสต่ออนุกรมอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับสายมีไฟของแหล่งจ่ายไฟสลับ ในขณะที่ขาร่วมต่ออยู่ทางสายนิวตรอล ระดับแรงดันเฉลี่ยมีค่าโดยโดยประมาณเท่ากับระดับแรงดันยอดของไฟสลับ เนื่องจากระดับแรงดันไฟไม่แน่นอน จึงอาจจะเปลี่ยนแปลงได้ระหว่าง 198 และ 242 โวลต์ ดังนั้น V1 อาจจะเปลี่ยนแปลงได้จาก 280 ถึง 342 โวลต์ซึ่งต้องใช้แรงดันที่ต่ำกว่า (V2) ทำได้โดยใช้ตัวต้านทานออกซิไดซ์โลหะ (MOV) ร่วมกับซีเนอร์ไดโอด (ZD1) ส่วนตัวต้านทาน R1 จะไม่ค่อยได้ใช้ โดยทำหน้าที่เป็นทั้งตัวป้องกันฟิวส์และฟิวส์ เพื่อป้องกันวงจรเรียงกระแส (D1)

ในรูปที่ 34 (ข) จะแสดงให้เห็นแหล่งจ่ายไฟที่ทวีแรงดันสองเท่า (VOLTAGE DUBLER) ซึ่งใช้การเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นเช่นกัน โดยเอาต์พุตของแหล่งจ่ายไฟนี้จะน้อยกว่าแหล่งจ่ายไฟในวงจรรูปที่ 34 (ก) เล็กน้อย ขอแนะนำให้ใช้ C1 และ C2 ที่มีค่าความจุเท่ากัน

ข้อควรระวัง

แหล่งจ่ายไฟแบบไร้หม้อแปลงนี้จะแฝงไว้ด้วยอันตรายที่เป็นเอกลักษณ์ติประจำตัวอยู่ด้วย ระดับแรงดันสามารถทำอันตรายได้ ถ้าหากว่าใช้อย่างไม่ถูกต้องหรือไม่ระวัง แหล่งจ่ายไฟนี้จะฆ่าคุณได้ถ้าหากเกิดการสลับกันระหว่างสายที่มีไฟกับสายนิวตรอลแล้ว เมื่อแหล่งจ่ายไฟทำงาน แชสซีรวมจะกลายเป็นสายมีไฟจากแหล่งจ่ายไฟสลับ ถ้าหากไปแตะถูกสายร่วม (ขั้วลบในวงจรรูปที่ 34 (ก) และ 34 (ข) จะมีอันตรายอย่างยิ่งในกรณีนี้ ถ้าหากแหล่งจ่ายไฟใช้สายร่วมต่อลงแทนเครื่องแทนเครื่องทั้งหมดจะต้องแยกจากกันทางไฟฟ้ากับตัวตู้ภายนอก

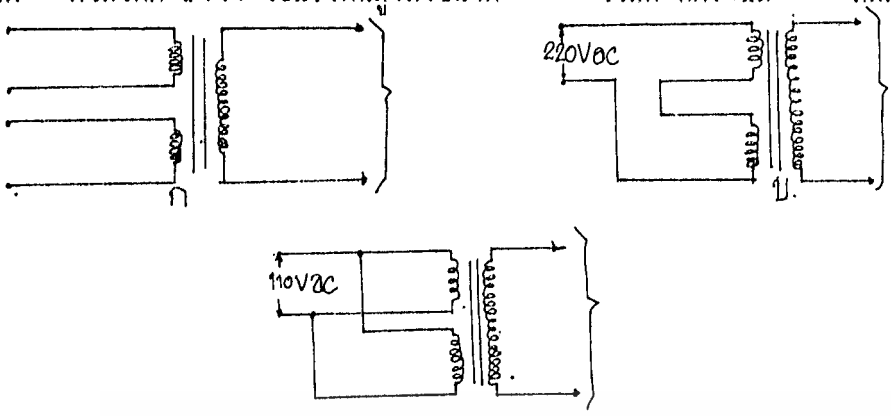
ในกรณีนี้จะต้องระมัดระวังอันตรายที่ซ่อนอยู่ ซึ่งจะนำไปสู่แทนเครื่องที่มีแรงดันจากสายมีไฟโดยผ่านสกรูที่ทำจากยึด ปุ่มหมุนซึ่งทำสีที่มีส่วนผสมของโลหะ สายสัญญาณร่วม หรือทางเดินของสายอากาศ แหล่งจ่ายไฟแบบไร้หม้อแปลงนี้ ควรจะใช้งานโดยการใช้ปลั๊กไฟแบบที่มีการเสียบได้ทางเดียวเท่านั้น (POLARIZED AC LINE CORD) ซึ่งจะทำให้เสียบเข้ากับเต้าเสียบได้เพียงทิศทางเดียวเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ถ้าเป็นไปได้แหล่งจ่ายไฟแบบไร้หม้อแปลงนี้ ซึ่งโดยทั่วไปเรียกชื่อกันว่า แหล่งจ่ายไฟ เอซี/ดีซี จะไม่แนะนำให้ใช้สำหรับโครงงานต่าง ๆ

เมื่อระดับแรงดันสูงขึ้นและกำลังงานเพิ่มขึ้น

แหล่งจ่ายไฟแรงดันสูงที่นิยมใช้สำหรับเครื่องขยายเสียงขนาด 500 โวลต์ เป็นแหล่งจ่ายที่ใช้หลอดสูญญากาศนั้น จะเป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงขนาด + 800 โวลต์ จนถึง + 5000 โวลต์ ที่กระแสขนาดสูงถึง 1 แอมแปร์ ส่วนแหล่งจ่ายไฟแรงดันสูงโดยทั่วไปที่ใช้สำหรับวงจรขยายสัญญาณเสียงเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 1 กิโลวัตต์ อาจจะใช้แรงดันสูงถึงขนาด 2700 โวลต์ กระแส 500 มิลลิแอมแ



ก ข

รูปที่ 35 ขดลวดปฐมภูมิสองขดในหม้อแปลงไฟฟ้าจะทำให้สามารถเพิ่มแรงดันที่ขดทุติยภูมิเป็นสองเท่าได้

หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้กับแหล่งจ่ายไฟกำลังงานสูงหรือแรงดันสูง จะมีขดปฐมภูมิต่อขนาน 2 ขด **เสมอ** (ดังในรูปที่ 35 (ก) การจัดขดลวดไว้เช่นนี้จะสามารถให้ผู้ใช้เลือกใช้แรงดันไฟบ้านขนาด 110 โวลต์ หรือ 220 โวลต์ ผู้ใช้ส่วนใหญ่จะชอบใช้แรงดันขนาด 220 โวลต์ สำหรับงานกำลังงานสูง **เนื่องจากต้องการกระแสต่ำกว่า** สำหรับวงจรขยายสัญญาณวิทยุขนาด 2 กิโลวัตต์ อาจจะกินกระแส **10 แอมแปร์ที่แรงดัน 220 โวลต์ หรือ 20 แอมแปร์ที่แรงดัน 110 โวลต์** การต่อขดลวดของหม้อแปลง **สำหรับแรงดัน 220 โวลต์และ 110 โวลต์** แสดงให้เห็นในรูป 35 (ข) และ 35 (ค) ตามลำดับ

นักออกแบบวงจรส่วนใหญ่ คงจะไม่ค่อยได้พบกับไดโอดที่ใช้กับแรงดันสูง ๆ เช่นนี้ในวงจร **สำหรับใช้เป็นวงจรเรียงกระแสในแหล่งจ่ายไฟกำลังงานสูงและแรงดันสูง** ปัญหาการนำไปใช้งานได้โดย **การต่อไดโอดหลาย ๆ** ตัวอนุกรมกันเพื่อทำเป็นวงจรเรียงกระแส (ดังแสดงในรูปที่ 36) **ความทรงจำอัตราทนแรงดันย้อนกลับสูงสุดของไดโอดจะต้องเท่ากับ** 2.82 เท่าของแรงดันไฟฟ้าขาเข้า **เข้ามา** ถ้าหม้อแปลงไฟฟ้าของเราจ่ายแรงดันได้สูงถึง 2000 โวลต์อาร์เอ็มเอส ดังนั้น อัตราทน **แรงย้อนกลับสูงสุดของไดโอดที่ใช้ในวงจรเรียงกระแสจะเท่ากับ** 2000 * 2.82 หรือเท่ากับ 5640 **โวลต์** เพื่อเผื่อค่าความผิดพลาดควรจะใช้ไดโอดที่มีอัตราการทนแรงดันย้อนกลับสูงสุด (PIV) เท่ากับ 6 กิโลโวลต์ หรือ 7 กิโลโวลต์ สำหรับวงจรเรียงกระแสขนาด 7 กิโลโวลต์ สามารถทำขึ้นได้โดย **การต่อไดโอดที่มีอัตราทนแรงดันผันสูงสุดขนาด 1000 โวลต์อนุกรมกัน 7 ตัว** ดังแสดงในรูปที่ 36 ไดโอดอัตรา **ทนแรงดันย้อนกลับสูงสุดรวมจะจะเท่ากับ** ผลรวมของอัตราทนแรงดันย้อนกลับสูงของไดโอดแต่ละตัว **ขาคอลเลคเตอร์สองจะทำหน้าที่เป็นขั้วกลางที่สับไปมา** ซึ่งคล้ายแบบไวเบรเตอร์ การทำงาน ของทรานซิสเตอร์จะสวิตช์ด้าน A ลงกราวด์ก่อนแล้วจึงเป็นด้าน B ของหม้อแปลง T ซึ่งคล้ายกับวิธีแรก แรงดันไฟตรงอินพุตจะถูกป้อนเข้าสู่แท็บปลายของขดปฐมภูมิ เอาต์พุตของไอซีเบอร์ LAS 3000 คือ EA และ EB จะใช้สำหรับปับทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 ให้แฟลแตกต่างกัน ตัวต้านทานที่ใช้ต่อระหว่างขา RS จะต่อเพื่อใช้กำจัดกระแสและความถี่อินพุตที่เลื่อนไปของไอซีเบอร์ LAS -3000

ทรานซิสเตอร์ที่ใช้แบบทรานซิสเตอร์กำลัง มันควรจะมีค่าการกระจายกำลังสูงเพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์ที่สูงเพียงพอ และอัตราการทนแรงดันและการกระแสที่สูงเพียงพอสำหรับไดโอด โดยอัตราการกระแสและก้าลังงานสามารถเห็นได้ง่ายแต่อัตราการทนแรงดันเอาจจะเป็นปัญหา เวตช์มีความจำเป็นที่จะก่อให้เกิดรูปคลื่นสี่เหลี่ยมตกคร่อมขดปฐมภูมิของหม้อแปลงซึ่งเป็นโหลดแบบตัวเหนี่ยวนำ เนื่องจากว่ากระแสในหม้อแปลงจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่สูง และโหลดที่เป็นแบบตัวเหนี่ยวนำ แรงดันเกินชั่วขณะ (VOLTAGE SPIKE) จะมีค่าสูง และแรงเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเท่ากับ

$$V = L(I/T)$$

ตัวเหนี่ยวนำซึ่งในกรณีนี้เป็นค่าความเหนี่ยวนำของขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งไม่ต้องการค่าที่สูงเพื่อที่จะสร้างแรงดันสูง เนื่องจากอัตราการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าเทียบกับเวลา (I / T) มีค่าสูง

ในบางครั้ง ผู้ออกแบบวงจรจะต่อวงจรอาร์ซีสนับเบอร์ คร่อมขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อลดโคเลคเตอร์ของ Q1 และขาคอลเลคเตอร์ของ Q2 วงจรสนับเบอร์นี้ประกอบด้วยตัวเก็บประจุ 0.001 ไมโครฟารัด (ที่ 1000 โวลต์ หรือมากกว่า) ต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน 100 โอห์ม ถึง 1000 โอห์ม 5 ถึง 10 วัตต์) การรักษาระดับแรงดันโดยใช้วงจรสวิตชิ่ง จะมีการสูญเสียกำลังงานที่แตกต่างกันอินพุต- เอาต์พุตแตกต่างกันน้อย ดังนั้นจึงสามารถผลิตแหล่งจ่ายแรงดันแบบสวิตช์ให้มีความสามารถแบบใช้ทรานซิสเตอร์ทั่ว ๆ ไป (SERIES PASS TRANSISTOR)

จากที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นการแนะนำถึงวงจรรักษาระดับแรงดันประเภทต่าง ๆ ซึ่งแต่ละแบบก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป รวมทั้งข้อดีและข้อเสียที่ต่างกันไป คงทำให้รู้ถึงหลักการในการออกแบบแหล่งจ่ายไฟประเภทต่างๆ ได้พอสังเขป หลังว่าจะเป็นประโยชน์ในโครงงานต่อ ๆ ไป ได้นะครับ

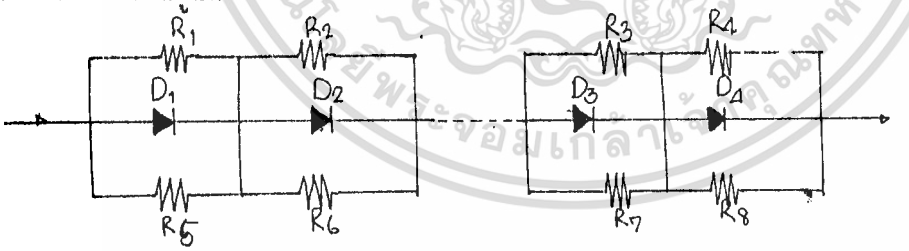
ปัญหาของการต่อไดโอดอนุกรมกันนั้น ได้แก่ ถ้าไดโอดแต่ละตัวนั้นมีคุณสมบัติไม่เหมือนกันแล้ว ก็จะเกิดปัญหาแรงดันตกคร่อมที่ไดโอดแต่ละตัวไม่เท่ากัน ความแตกต่างกันนี้จะทำให้เกิดความเสียหายขึ้นภายหลัง วิธีการแก้ปัญหานี้โดยการต่อตัวต้านทานที่มีค่าเท่ากัน ขนานกับไดโอดแต่ละตัว (R1 ถึง R4 ในรูปที่ 36) ตัวต้านทานเหล่านั้นโดยทั่วไปจะใช้ขนาด 1 วัตต์ และมีค่าเท่ากัน 500 ถึง 1000 โอห์มต่อ 1 โวลต์ของอัตราทนแรงดันย้อนกลับสูงสุด ดังนั้นสำหรับไดโอดที่มีอัตราทนแรงดันย้อนกลับสูงสุด 1000 โวลต์ จะใช้ตัวต้านทานค่า 500,000 ถึง 1 เมกะโอห์ม ขนาด 1 วัตต์ สังเกตุว่าตัวต้านทานความต้านทานจะต้องเท่ากันทุกตัว มิฉะนั้นแล้วคุณสมบัติของการทำให้ระดับแรงดันเท่ากันจะไม่เกิดขึ้น ถ้าหากพบว่าตัวต้านทานตัวหนึ่งเกิดเปลี่ยนสีไปอย่างรวดเร็ว ในระหว่างการใช้ในแหล่งจ่ายไฟ ในช่วง 2 ถึง 3 นาทีแรก ก็แสดงว่าตัวต้านทานตัวนั้นหรือไดโอดที่ตัวต้านทานนั้นต่ออยู่เสียหายแล้วนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

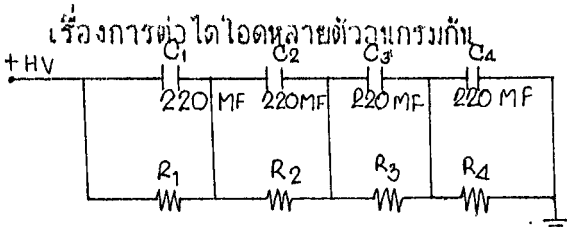
ตัวเก็บประจุถูกใช้ในการป้องกันไดโอดในวงจรเรืองกระแส จากการแปลงแรงดันสูงที่เข้ามาในสายไฟบ้านในงานส่วนใหญ่แล้วตัวเก็บประจุแต่ละตัวจะมีค่าเท่ากับ 0.001 ไมโครฟารัด และเป็นชนิดเซรามิกแบบจาน 5 (DISC CRAMICTYPE) อัตราการทนแรงดันย้อนกลับสูงสุดเพียง และควรจะมากกว่าเล็กน้อย แต่ไม่เหมาะที่จะใช้ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกแบบ ในวงจรที่ใช้ไดโอดที่มีอัตราการทนแรงดันย้อนกลับสูงสุดเพียง กิโลวัตต์ ไดโอดและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในวงจรรูปที่ 36 ต้องติดตั้งให้แยกกันระหว่างแรงดันสูงกับแกนเครื่อง วิธีการทั่วไปที่ใช้ในวงจรเรืองกระแสบนแผ่นดิน วงจรที่ทำด้วยเบกาเลต์ (BAKALITE) ฟีนอลิก (PHENOLIC) หรือไฟเบอร์กลาส (FIBREGLASS) แผ่นดินวงจรนี้จะต้องติดตั้งบนแท่นฉนวนที่ทำจากเซรามิกหรือลูไซต์ (LUCITE) ซึ่งหนา 2 3 นิ้ว

จุดต่อที่ใช้ในแหล่งจ่ายไฟแบบแรงดันสูงจะต้องกลมและเรียบ และต้องไม่มีจุดแหลมคมที่เกิดจากการคายประจุ "โคโรน่า" (HIGH VOLITE CORONA DISCHARGE)

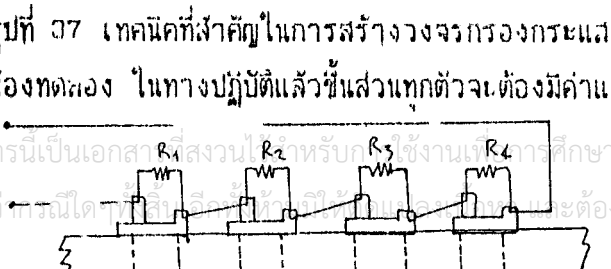
ส่วนของวงจรกรองกระแสของแหล่งจ่ายไฟ แรงดันสูงมีอยู่หลายแบบ เฉพาะวงจรกรองกระแสแบบบังคับ (BRUTE FORCE FILTER) เช่นเดียวกับวงจรที่เคยกล่าวมาแล้ว ซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุตัวใดตัวหนึ่งเอาต์พุตอย่างน้อย 2 ทางสำหรับตัวเก็บประจุในแหล่งจ่ายไฟแรงดันสูง ประเภทที่ทนแรงดันสูง โดยมีค่าความจุที่คำนวณจากตัวประกอบรีปเปิ้ลที่ต้องการ ตัวเก็บประจุในแบบนี้มีราคาแพงมาก และบางครั้งหาได้ยาก ทางเลือกอื่นที่ใช้ตัวเก็บประจุแรงดันต่ำหลายตัวต่ออนุกรม (ดังวงจรในรูปที่ 37)



รูปที่ 36 เป็นแนวคิดในการเอาชนะปัญหาไม่



รูปที่ 37 เทคนิคที่สำคัญในการสร้างวงจรกรองกระแสแรงดันสูงที่มีราคาไม่แพงสามารถใช้งานในห้องทดลอง ในทางปฏิบัติแล้วขั้นส่วนทุกตัวจะต้องมีค่าและอัตราในการทนแรงดันเท่ากัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 38 เป็นภาพแสดงการต่อวงจรในรูปที่ 37 โดยแสดงลักษณะการใช้แนวในการต่อวงจรเป็นประจุ

ตัวเก็บประจุแต่ละตัวที่ต่ออนุกรมเป็นแถวในรูปที่ 37 จะมีอัตราการทนแรงดันไฟ ถึง 150 โวลต์ดีซีและ เป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ ขอแนะนำให้ใช้ตัวเก็บประจุที่ ออกแบบให้มีอัตราการทนแรงดันใช้งาน (WVDC) เท่ากัน

ตัวต้านทานที่ต่อขนานกับตัวเก็บประจุเพื่อทำให้แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุแต่ละตัว ส่วนใหญ่แล้วตัวต้านทานจะมีค่าเท่ากับ 50,000 โอห์ม อัตราทนกำลังเท่ากับ

$$\frac{(WVDC)^2}{R}$$

สำหรับตัวต้านทานค่า 150,000 โอห์ม และอัตราการทนแรงดันใช้งานขนาด 450 โวลต์ ใช้ตัวต้านทานที่มีอัตราการทนกำลังขนาด 7.5 วัตต์ ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในวงจรในรูปที่ 37 ถูกสร้างให้อยู่ในตัวถังโลหะ จะต่อลงกราวด์และดูเหมือนไม่มีอันตราย แต่ในการทำงานจริงนั้น ถังของตัวเก็บประจุทุกตัว ยกเว้นหนึ่งตัวจะมีค่าความต่าง ศักย์สูงกว่ากราวด์ และสามารถทำอันตรายได้ ถ้าไปแตะถูกมันเข้า เนื่องจากตัวถังนั้นจะมีไฟอยู่ ดังนั้นจึงต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษในการประกอบชุดของวงจรกองกระแส ในรูปที่ 38 ได้แสดงให้เห็นถึงการต่อชุดของตัวเก็บประจุ

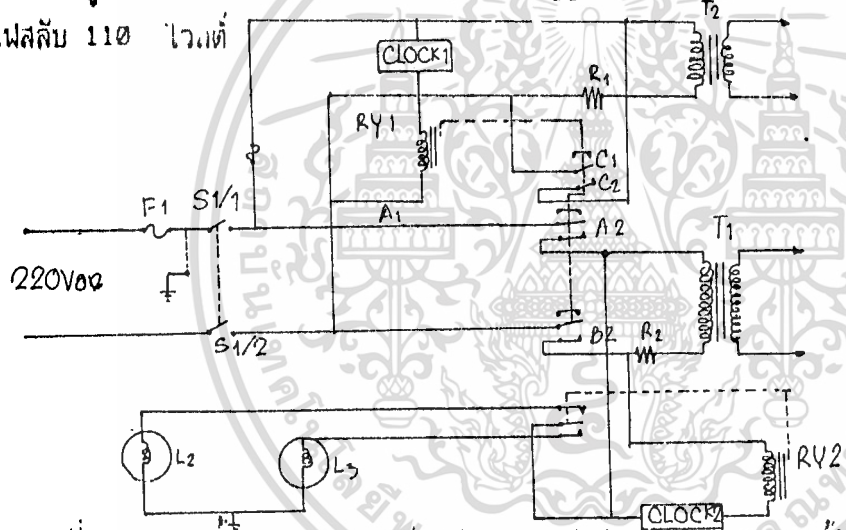
โดยการใช้แผ่นลูไซต์สองแผ่นขนาดความหนา 3/8 ถึง 5/8 นิ้ว ในการยึดตัวเก็บประจุ แล้วจะเจาะรูทางด้านบนของแผ่นลูไซต์ให้ใหญ่พอที่จะครอบตัวถังของตัวเก็บประจุ ซึ่งแผ่นทั้งสองควรจะอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน แผ่นลูไซต์ทั้งสองแผ่นจะถูกยึดด้วยเดือยทั้งมุมทั้ง 4 ด้าน ข้อควรระวังก็คือ ความหนาของแผ่นลูไซต์ด้านล่างจะต้องหนาเพียงพอที่จะทนแรงดันสูงได้ โดยการเจาะรูที่แผ่นด้านล่างของแผ่นจนถึงส่วนล่างของรูที่เจาะสำหรับยึดฐานของตัวเก็บประจุ

ตัวต้านทานที่ใช้รักษาระดับแรงดันให้เท่ากันนี้สามารถติดตั้งอยู่ในอากาศหรือแช่น้ำมันของตัวเก็บประจุแบบอิเล็กทรอไลต์ การต่อสายระหว่างตัวเก็บประจุแสดงให้เห็นรูปที่ 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 39 แสดงให้เห็นถึงการต่อสายทางขดปฐมภูมิ สำหรับแหล่งจ่ายไฟแรงดันสูง ซึ่งมีกำลังงานสูงและแรงดันสูง ที่ห่างไกลจากแรงดันไฟสลับ นอกจากหม้อแปลงไฟฟ้าสองตัวนี้แล้ว จำเป็นมากที่เพื่อความปลอดภัยอีกอย่างหนึ่งตัวในวงจร หม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัวถูกนำมาใช้ ในแหล่งจ่ายไฟนี้ใช้สำหรับวงจรขยายสัญญาณวิทยุเชิงเส้น ซึ่งวงจรขยายนี้ส่วนใหญ่ใช้หลอดสูญญากาศ ซึ่งต้องการแรงดันและกระแสสูง สำหรับป้อนให้กับไส้หลอด (T2)

หลอดสูญญากาศจะต้องถูกทำให้มีอุณหภูมิถึงอุณหภูมิที่ใช้งานก่อนที่จะป้อนแรงดันแรงเข้าไปซึ่งความต้องการนี้หมายความว่าต้องจุดไส้หลอดก่อนที่คุณจะป้อนแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง แรงดันสูงเข้าไปได้ สามารถทำให้สำเร็จไปได้โดยการต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 39 สวิตช์ S1/1 จะเป็นตัวควบคุมไส้หลอดจ่ายไฟเข้าและจะป้อนไฟเข้าหม้อแปลงจุดไส้หลอดสวิตช์ตัวนี้ควรจะทนกระแสได้สูง ซึ่งเท่ากับกระแสของเขตปฐมภูมของหม้อแปลงทั้ง 2 ตัวได้ กระแสหลัก ได้แก่ กระแสจากหม้อแปลงแรงดันสูง กระแสนี้อาจจะมีค่าสูงถึง 20 แอมแปร์ สำหรับวงจรขยายสัญญาณเชิงเส้นขนาด 1 กิโลวัตต์ ที่ใช้กับแหล่งแรงดันไฟสลับ 110 โวลต์



รูปที่ 39 วงจรนี้อาจจะดูสลับซับซ้อนสำหรับแหล่งจ่ายไฟแต่วงจรนี้ใช้ป้อนแรงดันไฟให้กับเครื่องส่งวิทยุเอฟเอ็ม ขนาด 5000 วัตต์ การป้อนแรงดันสูงให้กับหลอดก่อนที่ไส้หลอดจะพร้อมที่จะทำงาน จะทำให้อายุของหลอดลดลงได้ จึงต้องมีวงจรตั้งเวลาเข้าช่วย

ขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงแรงดันสูง T1 จะถูกควบคุมโดยหน้าสัมผัส A1/A2 และ B1/B2 ของรีเลย์ RY1 หน้าสัมผัสเหล่านี้จะต่อวงจร (A1 กับ A2 และ B1 กับ B2) เมื่อขดลวดของ RY1 ถูกกระตุ้น เมื่อวงจรตั้งเวลาตัวที่ 1 นับเวลาครบ ระยะเวลาของวงจรตั้งเวลานี้สามารถปรับได้โดยคำนึงถึงระยะเวลาอุ่นไส้หลอด ในบางกรณีวงจรตั้งเวลาอาจจะเป็นอิเล็กทรอนิกส์ และส่วนใหญ่แล้วจะเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แต่ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นแบบไฟฟ้า กลศาสตร์ (ELECTRO MECHANICAL) ไส้หลอดที่เย็นของหลอดสูญญากาศกำลังสูงจะดึงกระแสเป็นจำนวนมหาศาล เมื่อไส้หลอดร้อนแรงดันกระแสจะลดลงจนถึงระดับที่ใช้งานปกติ ซึ่งกระแสพุ่งเข้า (IN RUSH CURRENT นี้เป็นสาเหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานของหลอดสูญญากาศสั่นจาง เมื่อที่จะบดหาการกระแสพุ่งเข้าน้ำ จะมีตัวต้านทาน [illegible] ภูมิของหม้อแปลงจุดไส้หลอด ซึ่งตัวต้านทานนี้โดยปกติจะมีค่าซึ่งใช้ในการกระแสประมาณ 1.5 [illegible] เมื่อวงจรตั้งเวลาตัวที่ 1 ทางานครบเวลาแล้ว หน้าสัมผัส C1 C2 ของ RY จะต่อวงจรลัดวงจร ตัวต้านทานไว้ เมื่อ R1 ถูกลัดวงจรของปฐมภูมิของ T2 จะได้รับแรงดันเต็มที่

ปัญหาเหมือน ๆ กันที่เกิดขึ้นกับต้านแรงดันสูงของแหล่งจ่ายไป [illegible] ประจุของตัวเก็บประจุของตัวเก็บประจุในวงจรกรองกระแสในขณะเริ่มเปิดเครื่องจะต้องมีกระแส [illegible] จำนวนนี้สามารถทำลายไดโอดของวงเรียงกระแสได้ ตัวต้านทาน R2 จะทำหน้าที่จำกัดกระแสในขณะ [illegible] กับ R2 วงจรตั้งเวลาอีกตัวคือ วงจรตั้งเวลาตัวที่ 2 จะใช้สำหรับกระตุ้นรีเลย์ RY2 ที่จะลัดวงจร [illegible] ให้ตัวเก็บประจุในวงจรกรองกระแสทำการอัดประจุเพียงพอที่จะ [illegible] ไดโอด [illegible] เวลาของวงจรตั้งเวลาตัวที่ 2 จะสั้นกว่าเวลาของวงจรตั้งเวลาที่ 1 มาก

หลอดไฟสัญญาณนั้นเพิ่มเติมขึ้นมาโดยหลอดไฟ L1 สีเขียว จะติดเมื่อ [illegible] วงจร L2 เป็นสีเหลืองและจะติดเมื่อวงจรตั้งเวลาตัวที่ 1 ถูกกระตุ้น ส่วนหลอด L3 [illegible] แรงดันสูงนั้นพร้อมที่จะจ่าย แหล่งจ่ายไฟตัวที่ดังแสดงในรูปที่ 39 นี้ จะต้องใช้ฟิว [illegible] จำเป็นเนื่องจากความแตกต่างอย่างมากมายของระดับกำลังงานขาเข้าพิกัดแปลงที่ 2 [illegible] เพียงตัวเดียวมันจะต้องทนค่ากระแสที่สูง สำหรับจ่ายให้กับหม้อแปลงแรงดันสูง [illegible] ทางด้านจุดไส้หลอดของแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งอาจจะร้อนแรงจน T2 เกิดไหม้ไป ในขณะที่ [illegible] ในวงจรจะเป็นการป้องกันปัญหาต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น และสามารถป้องกันวงจรได้เป็นอย่างดี

การลดความร้อนที่เกิดขึ้น วงจรรักษาระดับแรงดันทั้งหมดที่กล่าวมานั้น [illegible] ทบจากข้อเท็จจริงหลัก สำหรับอุปกรณ์พวกแอคทีฟ ได้แก่ ทรานซิสเตอร์ที่ต้องนำกระแส [illegible] กำลังงานจำนวนหนึ่งออกมา เมื่อวงจรต่าง ๆ เหล่านั้นต้องการความแตกต่าง ๆ [illegible] อันพุตกับเอาต์พุต (VI VO) ที่ตกคร่อมตัวต้านทาน ซึ่งจะเป็นแหล่งสูญเสียค่ากำลัง [illegible] ที่กระจายออกไปโดยทรานซิสเตอร์ที่ต้องนำกระแสจะหาได้จากสมการนี้คือ P IO (VI VO)

เมื่อ P คือ กำลังงานที่กระจายเป็นวัตต์ IO คือ กระแสเอาต์พุตเป็นแอมป์ VI [illegible] อินพุตเป็นโวลต์และ VO คือแรงดันเอาต์พุตเป็นโวลต์ ถ้าความแตกต่างของแรงดัน (VI VO) มีค่ามากแล้ว กำลังงานซึ่งกระจายออกมาก็จะมีค่ามากที่กระแส [illegible] ฐานชนาด 75 โวลต์ จะกระจายกำลังงานเนื่อง 3 วัตต์ ที่ค่าความแตกต่างระหว่าง (VI VO) [illegible] ที่สุด แต่สำหรับวงจรรักษาระดับแรงดันซึ่งสามารถทำงานที่ระดับซึ่ง [illegible] มารถทำงานที่ระดับแรงดัน VI สูงถึง 140 โวลต์กำลังงานที่กระจายออกมาจะเท่ากับ [illegible]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

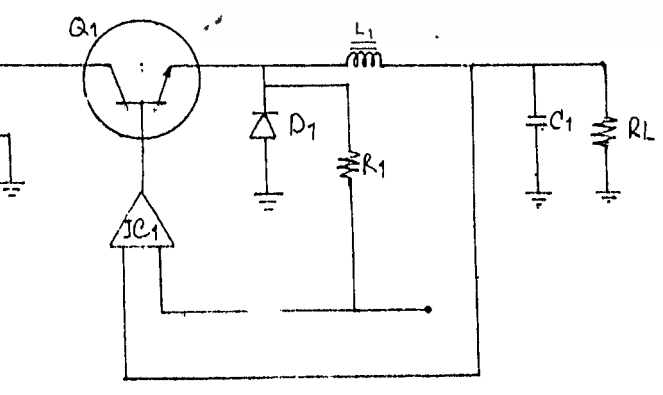
5 โวลต์) / 1 แอมแปร์ หรือ 35 วัตต์ที่เดียว เมื่อคำนึงถึงกำลังงานที่สูญเสียไปจะเปลี่ยนรูปไปเป็นความร้อน และความร้อนนี้เป็นตัวก่อให้เกิดความเสียหายหลักให้กับอุปกรณ์อื่นๆ ในวงจร ทั้งหมดซึ่งกระจายออกมาจะกลายเป็นความร้อน ดังนั้นเราอาจจะกล่าวได้ว่าวงจรควบคุมแรงดันจะเป็นตัวที่สร้างความร้อนที่สำคัญ การแก้ปัญหานี้ก็ได้แก่ วงจรรักษาระดับแรงดันแบบสวิตชิ่ง (SWITCHING VOLTAGE REGULATOR) ในรูปที่ 40 (ก) แสดงให้เห็นแนวคิดของวงจรควบคุมแรงดันแบบสวิตชิ่ง ในขณะที่รูปที่ 40 (ก) แสดงถึงรูปคลื่นทรานซิสเตอร์ Q1 นั้นไม่ใช่เป็นทรานซิสเตอร์ที่ต่ออนุกรมกับวงจร ดังเช่นใช้ในวงจรรักษาระดับแรงดันแบบทั่วไปแต่มันเป็นสวิตช์ที่ควบคุมโดย ขาเบสของ Q1 มีค่าเป็นบวก ความต้านทานระหว่างคอลเลคเตอร์กับอีมิตเตอร์ก็จะมีค่าต่ำลงเหลือเพียงเล็กน้อย แรงดันตกคร่อม Q1 ภายใต้สภาวะนี้ก็จะมีค่า LOW VCE (SAT) เมื่อขาเบสของ Q1 มีค่าเป็นศูนย์ หรือลบ มันก็จะเลิกทำงาน ดังนั้นความต้านทานระหว่างคอลเลคเตอร์กับอีมิตเตอร์ จึงมีค่าสูงมาก

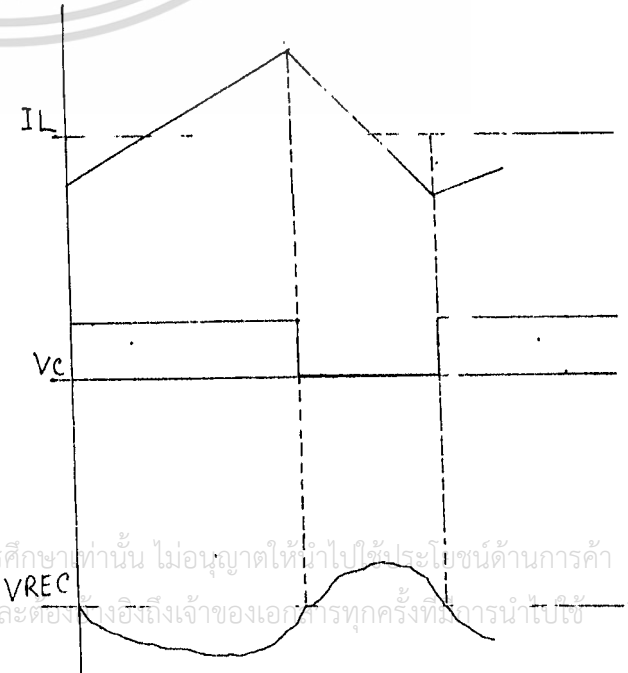
วงจรขยายสัญญาณ IC1 ในรูปที่ 40 (ก) ใช้เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน โดยแรงดันป้อนเข้าสู่วงจรเปรียบเทียบแรงดัน ถ้าหากแรงดันที่ป้อนเข้าสู่ขาอินพุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันทั้งสองเท่ากันแล้ว ระดับแรงดันเอาต์พุตจะเป็นศูนย์ ถ้าระดับแรงดันที่ขาอินพุตบวกมีค่ามากกว่าระดับแรงดันที่ขาอินพุตลบมีค่ามากกว่าระดับแรงดันที่ขาอินพุตบวกแล้ว เอาต์พุตจะมีค่าเป็นลบ แต่ถ้าอินพุตลบมีค่าต่ำกว่าอินพุตบวกแล้ว เอาต์พุตก็จะมีค่าเป็นบวก เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน IC1 จะไปขับขาเบสของสวิตชิ่งทรานซิสเตอร์ Q1 เมื่อขาเบสของ Q1 มีค่าสูง กระแส I1 จะไหลไปยังขดลวดเหนี่ยวนำ L และไปยังตัวต้านทานที่เป็นโหลด RL ระดับแรงดันที่ปรากฏตามขดลวดทั้งสองจะมีค่าเปรียบเทียบเหมือนกับขดลวดเหนี่ยวนำ L1 ซึ่งหาได้จากสมการ

$$V = LI\ IL/\ DT$$

วงจรนี้จะออสซิลเลตที่ความถี่ระหว่าง 2 และ 20 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งหาได้จากสมการ

$$F = \frac{VO(VI - VO)}{L1\ V1\ (IMAX - IMIN)}$$



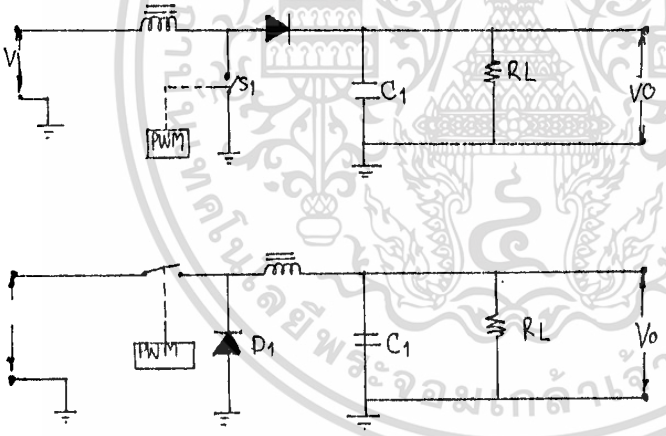


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[illegible] (SECTOR PASS)

[illegible] ที่เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ โดยจะเปิด ๆ ปิด ๆ ขึ้นอยู่กับแรงดันควบคุมและ [illegible] ที่ป้อนเข้าวงจรขยายปฏิบัติการ IC1 ส่วนกราฟนี้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างรูปคลื่นที่จะ [illegible]

[illegible] ตวงจรนี้นสามารถอยู่ 2 อย่าง สำหรับแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่ง (ดูรูปที่ 41) คือแบบ [illegible] (STEP UP) ในรูป 21. (ก) และแบบลงแรงดันลง (STEP DOWN) ในรูปที่ 41 (ข) [illegible] แบบเพิ่มแรงดันนั้น จะให้ระดับแรงดันเอาต์พุตสูงขึ้นกว่าระดับแรงดันอินพุต ในขณะที่ [illegible] ให้ระดับแรงดันเอาต์พุตต่ำกว่าระดับแรงดันอินพุต ความแตกต่างที่สำคัญซึ่งระหว่าง 2 แบบนี้ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของตัวเหนี่ยวนำ L1 และสวิตช์ S1 ซึ่งหมายถึงทรานซิสเตอร์ [illegible] สำหรับแบบเพิ่มแรงดันขึ้น ตำแหน่งตัวเหนี่ยวนำจะอยู่ระหว่าง VI และสวิตช์ โดยสวิตช์ [illegible] ระยางจรไว้ เมื่อ S1 ปิดวงจร ตัวเหนี่ยวนำจะต่อครอมแหล่งจ่ายไฟ VI แรงดันเพื่อนำทางไฟฟ้า (COUNTER ELECTRO MOTVE FORCE : CEMF) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการยุบตัว [illegible] จะทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นซึ่งจะไปรวมกับ



[illegible] ในวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตช์ชิ่งสองวงจร ซึ่งแสดงให้เห็นเป็นแบบเพิ่มแรงดันขึ้นในรูป (ก) และแบบลดแรงดันลงในรูป (ข) สวิตช์ S1 ที่จริงแล้วจะเป็นทรานซิสเตอร์ Q1 ที่แสดงในรูป 40 (ก)

[illegible] แบบลดแรงดันลง แสดงให้เห็นในรูป 41 (ข) ในวงจรนี้ สวิตช์จะต่ออยู่ในระหว่าง VI [illegible] ตัวเหนี่ยวนำและดอกครอมกับวงจรแทนที่จะต่อขนานคร่อมวงจร แต่ทั้ง 2 แบบ ที่แสดงในรูป 41 นี้ [illegible] สัญญาณทางด้านความกว้างของพัลส์ (PULSE WIDTH MODULATION : PWM) ใน [illegible] สำหรับวงจรผสมสัญญาณทางด้านความกว้างของพัลส์จะทำหน้าที่ผลิตพัลส์ที่สามารถเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[illegible]

[illegible] ERROR AMPLIFIER [illegible] LAS - 3900 [illegible] รักษาระดับแรงดันแบบสวิตชิงเบอร์ LAS - 3900

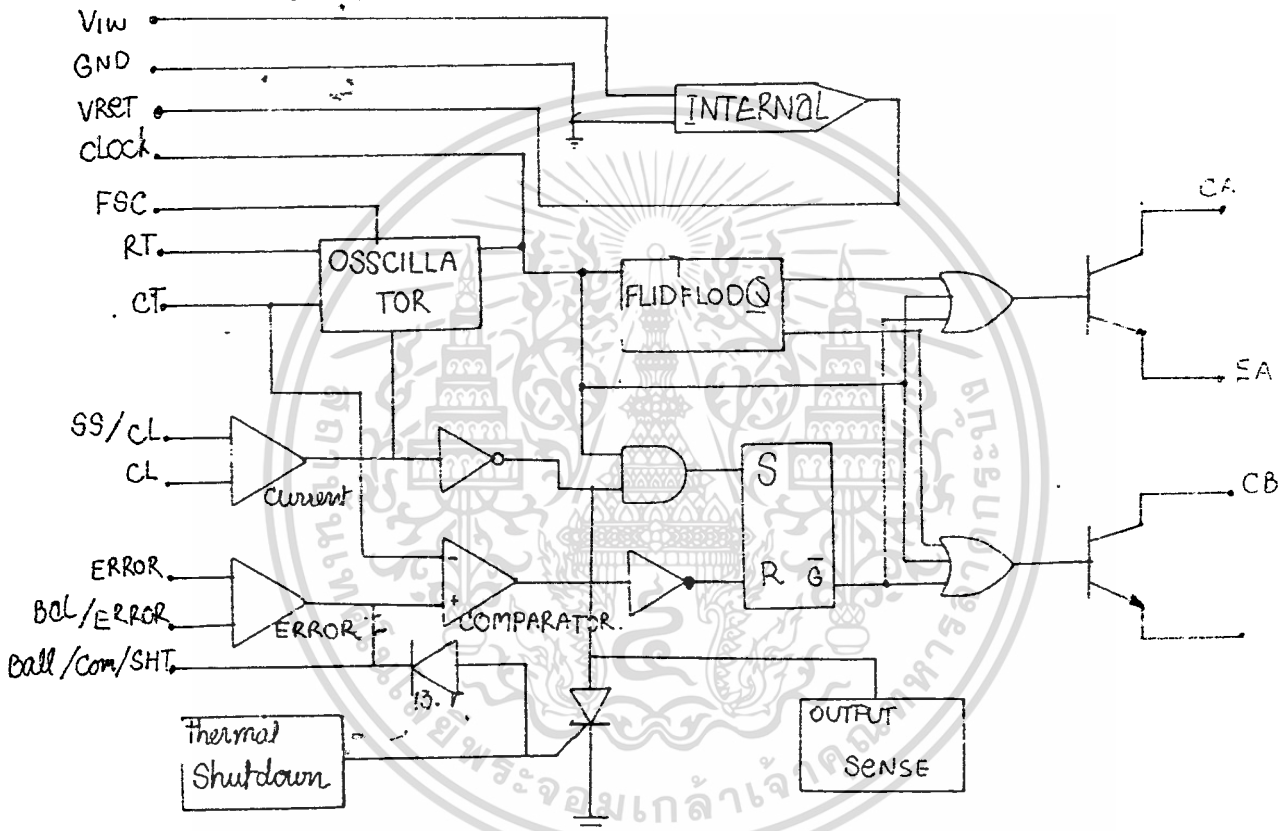
สำหรับแบบเพิ่มแรงดันขึ้นนั้น (ในรูป 43 ผ (ก) จะกำเนิดความถี่ประมาณ 58 กิโลเฮิรตซ์ และให้แรงดันเอาต์พุตขนาด 43 โวลต์ดีซี ที่กระแส 0.25 แอมแปร์ ระดับแรงดันอินพุตที่ไม่ได้รักษาระดับแรงดันอินพุต (LINE REGULATION) เท่ากับ 10 มิลลิโวลต์ สำหรับแรงดันอินพุตเปลี่ยนแปลงเกินกว่า 10 ถึง 14 โวลต์ การรักษาระดับแรงดันเมื่อโหลดเปลี่ยนแปลง (LOAD REGULATION) เท่ากับ 13 มิลลิโวลต์ จะสังเกตว่าเอาต์พุต EA และ EB จะต่อเข้าด้วยกันสำหรับไอซีเบอร์ LAS - 3900 เมื่อรวมกันขับสวิตชิงทรานซิสเตอร์ Q1

สำหรับแบบลดแรงดันลงนั้นแสดงให้เห็นในรูปที่ 43 (ข) แหล่งจ่ายไฟนี้จะผลิตแรงดันเอาต์พุตที่รักษาระดับแรงดันไว้ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับแรงดันอินพุต ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟตระกูลที่ใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ทั้งหลาย เป็นน่าสังเกตว่าลักษณะของวงจรจะเหมือนกับวงจรก่อนหน้านี้ที่เป็นแบบรักษาระดับแรงดันแบบสวิตชิงในกรณีนี้ ทรานซิสเตอร์ภายในของไอซีเบอร์ LAS ถูกใช้เป็นสวิตช์ซึ่งอิเล็กทรอนิกส์ เอาต์พุต EA และ EB จะต่อเข้าด้วยกันเพื่อเพิ่มความสามารถในการจ่ายกระแสของไอซี ไดโอด D1 และ D2 ใช้สำหรับแยกเอาต์พุตทั้งสองออกจากันทางไฟฟ้า

วงจรในรูปที่ 43 (ข) จะกำเนิดความถี่ขนาด 90 กิโลเฮิรตซ์ และจะผลิตเอาต์พุตดีซีแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

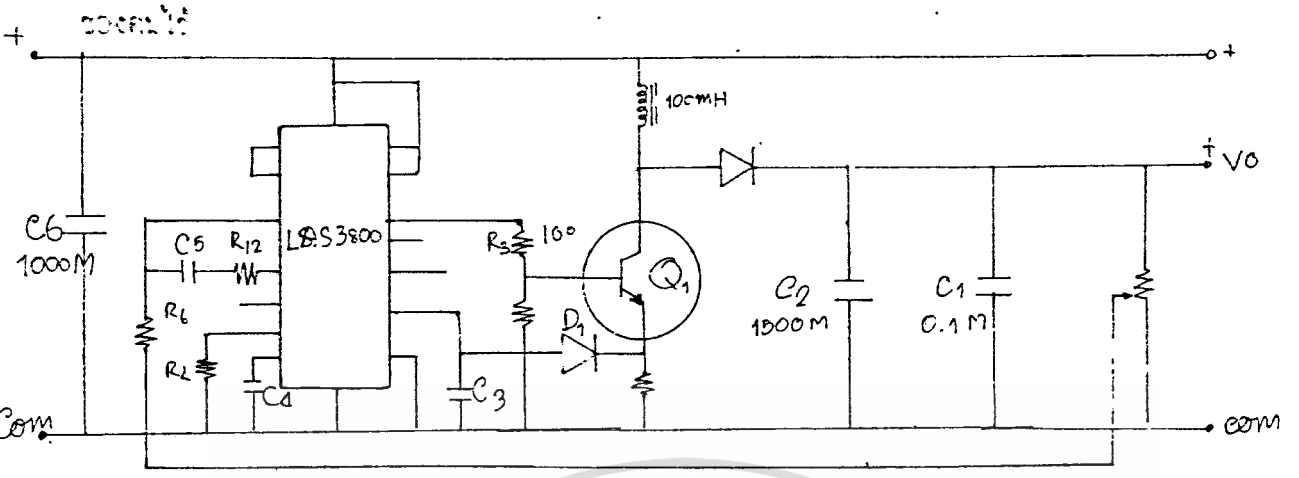
ดัน / 5 โวลต์ จากอินพุตดิจิตอลขนาด 12 ถึง 24 โวลต์ กระแสโหลดเอาต์พุตสูงสุดเท่ากับ 500 มิลลิแอมแปร์ ดังนั้นจึงจ่ายกำลังงานได้ 2.5 วัตต์ การรักษาระดับแรงดันเช่นเดียวกับวงจรในรูป 43 (ก) สำหรับแบบลดแรงดันลงนี้ จะประกอบด้วยอุปกรณ์ ซึ่งในได้ใช้ในแบบเพิ่มแรงดันขึ้น อุปกรณ์เบอร์ L2 - 5V6 เป็นไอซีป้องกันแรงดันเกิน โดยไอซีเบอร์ L2 - 5V6 เป็นวงจรเรกูเลเตอร์ โดยมีแรงดันขาออก 5 แอมแปร์ 6 โวลต์ ถ้าหากวงจรรักษาระดับแรงดันแบบสวิตช์ชิ่งนี้ทำงานผิดพลาดและให้แรงดัน VI มาปรากฏที่ VO แล้วอุปกรณ์เบอร์ L2 - 5V6 จะเบรคดาวน์ และลัดวงจรเอาต์พุตเข้าด้วยกัน ในขั้น 2 การนี้แรงดันเอาต์พุตที่เป็นจริงสามารถปรับได้ โดยการปรับตัวต้านทานของแรงดันเอาต์พุตที่ป้อนกลับไปยังอินพุตอินเวอร์ติ้งของเอาต์พุต

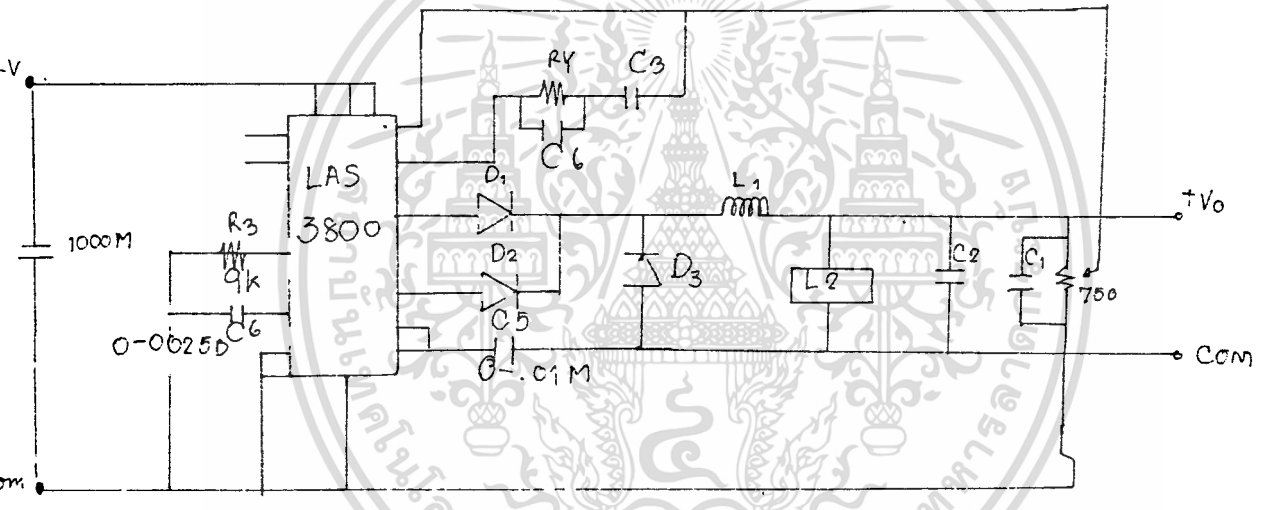


รูปที่ 42 เป็นไดซ์ที่ออกแบบมาทำหน้าที่เฉพาะในรูป (ก) เป็นผังแสดงวงจรภายในของไอซีเบอร์ LAS - 3830 ของบริษัทแลมด้าอิเล็กทรอนิกส์ ตัวถังภายในประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำนวนมหาศาลที่ใช้งานในแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตช์ชิ่งการต่อรา แสดงอยู่ทางมุมบนขวาของภาพ (ข)

วงจรอินเวอร์เตอร์ วงจรอินเวอร์เตอร์ เป็นแหล่งจ่ายไฟชนิดพิเศษชนิดหนึ่ง ซึ่งจะผลิตเอาต์พุตซึ่งเป็นไฟกระแสสลับ รูปคลื่นเอาต์พุตที่แท้จริงจะเหมือนกับคลื่นรูปสี่เหลี่ยมมากกว่าคลื่นรูปซายน์ แต่มันสามารถจ่ายกำลังงานให้กับระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ที่ไม่เป็นโหลดแบบความเหนี่ยวนำ และความจุ (โดยมีค่าความเหนี่ยวนำหรือความจุเพียงเล็กน้อย อินเวอร์เตอร์นี้เป็นตัวพื้นฐานของวงจรแปลงสัญญาณไฟตรงเป็นไฟตรง (DC TODC CONVETOR) โดยวงจรเหล่านี้ บางครั้งใช้ผลิตแรงดันไฟตรงที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

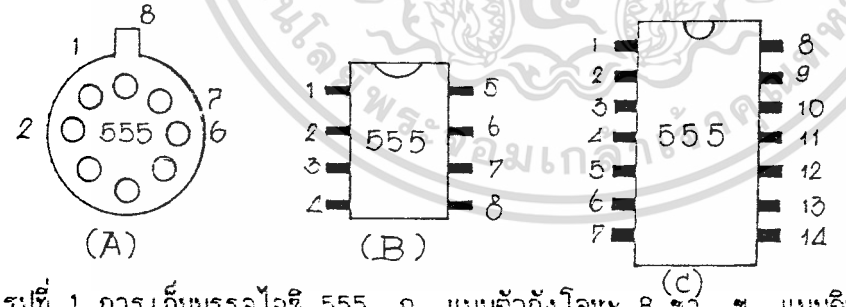
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทั่ว ๆ ไปเกี่ยวกับไอซี 555

มารู้จักไอซี 555 กันก่อน ก่อนที่จะทำโครงงานเกี่ยวกับไอซีไทม์เมอร์ 555 เรามาทำความรู้จักกับตัวไอซี 555 กันก่อนสักเล็กน้อย เพื่อเอาไว้พิจารณาเวลามีปัญหาในการทำโครงงาน จะได้ตรวจเช็คแก้ไขได้ถูกต้อง ซิกเนติกส์ เป็นบริษัทแรกที่ผลิตไอซี 555 ออกมาขายเป็นแบบดิพ (DIP) 8 ขา ต่อมาบริษัทอื่น ๆ จึงได้ผลิตไอซีเบอร์นี้ออกมาขายมากมาย ซึ่งก็มีเบอร์และสัญญลักษณ์แตกต่างกันไป ดังสรุปไว้ในตารางที่ 1 นอกจากนี้ยังได้มีการสร้างไอซีเบอร์ใหม่คือ 556

บริษัท	สัญญลักษณ์และเบอร์ที่ใช้
ซิกเนติกส์	WE 555 และ SE 555
เอ็นเอส	LM 555 และ LM 555 C
อินเตอร์ซิล	NE 555 และ SE 555
อาร์ซีเอ	ca 555 และ CA 555 C
แฟร์ชาย	NE 555
โมโตโรล่า	MC 1455 และ MC 1555
เท็กซัส	SN 52555 และ SN 72555

ตารางที่ 1 แสดงบริษัทต่าง ๆ ที่ผลิตไอซี 555

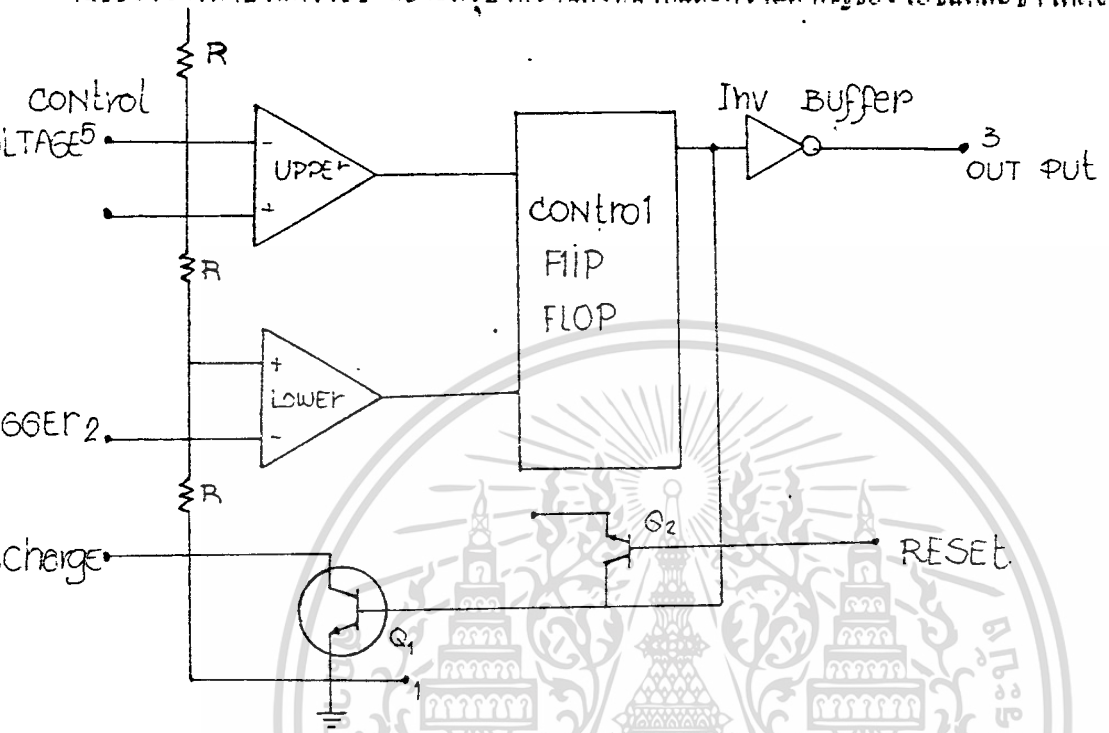


รูปที่ 1 การเก็บบรรจุไอซี 555 ก. แบบตัวถังโลหะ 8 ขา ข. แบบดิพ 8 ขา
ค.แบบดิพ 14 ขา

ปัจจุบันไอซี 555 มีการเก็บบรรจุอยู่ 3 แบบ คือ แบบตัวถังโลหะ 8 ขา, ตัวถังพลาสติกแบบดิพ 8 ขา และแบบดิพ 14 ขา (แบบนี้ไม่ค่อยมีใช้เพราะตัวใหญ่มีขามากเกินความจำเป็นทำให้ไม่สะดวกในการใช้งาน) แบบตัวถังโลหะจะทนอุณหภูมิได้สูงกว่าตัวถังพลาสติกแบบดิพ แต่ใช้งานอย่างแบบติดตั้งบนแผ่นปริ้นท์ไม่ค่อยสะดวก จึงนิยมใช้แบบดิพ 8 ขากันมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในตัวไอซี 555 จะประกอบไปด้วยวงจรเปรียบเทียบแรงดันหรือที่เรียกว่าคอมพาราเตอร์ (COMPARATOR) วงจรควบคุมฟลิปฟลอป (CONTROL FLIP FLOP) วงจรบัฟเฟอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลับสัญญาณด้วย (INVERTER BUFFER) รวมทั้งวงจรสวิทช์ซึ่งต่าง ๆ อีก จากลักษณะการทำงานของวงจรภายในตัวไอซี พอจะสรุปให้เห็นถึงหน้าที่และความสำคัญของไอซีแต่ละขาได้ดังนี้



รูปที่ 2 บล็อคไดอะแกรมการทำงานของวงจรภายในตัวไอซี 555

ขา 1 เป็นขากราวด์ (GROUWND)

ขา 2 เป็นขาทริกเกอร์ (TRIGGER) เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ขาทริกเกอร์ลดต่ำลงกว่า 1/1 ของแหล่งจ่ายแรงดัน จะทำให้วงจรฟลิปฟลอปภายในตัวไอซีทำงาน และได้เอาต์พุตที่ขา 3 อยู่ในภาวะแรงดันสูง

ขา 3 เป็นเอาต์พุต (OUT PUT) แรงดันที่ ขาเอาต์พุตจะเปลี่ยนแปลงอยู่ในภาวะแรงดันต่ำหรือสูงได้ตามการทำงานของสงภายใน และสามารถจ่ายหรือดึงกระแสได้ประมาณ 200 มิลลิแอมป์

ขา 4 เป็นขารีเซ็ท (RESET) ถ้าแรงดันไฟฟ้าขา 4 นี้ต่ำกว่า 0.4 โวลต์วงจรภายในตัวไอซีจะไม่สามารถทำงานได้ไม่ว่าจะมีการกระตุ้นอย่างไรก็ตาม

ขา 5 เป็นขาควบคุมแรงดัน (CONTROL VOLTAGE) เป็นขาที่ต่ออยู่กับจุดเปรียบเทียบแรงดันของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (วงจรคอมพาราเตอร์) ภายในตัวไอซีจึงสามารถใช้ตัวต้านทานต่อที่ขานี้เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าที่จุดเปรียบเทียบเปลี่ยนแปลงไป เมื่อไม่ใช้ขานี้ควรใช้คาปาซิเตอร์ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.1 เพื่อช่วยลดสัญญาณรบกวนความถี่สูงที่เข้ากับทางแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

ขา 6 เป็นขาเทรสโฮล (THRESHOLD) ถ้าแรงดันที่ขานี้สูงกว่า 2/3 ของแหล่งจ่ายแรงดัน วงจรฟลิปฟลอปภายในตัวจะรีเซ็ททำให้ที่เอาต์พุตของไอซีอยู่ในภาวะแรงดันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 7 เป็นขาดิสชาร์จ (DISCHARGE) ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์ภายในตัวไอซีให้อยู่ในภาวะปิดหรือเปิด ซึ่งจะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตเริ่มเปลี่ยนแปลงอยู่ในภาวะแรงดันสูงหรือต่ำตามการทำงานของทรานซิสเตอร์ด้วย ปกติขานี้จะมีคาปาซิเตอร์ด้วยจะต่ออยู่เพื่อใช้ในการดิสชาร์จของคาปาซิเตอร์ไปควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์

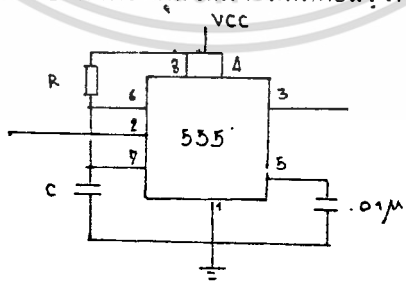
ขา 8 เป็นขาแหล่งจ่ายแรงดัน (SUPPLY) ที่สามารถป้องกันแรงดันผ่านขานี้ได้ตั้งแต่ 4.5 ถึง 16 โวลต์ วงจรภายในตัวไอซีจึงจะสามารถทำงานได้

การใช้งานไอซี 555 เมื่อนำไอซี 555 มาใช้งานจะมีการต่อวงจรเป็นแบบโมโนสเตเบิ้ล (NONOSTABLE) หรืออะสเตเบิ้ล (ASTABLE) อย่างใดหรืออย่างหนึ่ง วงจรทั้งสองต่างก็มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน

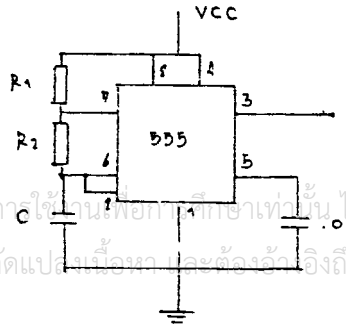
วงจรโมโนสเตเบิ้ล เป็นวงจรที่ให้คลื่นสี่เหลี่ยมออกมาที่เอาต์พุตในแต่ละครั้งที่มีการกระตุ้นด้วยสัญญาณจากภายนอกสัญญาณกระตุ้นจะป้อนขา 2 ซึ่งเป็นขาทริกเกอร์ เมื่อแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณที่ขา 2 ลดลงมาต่ำกว่าหนึ่งในสามของแหล่งจ่ายแรงดัน (1/3) จะทำให้ที่ขา 3 ซึ่งเป็นขาเอาต์พุตมีแรงดันไฟฟ้าสูงเกือบเท่ากับแหล่งจ่ายแรงดัน ช่วงความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมที่ได้ทางเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับค่า R และ C โดยมีสูตรความสัมพันธ์กันดังนี้

$$T = 1.1\ RC$$

เมื่อ T คือ ช่วงความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมทางเอาต์พุต มีหน่วยเป็นวินาทีนอกจากนี้สัญญาณที่นำมากระตุ้นแต่ละสัญญาณจะต้องมีช่วงความกว้างของคลื่นห่างกันไม่น้อยกว่าช่วงความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมที่ได้ทางเอาต์พุต เพราะคลื่นที่เข้ามากระตุ้นใหม่จะมีผลต่อแรงดันทางเอาต์พุต เพราะเอาต์พุตเองก็มีภาวะแรงสูงอยู่แล้ว



รูปที่ 3 วงจรโมโนสเตเบิ้ล โดยใช้ไอซี 555



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4 วงจรอสเตเบิ้ลโดยใช้ไอซี 555

วงจรโมโนสเบิ้ลนี้ส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ประโยชน์เป็นวงจรตั้งเวลาในแบบต่าง ๆ วงจรอะสเตเบิ้ลกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้การกระตุ้นจากการชาร์จของคาปาซิเตอร์ที่ขา 2 ดังนั้นวงจรนี้ไม่ต้องใช้สัญญาณจากภายนอกมากระตุ้น การกระตุ้นจะเกิดจากการชาร์จของคาปาซิเตอร์ C ผ่าน R เมื่อแรงดันที่ตกคร่อมคาปาซิเตอร์ที่มีค่าถึงสองในสามของแหล่งจ่ายแรงดัน 2/3 VCC จะทำให้วงจรเปรียบเทียบแรงดันชุดบน (UPPER COMP) ทำงานไปกระตุ้นให้วงจรควบคุมฟลิป-ฟลอป ทำงานอีกต่อหนึ่งเป็นผลให้คาปาซิเตอร์คายประจุผ่าน R และขา 7 (ผ่าน Q1 ในไอซี) ลงกราวด์ ช่วงนี้เอาต์พุตที่ขา 3 จะมีแรงดันไฟฟ้าต่ำ เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่คาปาซิเตอร์ลดลงมาถึงหนึ่งในสามของแหล่งจ่ายแรงดัน (1/3 VCC) ก็จะไปกระตุ้นให้วงจรเปรียบเทียบแรงดันชุดส่วนล่าง (LOWER COMP) ทำงานไปกระตุ้นวงจรควบคุมฟลิปฟลอปอีก ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตมีค่าสูง (เหมือนกับการทำงานของโมโนสเตเบิ้ล) และคาปาซิเตอร์จึงเริ่มชาร์จใหม่อีกจนแรงดันไฟฟ้ามาถึง 2/3 VCC ก็จะเริ่มการทำงานแบบเดิมอีก ช่วงที่คาปาซิเตอร์ชาร์จนี้แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตจะมีค่าสูงอยู่ จนกว่าคาปาซิเตอร์จะคายประจุแรงดันที่เอาต์พุตจึงจะมีค่าต่ำลง ซึ่งพิจารณาได้จากไดอะแกรมเวลาในรูปที่ 4

จากลักษณะการทำงานของวงจรอะสเตเบิ้ลนี้ จะเห็นได้ว่าช่วงความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยมที่ได้ทางเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับชาร์จ (การเก็บประจุ) และดิสชาร์จ (การคายประจุ) ของคาปาซิเตอร์ C เนื่องจากคาปาซิเตอร์ C ต้องชาร์จผ่าน R และดิสชาร์จผ่าน R และดิสชาร์จผ่าน R อย่างเดียว จึงได้สูตรความสัมพันธ์ของ T (ช่างชาร์จ) และ T กับค่า R และ C ออกมาดังนี้

$$T1 = 0.693\ (R1 + R2)\ C$$

$$T2 = 0.693\ RC$$

$$F = \frac{1}{T1 + T2}$$

เราสามารถกำหนดช่วงเวลา T1 และ T2 ได้จาก R และ C เมื่อต้องการทราบความถี่ของคลื่นที่ได้จากวงจรอะสเตเบิ้ลก็นำช่วงเวลา T1 และ T2 มารวมกันและนำไปหารเลขหนึ่งก็จะได้ความถี่ F ของคลื่นออกมาตามสมการข้างบน

วงจรอะสเตเบิ้ลนี้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์เป็นวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาไปควบคุมการทำงานของวงจรหรืออุปกรณ์อื่น ๆ รวมทั้งยังสามารถนำไปเป็นวงจรตรวจจับ (DELTECTOR CIRCUIT) ร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับต่าง ๆ ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ภาคแสดงผลในวงจรดิจิตอล

เมื่อก่อนนี้การแสดงผลหรือความหมายทางด้านดิจิตอลเรามักใช้หลอดไปไส้ ข้อเสียที่เด่นชัดในการแสดงด้วยหลอดไฟไส้เห็นจะได้แก่การสูญเสียพลังงานมากไปหรือหลอดไปไส้กินกระแสมากสิ้นเอง แต่หลังจากเทคโนโลยีได้เจริญก้าวหน้ามากขึ้น การแสดงผลเราอาจต้องการให้แสดงผลลัพธ์ในสิ่งที่เราจะทราบความหมายได้ทันทีคือ เป็นตัวเลข ตัวอักษร ฯลฯ เทคโนโลยีทางภาคแสดงก็เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วเช่นกัน ภาคแสดงก็ใช้จึงเปลี่ยนโฉมหน้ามาเป็น แผลแสดงอิเลคทรอนิกส์ (ELECTRONIC DISPLAY)

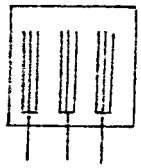
แผงแสดงมีมากมายหลายแบบ แต่อย่างไรก็ตามเรามักจะเห็นใช้กันมากเพียงไม่กี่ชนิด สำหรับในที่นี้เราจะได้กล่าวถึงแผงแสดงชนิดต่าง ๆ และวิธีการใช้งานแผลแสดงในวงจรทางดิจิตอล

หลอดนิกซี่ เป็นแผงแสดงอิเลคทรอนิกส์แบบแรกที่ประสบความสำเร็จดีกว่าหลอดนิกซี่ (NIXIE TUBE) เป็นชื่อเครื่องหมายการค้าของบริษัทเบอร์โรห์แห่งสหรัฐอเมริกาโดยลักษณะพื้นฐานแล้วหลอดนิกซี่ได้แนวการทำงานมาจากหลอดนีออนซึ่งมีขั้วโลหะ 2 ขั้วปิดผนึกอยู่ภายในหลอดแก้วที่บรรจุก๊าซนีออน เมื่อป้อนแรงดันไฟตรงประมาณ 75 โวลต์ ให้แก่ขั้วโลหะทั้งสองก๊าซนีออนที่อยู่ในหลอดก็จะแตกตัวเป็นนีออน และเรืองแสงออกมาทันที

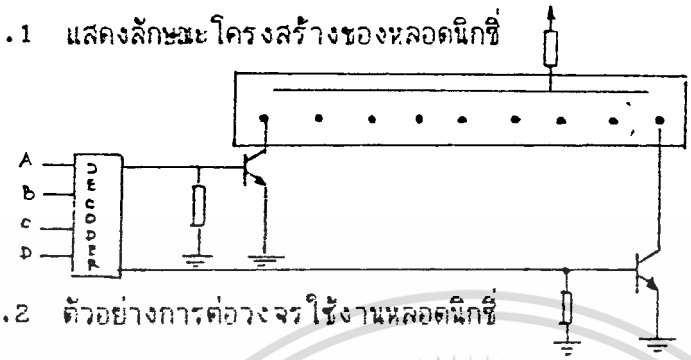
หลอดนิกซี่ก็ทำงานคล้าย ๆ กัน แต่แทนที่จะมีเพียงคาโถดอันเดียว ก็มีคาโถด 10 อันวางซ้อนกันอยู่ คาโถดเหล่านี้ถูกตัดเป็นรูปตัวเลขต่าง ๆ ตั้งแต่เลข 0 ถึง 9 แล้วมีอาโนดซึ่งตะแกรงลวดวางซ้อนอยู่ข้างหน้าอีกทีหนึ่ง ถ้าต้องการให้คาโถดอันใดสว่างก็ป้อนแรงดันให้อาโนดและคาโถดขั้วนั้น ก๊าซนีออนในบริเวณใกล้คาโถดนั้นก็จะเรืองแสง และปรากฏตัวเลขขึ้นมา จะเห็นว่าเราสามารถตัดคาโถดเป็นตัวอักษรอย่างไรก็ได้ ขนาดแรงดันเริ่มต้นที่จะทำให้ก๊าซนีออกเรืองแสงขึ้นมา มักจะไม่น้อยกว่า 120 โวลต์ และเมื่อแตกตัวเรืองแสงขึ้นมาแล้ว ขนาดแรงดันที่ยังทำให้เรืองแสงต่อไปก็จะลดลงเหลือเพียง 70 โวลต์

เครื่องมืออิเลคทรอนิกส์ยุคต้น ๆ จะใช้หลอดนิกซี่เป็นแผงแสดงกันแทบทั้งนั้น ข้อเสียที่เห็นกันก็คือ มีคาโถดวางซ้อนอยู่ตั้ง 10 ชั้น ทำให้คาโถดตัวหน้า ๆ บังแสงจากคาโถดตัวหลังการอ่านตัวเลขจึงไม่สะดวกนักและแรงดันที่ใช้สูงมากกว่าที่แหล่งจ่ายไฟทั่วไปจะป้อนให้ได้ ทรานซิสเตอร์ที่จะป้อนสัญญาณแก่หลอดนิกซี่ก็ต้องเป็นชนิดแรงดันได้สูง ข้อบกพร่องเหล่านี้ทำให้หลอดนิกซี่เสียเปรียบแผงแสดงแบบอื่น ๆ ในปัจจุบันอยู่มาก จนแทบไม่มีโอกาสแทรกตัวเข้ามาได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



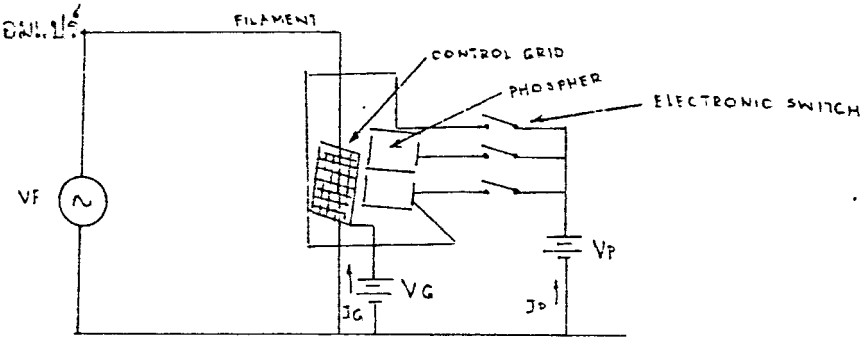
รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะโครงสร้างของหลอดนิกซี่



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างการต่อวงจรใช้งานหลอดนิกซี่

แผงแสดงอิเลคทรอนิกส์อีกแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในหมู่นักออกแบบชาวญี่ปุ่นคือ แผงแสดงแบบฟลูออเรสเซนต์ FLUORESCENT DISPLAY หลักการก็คล้าย ๆ กับหลอดตาเมวที่ใช้ในเครื่องรับวิทยุรุ่นคุณปู่หรืออาจจะเอียบได้กับ หลอดภาพที่ใช้ในโทรทัศน์ขนาดจิ๋ว กล่าวคือ สร้างความร้อนให้เกิดขึ้นในไส้หลอดซึ่งทำหน้าที่เป็นคาโถดในตัวด้วยไฟฟ้า แรงดันที่ป้อนให้แก่ไส้หลอดมีประมาณ 1 โวลต์ ถึง 3 โวลต์ อาจจะเป็นไฟสลับหรือไฟตรงก็ได้ ไส้หลอดดังกระแสประมาณ 40 MA ความร้อนที่เกิดขึ้นในไส้หลอด จะทำให้อิเลคตรอนสามารถหลุดออกจากไส้หลอดได้แต่ไม่มากพอที่จะทำให้ไส้หลอดเปล่งแสงออกมาได้

ถัดจากไส้หลอดเข้าไปเป็นอาโนดซึ่งมีรูปร่างเป็นส่วน ๆ 7 ส่วน วางอยู่เป็นรูปเลข 8 ที่ผิวของอาโนดฉาบสารฟอสฟอรัสสาดไว้ซึ่งจะเปล่งแสงสีเขียวอมฟ้าออกมาถ้ามีอิเลคตรอนวิ่งมาชนผิวของมัน ถ้าต้องต้องการให้อาโนดชั้นใดสว่างขึ้นมาก็เพียงแต่ป้อนแรงดันไฟบวก (เมื่อเทียบกับคาโถด) ให้แก่อาโนดชั้นใน ไฟบวกจะดูดอิเลคตรอนให้พุ่งเข้าชนผิวได้แรงพอที่จะแสงออกมาได้ แรงดันไฟบวกที่แผงแสดงแบบฟลูออเรสเซนต์ ต้องการจะอยู่ราว ๆ 20 ถึง 25 โวลต์ แต่บางรุ่นก็ต้องการสูง 55 โวลต์ ซึ่งก็อยู่ในขีดจำกัดที่ไอซีทางดิจิตอลแบบ MOS จะป้อนให้ได้ส่วนกระแสที่อาโนดต้องการก็อยู่ในช่วงไม่กี่สิบถึงไม่กี่ร้อยไมโครแอมแปร์



รูปที่ 4.3 โครงสร้างภายในของแผงแสดงแบบฟลูออเรสเซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

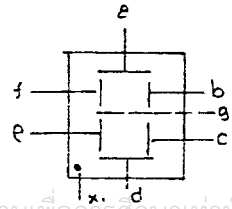
แผงฟลูออเรสเซนต์บางทีอาจจะมีตะแกรงโลหะสองตัวอยู่ระหว่างไส้หลอด (หรือคาโถด) กับอาโนด ตะแกรงนี้เรียกว่า คอนโทรลกริด ทำหน้าที่เป็นตัวปิดแผงแสดงทั้งหมด เมื่อได้รับแรงดันลบมากพอที่จะหยุดอิเลคตรอนที่จะวิ่งไปหาอาโนด จุดอ่อนของแผงแบบฟลูออเรสเซนต์อยู่ตรงที่ว่าต้องมีแหล่งจ่ายไฟอีกชุดหนึ่งป้อนแรงดันให้แก่ไส้หลอดตลอดเวลา และเนื่องจากมีไส้หลอดทำให้ไม่สามารถทนการสั่นสะเทือนได้มากนัก

แผงแสดงแบบผลึกเหลว (LCD) แผงแสดงทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เป็นแบบที่ให้ความสว่างพอสมควร แต่ก็มีข้อเสียเหมือนกัน คือ จะจางลงถ้าแสงภายนอกสว่างขึ้น การอ่านตัวเลขก็ยากขึ้น ถ้าต้องให้อ่านง่ายขึ้นก็ต้องพยายามทำให้มันสว่างขึ้น แต่แผงแบบผลึกเหลว (LIQUID CRYSTAL DISPLAY กลับตรงกันข้ามจะใช้แสงสว่างจากภายนอกมาเป็นตัวทำให้สว่าง ดังนั้นยิ่งแสงภายนอกสว่างมากขึ้นเท่าไรก็จะอ่านตัวเลขได้ชัดเจนขึ้นเท่านั้น

ผลึกเหลวมีอยู่หลายชนิดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารว่าหลังจากถูกสนามไฟฟ้าแล้วแล้วจัดเรียงตัวอย่างไร ชนิดที่นิยมใช้กันอยู่ 2 ชนิดคือ ไดนามิกสแคทเทอริ่ง (DYNAMIC SCATTERING) และชนิดฟิลด์เอฟเฟค (FIELD EFFECT) สำหรับชนิดไดนามิคสแคทเทอริ่งโมเลกุลของผลึกเหลวภาวะปกติจะเรียงตัวเป็นระเบียบมองแล้วจะเห็นใส แต่เมื่อป้อนสนามไฟฟ้าโมเลกุลของผลึกเหลวภาวะจะกระจัดกระจามองเห็นเป็นสีเทา ส่วนชนิดฟิลด์เอฟเฟคใช้หลักการโพลาไรเซชั่น ส่วนที่ได้รับสนามไฟฟ้าก็จะหันเหทิศทางของขั้วปรากฏเป็นส่วนที่มือ บริเวณนอกนั้นยะสว่าง

ทั้งสองชนิดยังแบ่งออกได้ 2 แบบ คือแบบส่งผ่าน (TRANSMISSIVE) และ แบบสะท้อน (REFLECTIVE) LCD แบบส่งผ่านทำหน้าที่เป็นแผ่นกรองแสงจากด้านหลัง ส่วน LCD แบบสะท้อนทำหน้าที่ เป็นแผ่นสะท้อนแสงจากด้านหน้า จะกรองได้ก็ต่อเมื่อมีสนามไฟฟ้าป้อนให้มัน โครงสร้างทั่วไปจะเป็นแผ่นกระจกสองแผ่นประกบกันมีผลึกเหลวอยู่ตรงกลาง

ข้อเด่นของแผงแบบ LCD คือต้องการแรงดันมาเพียงเพื่อสร้างสนามไฟฟ้าเพื่อให้โมเลกุลเรียงตัวตามต้องการ ดังนั้นจึงกินกระแสน้อยมาก กำลังงานที่กินเมื่อทุกส่วนทำงานมักจะน้อยกว่า 25 uW ข้อเสียของแบบนี้ก็คือต้องมีแสงจากภายนอก และใช้งานที่ช่วงอุณหภูมิแคบ ๆ ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C ผลึกเหลวจะทำงานช้าลงกว่าปกติมาก ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าประมาณ 50 °C ผลึกเหลวจะเปลี่ยนรูปเป็นของเหลว การทำงานก็จะผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็น



รูปที่ 2.4 ลักษณะโครงสร้างของแผงแสดงแบบผลึกเหลวชนิดไดนามิกสแคทเทอริ่งแบบสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอลอีดี LED คือ ไดโอดชนิดหนึ่งที่ถูกออกแบบมาเป็นพิเศษ ให้สามารถเปล่งแสงออกมาได้ขณะที่ถูกไบแอสตรง สัญญลักษณ์ของ แอลอีดี ก็เหมือนไดโอดธรรมดา เพียงแต่มีแสงเปล่งออกมาเท่านั้น ดังรูปที่ 4.5 ดังนั้นถ้า ขอลอีดี ถูกไบแอสตรงและมีกระแสไหลผ่านตัวมันมากพอ ก็จะเปล่งแสงออกมาได้ และเมื่อถูกไบแอสกลับจะไม่ยอมให้กระแสไหลผ่าน จึงเปล่งออกมาไม่ได้ขอให้ดูรูปที่ 4.6 จะช่วยให้เข้าใจได้ดียิ่งขึ้น

สำหรับแอลอีดี ต้องการแรงดันไบแอสตรงมากกว่าไดโอดธรรมดา คือจะอยู่ระหว่าง 1.0 โวลต์ ขึ้นอยู่กับสารที่ใช้ทำ แอลอีดี และขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสที่ไหลผ่าน ถ้ากระแสไหลผ่านมาก แรงดันไบแอสตรงคร่อมตัวมัน (V_{F}) ก็จะมีค่ามากขึ้น และแสงจะสว่างมากขึ้น แสงที่แอลอีดี จะเปล่งออกมามิได้หลายสี แต่ละสีก็ใช้สารต่างกันไป และก็ให้ความสว่างต่างกันไปด้วย สีที่นิยมใช้กัน คือ แดง เขียว และ เหลือง สีอื่นนอกจากนี้ให้ความสว่างน้อยเกินไป และมีราคาแพงมากจึงไม่เป็นที่นิยมใช้ แสงที่กล่าวถึงนี้เป็นแสงที่เรามองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แอลอีดียังสามารถที่จะเปล่งแสงอินฟราเรดซึ่งเรามองไม่เห็นออกมาได้ถ้าเลือกสารที่ใช้ให้ถูกต้อง สารที่นิยมใช้ทำแอลอีดีมีอยู่ 3 ชนิดคือ แกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ (GASP) แกลเลี่ยมฟอสไฟด์ (GAP) และแกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์ (GAASP) ซึ่งแยกแยะคุณสมบัติได้ดังนี้

1. แกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ นิยมใช้ทำแอลอีดีที่เปล่งแสงอินฟาเรด มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงอินฟราเรดได้สูงมาก คือสูงถึง 70 เปอร์เซนต์ ดังนั้นจึงใช้แรงดันไบแอสตรงไม่มากนักเพียง 1.2 - 1.3 โวลต์ เท่านั้น

2. แกลเลี่ยมฟอสไฟด์ นิยมใช้ทำแอลอีดีที่เปล่งแสงสีเขียวและสีเหลือง มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงานต่ำมาก จึงต้องใช้แรงดันไบแอสตรงสูงมาก มักจะต้องการไม่น้อยกว่า 2 โวลต์ โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 2.0 ถึง 4.5 โวลต์

3. แกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์ นิยมใช้ทำแอลอีดีที่เปล่งแสงสีแดง มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงานปานกลาง (ประมาณ 10%) จึงใช้แรงดันไบแอสตรงปานกลาง คือ อยู่ระหว่าง 1.2 -2.0 โวลต์

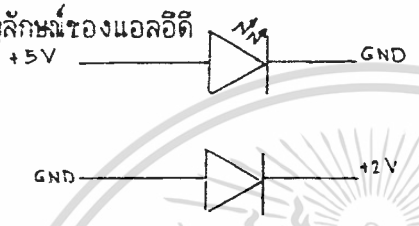
ข้อแตกต่างอีกประการหนึ่งระหว่างแอลอีดี กับไดโอดธรรมดา คือแอลอีดี ทนแรงดันไบแอสกลับ (V_R) ได้น้อยมาก โดยทั่วไปจะทนได้ประมาณ 3 - 10 โวลต์ ส่วนไดโอดธรรมมักจะทนได้มากกว่า 50 โวลต์ ดังนั้นถ้าแอลอีดีถูกไบแอสกลับด้วยแรงดันมากกว่า 3 โวลต์ ก็อาจจะยอมให้กระแสไหลผ่านสวนทิศลูกศรของตัวมันเอง และทำให้เกิดแสงสว่างได้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.6 ซึ่งถ้าไม่มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันให้ดี กระแสจะไหลย้อนทางได้มาก แอลอีดีก็จะเสียหายในทันที จึงเป็นเหตุการณ์ที่เราจะต้องหาทางหลีกเลี่ยง

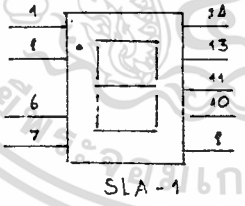
จากความนิยมนำแอลอีดีไปแทนหลอดไฟ เพราะกินกระแสน้อยกว่าหลอดไปมาก กล่าวคือ แอลอีดีใช้ประมาณ 5 mA ถึง 20 mA ขณะที่หลอดไฟส่องหน้าปัทม์ใช้ประมาณกว่า 100 mA และแอลอีดีใช้งานได้คงทนกว่า จึงมักเรียกแอลอีดีว่าเป็นหลอดไฟโซลิดเสตท (SOLID - STATE LAMP)

รูปที่ 4.5 สัญญลักษณ์ของแอลอีดี



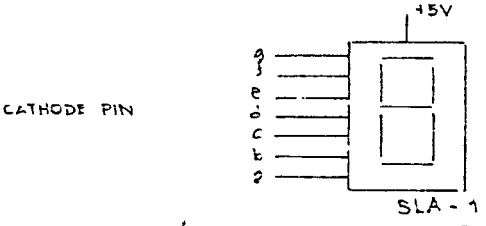
รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะการไบแอสที่จะทำให้แอลอีดีเปล่งแสง

การใช้งานแผงแสดงแอลอีดี ตัวอย่างแรกที่จะอธิบายเป็นแผงตัวเลข แอลอีดี 7 ส่วน ตัวเดียว สีแดง มีขาอาโนดเป็นขาร่วม เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัทออปโตเบอร์ SLA-1 มีจุด 2 จุด อยู่ทางด้านซ้ายมือ ทำหน้าที่เป็นจุดทศนิยม (DECIMAL POINT) ซึ่งเขียนอักษรย่อว่า DP หมายเลขขาที่ใช้เมื่อมองดูจากด้านบนของแผงแสดงในรูปที่ 4.7



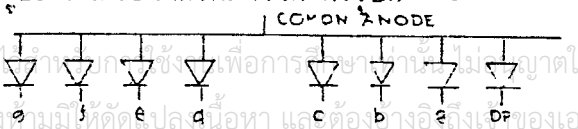
รูปที่ 4.7 ลักษณะการอ่านขา และหมายเลขขาที่ใช้เมื่อมองจากด้านบน SLA - 1

แต่เมื่อเขียนแผงตัวเลขลงในวงจร นิยมเขียนดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 สัญญลักษณ์การเขียนแผงตัวเลขลงในวงจร

จะเขียนออกมาให้อยู่ในรูปอิเลคทรอนิกส์เต็มตัวได้ ดังรูปที่ 4.9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 สัญญลักษณ์ภายในของแผงตัวเลข

จากสัญญลักษณ์ภายในรูปที่ 4.9 สรุปได้ดังนี้

1. ขาที่ไม่ใช้คือขา 3,4,5,9 และ 12 (แผงตัวเลขเป็นแบบ DIP 14 ขา)

2. ขาอาโนดร่วมของแอลอีดีทุกตัวคือขา 14 ซึ่งต้องนำไปต่อกับแรงดัน + 5V

3. มีขาโกดอยู่ทั้งหมด 8 ขา 7 ขาสำหรับส่วน a,b,c,d,f และ g อีกขาหนึ่งสำหรับจุดทศนิยม (DP)

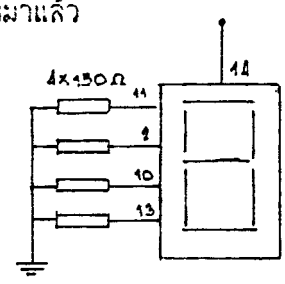
4. ไม่มีขาเอาต์พุตออกจากแผงตัวเลข มีแต่ขาอินพุต เอาต์พุตที่ได้จากแต่ละส่วนคือ แสงที่เปล่งออกมาเท่านั้น

ต่อไปนี้จะแสดงวิธีการจุดให้แอลอีดีแต่ละส่วนสว่าง วิธีจุดให้แอลอีดีสว่างได้เป็นเลข 0 ถึง 9 ด้วย BCD โดยใช้ไอซีเบอร์ 7447

1. วิธีจะให้แต่ละส่วนสว่าง เมื่อเราต้องการให้แอลอีดีส่วนใดสว่างก็ให้ป้อน + 5V เข้าที่ขาอาโนดร่วมและต่อขาคาโกดของส่วนนั้นลงกราวนด์ โดยผ่านตัวต้านทานจำกัดกระแส จากการทดลองพบว่า ถ้าตัวต้านทานเป็น 100 กระแสผ่านส่วนนั้นจะเป็น 22 mA ถ้าตัวต้านทานเป็น 150 mA และถ้าใช้ตัวต้านทาน 330 กระแสจะลดลงอีกเป็น 8 mA ซึ่งค่า 330 นี้ แสงสว่างลดลงไปมาก อย่างไรก็ตามค่าตัวต้านทานทั้งสามก็ให้ส่วนนั้นสว่างพอมองเห็นได้ชัดเจน ในที่นี้จะเลือกใช้ค่า 150 สมมติว่าต้องการให้แอลอีดีส่วน b สว่างก็ให้ต่อตามรูปที่ 4.10

รูปที่ 4.10 แสดงการต่อสายเมื่อต้องการจุดส่วน ให้สว่าง

2. วิธีจุดให้สว่างพร้อม ๆ กันหลายส่วน วิธีนี้ก็ทำเช่นเดียวกับข้อ 1. สมมติว่าเราต้องการให้แอลอีดีสว่างเป็นรูปเลข 4 ก็ต้องจุดให้ส่วน c,c,f และ g สว่าง ดังรูปที่ 4.11 ขอให้สังเกตว่า วิธีการต่อสายเหมือนกับที่ได้อธิบายมาแล้ว

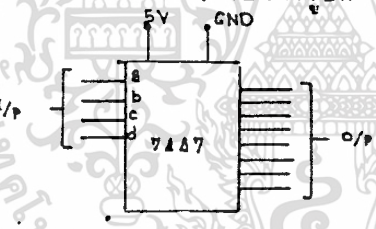


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11 แสดงการต่อสายเมื่อต้องการจุดให้สว่างเป็นตัวเลข 4.

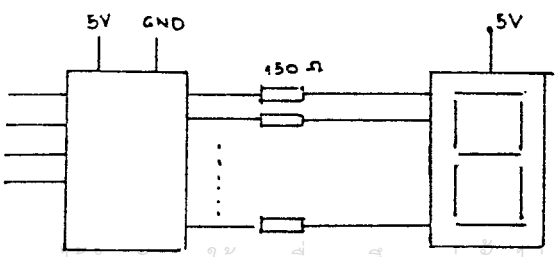
3. วิธีจุดให้สว่างเป็นตัวเลข 0 ถึง 9 ด้วย BCD การใช้งานแผงตัวเลขจริง ๆ แล้วไม่ใช่ว่าต้องการตัวเลขอะไรก็มาคอยต่อสายดังวิธีที่กล่าวมาแล้ว สายทุกสายของแอลดอิดีจะถูกต่อหมดแล้วใช้วงจรอิเลคทรอนิกส์มาเป็นตัวออกคำสั่งว่าจะให้คาโถดของแอลอิดีส่วนใดต่อลงกราวด์โดยผ่านตัวต้านทานจำกัดกระแสตามปกติสัญญาณในวงจรดิจิตอลจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่เรียกว่า BCD (BINARY-CODED DSECIMAL) คือแทนด้วยตัวเลขปกติที่เราใช้กันแต่ละตัวด้วยตัวเลข 4 หลักในระบบฐานสองซึ่งมีแต่เลข 0 กับ 1 ตัวอย่างเช่นเลข 8 ในระบบปกติ (ฐานสิบ) จะถูกแทนเป็นรหัสในรูปของฐานสองเป็น 1000 เลข 4 (ฐานสิบ) จะถูกเปลี่ยนเป็น 0100 (ฐานสอง) เป็นต้น ดังนั้นตัวเลขในฐานสิบตั้งแต่ 0 ถึง 9 จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในตัวเลข 4 หลักที่เรียกว่า BCD นี้

เมื่อเราจะเปลี่ยนเลข BCD ให้ออกมาเป็นเลขฐานสิบโดยแสดงบนแผงตัวเลขเราจะต้องมีวงจรถอดรหัส (DECODER) และวงจรขับ (DIVER) เพื่อทำหน้าที่จ่ายกระแสได้มากเท่าที่แอลอิดีต้องการ ในปัจจุบันได้สร้างวงจรถอดรหัส และวงจรขับลงบนไอซีตัวเดียวกัน และเรียกชื่อไอซีตัวนั้นตามหน้าที่การทำงานว่า BCD-TO-7-SEGMENT DECODER/DRIVER ซึ่งหมายความว่าทำหน้าที่ถอดรหัสจาก BCD ให้อยู่ในรูปที่ใช้กับแผงเขียนในวงจรได้ง่าย ๆ เป็นดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ลักษณะการเขียน 7 4 4 7 ลงในวงจร

จะเห็นได้ว่าขั้วอินพุตของ 7447 มี 4 ขั้ว เขียนว่า DCBA ซึ่งตัวอักษรแต่ละตัวจะแทนอินพุตสำหรับเลข BCD แต่ละหลัก ตัวอย่างเช่น เลข BCD เป็น 1011 หมายความว่าขั้วอินพุตของ 7447 จะได้รับสัญญาณที่ขั้ว D,C,B และ A เป็นลอจิก 1,0,1 และ 1 ตามลำดับส่วนเอาต์พุตจะเขียนอักษรกำกับไว้ ซึ่งหมายความว่าให้ส่งเอาต์พุตไปเข้าขั้วอินพุตของแอลอิดี แต่ละส่วนที่มีอักษรกำกับตรง ดังรูปที่ 4.13 ไอซีเบอร์นี้ได้รับการออกแบบมาใช้กับแผงตัวเลข 7 ส่วนที่มีขั้วอาโนดร่วมกัน ซึ่งจะลงเกตดูได้จากตารางตรรก (TRUTH TABLE) ของไอซีเบอร์นี้ในตารางที่ 4.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

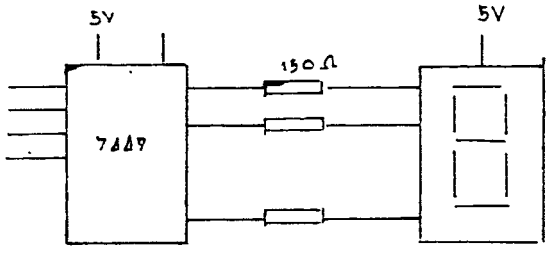
รูปที่ 4.13 การต่อไอซีเบอร์ 7447 เข้ากับแผงตัวเลข 7 ส่วน

ตารางที่ 4.1

	INPUT				OUTPUT						
ตัวเลขฐานสิบ	D	C	B	A	A	B	C	D	E	F	G
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
5	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
6	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
7	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0

ตารางตรรกนี้คือ ตารางที่แสดงการทำงานของไอซีให้เรารู้ว่าเมื่ออินพุทเป็นดังนี้แล้วเราจะได้ลอจิกอะไรออกที่เอาต์พุต จะลองยกตัวอย่างให้ดู เมื่ออินพุตเป็น 0011 ซึ่งแทนเลข 3 (ในฐานสิบ) เอาต์พุตที่จะแสดง "ลอจิก 1" ที่เอาต์พุตหมายถึงว่าเอาต์พุตนั้นให้แรงดันเป็น + 5 โวลต์และ "ลอจิก" หมายถึงว่าแรงดันที่เอาต์พุตจะเท่ากับ 0 โวลต์ ดังนั้นแอลอีดีส่วน e และ f จะต่อเข้ากับกับ + 5 โวลต์ ซึ่งแรงดันอีกปลายหนึ่งที่ขั้วอาโนดก็ต่อกับ + 5V ดังนั้นแอลอีดีส่วน e และ f จึงไม่มีกระแสไหล และไม่เปล่งแสงออกมา ส่วนแอลอีดีในส่วนอื่นจะเปล่งแสงออกมา และแสดงให้เห็นเป็นเลข 3 ตรงกับเลขฐานสิบก่อนที่จะใส่รหัสในช่องซ้ายมือ ของตารางที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4.14

สำหรับขาต่างๆของแอลอีดี ส่วนที่เป็นจุดทศนิยม (DP) ของ SLA-1 ขอละเว้นที่จะไม่กล่าวถึงในที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

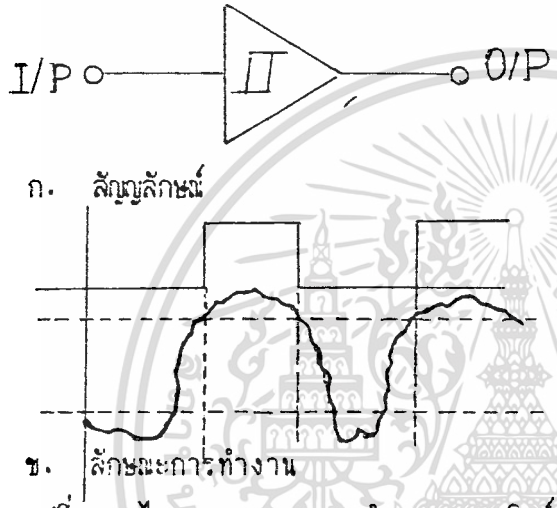
รูปที่ 4.14 แสดงตัวเลขที่ปรากฏบนแผงตัวเลข เมื่ออินพุตเข้าไอซีเป็น 0011

บทสรุป ภาพแสดงผลในวงจรดิจิตอลมีความสำคัญมากส่วนหนึ่งของทั้งระบบ เพราะการใช้งานวงจรดิจิตอลส่วนใหญ่มักให้เอาต์พุตเป็นค่าหรือเป็นความหมายตามข้อมูล เช่น เครื่องคิดเลขดิจิตอล มัลติมิเตอร์ ในปัจจุบันตัวแสดงผลก็มีด้วยกันหลายชนิดหลายขนาดแตกต่างกันออกไป การเลือกใช้งานจึงต้องนึกถึงเหตุผลต่าง ๆ ตามที่กล่าวแล้วในบทนี้ แต่อย่างไรก็ตามเราจะต้องมาพิจารณาข้อมูลของอุปกรณ์ที่ผู้ผลิตกำหนดมาให้อย่างละเอียดถี่ถ้วนเสียก่อนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วงจรชมิตท์ทริกเกอร์

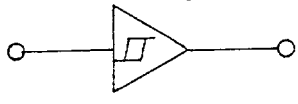
ชมิตท์ทริกเกอร์ เป็นวงจรอิเล็คทรอนิกส์ทางดิจิตอลชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับเปลี่ยนหรือเกลาสัญญาณ (WAVE SPAPPING CIRCUIT) ที่ไม่เป็นพัลซ์ให้พัลซ์ เช่นทำสัญญาณซายน์ (SINE WAVE) ให้เป็นพัลซ์เวลา (CLOCK PULSE) หรือสัญญาณสี่เหลี่ยม (SQUARE WAVE) และใช้เวลาเกลาสัญญาณพัลซ์ที่มีสิ่งรบกวน (NOISE) ให้มีรูปร่างดีขึ้น ไดอะแกรมและการทำงานของชมิตท์ทริกเกอร์มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 1



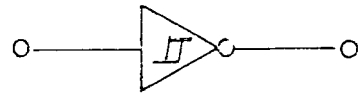
รูปที่ 1 ไดอะแกรมและการทำงานของชมิตท์ทริกเกอร์

สัญญาณในรูปที่ 5.1 ข) เห็นสัญญาณที่ไม่สามารถนำมาใช้ในระบบดิจิตอลได้ เพราะการเปลี่ยนระดับโลจิคไม่เป็นไปในทันทีทันใด โดยอาศัยคุณสมบัติของวงจรชมิตท์ทริกเกอร์ คือสัญญาณเอาต์พุตจะอยู่ที่ระดับโลจิค ถ้าสัญญาณนั้นยังขึ้นไม่ถึงระดับ S_1 และจะอยู่ที่ระดับโลจิค 1 ตลอดไปจนกว่าสัญญาณนั้นจะลดลงมาถึงระดับหนึ่ง คือ S_0 เอาต์พุตจะเปลี่ยนกันมาเป็นระดับโลจิค ๐ ทันที และจะคงอยู่ที่ระดับโลจิค ๐ ตลอดไป จนกว่าสัญญาณนั้นจะขึ้นถึงระดับ S_1 ใหม่อีกครั้งหนึ่ง

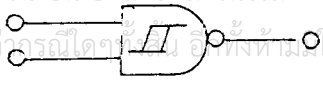
วงจรชมิตท์ทริกเกอร์นี้โดยมากมักใช้ทำเป็นอินพุตของเกทต่าง ๆ ที่ใช้ในที่สัญญาณอินพุตของเกทนั้น ๆ มีรูปร่างไม่เป็นพัลซ์ที่สมบูรณ์ การเขียนโลจิคไดอะแกรมของเกทที่มีวงจรชมิตท์ทริกเกอร์อยู่ด้วย มีลักษณ์เหมือนเกททั่ว ๆ ไปนั่นเอง เพียงแต่เขียนเครื่องหมายพิเศษ (II) เพิ่มเข้าไปในเกทนั้น ๆ ด้วยดังแสดงในรูปที่ 2



ก) ไดรเวอร์ (DRIVE)

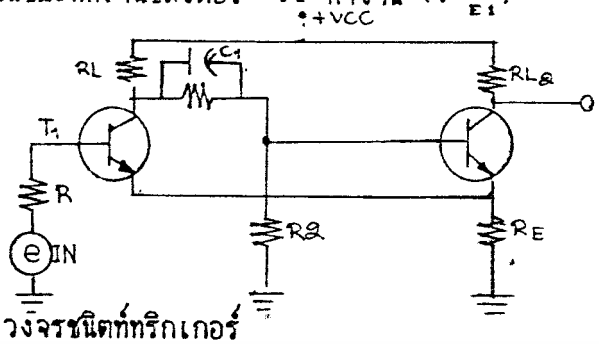


ข) อินเวอร์เตอร์ (INVERTER)



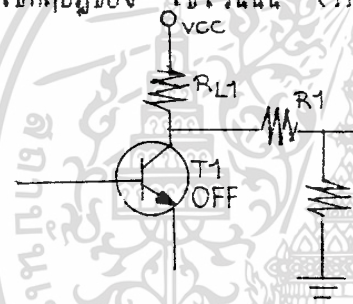
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะเห็นว่า วงจรนี้จะไม่เปลี่ยนแปลงสภาพการทำงานถึงเติมตกคร่อม R2 จะมีค่ากับแรงดันตกคร่อม R_E ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ T1 ทำงาน (V_{E1})



รูปที่ 5.4 แสดงวงจรชนิดท์ทริกเกอร์

การกำหนดค่า U.T.P. ค่าของ U.T.P. (UPPER TRIGGER POTENTIAL) ของวงจรในรูปที่ 5.4 อาจกำหนดได้ดังนี้ สมมติว่าขณะที่ไม่มีแรงดันอินพุตใด ๆ เข้ามา ทรานซิสเตอร์ T1 จะมีสถานะเป็น OFF และทรานซิสเตอร์ T2 จะมีสถานะเป็น ON วงจรไบอัสของทรานซิสเตอร์เขียนเป็นวงจรเสมือนได้โดยการใช้ทฤษฎีของ "เธเวนิน" (THEVENIN'S THE OREM) ดังในรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5

โดยการสมมติว่า แรงดันที่ตกคร่อมรอยต่อในทรานซิสเตอร์ไม่ต้องนำมาพิจารณาด้วย

ดังนั้น $E_{OC} = \frac{R2\ VCC}{}$

$Z_O = \frac{R2\ (R1+RL1)}{R1+R2+RL1}$

และเมื่อนำค่า EOC และ ZO ไปแทนลงในวงจรจึงอาจเขียนได้ดังแสดงในรูปที่ 5.6

จากรูปที่ 5.6 จากกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ (KIRCHOFF'SVOLTAGE LAW) จะได้ว่า

$$VE_2 + E_{Zo} = E_{oc}$$

$$V_{E2} = E_{oc} - I_2\ Zo$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค) แนนด์เกท (NAND GATE) ง) นอร์เกท (NOR GATE)

รูปที่ 2 ตัวอย่างรูปสัญญลักษณ์ของเกทที่มีวงจรชมิตท์ทริกเกอร์ด้วย

วงจรชมิตท์ทริกเกอร์ (SCHMITT TRIGGER CIRCUIT) จัดได้ว่าเป็นวงจรไบสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์แบบอมิตเตอร์คัปเปิลชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถสร้างพัลซ์จัตุรัสหรือพัลซ์รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากใดๆ ได้ จากการป้อนสัญญาณอินพุตลักษณะรูปไซน์ ลักษณะของพัลซ์ที่เอาต์พุตซึ่งสร้างขึ้นมานี้สามารถถูกควบคุมและกำหนดได้ ดังจะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่อไป

<u>การทำงานของวงจร</u> พิจารณารูปที่ 5.4 ซึ่งเป็นวงจรชมิตท์ทริกเกอร์แบบง่าย ๆ ในขณะที่ไม่มีแรงดันอินพุตใด ๆ ทรานซิสเตอร์ T_1 จะมีสถานะเป็น OFF และทรานซิสเตอร์ T_2 จะมีสถานะเป็น ON ขณะที่ทรานซิสเตอร์ T2 ทำงานอยู่ในภาวะอิ่มตัว จะทำให้เกิดมีแรงดันตกคร่อม R_E ซึ่งจะสมมติให้มีค่า ดังนั้นแรงดันที่เอาต์พุตขณะเวลา T_1 ก็คือ ($V_{E2} + V_{EC(SAT)}$) และก่อนที่ทรานซิสเตอร์ T_1 จะทำงาน แรงดันอินพุตจะต้องมีค่ามากกว่า V_{E2} ขนาดของแรงดันอินพุตที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ T_1 ทำงานได้นี้ถูกเรียกว่า "ศักดาทริกเกอร์ระดับสูง" (UPPER TRIGGER POTENTIAL)

หรือต่อไปจะเรียกย่อ ๆ ว่า U.T.P

ดังนั้น $U.P.T. = V_{E2} + V_E$

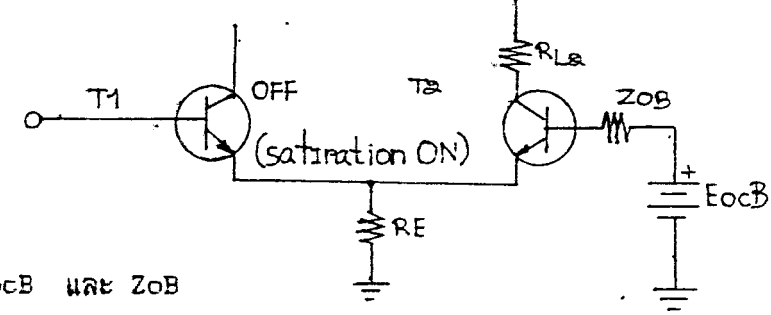
โดยที่ V_{E2} คือแรงดันตกคร่อม R_E ขณะที่ทรานซิสเตอร์ T_2 ทำงานในภาวะอิ่มตัว VBEA คือ ขนาดของแรงดันไบอัสตรง ที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในย่านแอคทีฟ (ACTIVE REGION) ซึ่งสำหรับทรานซิสเตอร์แบบซิลิกอนจะมีค่าราว 0.5 โวลต์

ขณะที่ทรานซิสเตอร์ T_1 เริ่มทำงานศักดาที่คอลเลคเตอร์ (V_{C1}) ก็จะลดลงจากค่าการที่ค่า VCC ลดลงนี้ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ VC1 นำไฟฟ้าได้น้อยลง นั่นคือทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวจะมีจุดทำงานอยู่ในย่านแอคทีฟ และในที่สุดทรานซิสเตอร์ T1 ก็จะหยุดทำงานโดยสมบูรณ์ดังนั้นเวลาที่ T_1 แรงดันเอาต์พุตจะมีค่า VCC และทรานซิสเตอร์ T1 จะทำงานในภาวะอิ่มตัวทรานซิสเตอร์ T2 จะอยู่ในภาวะ OFF ต่อไปจนกว่าแรงดันอินพุตจะมีขนาดลดลงและน้อยกว่าค่า U.P.T. และเมื่อนั้นทรานซิสเตอร์ T2 จะกลับสู่สถานะทำงานอีกครั้งนึง ขนาดของแรงดันอินพุตที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ T2 กลับมามีสภาพเป็น ON และอยู่ในภาวะอิ่มตัวได้อีกครั้งหนึ่งนี้จะถูกเรียกว่า "ศักดาทริกเกอร์ระดับต่ำ" (LOWER TRIGGER POTENTIAL) หรืออาจเรียกย่อ ๆ ว่า L.P.T.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$I_{E2} = (H_{FE}+1)$

$IC2 = H_{FE} IB2$



รูปที่ 5.6

แทนค่า EocB และ ZoB

ดังนั้น $$V_{E2} = \frac{R2 \quad VCC}{R1+R2+RL1} \qquad \frac{-IB2(R2+RL1)}{R1+R2+RL1}$$

แต่ $$V_{E2} = I_{E2} \cdot R_E$$

และ $$I_{E2} = (H_{FE}+1)\ IB2$$

ดังนั้น $$V_{E2} = (H_{EE}+1)\ IB2 \cdot RE$$

$$I_{E2} = \frac{R2\ VCC - I_{E2} \cdot R2(R1+R2)}{R1+R2+RL1}$$

$$= \frac{R2\ VCC - V_{E2} R2(R1+R2)}{R_{E2}(H_{E2}+1)}$$

$$R1+R2+RL1$$

$$= \frac{R2.RE.(H_{EE}+1)VCC}{RE\ (R1+R2+RL1)\ (H_{FE}+1)+R2(R1+RL1)}$$

$$= \frac{VCC}{\frac{R1+R2+RL1}{R2} + \frac{R1+RL1}{RE(H_{FE}+1)}}$$

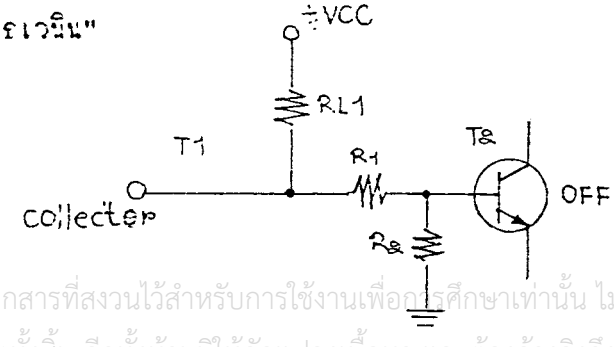
และโดยไม่ต้องนำท่าแรงดันตกคร่อมรอยต่อของทรานซิสเตอร์มาพิจารณาดังนั้น

$$U.P.T. = V_{E2}$$

นั่นคือ $$U.P.T. = \frac{VCC}{\frac{R1+R2+RL1}{R2} + \frac{R1+RL1}{RE(H_{FE}+1)}} \qquad (5.4)$$

การกำหนดค่า L.P.T ค่าของ (LOWER TRIGGER POTENTIAL)

ของวงจรในรูปที่ 5.4 ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์ T2 หยุดทำงาน อาจกำหนดได้โดยพิจารณาจากวงจรในรูปที่ 5.7 ซึ่งเป็นวงจรเสมือนของวงจรทางด้านคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ T1 โดยการใช้กฎของ "เธเวนิน"



รูปที่ 5.7

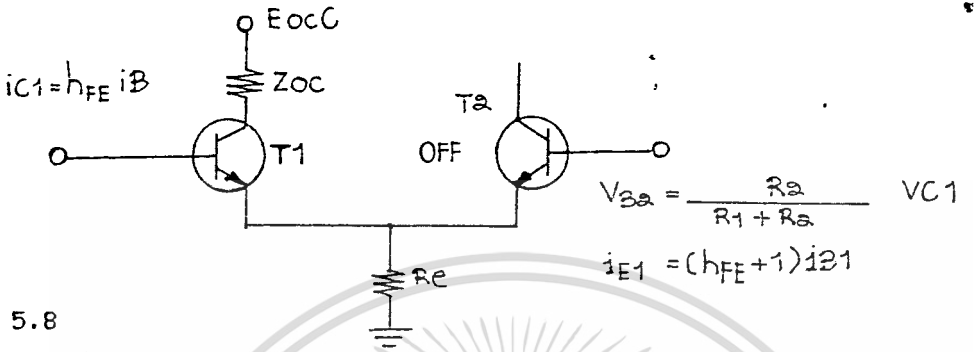
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น

$$E_{OCC} = \frac{(R1+R2)\ V_{CC}}{R1+R2+RL1}$$

$$Z_{OC} = \frac{RL1(R1+R2}{R1+R2+RL1}$$

และเมื่อนำค่า EOCC และ ZOC ไปแทนลงในวงจรที่ 5.4 จึงอาจเขียนแสดงได้ดังในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8

และจากรูปที่ 5.8 โดยใช้กฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ (KIRCHFF'S VOLTAGE LAW) จะได้ว่า

$$EOCC = VC1 + EZOC$$

$$EOCC = VC + H_{FE} IB1\ ZOC$$

แต่

$$IE1 = \frac{FEA}{}$$

$$= IE1 = VE1$$

$$= (HFE +1\ )IB1$$

$$IB1 = \frac{VE1}{RE(H_{FE}+1)}$$

$$EOCC = VC1 + H_{FE}\ V_{E1}\ Z_{OC}$$

$$RE(H_{FE}+1)$$

แต่

$$EOC = \frac{(R1 + R2)\ VCC}{R1+R2+RL1}$$

และ

$$ZOC = \frac{RL1\ (R1 + R2)}{R1+R2+RL1}$$

ดังนั้น

$$\frac{(R1+R2)\ VCC}{R1+R2+RL1} = \frac{H_{FE}\ VE1\ RL1\ (R1+R2)}{R1 + R2 + RL1} + VC1$$

$$RE(H_{FE}+1)$$

แต่

$$VE1 = \left(\frac{R2}{R1+R2}\right) VC1$$

แทนค่า VC1 ลงไป

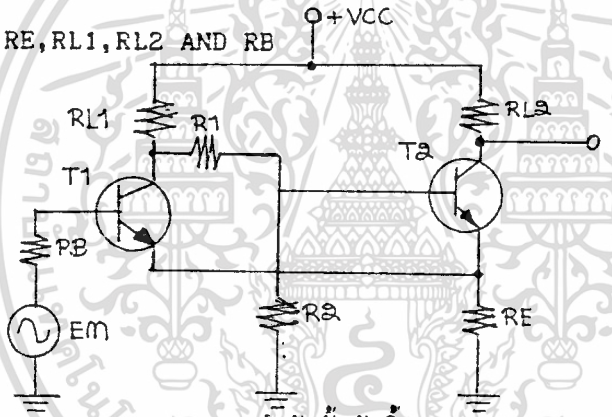
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น $\frac{(R1+R2)}{R1+R2+RL1} Vcc = VE1\frac{(R1+R2)}{R2}$

$$VE1 = \frac{RE\ R2\ (HFE+1)Vcc}{RE(HFE+1)\ (R1+R2+RL1)}$$

$$= \frac{VCC}{\frac{R1 + R2 + RL1}{R2} + \frac{HFE\ RL1}{RE(HFE+1)}}$$

การออกแบบวงจร ในตอนนี้จะพิจารณาการออกแบบวงจรชมิดท์ทริกเกอร์ โดยพิจารณาจากรูปที่ 5.9 ซึ่งกำหนดให้และทรานซิสเตอร์ที่ใช้เป็นซิลิกอนชนิด NPN ซึ่งมี FE MIN = 20 แหล่งจ่ายศักดา (กระแสตรง) มีค่า + 15 โวลต์ และสมมติว่าแรงดันที่ตกคร่อมมิทรานซิสเตอร์มีค่าน้อยมากไม่ต้องนำมาพิจารณา และ I2 = 10 % ของ IC2, ICBO = 0 คำต่าง ๆ ที่ต้องการหาเมื่อการออกแบบวงจรก็คือ R1,R2,RE,RL1,RL2 AND RB



รูปที่ 5.9

วิธีการพิจารณาและออกแบบตามลำดับขั้นดังนี้

1. โดยการใช้กฎของโอห์ม หาค่าของ (RL2 + RE) เมื่อทรานซิสเตอร์อยู่ในภาวะ ON และอิ่มตัวโดยที่ไม่มีแรงดันอินพุตใด ๆ เข้ามา

2. เมื่อไม่ต้องพิจารณาค่าแรงดันตกคร่อมรอยต่อ VE2 = U.P.T. โดยค่าของ VE,RL2 AND VCC

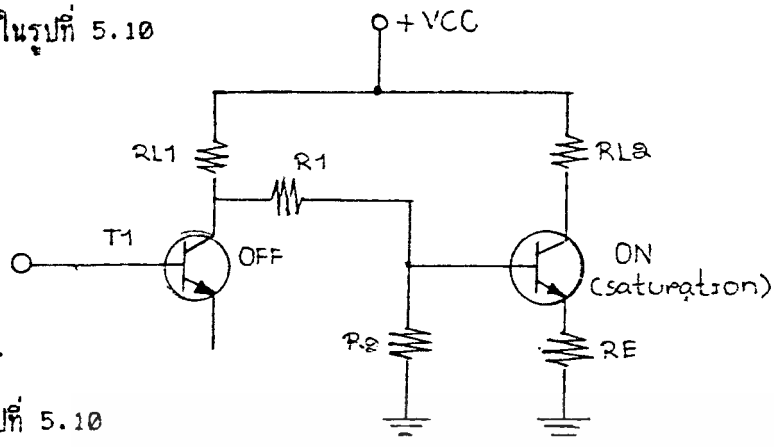
3. ค่าของ RL2 หาได้จากผลของข้อ 1 และ 2

4. ค่าของ VE1 = L.P.T. โดยค่าของ VE1 อาจแสดงอยู่ในเทอม RE,RL และ VCC

5. หาค่าของ R2 โดยสมมติว่า กระแสรั่วไหลผ่าน R_2 มีค่าเป็น 10 เปอร์เซนต์ของค่ากระแสคอลเลคเตอร์ซึ่งไหลผ่านทรานซิสเตอร์ T2 ขณะทำงานในภาวะอิ่มตัว และการที่ทรานซิสเตอร์ T2 จะเปลี่ยนสถานะจาก OFF ที่เวลา T_{-1} ไปเป็นสถานะ ON ที่เวลา T_{+1} ค่าของแรงดันตกคร่อมรอยต่อเอมิตเตอร์ และเบสจะต้องมีค่าเป็น 0 โดยที่ VE1 = L.P.T. และ ER2=ER1 = L.P.T. ดังนั้นอาจใช้กฎของโอห์มของ R2 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. หาค่าของ R1 จากสมการกระแสโหนด (CURRENT-NODE EQUATION) ของวงจรดังแสดงในรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10

7. เนื่องจากทรานซิสเตอร์ T1 ไม่จำเป็นต้องทำงานในภาวะอิ่มตัว ดังนั้นค่าของ RB จึงอาจมีค่าน้อยกว่า H_{FE} RE ได้

จากลำดับขั้นตอนดังกล่าวข้างบน สามารถเขียนได้ดังนี้

สมมติว่า $I_{C2} = I_{E2}$

$(R_{L2} + R_E) = \frac{V_{CC}}{I_{C2}} = \frac{15}{5mA} = 3K$

U.P.T $= V_{E2} = 5V$

$V_{E2} = \frac{R_E \quad V_{CC}}{(R_{L2}+R_E)}$

$R_E = \frac{V_{E2}}{V_{CC}} (R_{L2} + R_E) = \frac{5}{15}(3K)$

$= 1 \ K$

$R_{L2} = (R_{L2} + R_E) - R_E = 3 \ K - 1K$

$= 2 \ K$

L.P.T. $= V_{E1} = 3V$

$V_{E1} = \frac{R_E \quad V_{CC}}{R_E + R_{L1}}$

$R_{L1} = \frac{R_E \quad V_{CC}}{V_{E1}} - R_E$

$= \frac{(1 \ K * 15)}{3} - 1 \ K$

$= 5-1$

$= 4 \ K$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถใช้ตัวความต้านทานที่วางขายอยู่มีค่า 3.9 K แทน

และ $I2 = 10\% \; IC2 = (10\%)(5\ mA) = 0.5\ mA$

$$R2 = ER2 = VE1 = L.P.T. = 3$$
$$I2 \qquad I2 \qquad I2 \qquad 0.5\ mA$$

ซึ่งสามารถใช้ตัวความต้านทานที่วางขายอยู่มีค่า R2 = 6 K แทน

จากรูปที่ 5.10

$$I1 = I2 + IB2$$

$$\frac{ERL1 + ER1}{R1 + RL1} = \frac{ER2}{R2} + IB2$$

$$VCC - U.P.T. = U.PT. + IB2$$

$$IB2 = \frac{IC2}{HFE\ MIN} = \frac{5\ mA}{20} = 0.25\ mA$$

$$\frac{15 - 5}{3.9\ K + R1} = \frac{5}{5.6\ K} + 0.25\ mA$$

$$\frac{10}{3.9\ K + R1} = 0.892\ mA + 0.25\ mA$$

$$\frac{10}{3.9\ K + R1} = 1.142\ mA$$

$$R1 = \frac{5.55}{1.142} = 4.87\ K$$

ซึ่งเราใช้ค่า 4.7 K แทน เนื่องจากมีขายในท้องตลาด

$$RB = \frac{HFE \quad RE}{10} = \frac{20 * 1\ K}{10} = 2\ K$$

ดังนั้นสรุปได้ว่า

ค่า R1 = 4.7 K

R2 = 5.6 K

RE = 1 K

RL1 = 4 K

RL2 = 2 K

RB = 2 K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

โวลต์เตจเร็คกูเลเตอร์ปรับค่าได้ - + 1.25 V ถึง -+ 30 โวลต์ พร้อมระบบป้องกัน

คุณสมบัติของเครื่อง

1. สามารถจ่ายกระแสได้สูงถึง 2 Amp (จะให้สูงกว่านี้ก็ได้ โดยเพิ่มขนาดของหม้อแปลงและเพิ่มอุปกรณ์บางตัว)

2. มีวงจรป้องกันกระแสเกิน คือ ถ้าโหลดถึงกระแสเกินที่กำหนดไว้ เครื่องจะป้องกันตนเองโดยตัดตัวเองออกจากระบบหรือโหลด

3. ทันทีที่ตัดตัวเองออกจากระบบภายในเครื่องจะมีออดเตือน

4. สามารถจ่ายไฟได้ทั้งแบบคงที่ คือ -+ 5V, -+ 9V, -+ 12 V, -+ 5V และแบบปรับค่าต่อเนื่อง +,- 1.2 TO +,- 3.0 V

หลักการทำงาน ภาคเร็คติไฟเออร์ จากวงจรในรูปที่ 1 ภาคนี้จะใช้ไดโอดแบบบริดจ์เร็คติไฟเออร์ไฟเอซี 24 โวลต์จากหม้อแปลง แล้วฟิลเตอร์ด้วยตัวเก็บประจุ C1 และ C2 ได้เป็นไฟดีซี -+ 33.94 โวลต์ VDC = 24 2=33.94 โวลต์ เพื่อป้อนให้กับวงจรเร็คกูเลเตอร์ภาคต่อไป (รูปที่ 3) ในส่วนของวงจรนี้เราจะเพิ่มเต้าตัวเมียสำหรับจ่ายไฟ 220 V ออกไปใช้งานไว้ด้านหลังของตัวเครื่อง เต้า 220 V นี้ควรต่อก่สวิทช์และฟิวส์ ส่วนสวิทช์เพาเวอร์นั้นควรใช้แบบที่มี LED อยู่ในตัวเมื่อเวลาเปิดเครื่องจะได้รู้ว่ามีไฟจ่ายเข้าเครื่องแล้ว

หลักการทำงาน ภาคป้องกัน (PROTECTION) จากวงจรในรูปที่ 2 เราใช้ตัวต้านทานเป็นตัวกำจัดกระแส ในที่นี้จำกัดกระแสไว้ที่ 2 Amp เนื่องจากจังก์ชั่นของทรานซิสเตอร์ซนิดซิลิกอนจะมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์ ดังนั้นค่าตัวต้านทานที่ใช้จริงมีค่าเท่ากับ R = ** 0.6 = 0.3 กำลังวัตต์ของตัวต้านทานแยกได้ดังนี้

$$R = I^2R = (2^2 \times 0.3 = 1.2 \text{ วัตต์}$$

เพื่อให้ประสิทธิภาพในการทำงานได้อย่างเต็มที่ ในที่นี้ให้ใช้ขนาด 5 W วงจรป้องกันกระแสเกินได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2 พิจารณา Q1 เมื่อกระแสไหลผ่าน R 0.3 เกิน 2 Amp ทรานซิสเตอร์ Q1 จะนำกระแสทำให้ D1 ถูกไบอัสแบบตรง (FORWARD BIAS) SCR จึงถูกทริกทำให้นำกระแสได้ ออดที่ต่อไว้กับรีเลย์จะทำงาน ค่าตัวต้านทานที่ใช้จำกัดกระแสผ่านรีเลย์นั้นหาได้เมื่อเราทราบกระแสที่ทำให้รีเลย์ทำงาน จากการทดลองเมื่อโวลต์ให้รีเลย์ ในขณะเดียวกันวัดกระแสที่ผ่านตัวมันได้ประมาณ 120 มิลลิแอมป์ ดังนั้น

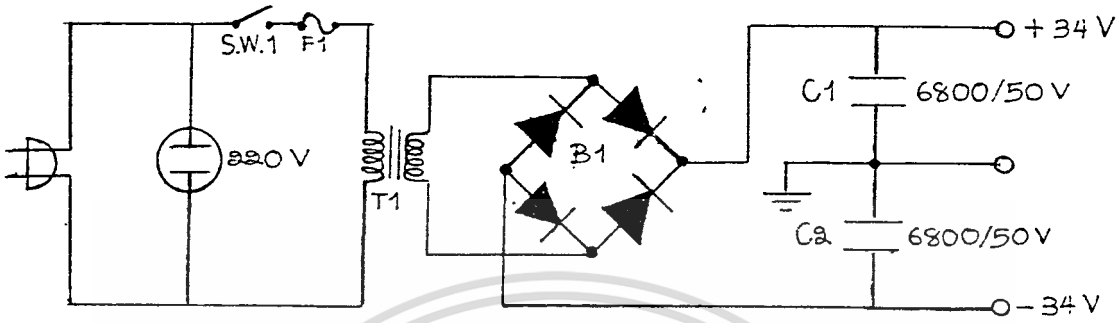
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R = 33.94 - โวลต์ที่ตกคร่อม SCR

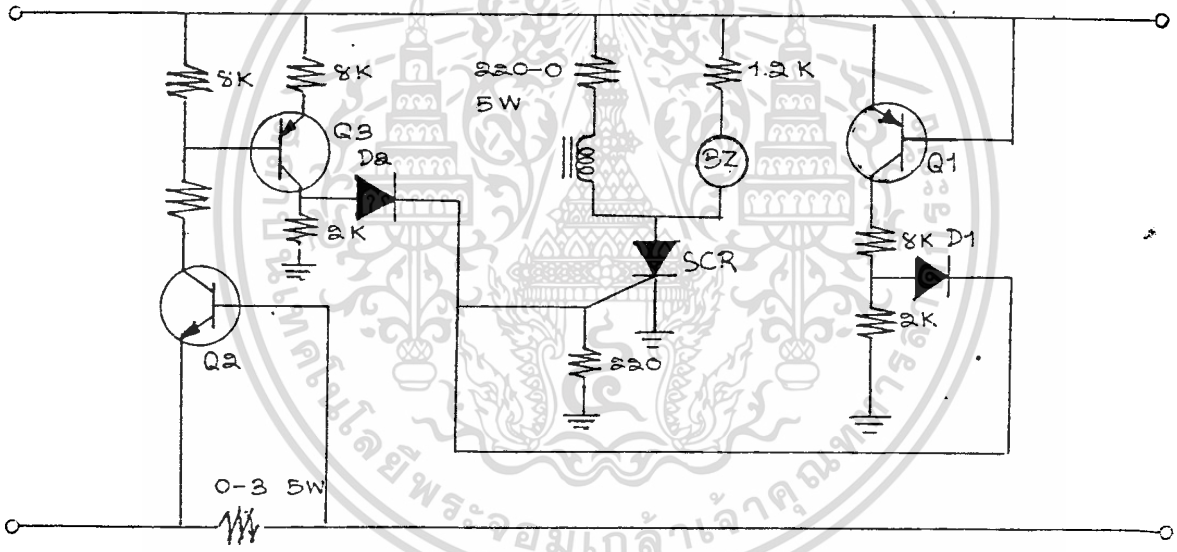
120

= 220 กำลังวัตต์ที่ใช้ $I^2R = (120)^2$

220 3.168 วัตต์ ในที่นี้ให้ใช้ 220 5 W

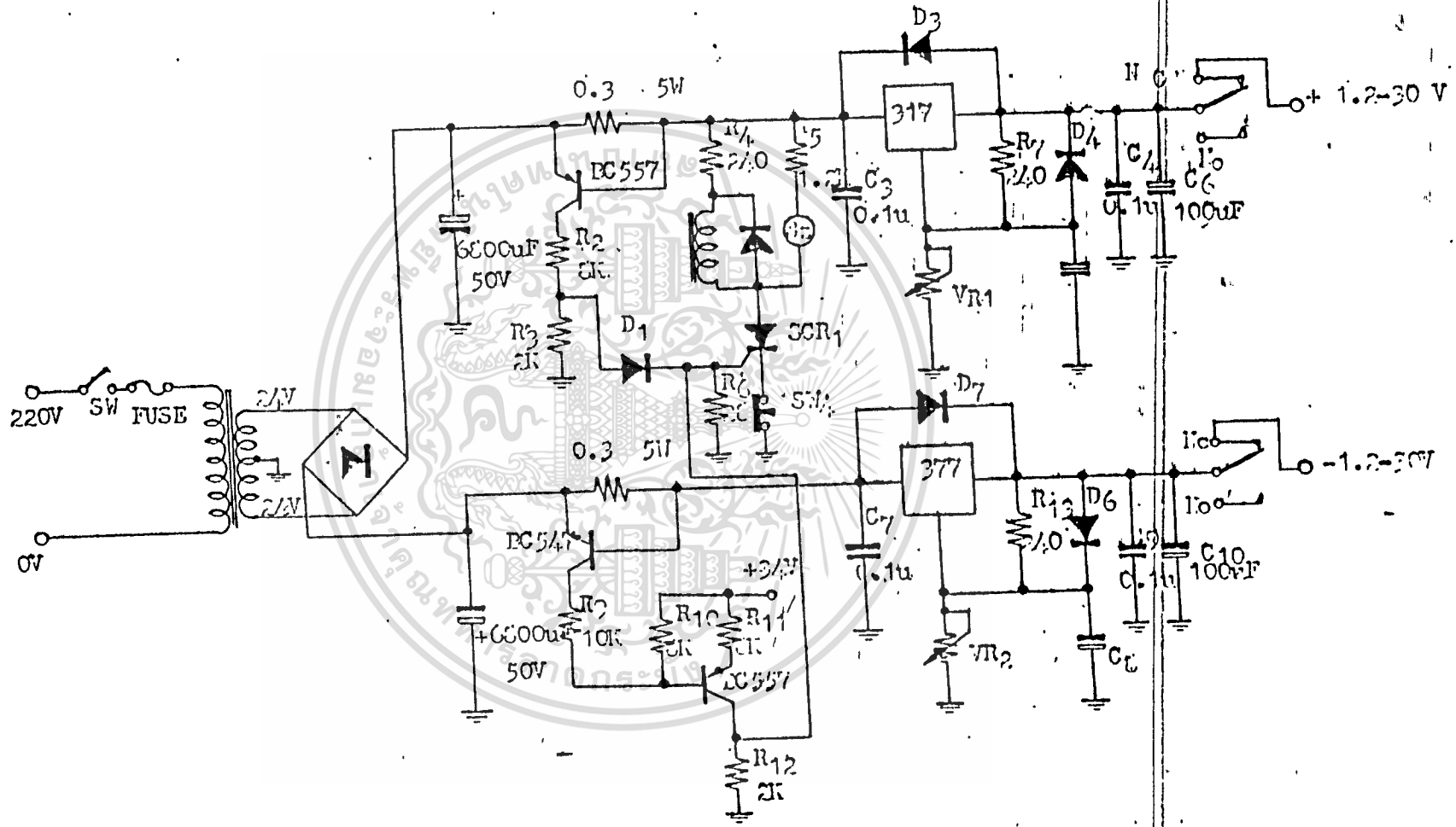


รูปที่ 1 แสดงภาพเร็คไฟเออร์



รูปที่ 2 แสดงวงจรป้องกันทั้งไฟบวกและไฟลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


220V
SW
FUSE
24V
24V
0V
0.3 5W
BC557
6800uF
50V
R2
2K
R3
2K
D1
SCR1
R4
2.0
R5
1.2
C3
0.1u
D3
317
VR1
R7
2.0
D4
C4
0.1u
C6
100uF
+ 1.2-30 V
0.3 5W
BC547
+6800uF
50V
R9
10K
R10
2K
R11
1K
2C557
R12
2K
+24V
D7
377
VR2
R13
2.0
D6
C7
0.1u
C10
100uF
-1.2-30V

สำหรับทางด้านไฟลบนั้น เราจำเป็นต้องใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว มีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อกระแสที่ไหลผ่าน R Q.3 เกิน 2 Amp จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 นำกระแส ในขณะเดียวกันเมื่อ Q2 นำกระแสจะเป็นการไบอัส Q3 ทำให้ Q3 นำกระแสด้วย D2 จะถูกไบอัสแบบตรง (FORWARD BIAS) ส่งสัญญาณไปทริก SCR ทำให้ SCR ทำงาน

สำหรับการทำงานของ SCR นั้นพอจะกล่าวคร่าว ๆ ได้ดังนี้ โดยปกติ SCR จะอยู่สถานะไดสถานะหนึ่งเท่านั้นคือ นำกระแสและไม่นำกระแสโดยกระแสจะไหลจากขั้วอาโนดไปยังคาโถด และต้องมีการจำกัดกระแสที่ไหลผ่านตัวมันไม่ให้เกินอัตราที่กำหนดไว้ในการเปลี่ยนสถานะจากไม่นำกระแสเป็นนำกระแสนั้นทำได้โดยจ่ายกระแสกระตุ้นที่เกทของ SCR เพียงเล็กน้อย และแม้จะเอากระแสที่เกทออกไปแล้ว SCR ก็ยังอยู่ในสภาวะนำกระแสต่อไปจนกว่าจะมีการลดกระแสที่ไหลผ่านตัวมันจะมีระดับต่ำกว่ากระแสยึดเหนี่ยว (THRESHOLD VURRENT) มันจึงจะหลุดจะมีค่าแตกต่างกันไปแล้วแต่ SCR แต่ละเบอร์

ภาคเร็คกูเลเตอร์ เราจะใช้ไอซีเร็คกูเลเตอร์เบอร์ LM 317 T และ LM 337 T เป็นตัวเร็คกูเลตไฟบวกและไฟลบตามลำดับ วงจรที่สมบูรณ์ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3 เนื่องจากว่าอินพุตของไอซี LM 317 T และ LM 337 T ใช้ไฟถึง / 34 และ - 34 โวลต์ตามลำดับ ดังนั้นขณะที่เอาต์พุทของ LM 317 T และ LM 337 T มีค่าเล็กน้อย โวลต์เตจจิงตกคร่อมไอซีทั้งสองมาก จึงเป็นเหตุให้จ่ายกระแสได้น้อยในขณะที่เอาต์พุต มีโวลต์ต่ำ เพื่อให้จ่ายกระแสได้สูงเราจึงใช้ LM 317 T และ LM 337 T มีค่าเล็กน้อย โวลต์เตจจิงตกคร่อมไอซีทั้งสองมาก จึงเป็นเหตุให้จ่ายกระแสได้น้อยในขณะที่เอาต์พุต มีโวลต์ต่ำ เพื่อให้จ่ายกระแสได้สูงเราจึงใช้ LM 317 T และ LM 337 T สองตัวต่อขนานกันและจากการทดลองที่ -+ 5 โวลต์ สามารถจ่ายกระแสได้ถึง 2 แอมป์ตามที่ต้องการ

D4 จะช่วยป้องกัน LM 317 T ในกรณีที่ตัวเก็บประจุ C5 (10 MF) ดิสวาร์ท ส่วน D3 จะช่วยป้องกัน LM 317 T ในกรณีที่ตัวเก็บประจุที่เอาต์พุตดิสชาร์ท เพราะถ้าไม่มีไดโอดทั้งสองตัวนี้ โอกาสที่ LM 317 T จะเสียนั้นง่าย โดยเฉพาะกรณีที่เราต่อขนานกัน 2 ตัว ถ้าโวลต์ไม่เท่ากันอาจทำให้ตัวหนึ่งตัวให้พังได้

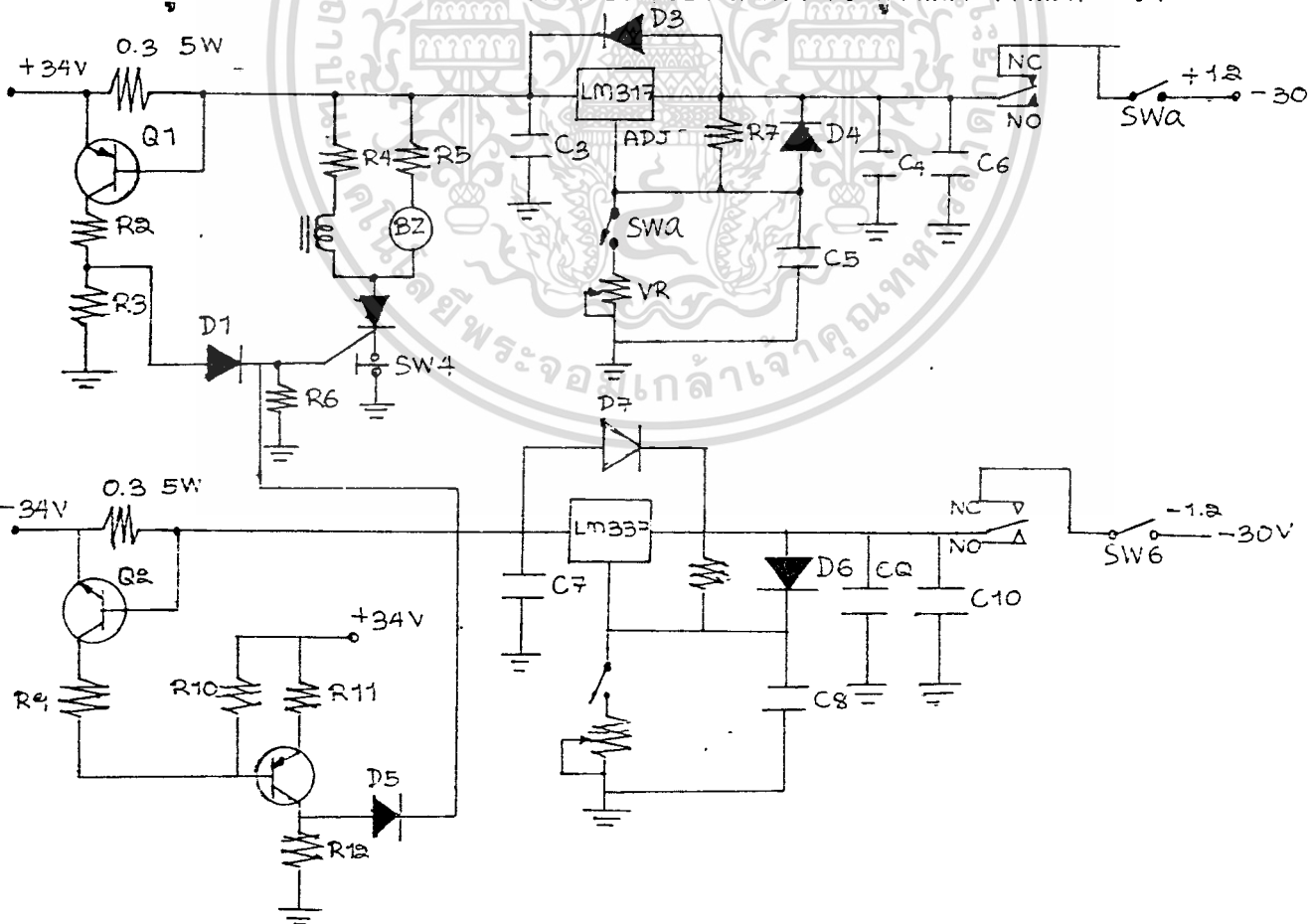
สำหรับทางไฟลบนี้ D5 และ D6 ก็ใช้งานในลักษณะเดียวกัน มีขา ADJUST ของไอซีทั้งสองตัวจะพบว่ามีตัวต้านทานปรับค่าได้ต่อเอาไว้โดยผ่านทางสวิทช์ SW 2 อยู่ถึงข้างละ 5 ตัว ทั้งนี้เพราะเราต้องการให้เครื่องจ่ายไฟตรงนี้ สามารถถูกเลือกให้ใช้งานแบบใดก็ได้คือ แบบคงที่ -+ 5, -+ 9, -+ 12, -+ 15 โวลต์ และแบบปรับค่าได้ -+ 1.2 ถึง -+ 30 โวลต์ การเลือกใช้งานแบบใดนั้นเลือกโดยการหมุนซิเล็คเตอร์สวิทช์ D3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 แสดงวงจรสมบูรณ์ของโวลต์เตจเร็คกูเลเตอร์

<u>การสร้างประกอบ</u> ข้อควรระวังในการประกอบคือ ขั้วของตัวเก็บประจุทุก ๆ ตัวที่เป็นแบบอิเล็คโตรไลท์ติคส์ โดยเฉพาะตัวใหญ่สุด C1 และ C2 (6300 MF) ส่วนทรานซิสเตอร์และ SCR ได้เขียนรูปให้ดูอย่างละเอียดแล้วจะให้ทรานซิสเตอร์เบอร์อื่นก็ได้ แต่ต้องเป็นชนิดเดียวกันและขณะที่ใส่ลงแผ่นปริ้นท์ต้องให้ตำแหน่งขาตรงกันด้วย สำหรับอีกจุดหนึ่งที่ควรระวังคือ ขั้วของตัวไดโอดที่ใช้เป็นตัวป้องกันไอซี ทั้งสองเบอร์คือ D3 , D4 และ D5 , D6

สำหรับรีเลย์และ ออก (BUZZER) นั้น ให้ประกอบลงบนแผ่นปริ้นท์ได้เลย โดยการติดตั้งออกนั้น ให้ใช้น็อตตัวเล็ก ๆ ยึด การเจาะรูปริ้นท์ของริเลย์ต้องคะวังขนาดของดอกสว่านที่ใช้อาจทำให้สายปริ้นท์หลุดหมดได้ ส่วนการเจาะรูปริ้นท์ของตัวเก็บประจุนั้นให้ใช้ดอกสว่านขนาดเล็กเจาะตามเส้นก่อนแล้วจึงใช้ตะไบให้ช่อยใหญ่ขึ้น เวลาบัดกรีให้ตัดเก็บประจุก่อนหรือจะตัดเลยก็ได้ ส่วนสายที่จะโยงจากตัวต้านทานแบบเกือกม้ากับ LED (MONITUR) ไปยังซิเล็คเตอร์สวิทช์นั้น ควรใช้สายแพร (เพื่อความเป็นระเบียบเรียบร้อย) สำหรับไอซี LM 377 T และ LM 317 T ให้ติดบนแผ่นฮีทซิงค์ โดยมีแผ่นไม่ก้าขนาดเล็กรองด้วย เมื่อติดตั้ง LM 337 T และ LM 317 T บนไม่ก้าเสร็จแล้วนั้นควรใช้มิเตอร์ตรวจดูว่าเกิดการช็อตขึ้นให้ถอดแล้วค่อย ๆ ประกอบใหม่ ตรวจสองดูจนแน่ใจว่าไม่มีการช็อต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับแต่งวงจร เมื่อประกอบเสร็จแล้วเดินสายทุกอย่างถูกต้องแล้ว ต่อไปก็เพียงแต่นำไขควงเล็ก ๆ ปรับ R เกือกม้าโดยวัดเอาต์พุทให้ได้โวลต์ตามที่ต้องการคือ -+ 5, -+ 9, -+12, และ -+ 15 โวลต์ตามบลำดับ

หมายเหตุ หลังจากประกอบเสร็จแล้วลองช้อตเอาต์พุตทั้งบวกและลบดู ถ้าได้ยินเสียงรีเลย์ ทำงานและออดดัง แสดงว่าทุกอย่างสมบูรณ์แล้ว แต่ถ้ารีเลย์ทำงานแต่บัซเซอร์ไม่ทำงานให้ลองขยับบัซเซอร์หรือขันน็อตให้แน่นพอเหมาะใหม่แล้วทดลองใหม่ บางท่านที่ไม่ชอบเสียงออดจะใช้ LED เป็นตัวแสดงแทนเสียงออกก็ได้ โดยต่อแทนตำแหน่งออกให้ขั้วคาโถดต่อกับ SCR ส่วนขั้วอาโนดต่อกับ R5 เมื่อมีการช้อตทางเอาต์พุต LED ก็จะติดแสงสว่าง

รายการอุปกรณ์

ตัวต้านทาน 1/4 วัตต์ 5% (นอกจากระบุ)

R1 , R8	0.3	5W
R2 , R10 , R11	6K	
R3 , R12	2K	
R4	220	5W
R5	1.2 K	
R6	200	
R7 , R13	240	
R9	10K	

โพแทนซ์โอมิเตอร์

VR1 ถึง VR4	เกือกม้าแบบตั้งขนาด
VR6 ถึง VR9	กลาง
VR5, VR10	5K (B) โวลลุ่ม

ตัวเก็บประจุ

C1 , C2	6800M	50 V อิเล็กโตรวัตต์ไวติคคล์
C3 , C4 , C7 , C 0.1 M	50 V	ไม่ล่าร์, เซรามิค
C5 , C8	10 M	50 V อิเลคโตรไลติคล์
C6 , C10	100M	50 V อิเลคโตรไลติคล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

Q1 , Q3	BC 557	PNP	ทรานซิสเตอร์
Q2	BC 547	PNP	ทรานซิสเตอร์
IC1, IC2	LM 317	T	เร็คกูเลเตอร์ไฟบวกปรับค่าได้
IC3, IC4	LM 337	T	เร็คกูเลเตอร์ไฟลบปรับค่าได้
SCR	EC 103	D	เอสซีอาร์
P1 - P7	IN 4002		
B1	3A 100V		ปริดจ์เร็คติไฟเออร์

อื่น ๆ

หม้อแปลงขนาด 24-0-24 V 2 Amp

รีเลย์ขนาด 12 V 5 Amp คอนเทค 2 ชุด

ออก 12 V

SW1	สวิทช์เพาเวอร์ชนิดมี LED ในตัว
SW2	ซิเล็คเตอร์สวิทช์แบบ 5 ทาง 2 ชั้น
SW3	สวิทช์เลื่อนหรือโยก 2 ทาง
SW4	สวิทช์กดดับปล่อยติด

ฮีทชิงค์ขนาดกลาง 2 แผ่น, แผ่นไมก้าพร้อมแหวนพลาสติก 4 ชุด สายแพรขนาด 10 เส้น สาย AC ลูกยางรองสาย, เต้าเสียบตัวเมีย ลูกบิด, ฟิวส์พร้อมกระบอกฟิวส์, เทอร์มินอลแผ่นปริ้นท์, น๊อต, สกรู ฯลฯ

โวลต์เตจเร็คกูเลเตอร์ 5 โวลต์
พร้อมระบบป้องกัน

คุณสมบัติของเครื่อง

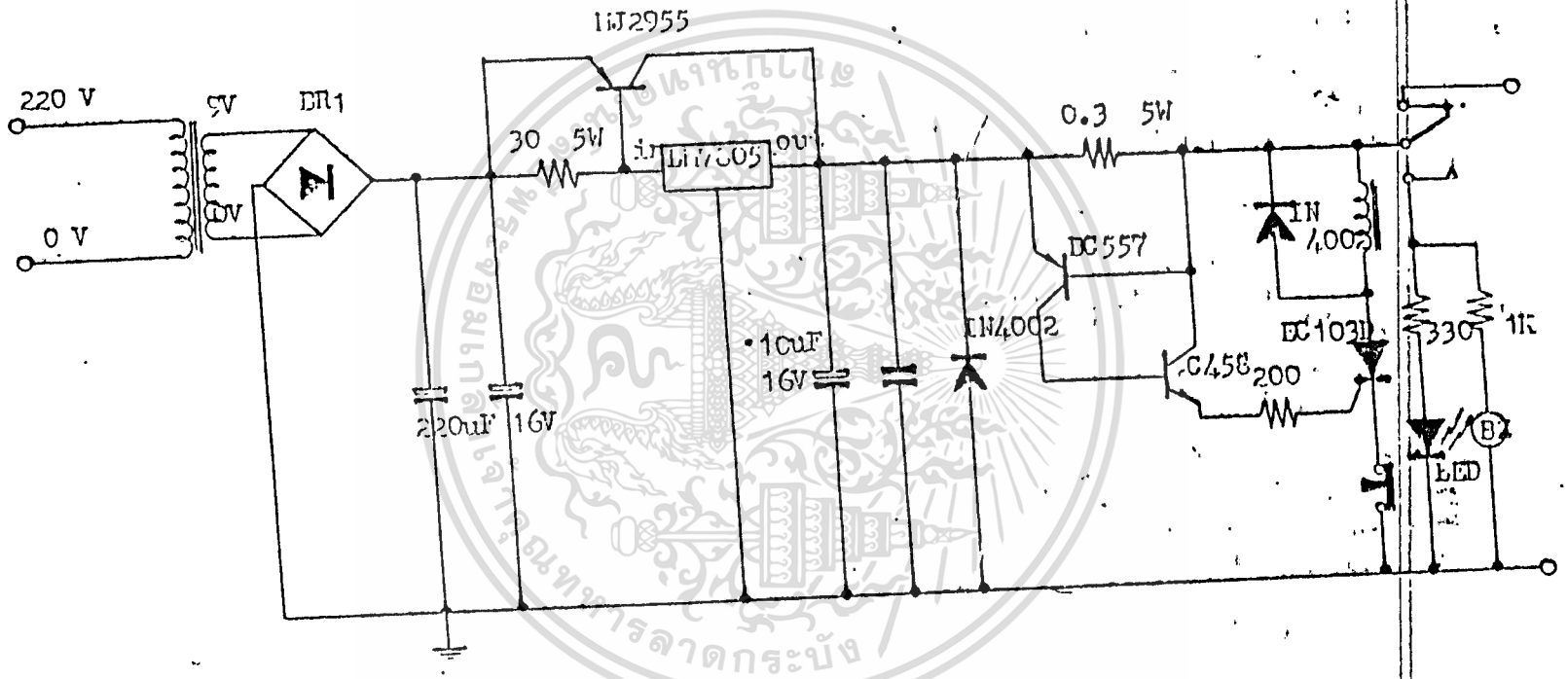
1. สามารถจ่ายกระแสได้สูงถึง 1 แอมป์ (จะให้สูงกว่านี้ก็ได้โดยเพิ่มอุปกรณ์บางตัว)
2. มีวงจรป้องกันกระแสเกิน คือ ถ้าโหลดดึงกระแสเกินที่กำหนดไว้ เครื่องจะป้องกันตนเองโดยตัดตัวเองออกจากระบบหรือโหลด
3. ทันทีที่ตัดตัวเองออกจากระบบภายในเครื่องจะมีออกเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

การทำงานของภาคจ่ายไฟสำหรับ ทีทีแอล 5 โวลต์ ก็ใช้หลักการเดียวกัน เพียงแต่แรงดันที่ต้องการคงที่ 5 โวลต์ ตลอดเริ่มต้นจากบริดจ์ ทำหน้าที่เร็คติไฟร์โดยมี คาปาซิเตอร์สองตัว ทำหน้าที่ฟิลเตอร์ แรงดันดิซีที่ได้ประมาณ 12 โวลต์ จ่ายให้ไอซีเร็คกูเลเตอร์ 3 ขา เบอร์ 7805 ทำหน้าที่เร็ค-กูเตอร์ แรงดันต้นที่ 5 โวลต์ จ่ายกระแสได้ไม่เกิน 1 แอมป์ จึงใช้ทรานซิสเตอร์ช่วยในการจ่ายกระแสให้สูงขึ้น โดยอาศัยแรงดันตกคร่อมความต้านทานเป็นไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ ถ้าหากเกิดการลัดวงจรทางเอาต์พุต ทำให้กระแสไหลผ่านความต้านทาน 3 โอห์ม 5 วัตต์ มากกว่าปกติทำให้โวลต์เตจที่ขาเบสของ ทรานซิสเตอร์ 557 มีค่าต่ำกว่าขา อิมิสเตอร์ ทำให้ ทรานซิสเตอร์อ่อน และทไให้ทรานซิสเตอร์ 458 ออน ด้วย เพราะต่อกันแบบดาร์ลิงตันกระแสไหลผ่านความต้านทาน 200 โอห์มเข้าขาเกต ของเอสซีอา ทำให้ออนเมื่อ เอสซีอาออน ทำให้รีเลย์ทำงาน ทำให้แอลอีดีแสดงโอเวอร์โหลดสว่างและมีเสียงเตือนจากบัสเซอร์ด้วย ถ้าต้องการให้วงจรจ่ายกระแสต่อไปก็ต้องกดสวิทช์เซทโดยตัดขาคาโถดของเอสซีอาร์ออกทำให้ เอสซีอาร์ ทำให้ รีเลย์ กลับมาสภาวะปกติจึงจ่ายกระแสออกทางเอาต์พุตได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


220 V
0 V
9V
6V
BR1
2N2955
30 5W
LM7805
0.3 5W
IN 4003
DC557
IN4002
10uF 16V
220uF 16V
C458 200
DC103
330
1K
LED

100

<u>รายการอุปกรณ์</u>

ตัวต้านทาน 1/4 วัตต์

30, 0.3, 200, 330, 1000 โอห์ม

ตัวเก็บประจุ

220 ไมโคร 16 โวลต์ อิเลคโตรไล

10 ไมโคร 16 โวลต์ อิเลคโตรไล

สารกึ่งตัวนำ

บริดจ์เร็คติไฟร์

ทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2955

" " 557

" " 458

ไดโอด

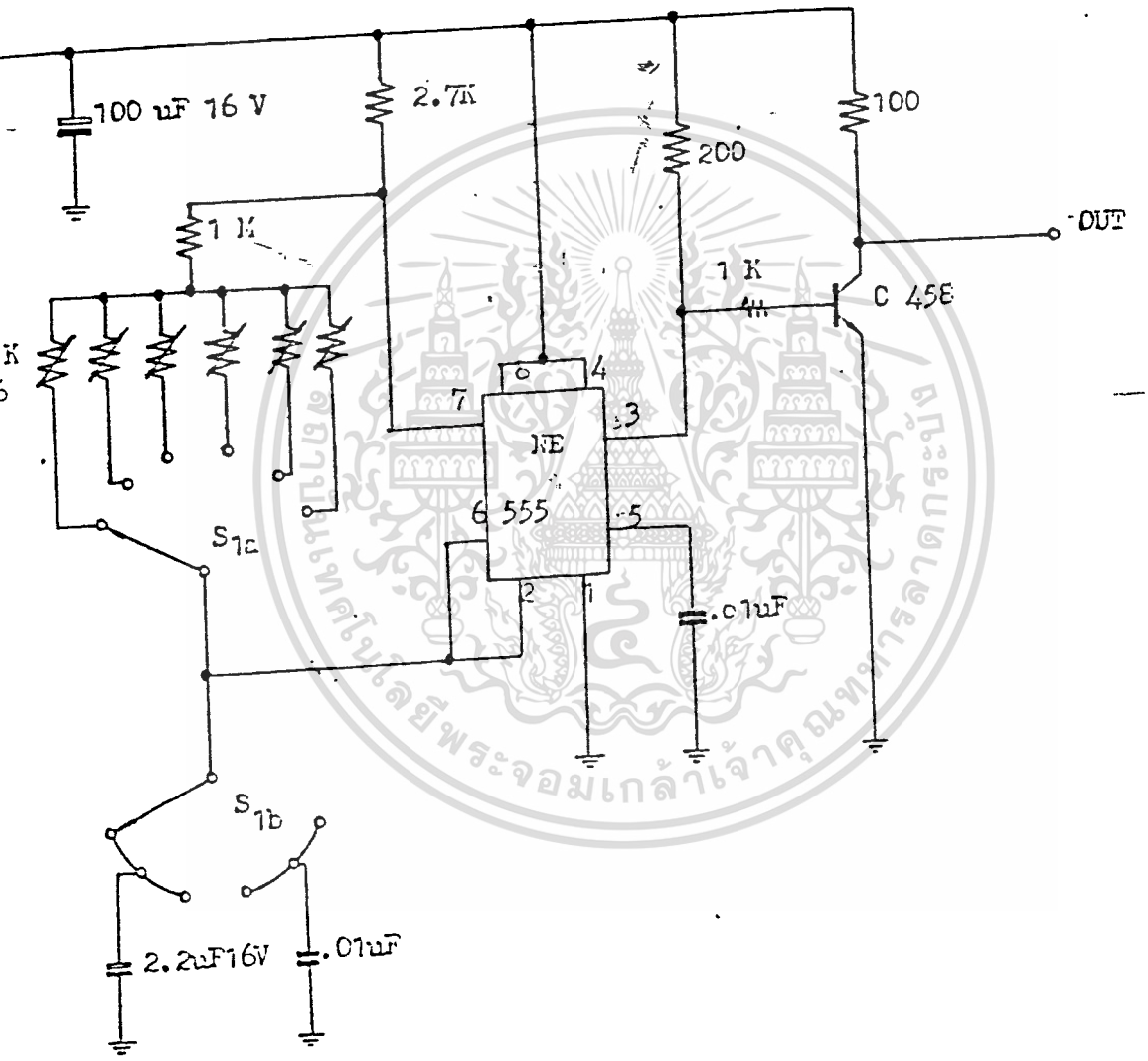
อื่น ๆ

ริเลย์ , บัสเซอร์ , สวิทช์กดับปล่อย , แออิดี , หม้อแปลง

รูปที่ 1 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 วงจรอิเล็กโทรนิกส์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ชุดกำเนิดความถี่

จากวงจรในรูปที่ 1 IC 3/1 ซึ่งเป็นไอซีอินเวอร์เตอร์แบบชมิตต์ทริกเกอร์ จะให้เอาต์พุตเป็นคลื่นรูปจัตุรัส ความถี่กำหนดด้วย R_{16}, VR_1, C_{11} และ C_{12} ค่าความถี่ขึ้นอยู่กับเวลาที่คาพาซิเตอร์ใช้ในการเก็บประจุ ดังนั้นถ้าหากเพิ่มค่าความต้านทานหรือเพิ่มค่าความจุให้มากขึ้นความถี่ที่เอาต์พุตก็จะลดลง

สวิตช์ S_4 สำหรับเลือกความถี่สูง - ต่ำ เมื่อ S_4 อยู่ที่ตำแหน่ง LOW คาพาซิเตอร์ C_{11} ถูกต่อขนานกับ C_{12} ทำให้ได้ความถี่เอาต์พุตจาก 10-100 เฮิรตซ์ และเมื่อ S_4 มาอยู่ที่ตำแหน่ง HIGH ในขณะนี้จะมี C_{12} ต่ออยู่กับอินพุตของ IC 3/1 เพียงตัวเดียว ทำให้ได้ความถี่เอาต์พุตระหว่าง 1-10 กิโลเฮิรตซ์ ส่วน VR_1 ใช้ปรับค่าความถี่ในช่วง LOW หรือ HIGH

สำหรับสัญญาณคลื่นรูปสามเหลี่ยมได้จากการประจุและคายความประจุของตัวเก็บประจุ (C_{11} และ C_{12}) และเพื่อไม่ให้เกิดการ โหลดต่อตัวเก็บประจุ จึงจัดบัฟเฟอร์ด้วยตัวทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งต่อแบบคอมมอนคอลเลคเตอร์ เอาต์พุตจะได้จากแรงดันตกคร่อม R_{17} ซึ่งช่วงต่ำที่สุดของรูปคลื่นจะอยู่สูงกว่าระดับแรงดันศูนย์ตามระดับของแหล่งจ่ายแรงดันที่เปลี่ยนไป

เมื่อปรับ VR_1 ความถี่ของคลื่นรูปจัตุรัสและคลื่นรูปสามเหลี่ยมจะเปลี่ยนไปด้วยกันและมีความถี่เท่ากันด้วย

นอกจากนี้ยังมีความถี่คลื่นรูปซายน์ด้วย โดยต่อหม้อแปลงทางชุดทุนิยภูมิระหว่างขั้ว 0 และ 15 โวลต์ ผ่านตัวต้านทาน R_1 เพื่อกำจัดกระแสความถี่ที่ได้เท่ากับความถี่ของไฟบ้านนั่นคือ 50 เฮิรตซ์ ส่วนแอมปลิจูดมีค่าประมาณ 15 ./2.2 = 42V_{p-p} (เนื่องจากแรงดัน 15 โวลต์ที่วัดด้วยมิเตอร์เป็นค่าอาร์เอ็มเอส แต่รูปคลื่นที่แท้จริงเป็นค่ายอดถึงยอด) เวลาต่อใช้งานถ้าต้องการลดแรงดันลงก็ให้ใช้หลักการของวงจรแบ่งแรงดัน

<u>รายการอุปกรณ์</u>

ตัวต้านทาน 1/4 วัตต์

100	โอห์ม
12 , 2.7	กิโลโอห์ม

โพเทนโชมิเตอร์

10 กิโลโอห์ม เกือกม้าแบบยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเก็บประจุ

ง. 01 ไมโคร 50 โวลต์ ไม่ลาร์

2.2 ไมโคร 16 โวลต์ อิเลคโตรไล

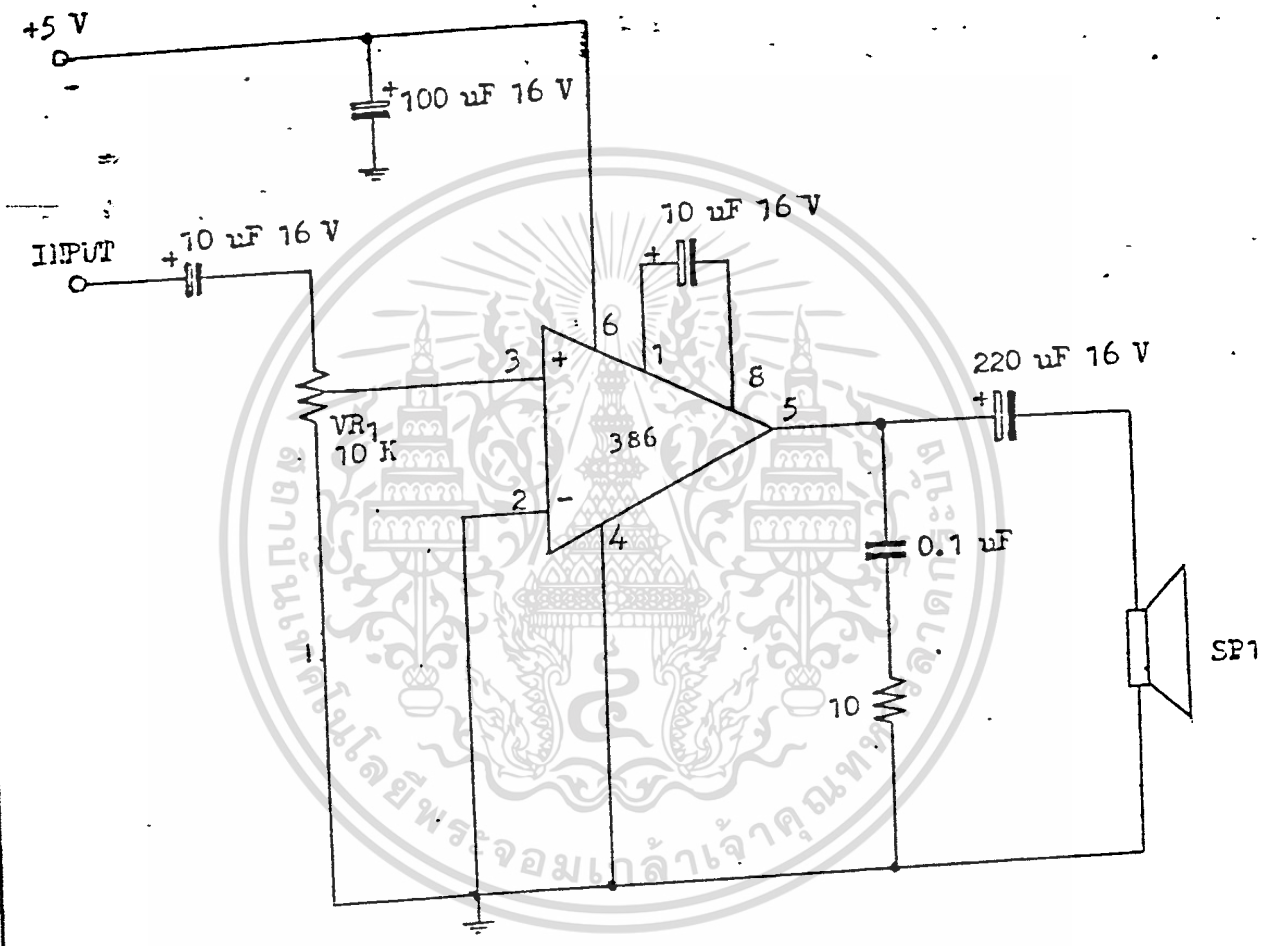
100 ไมโคร 16 โวลต์ อิเลคโตรไล

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ทรานซิสเตอร์ 458

ไอซี 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรเพาเวอร์แอมป์

(POWER AMPLIFIER)

จากวงจรในรูปแสดงวงจรเพาเวอร์แอมป์ใช้ไอซีเบอร์ LM 368 มีอัตราขยาย 200 เท่า ข้อดีของไอซีเบอร์นี้คือมีอัตราขยายสูงที่แรงดันต่ำ ๆ ผ่านแรงดันที่ใช้งาน 4 - 12 โวลต์ ความเพี้ยนต่ำ จากวงจรอินพุตป้อนผ่าน C2 ทำหน้าที่คัปปลิ้งป้อนสัญญาณเข้า VR_1 ทำหน้าที่ปรับความดัง (VOLUME) ปรับขนาดสัญญาณเข้าทางขา 3 ขา 6 เป็นขาไฟเลี้ยงสำหรับวงจรนี้เลือกใช้ค่า 10 uF ทำให้เกนขยายแรงดันของวงจรเท่ากับ 200 เท่า C_4 และ R_1 ต่ออนุกรมกันต่อไว้เพื่อเป็นวงจรป้องกันการเกิดการออสซิลเลทภายในตัวไอซีขา 5 เป็นเอาต์พุตมี C_5 คัปปลิ้งสัญญาณเอาต์พุตไปยังลำโพง

<u>รายการอุปกรณ์</u>

ตัวต้านทาน 1/4 วัตต์

10 โอห์ม

โพเทนชิโอมิเตอร์

10 กิโลโอห์มโวลุ่มชั้นเดียวแกนยาว

ตัวเก็บประจุ

100 ไมโคร 16 โวลต์ อิเลคโตรไล

10 ไมโคร 16 โวลต์ อิเลคโตรไล

.1 ไมโคร 50 โวลต์ ไมลาร์

220 ไมโคร 16 โวลต์ อิเลคโตรไล

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 386

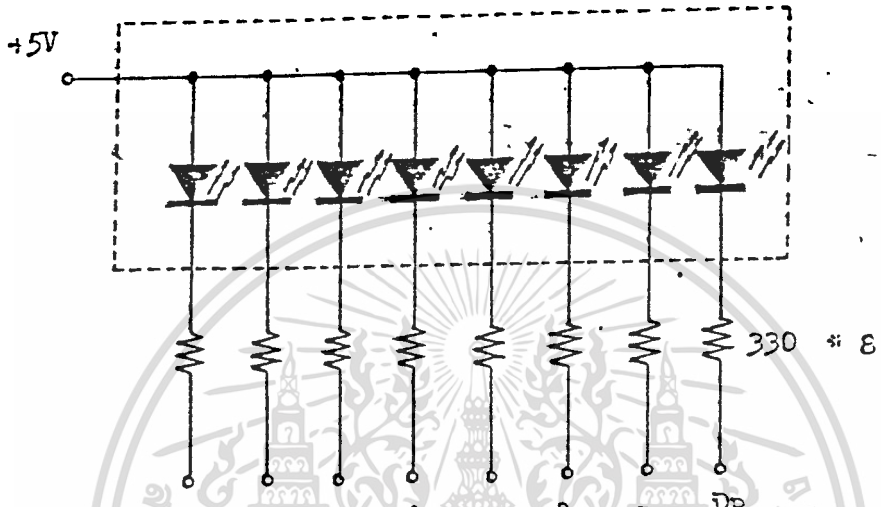
อื่น ๆ

ลูกบิด , ลำโพง

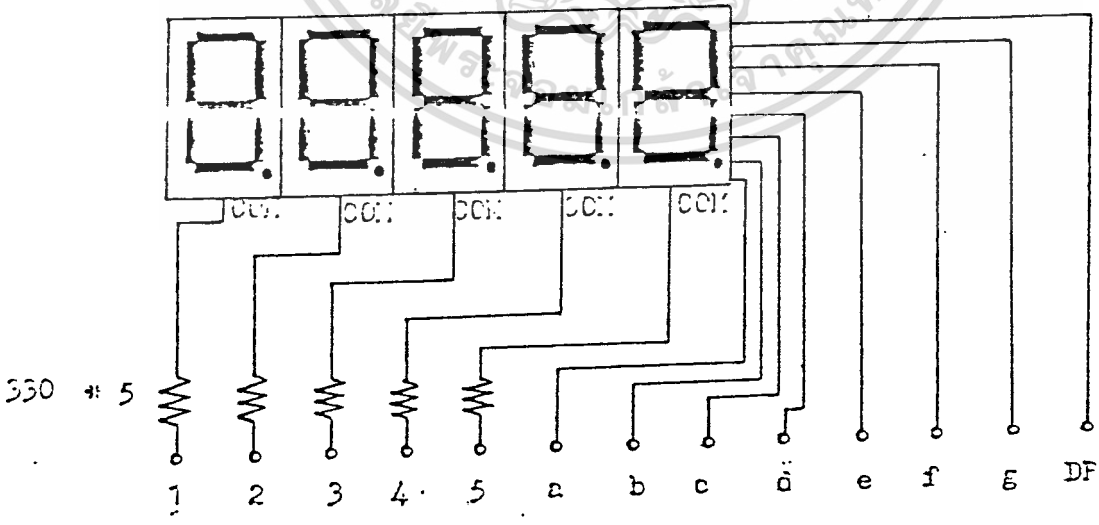
<u>7 - SEGMENT DISPLAY</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

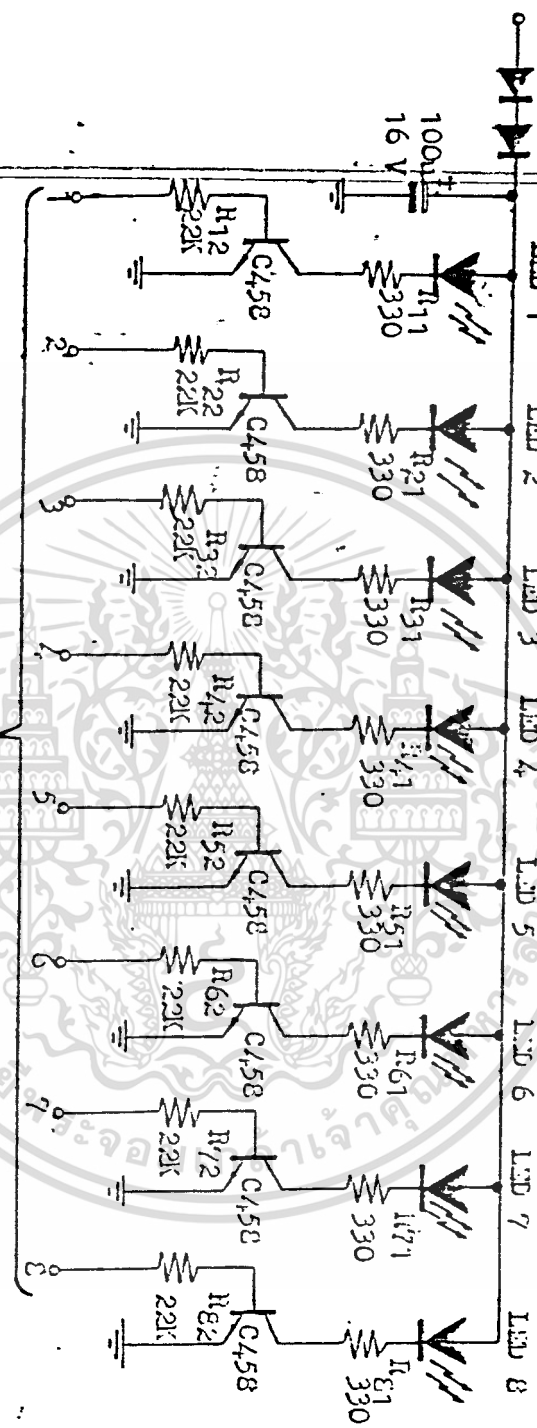
7 - SEGMENT DISPLAY



MULTIDIGIT DISPLAY



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรแสดงผลดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

การทำงานของวงจรแสดงผลลอจิก

(LOGIC MONITOR)

จากรูปเป็นวงจรแสดงผลลอจิกที่เขียนไว้เป็นตัวอย่างเพียง 8 ชุดที่สมบูรณ์มี 8 ชุด 1 ชุด ประกอบด้วยตัวแสดงลอจิก "1" และ "0" คือ LED_1 และ LED_2 โดยมีทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 เป็นตัวขับ จากวงจรถ้าไม่มีระดับลอจิกเข้ามาทางอินพุตของวงจรทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 จะมีไบอัส ซึ่งได้มาจากกระแส I_c ของ Q2 ไหลเป็น I ของ Q_2 ผ่าน R_3 จะป้อนผ่าน R_{1b} และ R_2 เป็น I ของ Q_1 ดังนั้นทั้ง Q_1 และ Q_2 และ Q_2 จะทำงานมีกระแส I_c ไหลทั้งสองตัว LED_1 และ LED_2 จึงติดสว่าง ถ้าป้อนระดับลอจิกเข้ามาทางอินพุตเป็น "1" หมายถึงมีไฟ + 5V เข้ามาจะต่อต้านการไหลของ I ของ Q_2 ทำให้ Q_2 คัทออฟ LED_2 ระดับแต่ + 5V จะไปเพิ่ม I ของ Q1 ทำให้ Q1 ทำงานต่อไป LED_1 จะยังติดอยู่ ดังนั้นถ้า LED_1 ติด LED_2 ดับ หมายถึง ระดับลอจิกที่ป้อนเข้ามาเป็น "1" ในทางตรงกันข้ามถ้าป้อนระดับลอจิกเขามาทางอินพุตเป็น "0" หรืออินพุตมีศักย์เท่ากับกราวน์ของวงจร I ของ Q_2 จะไหลได้มากขึ้น Q_2 จะทำงาน LED_2 จะติด แต่ I ของ Q1 จะหยุดไหล Q1 จะคัทออฟ LED_1 จะดับ และถ้า LED_2 ติดแต่ LED_1 ดับหมายถึง ระดับลอจิกที่ป้อนเข้ามาเป็น "0" ถ้าติดพร้อมกันทั้งสองดวงหมายถึง เอาต์พุตของวงจรที่ป้อนมายังอินพุตของวงจรแสดงลอจิกเปิดวงจร (HIGH IMPEDANCE) ดังนั้นพอสรุปได้ว่าการแสดงผลลอจิกแบบนี้ให้ผลดีกว่าแบบที่ใช้กันในชุดทดลองทั่วไปที่แสดงผลด้วย LED เป็นตัวเดียว

รายการอุปกรณ์

ตัวต้านทาน 1/4 วัตต์

330	โอห์ม
22	กิโลโอห์ม

ตัวเก็บประจุ

100 ไมโคร 16 โวลต์ อิเลคโตรไล

สารกึ่งตัวนำ

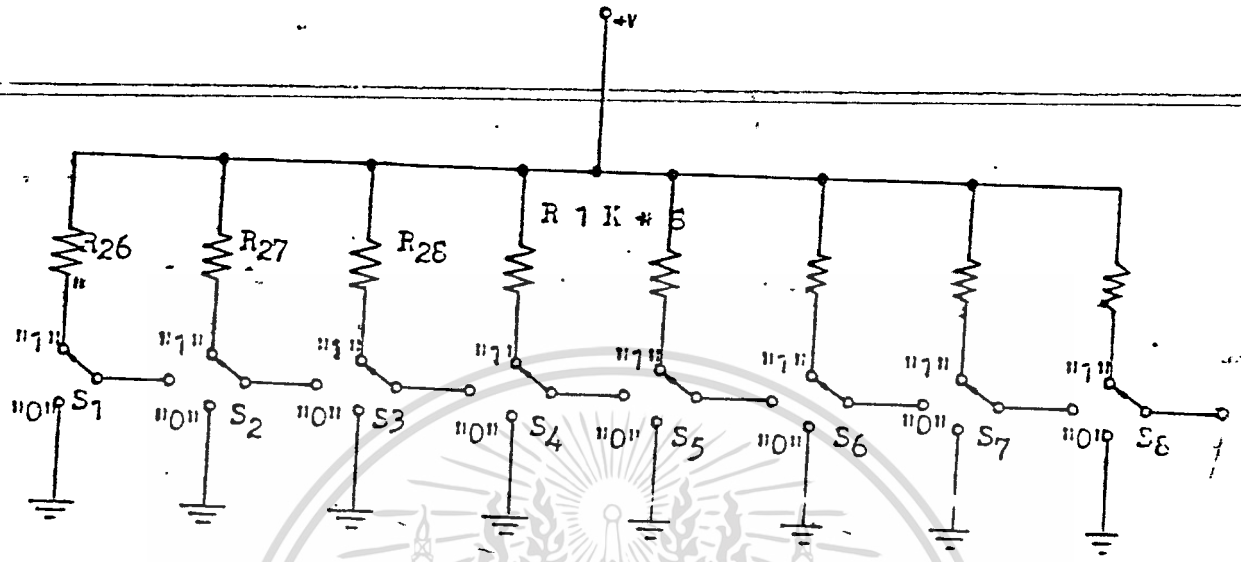
ไดโอดเปล่งแสง

ไดโอด

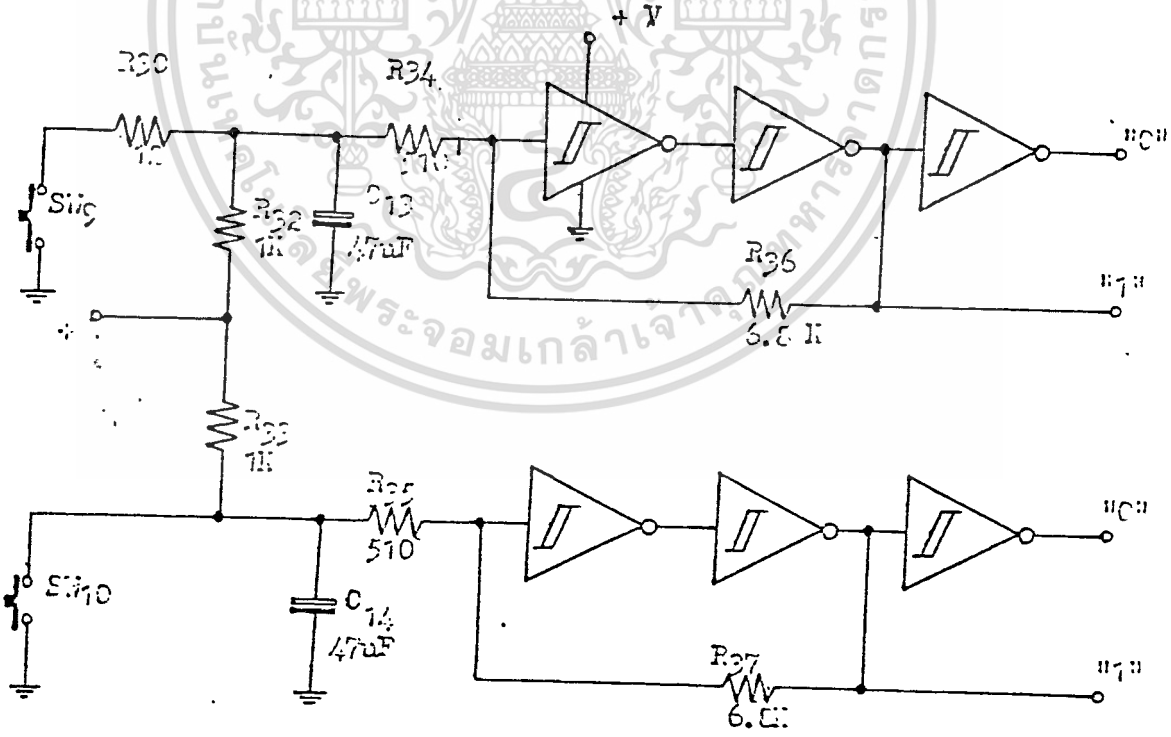
ทรานซิสเตอร์ 458

รูปที่ 1 วงจรลอจิกสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 วงจรลอจิกสวิตช์



รูปที่ 2 วงจรดีเบาซ์สวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2 วงจรดีเบาซ์สวิตซ์

ลอจิคสวิทซ์

จากวงจรในรูปเป็นการเลือกสถานะลอจิคด้วยสวิทซ์ S_8 - S_9 ซึ่งเป็นสวิทซ์แบบ SPT (SIGNAL POLE DOUBLE THROW) ที่ตำแหน่ง "1" สวิทซ์จะต่อไปยังแรงดันบวกผ่านตัวต้านทาน R_{20} - R_{29} ทำให้ขากลางของสวิทซ์มีสถานะ "1" และเมื่อยกสวิทซ์ไปยังตำแหน่ง "0" ขากลางก็จะต่อลงกราวน์โดยตรง ดังนั้นจึงมีสถานะเป็น "0"

รายการอุปกรณ์

ตัวต้านทาน 1/4 วัตต์

1 กิโลโอห์ม

อื่น ๆ

สวิทซ์โยก 3 ชา

ดีเบาซ์สวิทซ์

ในรูปที่ 1 เป็นวงจรดีเบาซ์สวิตซ์ 2 ชุด โดยที่เอาต์พุตของดีเบาซ์สวิตซ์จะไม่มีสัญญาณรบกวนเหมือนสวิตซ์ทางกล R_{32} และ R_{34} ต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดันเพื่อให้อินพุตของ IC 4/1 เป็น "1" ดังนั้นเอาต์พุตของ IC4/3 เป็นลอกจิก "0" เมื่อกดสวิตซ์ S_9 ให้ต่อวงจรอินพุตของ IC4/1 จะถูกต่อลงกราวด์ ทำให้เอาต์พุตของ IC4/2 เป็น "0" และเอาต์พุตของ IC4/3 เป็น "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับดีเบาซ์สวิตช์อีกชุดก็มีหลักการทำงานเช่นเดียวกัน ปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนจากสวิตช์ S_9 และ S_{10} จะถูกกำจัดไปด้วย C_{13} และ IC_{14} และด้วยคุณสมบัติของ IC_4 ซึ่งเป็นไอซีแบบชมิดต์ทริกเกอร์ สถานะลอจิกทางเอาต์พุตจะคงอยู่นานเท่าที่สวิตช์ค่อวงจรอยู่

รายการอุปกรณ์

ตัวต้านทาน 1/4 วัตต์

12 , 510	โอห์ม
1	กิโลโอห์ม
6.8	กิโลโอห์ม

ตัวเก็บประจุ

47 ไมโคร 25 โวลต์ อิเลคโตรไล

สารกึ่งตัวนำ

ไอซี	40106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
การสร้าง

เนื่องให้สะดวกในการสร้างและการประกอบเครื่อง จึงได้ออกแบบให้อุปกรณ์หลักเกือบทั้งหมดอยู่บนแผ่นวงจรพิมพ์แล้วนำแผ่นวงจรพิมพ์ประกอบกับหน้าปัทม์ของเครื่อง เริ่มต้นจากใส่อุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ให้ครบทั้ง 7 ชุด ยกเว้นแจ็คอากาศจุดต่อสำหรับใช้งาน ซึ่งจะใส่หลังจากนำแผ่นวงจรพิมพ์ประกอบเข้ากับหน้าปัทม์ และที่สุดเพาเวอร์ซัพพลาย VR_1 ซึ่งเป็นโวลต์ลุ่มเกือกม้าสำหรับปรับกระแสให้ใส่อันล่างของแผ่นวงจรเพื่อสะดวกในการปรับแต่งหลังจากประกอบเครื่องเสร็จเรียบร้อยแล้ว และเมื่อใส่โวลลุ่มเกือกม้าตัวนี้ควรปรับไว้ประมาณกึ่งกลาง

เมื่อใส่อุปกรณ์ครบทั้ง 7 แผ่น บัดกรีเรียบร้อยแล้วก็นำแผ่นวงจรพิมพ์ประกอบเข้ากับหน้าปัทม์ โดยใช้แจ็คอากาศขันน็อตติดกับส่วนหน้าปัทม์ก่อน โดยต้องหมุนตัวแจ็คอากาศให้ขาลงรูที่แผ่นวงจรพิมพ์พอดีก่อน จึงขันน็อตให้แน่น แล้วจึงนำแผ่นวงจรประกอบเข้ากับส่วนหน้าปัทม์บัดกรีขาแจ็คอากาศเข้ากับแผ่นวงจรพิมพ์ แผ่นวงจรแต่ละแผ่นจะไม่มีการขันน็อตยึดกับหน้าปัทม์แต่ชุดที่ทำนี้ขันน็อตยึดกับหน้าปัทม์สำหรับชุดเพาเวอร์แอมป์และลำโพงนั้นมีแจ็คอากาศอินพุตเพียงตัวเดียวทำให้ยึดเข้ากับส่วนหน้าปัทม์ได้ไม่ดี ให้ใช้วิธียึดลำโพงเข้ากับหน้าปัทม์โดยใช้กาวยางแล้วจึงยึดแผ่นวงพิมพ์ โดยต้องเจาะรูที่แผ่นวงจรพิมพ์สวมเข้ากับแม่เหล็กลำโพงพอดี เมื่อประกอบแผ่นวงจรพิมพ์เข้ากับส่วนหน้าปัทม์เรียบร้อยแล้ว

ต่อมาก็ถึงขั้นตอนการเดินสาย สายที่จะต่อเข้ากับจุดต่าง ๆ นั้นจุดต่อสายได้เขียนกำกับไว้ด้านลายทองแดงเรียบร้อยแล้วทุกชุดยกเว้นเพาเวอร์ซัพพลายจะเดินสายต่อขนานสายไฟเลี้ยงถึง 5 โวลต์กับ 0 โวลต์ เท่านั้น ทุกชุดเดินสายต่อขนานสายไฟเลี้ยงถึงกันหมด ชุดที่ยุ่งยากในการเดินสายมากที่สุดเห็นจะเป็นภาคเพาเวอร์ซัพพลายเพราะต้องเดินสายไฟเอซีมาผ่านสวิตช์ออน/ออฟ ก่อนป้อนเข้าชุดขดลวดปฐมภูมิและที่ขดทุติยภูมิมีสาย 6 เส้นที่ต้องเดินไปยังแผ่นวงจรพิมพ์เพาเวอร์ซัพพลายได้แก่ชุด 18 โวลต์ 2 เส้น ชุด 12 โวลต์ 2 เส้นและชุด 9 โวลต์อีก 2 เส้น จากนั้นต้องเดินสายไปยังไอซีเบอร์ LM 317 และ 7805 และทรานซิสเตอร์ MJ 2955 อีก 2 ตัวที่ติดแผ่นระบายความร้อนจากภายนอกรวมทั้งหมดอีก 12 เส้น เมื่อเดินสายทั้งหมดเสร็จเรียบร้อยแล้วควรเช็คความถูกต้องอีกครั้งเช่น สายที่เดินจากทรานซิสเตอร์และไอซีถูกตำแหน่งขาหรือไม่จากนั้นเดินสายจากชุดเพาเวอร์ซัพพลายเพื่อจ่ายไฟให้ส่วนของวงจรอีก 6 ชุด เป็นอันสิ้นสุดขั้นตอนการเดินสาย

การปรับแต่งและการทดสอบการทำงาน

การปรับแต่งเห็นจะมีเพียงจุดเดียวคือ VR_1 เกือกม้า สำหรับปรับกระแสเริ่มต้นเปิดสวิตช์จะเห็นแอลอีดีติดแสดงการทำงานของเครื่อง แอลอีดีแสดงผลลอจิกชุดแสดงผลลอจิกจะติดหมดทุกดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ชุดลอจิกโพรีบ แอลอีดีติดอยู่ 1 ดวง คือ ดวงที่แสดงสถานะที่ไม่ใช่ "0" และ "1" คือดวงกลางนั่นเอง ใช้มิเตอร์วัดแรงดัน 5 โวลต์ ที่แจ็คอากาศของชุดจ่ายไฟสำหรับ TTL ต้องได้ประมาณ 5 โวลต์ เมื่อได้ตามนี้ให้ย้ายมิเตอร์มาวัดคร่อมที่แจ็คอากาศของชุดจ่ายไฟแบบปรับค่าได้ ลองปรับที่แรงดัน VR_2 ดูจะต้องมีแรงดันเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 1.2 โวลต์ ถึง 18 โวลต์ทดลองช็อตปลายสายทั้งสองของชุดจ่ายไฟนี้จะเห็นแอลอีดีแสดงการจำกัดกระแสติดสว่าง จากนั้นนำตัวต้านทาน 10 โอห์ม 10 วัตต์ต่อคร่อมชุดจ่ายไฟแบบปรับค่าได้นี้ ปรับโวลุ่มเกือกม้าให้แสดงการจำกัดกระแสติดสว่างแสดงว่าตอนนี้เราปรับการจำกัดกระแสไว้ที่ 1 แอมป์พอดี เมื่อภาคจ่ายไฟทำงานถูกต้องแล้วก็ทดสอบการทำงานชุดอื่นต่อไปตามขั้นตอนดังนี้

เริ่มต้นทดสอบการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา โดยผลักสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง SINGLE กดสวิตช์ป้อนสัญญาณนาฬิกาจะเห็นแอลอีดีแสดงสัญญาณนาฬิกาติดแล้วดับตามการกดจากนั้นผลักสวิตช์มาที่ตำแหน่ง MULTI สวิตช์อีกตัวอยู่ที่ตำแหน่ง LOW จะเห็นแอลอีดีแสดงสัญญาณนาฬิกากระพริบทดลองปรับโวลุ่มปรับความถี่จะเห็นแอลอีดีกระพริบตามความถี่ที่ปรับ ผลักสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง HIGH จะเห็นแอลอีดีแสดงสัญญาณนาฬิการกระพริบเร็วมากจนดูเหมือนติดสว่างตลอดเวลา ทดลองใช้ออสซิลโลสโคปวัดเอาต์พุตของสัญญาณนาฬิกาจะต้องได้รูปคลื่นสี่เหลี่ยม ทดลองปรับความถี่ดูจะเห็นความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเปลี่ยนแปลงตามการปรับ

การทดลองวงจรแสดงผลลอจิกอาศัยการป้อนสัญญาณนาฬิกาเข้ามาทดสอบโดยต่อสายจากเอาต์พุตของสัญญาณนาฬิกาเข้ามายังอินพุตของวงจรแสดงผลลิจิกที่ละชุด โดยปรับความถี่สัญญาณนาฬิกาให้ต่ำพอที่จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิก "1" และ "0" จะเห็นแอลอีดีที่แสดงสถานะติดคือเมื่อปรับระดับ "1" ดวงที่แสดงผลเป็น "1" จะติดสว่างที่เป็น "0" จะดับและขณะที่เป็นระดับ "0" ดวงที่เป็นระดับ "0" ดวงที่เป็น "0" จะติดและดวงที่เป็น "1" จะดับ

การทดสอบวงจรแสดงผลลอจิกสวิตช์โดยใช้มิเตอร์วัดที่เอาต์พุตของชุดสวิตช์ทุกเอาต์พุตเมื่อโยกสวิตช์ไปที่ "1" มิเตอร์จะแสดงแรงดัน 5 โวลต์ และเมื่อโยกสวิตช์มาที่ "0" มิเตอร์จะแสดง 0 โวลต์

การทดสอบวงจรแสดงผลตัวเลขทดลองป้อนรหัสเลขฐานสองเข้ามาทางอินพุต โดยอาศัยลอจิกสวิตช์เป็นตัวป้อนตัวเลข ต้องแสดงเป็นตัวเลขฐาน 10 ตามการป้อน การทดสอบลอจิกโพรีบ 3 สถานะอาศัยสัญญาณนาฬิกาความถี่ต่ำป้อนเข้ามาทางอินพุต จะเห็นแอลอีดีแสดงผล "1" และ "0" ตามสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนเข้ามาและสุดท้ายทดสอบการทำงานของเพาเวอร์แอมป์ โดยเร่งโวลุ่มไว้สุด ใช้นิ้วแตะอินพุตดูจะมีเสียง 50 Hz ออกลำโพรหรืออาจใช้สัญญาณนาฬิกาป้อนเข้ามาทางอินพุต ทดลองปรับความถี่สัญญาณนาฬิกาดู จะได้ยินความถี่ตามการปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการประกอบกล่องของชุดฝึกดิจิตอล

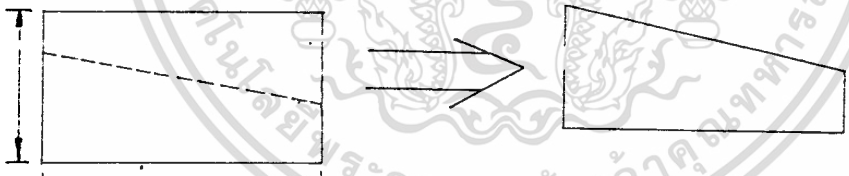
1. ไม้อัดให้ใช้ขนาดความหนา 10 ม.ม. จำนวน 1 แผ่น
2. ไม้อัดให้ใช้ขนาดความหนา 6 ม.ม. จำนวน 1/2 แผ่น
3. แผ่นพลาสติกหนา 0.3 ม.ม. จำนวน 1 แผ่น
4. ตะปูเกลียวสำหรับตอกขนาด 1 นิ้ว จำนวน 0.5 ก.ก.
5. กาวลาเทกซ์ จำนวน 1 ขวดใหญ่
6. แผ่นโฟเมล์ก้า 1 แผ่น
7. กาวติดโฟเมล์ก้า 2 กระป๋อง

วิธีการตัดไม้

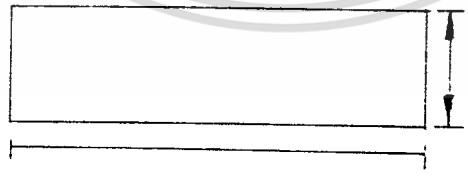
แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. แผ่นล่างใช้ทำพื้นรองกล่องขนาดกว้าง 30 ซ.ม. จำนวน 10 แผ่น

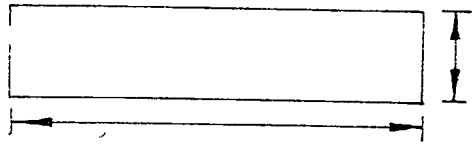
2. ฝาปิดด้านข้างทั้งสองขนาดกว้าง 16 ซ.ม. ยาว 31.2 ซ.ม. จำนวน 10 แผ่น หลังจากนั้นให้ติดตามเส้นประจุได้ขนาดความกว้างนี้ไม่เท่ากัน คือ ด้านแรกกว้าง 10 ซ.ม. ด้านสองกว้าง 6 ซ.ม. และยาว 31.2 ซ.ม. จำนวน 20 แผ่น



3. ฝาปิดด้านหลังขนาดกว้าง 10 ซ.ม. ยาว 43 ซ.ม. จำนวน 10 แผ่น



4. ฝาปิดด้วยขนาดกว้าง 6 ซ.ม. ยาว 31.2 ซ.ม. จำนวน 10 แผ่น



การประกอบกล่อง

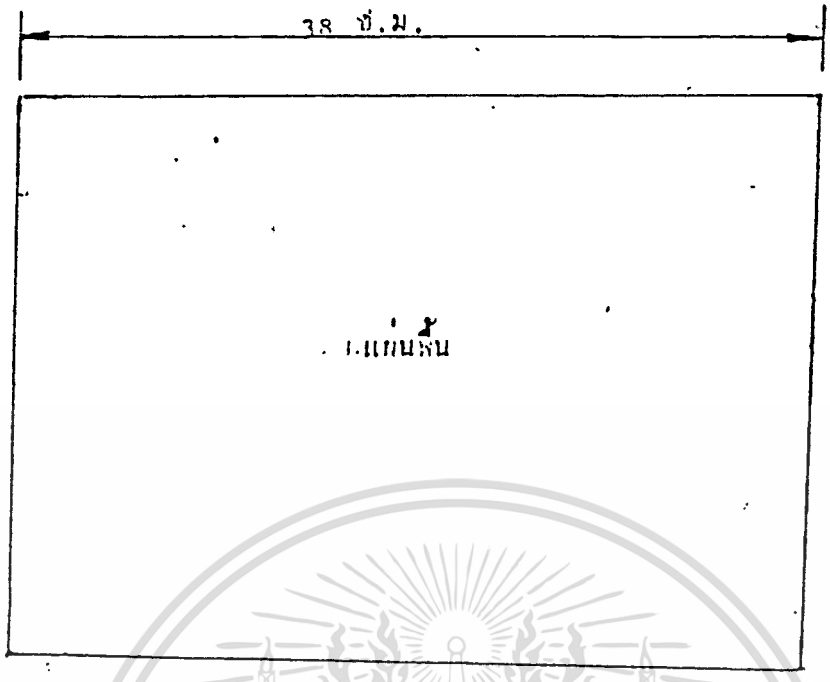
เมื่อตัดไม้เรียบร้อยแล้วให้ใส่ให้เรียบ หลังจากนั้นก็ทำการประกอบโดยการเข้ามุม 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

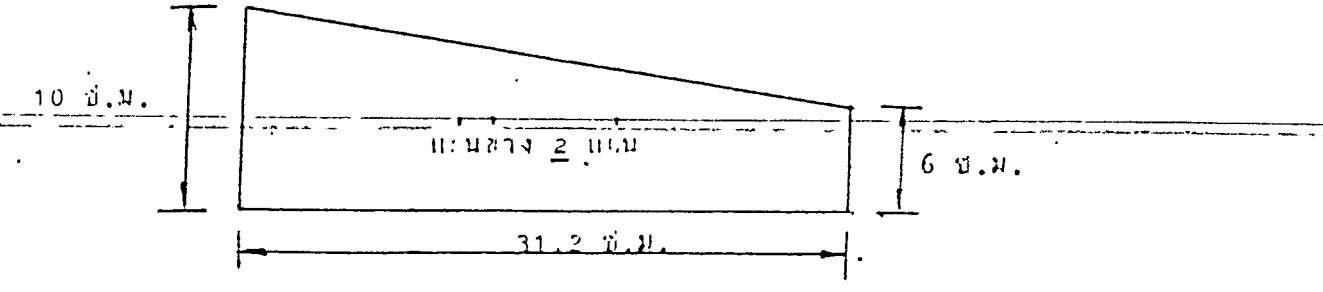
องศาหรือ 90 องศา ถ้าต้องการให้แข็งแรงควรใส่ไม้เคร่าทั้ง 4 ด้าน โดยจะต้องอัดกาวด้วยเนื่อความแข็งแรงยิ่งขึ้น หลังจากนั้นให้ขัดด้วยกระดาษทรายแล้วทาสีหรือติดโฟเมล์ก้า

ส่วนการติดพลาสติกนั้นให้ตัดขนาด กว้าง 40.5 ซ.ม. ยาว 31.7 ซ.ม. เพราะจะต้องเพิ่มเผื่อไว้เนื่องความหนาของโฟเมล์ก้าด้วย และการเจาะรูแผ่นพลาสติกนั้นข้อสำคัญควรใช้รอบเร็ว การใช้น็อตยึดแผ่นพลาสติกกับไม้นั่นควรใช้น็อตแบบหัวเทเปอร์ เกลียวปล่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

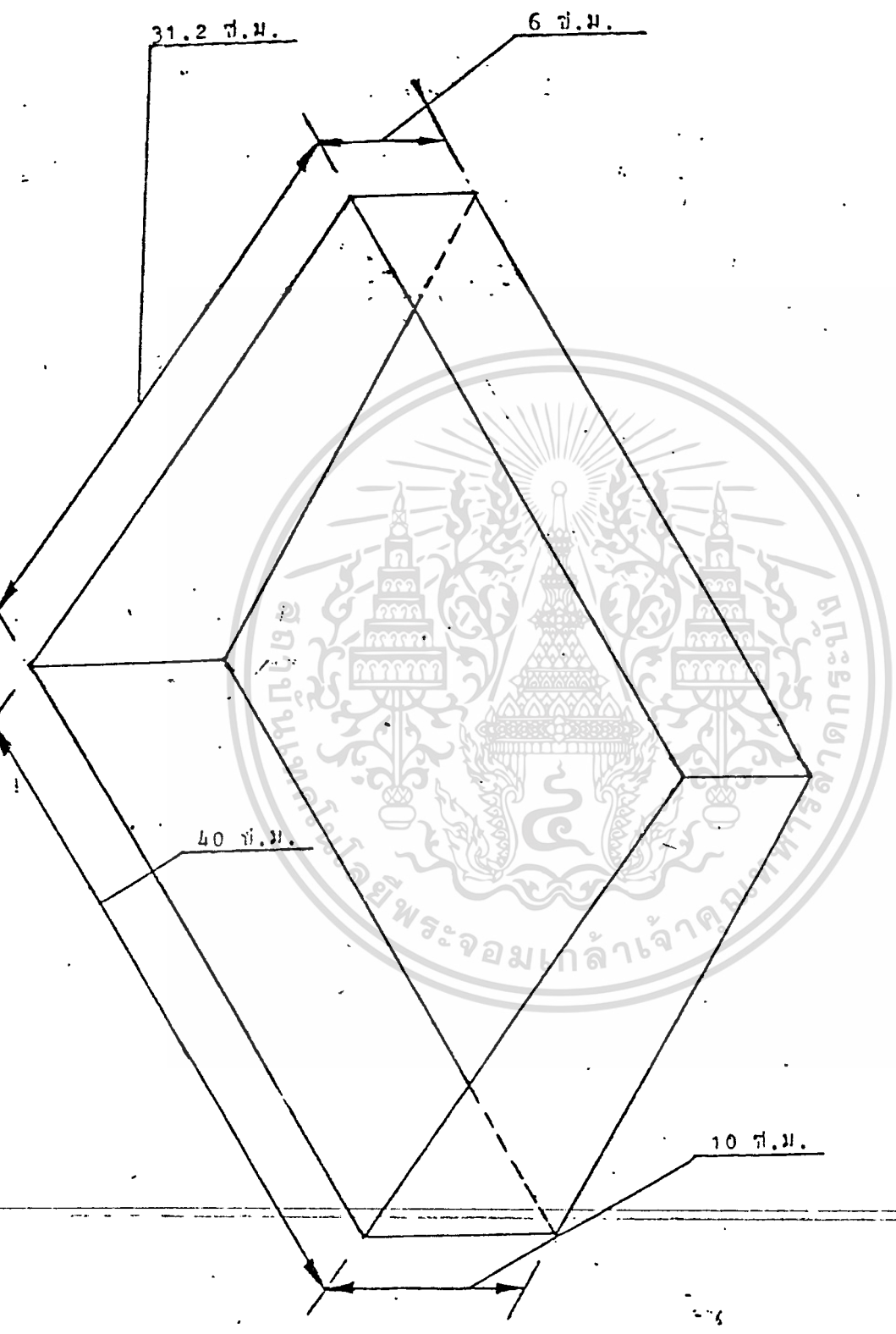


ความหนาของไม้ 6 ม.ม.



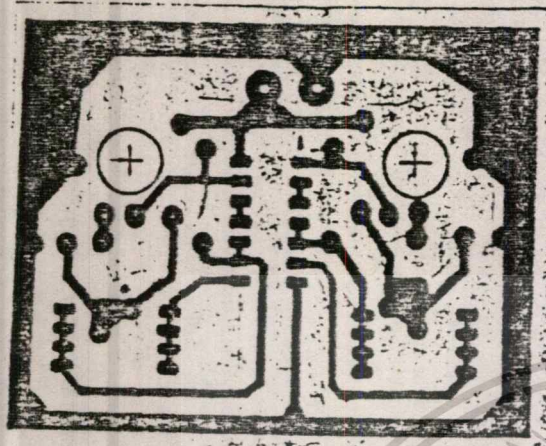
ความหนาของไม้ 10ม.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

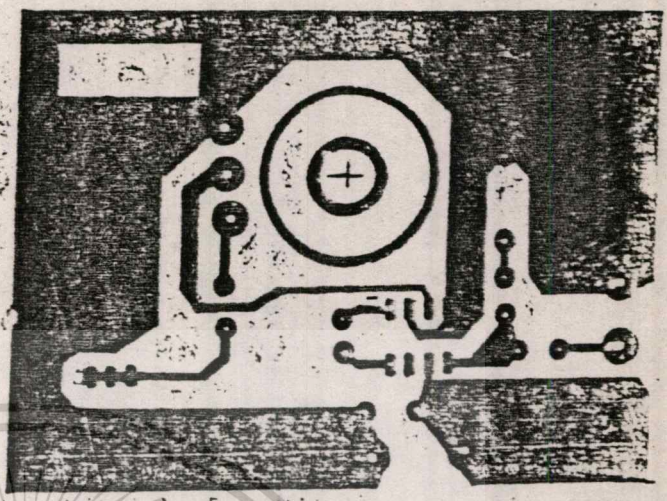


ถนนเส้นทางปฏิกิริยาคล

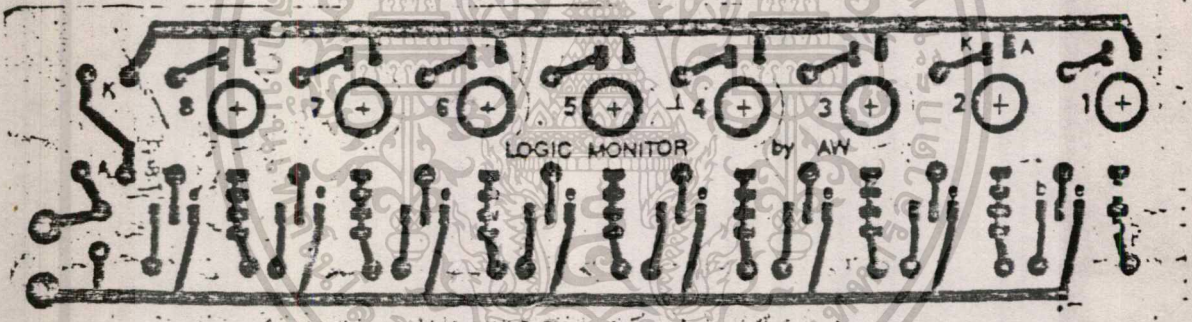
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



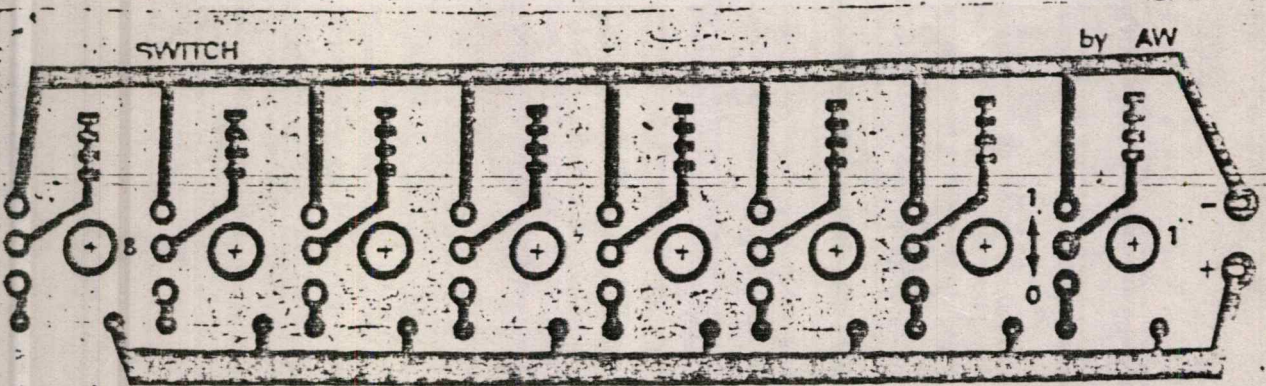
ลายทองแดงของวงจรคีเพาซ์



ลายทองแดงของวงจรแอมพลิฟายเออร์

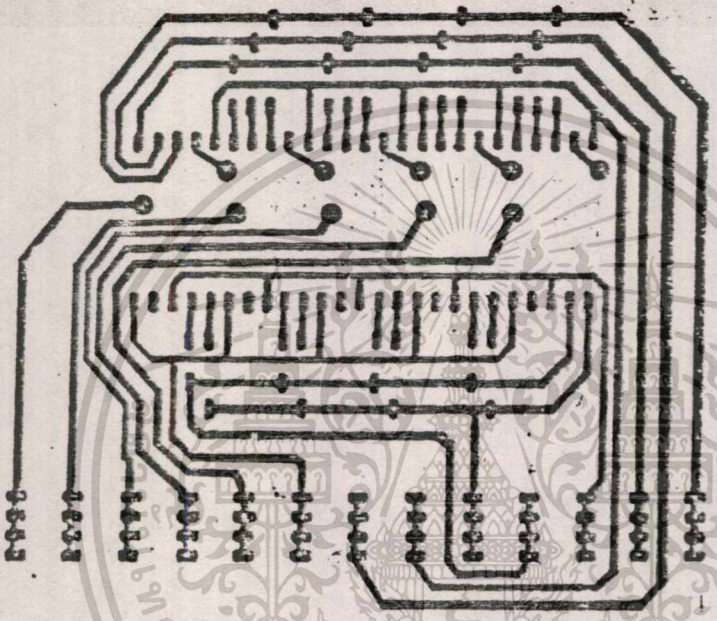


ลายทองแดงของวงจรลอจิกมอนิเตอร์



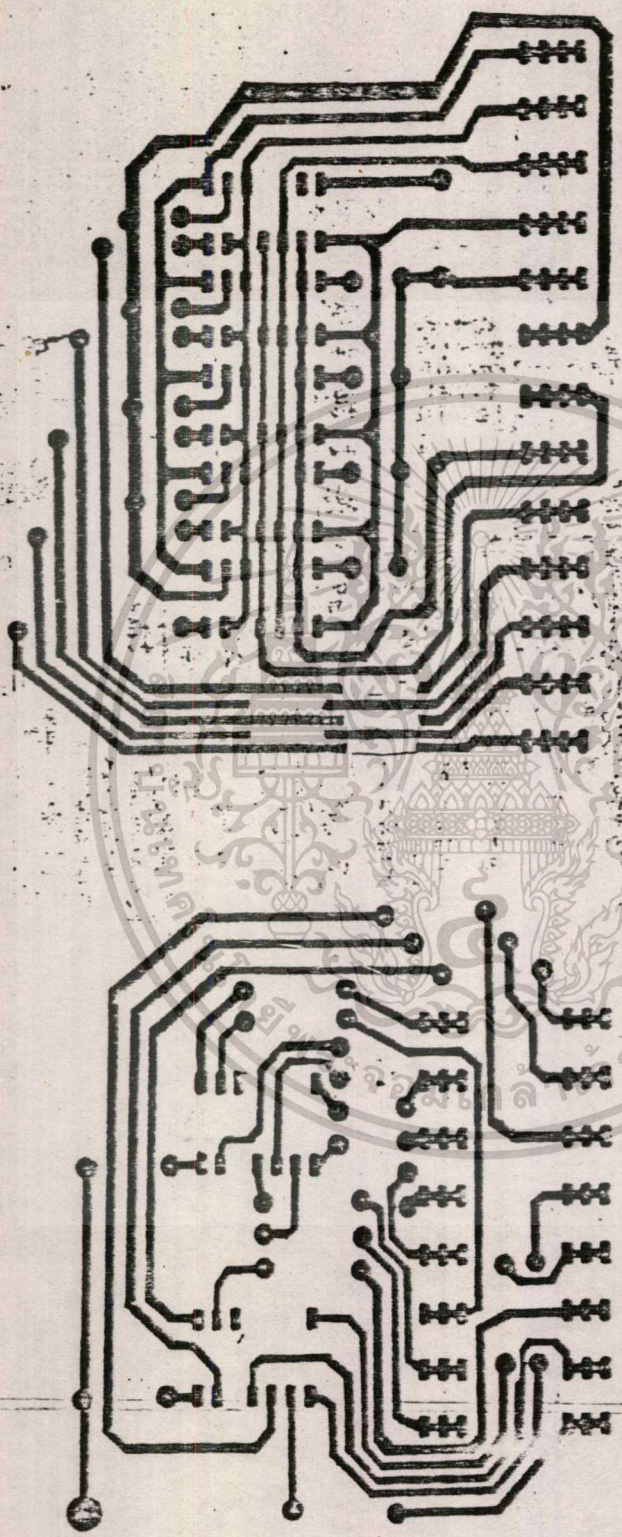
ลายทองแดงของวงจรแสดงผลลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



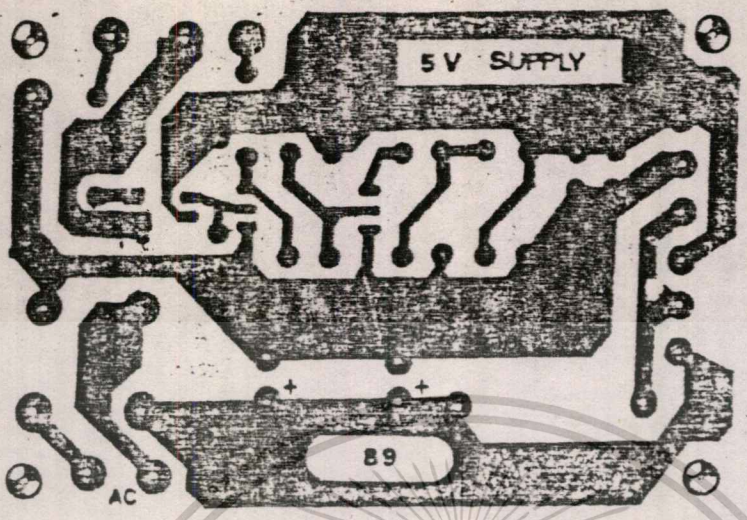
ก ลายทองแดงของวงจรแสดงผลเป็นตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

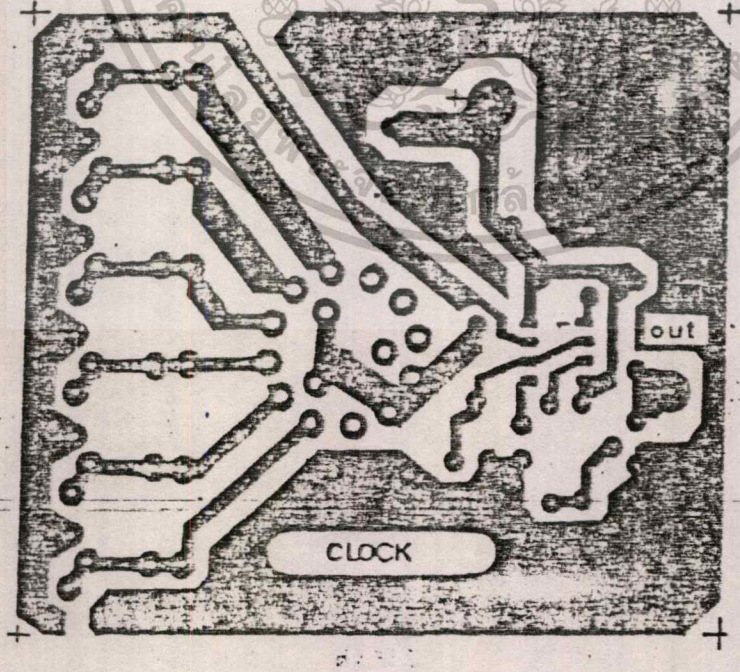


ลายทองแดงของวงจรแสดงผลเป็นตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

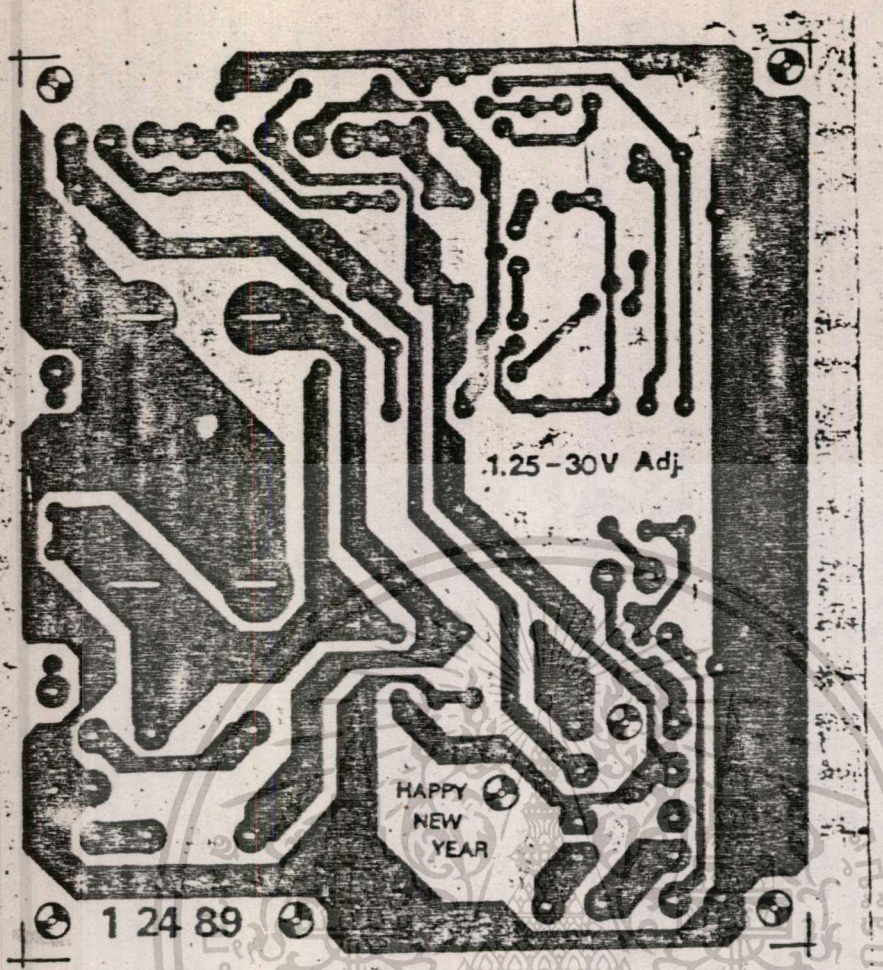


ลายทองแดงของวงจรแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์

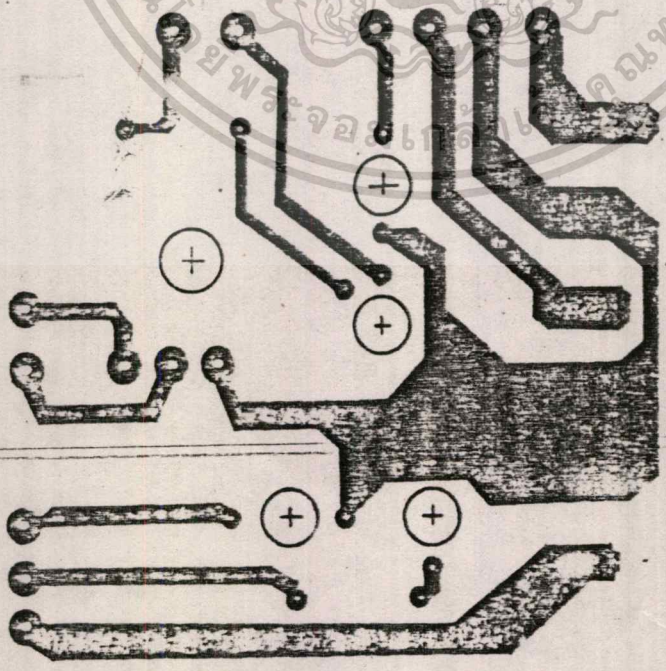


ลายทองแดงของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



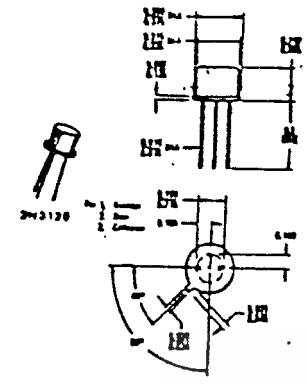
ลายพิมพ์แผงของวงจรภาคจ่ายไฟ 1.25 - 30 โวลท์



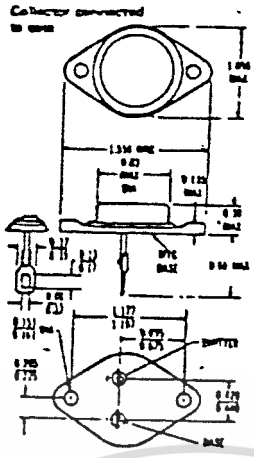
ลายพิมพ์แผงของแผ่นหน้าปัทม์แหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

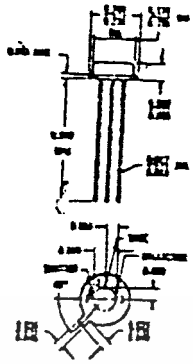
TO-39 CASE 79



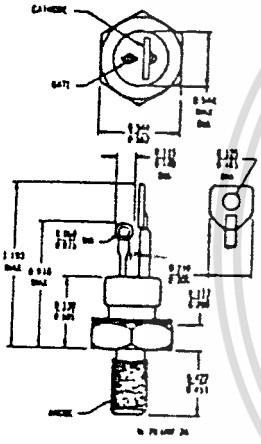
TO-41 CASE 4-04



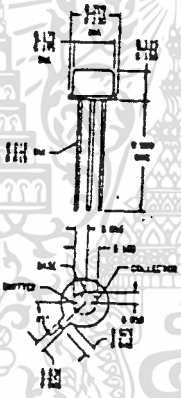
TO-46 CASE 26



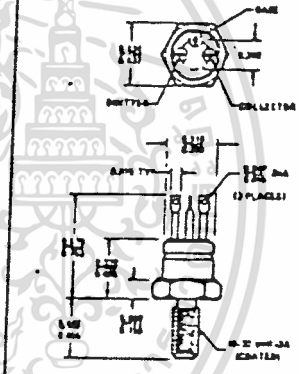
TO 48 CASE 64



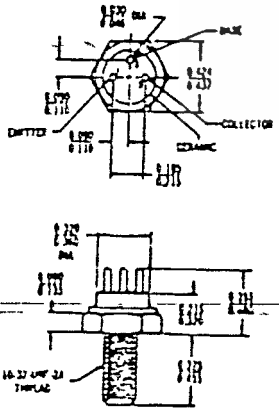
TO-52 CASE 27



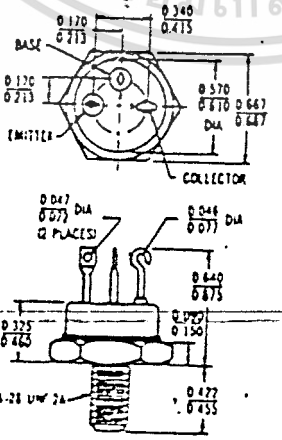
TO-59 CASE 160



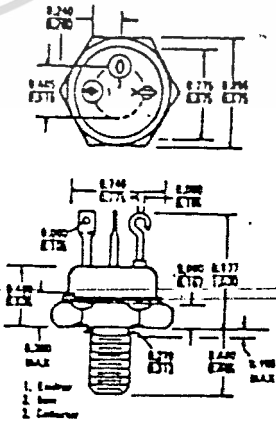
TO-60 CASE 36



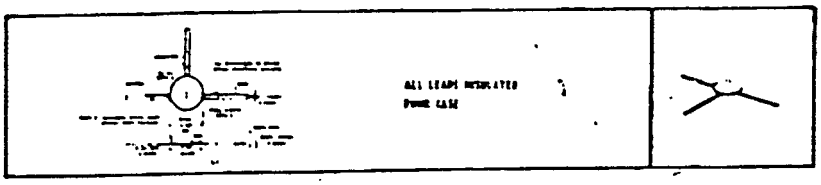
TO-61 CASE 79



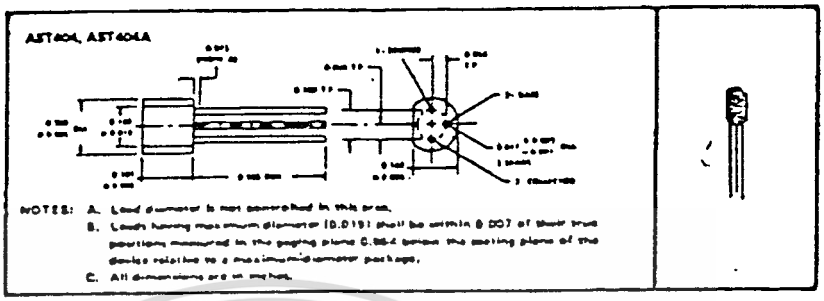
TO-63 CASE 188



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

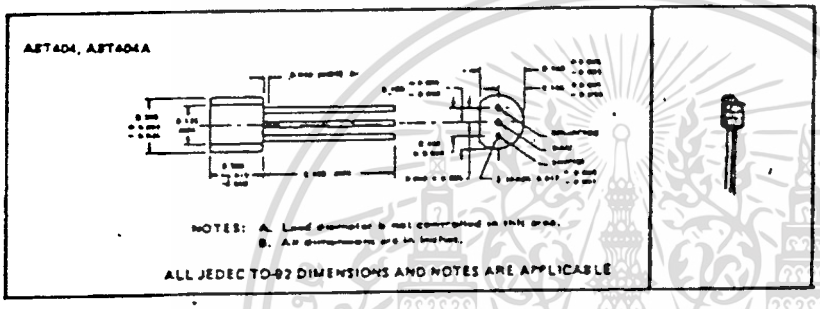


ALL LEADS INSULATED FROM CASE



AST404, AST404A

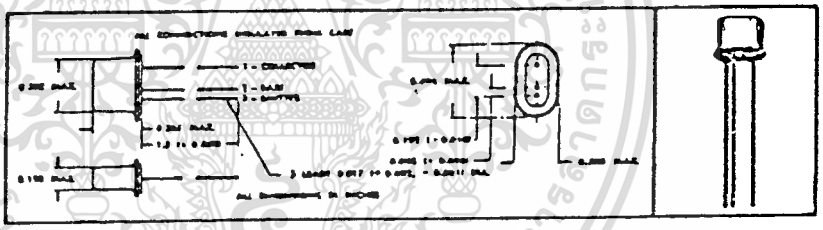
NOTES: A. Lead diameter is not controlled in this area.
B. Leads having maximum diameter (0.019") shall be within 0.007" of their true positions measured in the gauging plane 0.054" below the seating plane of the device relative to a maximum-diameter seamless package.
C. All dimensions are in inches.

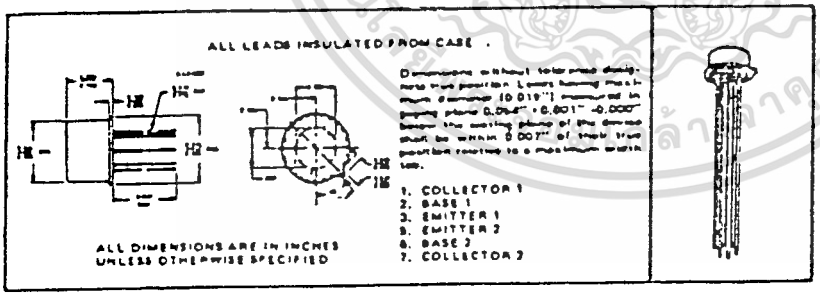


AST404, AST404A

NOTES: A. Lead diameter is not controlled in this area.
B. All dimensions are in inches.

ALL JEDEC TO-92 DIMENSIONS AND NOTES ARE APPLICABLE

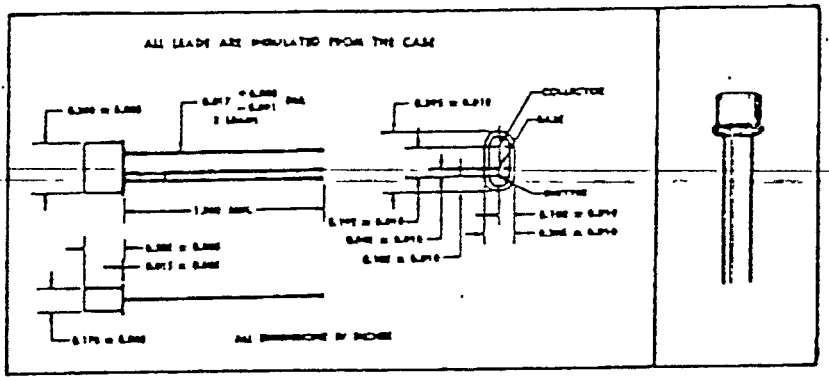




ALL LEADS INSULATED FROM CASE

ALL DIMENSIONS ARE IN INCHES
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

1. COLLECTOR 1
2. BASE 1
3. EMITTER 1
4. EMITTER 2
5. BASE 2
7. COLLECTOR 2



ALL LEADS ARE INSULATED FROM THE CASE

COLLECTOR
BASE
EMITTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

TRANSISTOR NUMBER	PWR DISS	PACKAGE	LEAD INFO	VCB MAX	VCE MAX	VEB MAX	IC MAX	TJ MAX	PD TOT	FT MIN	CCB MAX	HFE	HFE BIAS	USE	MFR	EUR EQUIV	USA EQUIV	ISS
2SC3954/R	NS	TO1P	LO1	20V	12V	5V	500MA	175C	300MW	200M	6P	30/70	10MA	VHS	TOS	BSX20	2N2369	D
2SC2954/Y	NS	TO1P	LO1	20V	12V	5V	500MA	175C	300MW	200M	6P	100MA	10MA	VHS	TOS	BSX20	2N2369	D
2SC3954/O	NS	TO1B	LO1	20V	12V	5V	500MA	175C	300MW	200M	6P	60/120	10MA	VHS	TOS	BSX20	2N2369	D
2SC396	NS	TO1B	LO1	40V	20V	5V	200MA	175C	300MW	225M	6P	200MA	10MA	RHS	ODS	BSW64	2N2222A	D
2SC397	NS	TO12	LO6	20V	12V	2V	50MA	180C	200MW	400M	4P	90TP	8MA	VLA	TOS	BFX73	2N918	D
2SC398	NS	TO72	LO6	20V	20V	3V	20MA	175C	200MW	250M	ORS	20MA	4MA	VHS	TOS	BF200		D
2SC399	NS	TO72	LO6	20V	20V	3V	20MA	175C	200MW	250M	ORS	20/200	4MA	VHS	TOS	BF200		D
2SC400	NS	TO1R	LO1	30V	20V	5V	100MA	175C	250MW	100M	6P	30MA	10MA	ALC	TOS	BC107	A157	D
2SC400/G	NS	TO1B	LO1	30V	20V	5V	100MA	175C	250MW	100M	6P	170MA	10MA	ALC	TOS	BC109	2N930	D
2SC400/R	NS	TO1B	LO1	30V	20V	5V	100MA	175C	250MW	100M	6P	30/70	10MA	ALC	TOS	BC107	A157	D
2SC400/Y	NS	TO1P	LO1	30V	20V	5V	100MA	175C	250MW	100M	6P	100MA	10MA	ALC	TOS	BC107	A157	D
2SC400/O	NS	TO1B	LO1	30V	20V	5V	100MA	175C	250MW	100M	6P	60/120	10MA	ALC	TOS	BC107	A157	D
2SC401	NS	X20	L42	50V	25V	5V	100MA	125C	100MW	85M	5P	90TP	1MA	ALC	SOY	BC182L	2N3710	D
2SC402	NS	X20	L42	50V	25V	3V	100MA	125C	100MW	85M	5P	90TP	1MA	ALC	SOY	BC182L	2N3710	D
2SC402A	NS	X20	L42	50V	25V	3V	100MA	125C	180MW	70M	5P	60TP	1MA	ALC	SOY	BC182L	2N3710	D
2SC402B	NS	X20	L42	50V	25V	4V	100MA	125C	300MW	70M	3P5	32ML	1MA	ALC	SOY	BC182L	2N3710	D
2SC403	NS	X20	L42	50V	25V	3V	100MA	125C	300MW	85M	5P	60TP	1MA	ALC	SOY	BC182L	2N3710	D
2SC403A	NS	X20	L42	50V	25V	3V	100MA	125C	180MW	70M	5P	60TP	1MA	ALC	SOY	BC182L	2N3710	D
2SC403B	NS	X20	L42	50V	25V	4V	100MA	125C	300MW	70M	2P5	20MA	1MA	ALC	SOY	BC182L	2N3710	D
2SC403C	NS	X20	L42	60V	60V	4V	100MA	120C	320MW	70M	4P	41/175	1MA	RLC	SOY	BC882L	2N5089	2
2SC403CS	NS	X20	L42	60V	60V	5V	100MA	120C	320MW	70M	4P	41/175	1MA	RLC	SOY	BC882L	2N5089	D
2SC404	NS	X20	L42	50V	25V	3V	50MA	125C	100MW	85M	5P	90TP	1MA	ALC	SOY	BC182L	2N3710	D
2SC405	NS	TO5	L04	30V	18V	6V	200MA	100C	125MW	4M	25P	60TP	100MA	RHC	ODS	ASY29	2N1304	D
2SC406	NS	TO5	L04	30V	18V	6V	200MA	100C	125MW	4M	25P	120TP	100MA	RHC	ODS	ASY29	2N1304	D
2SC407	NS	TO3	L05	150V	100V	4V	10A	150C	100WC	20DM	400P	10/30	5A	VHH	SHJ	BDY60		D
2SC408	NS	TO3	L05	150V	100V	4V	10A	150C	100WC	20DM	400P	20/40	5A	VHH	SHJ	BDY90		D
2SC409	NS	TO3	L05	200V	140V	4V	10A	150C	100WC	20DM	400P	10/30	5A	VHH	SHJ	BDY90		D
2SC410	NS	TO3	L05	200V	140V	4V	10A	150C	100WC	20DM	400P	20/40	5A	VHH	SHJ	BDY90		D
2SC411	NS	TO3	L05	300V	200V	4V	10A	150C	100WC	20DM	400P	10/30	5A	VHH	SHJ	BDY90		D
2SC412	NS	TO3	L05	300V	200V	4V	10A	150C	100WC	20DM	400P	20/40	5A	VHH	SHJ	BDY90		D
2SC413	NS	TO8	L12	60V		5V	1A5	175C	700C	90M		25MA	150MA	RHS			2N2782	1
2SC414	NS	TO8	L12	90V		5V	1A5	175C	700C	90M		25MA	150MA	RHS			2N2782	1
2SC415	NS	TO8	L12	120V		5V	1A5	175C	700C	90M		25MA	150MA	RHS			2N2782	1
2SC416	NS	TO8	L12	90V		5V	1A5	175C	700C	90M		30MA	400MA	RHS			2N2782	1
2SC423	NS	TO39	L04	40V		5V	300MA	165C	500MW	250M	10P	80TP	20MA	RHC	SAA	BSY54	2N2219A	D
2SC424	NS	TO5	L04	40V		4V	300MA	175C	800MW	250M		40MA	20MA	VHC	SAA	BSY54	2N2219A	1
2SC425	NS	TO39	L04	40V		5V	300MA	165C	500MW	250M	10P	80TP	20MA	RHC	SAA	BSY54	2N2219A	D
2SC426	NS	TO5	L04	20V		4V	300MA	175C	800MW	250M		40MA	20MA	VHC	SAA	BSY54	2N2219A	1
2SC427	NS	TO1R	L01	40V		5V	100MA	175C	300MW	90M		40MA	1MA	RLS	ODS	BSW64	2N2222A	1
2SC428	NS	TO1B	L01	25V		5V	100MA	175C	300MW	60M		40MA	1MA	RLS	ODS	BSW64	2N2222A	1
2SC429	NS	X37		25V	12V	2V	10MA	150C	100MW	200M		12MA	1MA	VHC	AJP	BF200		1
2SC430	NS	X37		25V	12V	2V	10MA	150C	100MW	200M		25MA	1MA	VHC	AJP	BF200		1
2SC431	NS	X87	TO5	150V	100V	4V	30A	150C	200WC			10MA	10A	RHE	SHJ	BUX21		2
2SC432	NS	X87	TO5	150V	100V	4V	30A	150C	200WC			20MA	10A	RHE	SHJ	BUX21		2
2SC433	NS	X87	TO5	200V	140V	4V	30A	150C	200WC			10MA	10A	RHE	SHJ	BUX21		2
2SC434	NS	X87	TO5	200V	140V	4V	30A	150C	200WC			20MA	10A	RHE	SHJ	BUX21		2
2SC435	NS	X87	TO5	300V	200V	4V	30A	150C	200WC			10MA	10A	RHE	SHJ	BUX21		2
2SC436	NS	X87	TO5	300V	200V	4V	30A	150C	200WC	10A		10MA	10A	RHE	SHJ	BUX21		2
2SC437	NS	TO8	L12	100V	60V	5V	2A	175C	13WC	100M		20MA	350MA	VHH	ODS		2N2782	D
2SC438	NS	TO8	L12	75V	60V	5V	2A	175C	13WC	100M		20MA	350MA	VHH	ODS		2N2782	D
2SC439	NS	TO5	L04	25V		5V	10MA	200C	500MW	200M		25MA	100UA	ALH	ODS	BSR54	2N2219A	1
2SC440	NS	TO5	L04	25V	15V	5V	10MA	175C	500MW	200M	7P	50TP	10MA	VHC	ODS	BSR54	2N2219A	D
2SC441	NS	TO5	L04	25V	15V	5V	10MA	175C	500MW	200M	7P	50TP	10MA	VHC	ODS	BSR54	2N2219A	D
2SC442	NS	TO5	L04	25V	15V	5V	10MA	175C	500MW	200M	7P	50TP	10MA	VHC	ODS	BSR54	2N2219A	D
2SC443	NS	TO5	L04	50V	40V	3V	500MA	200C	800MW	70M	20P	20TP	100MA	AHC	ODS	BFY50	2N2257	D
2SC444	NS	TO5	L04	60V	40V	4V	500MA	200C	800MW	140M	20P	25TP	100MA	RHC	ODS	BSR54	2N2219A	D
2SC445	NS	TO5	L04	80V	60V	5V	500MA	200C	800MW	140M	20P	30TP	100MA	RHC	ODS	BSR54	2N2219A	D
2SC446	NS	TO5	L04	60V		5V	500MA	200C	800MW	100M		12MA	100MA	RHC	ODS	BSR54	2N2219A	1
2SC447	NS	TO60	L61	75V		4V	2A	175C	5WC	105M		10MA	250MA	RHC	ODS	BLY28		1
2SC448	NS	TO60	L61	100V		5V	2A	175C	5WC	95M		10MA	350MA	RHC	ODS	BLY28		1
2SC449	NS	TO60	L61	75V		5V	2A	175C	5WC	95M		10MA	350MA	RHC	ODS	BLY28		1
2SC450	NS	TO60	L61	60V		4V	2A	175C	5WC	105M		10MA	350MA	RHC	ODS	BLY28		1
2SC451	NS	TO60	L61	100V		4V	1A2	200C	25WC	90M		15MA	350MA	RHC	ODS	BLY28		1
2SC452	NS	TO60	L61	100V		4V	1A2	200C	25WC	90M		15MA	350MA	RHC	ODS	BLY28		1
2SC453	NS	TO60	L61	80V		4V	1A2	200C	25WC	85M		15MA	350MA	RHC	ODS	BLY28		1
2SC454	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MW	115M	4P	60MA	2MA	ALC	HJJ	BC182L	2N3710	D
2SC454L	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MW	115M	4P	60MA	2MA	ALH	HJJ	BC184L	2N3707	D
2SC455	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MW	115M		30MA	2MA	ALC	HJJ	BC182L	2N3710	1
2SC456	NS	TO5	L04	50V	30V	5V	600MA	175C	750MW	100M		10MA	80MA	RHC	ODS	BSW54	2N2218A	1
2SC458	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MW	115M	4P	60MA	2MA	ALC	HJJ	BC182L	2N3710	D
2SC458A	NS	TO52	L14	30V	30V	5V	100MA	125C	200MW	100M	4P	120MA	10MA	RLS	HJJ	BC347A	2N3904	2
2SC458L	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MW	115M	4P	150TP	2MA	ALH	HJJ	BC184L	2N3707	D
2SC458LG	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MW	115M	4P	60MA	2MA	ALH	HJJ	BC184L	2N3707	D
2SC459	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MW	115M	4P	60MA	2MA	ALC	HJJ	BC184L	2N3707	D
2SC460	NS	X21	L45	30V	30V	5V	10MA	125C	200MW	115M	3P	25MA	2MA	ALC	HJJ	BC182L	2N3710	1

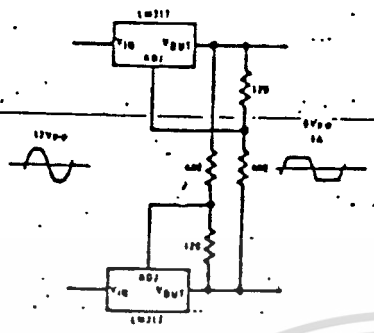
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRANSISTOR NUMBER	PW DA LT	PACK-AGE	LEAD INFO	VCB MAX	VCE MAX	VEB MAX	I C MAX	T J MAX	P TOT	F T MIN	C OB MAX	H FE	H FE BIAS	USE	MFR	EUR EQUIV	USA EQUIV	ISS
2SC395A/R	NS	TO18	L01	20V	12V	5V	500MA	175C	300MWF	200M	6P	30/70	10MA	VMS	TOS	BSX20	2N2369	0
2SC395A/Y	NS	TO18	L01	20V	12V	5V	500MA	175C	300MWF	200M	6P	100MIN	10MA	VMS	TOS	BSX20	2N2369	0
2SC395A/O	NS	TO18	L01	20V	12V	5V	500MA	175C	300MWF	200M	6P	60/120	10MA	VMS	TOS	BSX20	2N2369	0
2SC396	NS	TO18	L01	40V	20V	5V	200MA	175C	300MWF	225M	6P	200MIN	10MA	RMG	ODS	BSW64	2N2222A	0
2SC397	NS	TO72	L06	20V	12V	2V	50MA	180C	200MWF	400M	4P	80TP	8MA	VLA	TOS	DFX73	2N918	0
2SC398	NS	TO72	L06	20V	20V	3V	20MA	175C	200MWF	250M	0R5	20MIN	4MA	FVG	TOS	BF200	.	0
2SC399	NS	TO72	L06	20V	20V	3V	20MA	175C	200MWF	250M	0R5	20/200	4MA	FVG	TOS	BF200	.	0
2SC400	NS	TO18	L01	30V	20V	5V	100MA	175C	250MWF	100M	6P	30MIN	10MA	ALG	TOS	BC107	A157	0
2SC400/G	NS	TO18	L01	30V	20V	5V	100MA	175C	250MWF	100M	6P	170MIN	10MA	ALG	TOS	BC109	2N930	0
2SC400/R	NS	TO18	L01	30V	20V	5V	100MA	175C	250MWF	100M	6P	30/70	10MA	ALG	TOS	DC107	A157	0
2SC400/Y	NS	TO18	L01	30V	20V	5V	100MA	175C	250MWF	100M	6P	100MIN	10MA	ALG	TOS	BC107	A157	0
2SC400/O	NS	TO18	L01	30V	20V	5V	100MA	175C	250MWF	100M	6P	60/120	10MA	ALG	TOS	BC107	A157	0
2SC401	NS	X20	L42	50V	25V	5V	100MA	125C	100MWF	85M	5P	90TP	1MA	ALG	SOY	BC182L	2N3710-	0
2SC402	NS	X20	L42	50V	25V	3V	100MA	125C	100MWF	85M	5P	90TP	1MA	ALG	SOY	BC182L	2N3710	0
2SC402A	NS	X20	L42	50V	25V	3V	100MA	125C	180MWF	70M	5P	60TP	1MA	ALG	SOY	BC182L	2N3710	0
2SC402B	NS	X20	L42	50V	25V	4V	100MA	125C	300MWF	70M	3P5	32MIN	1MA	ALG	SOY	BC182L	2N3710	0
2SC403	NS	X20	L42	50V	25V	3V	100MA	125C	100MWF	85M	5P	60TP	1MA	ALG	SOY	BC182L	2N3710	0
2SC403A	NS	X20	L42	50V	25V	3V	100MA	125C	180MWF	70M	5P	60TP	1MA	ALG	SOY	BC182L	2N3710	0
2SC403B	NS	X20	L42	50V	25V	4V	100MA	125C	300MWF	70M	2P7	20MIN	1MA	ALG	SOY	BC182L	2N3710	0
2SC403C	NS	X20	L42	60V	60V	4V	100MA	120C	320MWF	70M	4P	41/175	1MA	RLG	SOY	DC682L	2N5089	2
2SC403CS	NS	X20	L42	60V	60V	5V	100MA	120C	320MWF	70M	4P	41/175	1MA	RLG	SOY	DC682L	2N5089	0
2SC404	NS	X20	L42	50V	25V	3V	50MA	125C	100MWF	85M	5P	90TP	1MA	ALG	SOY	BC182L	2N3710	0
2SC405	NG	TO5	L04	30V	18V	6V	200MA	100C	125MWF	4M	25P	60TP	100MA	RMG	ODS	ASY29	2N1304	0
2SC406	NG	TO5	L04	30V	18V	6V	200MA	100C	125MWF	4M	25P	120TP	100MA	RMG	ODS	ASY29	2N1304	0
2SC407	NS	TO3	L05	150V	100V	4V	10A	150C	100WC	200M	500P	10/30	5A	VMH	SHI	BDY90	.	0
2SC408	NS	TO3	L05	150V	100V	4V	10A	150C	100WC	200M	500P	20/40	5A	VMH	SHI	BDY90	.	0
2SC409	NS	TO3	L05	200V	140V	4V	10A	150C	100WC	200M	500P	10/30	5A	VMH	SHI	BDY90	.	0
2SC410	NS	TO3	L05	200V	140V	4V	10A	150C	100WC	200M	500P	20/40	5A	VMH	SHI	BDY90	.	0
2SC411	NS	TO3	L05	300V	200V	4V	10A	150C	100WC	200M	500P	10/30	5A	VMH	SHI	BDY90	.	0
2SC412	NS	TO3	L05	300V	200V	4V	10A	150C	100WC	200M	500P	20/40	5A	VMH	SHI	BDY90	.	0
2SC413	NS	TO8	L12	60V	.	5V	1A5	175C	20WC	90M	.	25MIN	150MA	RMS	.	.	2N2782	1
2SC414	NS	TO8	L12	90V	.	5V	1A5	175C	20WC	90M	.	25MIN	150MA	RMS	.	.	2N2782	1
2SC415	NS	TO8	L12	120V	.	5V	1A5	175C	20WC	90M	.	25MIN	150MA	RMS	.	.	2N2782	1
2SC416	NS	TO8	L12	90V	.	5V	1A5	175C	20WC	90M	.	30MIN	400MA	RMS	.	.	2N2782	1
2SC423	NS	TO39	L04	40V	.	5V	300MA	165C	500MWF	250M	10P	80TP	20MA	RMG	SAN	BSW54	2N2219A	0
2SC424	NS	TO5	L04	40V	.	4V	300MA	175C	200MWF	250M	.	40MIN	20MA	VMG	SAN	BSW54	2N2219A	1
2SC425	NS	TO39	L04	40V	.	5V	300MA	165C	500MWF	250M	10P	80TP	20MA	RMG	SAN	BSW54	2N2219A	0
2SC426	NS	TO5	L04	20V	.	4V	300MA	175C	200MWF	250M	.	40MIN	20MA	VMG	SAN	BSW54	2N2219A	1
2SC427	NS	TO18	L01	40V	.	5V	100MA	175C	300MWF	90M	.	40MIN	1MA	RLS	ODS	BSW64	2N2222A	1
2SC428	NS	TO18	L01	25V	.	5V	100MA	175C	300MWF	90M	.	40MIN	1MA	RLS	ODS	BSW64	2N2222A	1
2SC429	NS	X37	.	25V	12V	2V	10MA	150C	100MWF	200M	.	12MIN	1MA	FVG	NIP	BF200	.	1
2SC430	NS	X37	.	25V	12V	2V	10MA	150C	100MWF	200M	.	25MIN	1MA	FVG	NIP	BF200	.	1
2SC431	NS	X87	L05	150V	100V	4V	30A	150C	200WC	.	.	10MIN	10A	RME	SHI	BUX21	.	2
2SC432	NS	X87	L05	150V	100V	4V	30A	150C	200WC	.	.	20MIN	10A	RME	SHI	BUX21	.	2
2SC433	NS	X87	L05	200V	140V	4V	30A	150C	200WC	.	.	10MIN	10A	RME	SHI	BUX21	.	2
2SC434	NS	X87	L05	200V	140V	4V	30A	150C	200WC	.	.	20MIN	10A	RME	SHI	BUX21	.	2
2SC435	NS	X87	L05	300V	200V	4V	30A	150C	200WC	.	.	10MIN	10A	RME	SHI	BUX21	.	2
2SC436	NS	X87	L05	300V	200V	4V	30A	150C	200WC	10A	.	10MIN	10A	RME	SHI	BUX21	.	2
2SC437	NS	TO8	L12	100V	60V	5V	2A	175C	13WC	100M	.	20MIN	350MA	VMH	OBS	.	2N2782	0
2SC438	NS	TO8	L12	75V	60V	5V	2A	175C	13WC	100M	.	20MIN	350MA	VMH	OBS	.	2N2782	0
2SC439	NS	TO5	L04	25V	.	5V	100MA	200C	500MWF	200M	.	25MIN	100UA	ALN	OBS	BSW54	2N2219A	1
2SC440	NS	TO5	L04	25V	15V	5V	100MA	175C	500MWF	200M	7P	50TP	100MA	VMG	OBS	BSW54	2N2219A	0
2SC441	NS	TO5	L04	25V	15V	5V	100MA	175C	500MWF	200M	7P	50TP	100MA	VMG	ODS	BSW54	2N2219A	0
2SC442	NS	TO5	L04	25V	15V	5V	100MA	175C	500MWF	200M	7P	50TP	100MA	VMG	OBS	BSW54	2N2219A	0
2SC443	NS	TO5	L04	50V	40V	3V	500MA	200C	800MWF	70M	20P	20TP	100MA	AMC	OBS	BFY50	2N2297	0
2SC444	NS	TO5	L04	60V	40V	4V	500MA	200C	800MWF	140M	20P	25TP	100MA	RMG	ODS	BSW54	2N2219A	0
2SC445	NS	TO5	L04	80V	60V	5V	500MA	200C	800MWF	140M	20P	30TP	100MA	RMG	ODS	BSW54	2N2219A	0
2SC446	NS	TO5	L04	60V	.	7V	500MA	200C	800MWF	100M	.	12MIN	100MA	RMG	ODS	BSW54	2N2219A	1
2SC447	NS	TO60	L61	75V	.	4V	2A	175C	5WF	105M	.	10MIN	350MA	RMG	OBS	BLY28	.	1
2SC448	NS	TO60	L61	100V	.	5V	2A	175C	5WF	95M	.	10MIN	350MA	RMG	OBS	BLY28	.	1
2SC449	NS	TO60	L61	75V	.	5V	2A	175C	5WF	85M	.	10MIN	350MA	RMG	ODS	BLY28	.	1
2SC450	NS	TO60	L61	60V	.	4V	2A	175C	5WF	105M	.	10MIN	350MA	RMG	ODS	BLY28	.	1
2SC451	NS	TO60	L61	100V	.	4V	1A2	200C	25WC	90M	.	15MIN	350MA	RMG	ODS	BLY28	.	1
2SC452	NS	TO60	L61	100V	.	4V	1A2	200C	25WC	90M	.	15MIN	350MA	RMG	ODS	BLY28	.	1
2SC453	NS	TO60	L61	90V	.	4V	1A2	200C	25WC	85M	.	15MIN	350MA	RMG	ODS	BLY28	.	1
2SC454	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MWF	115M	4P	60MIN	2MA	ALG	MIJ	BC182L	2N3710	0
2SC454L	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MWF	115M	4P	60MIN	2MA	ALN	MIJ	BC184L	2N3707	0
2SC455	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MWF	115M	.	30MIN	2MA	ALG	MIJ	BC182L	2N3710	1
2SC456	NS	TO5	L04	50V	30V	5V	600MA	175C	750MWF	100M	.	10MIN	80MA	RMG	ODS	BSW54	2N2219A	1
2SC458	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MWF	115M	4P	60MIN	2MA	ALG	MIJ	DC182L	2N3710	0
2SC458K	NS	TO92	L14	30V	30V	5V	100MA	125C	200MWF	100M	4P	320MIN	10MA	RLS	MIJ	BC347A	2N3904	2
2SC458L	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MWF	115M	4P	150TP	2MA	ALN	MIJ	BC184L	2N3707	0
2SC458LG	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MWF	115M	4P	60MIN	2MA	ALN	MIJ	BC184L	2N3707	0
2SC459	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MWF	115M	4P	60MIN	2MA	ALG	MIJ	BC184L	2N3707	0
2SC460	NS	X21	L45	30V	30V	5V	100MA	125C	200MWF	115M	3P	35MIN	2MA	ALG	MIJ	BC182L	2N3710	1

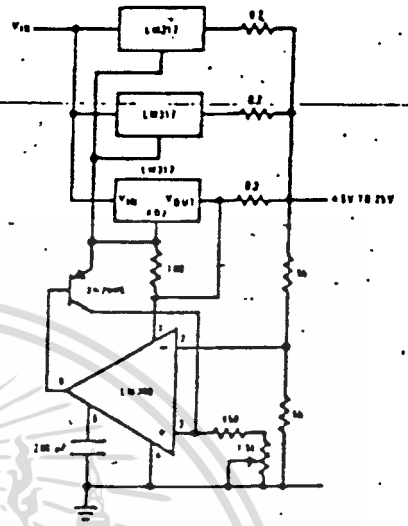
ไม่วากรณีใดๆทั้งสิ้น อีทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (cont'd.)

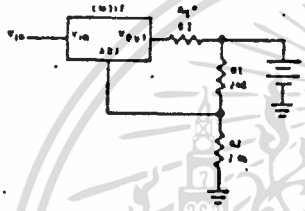
AC Voltage Regulator



Adjustable 4A Regulator



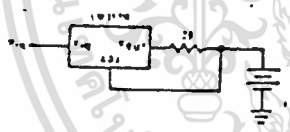
12V Battery Charger



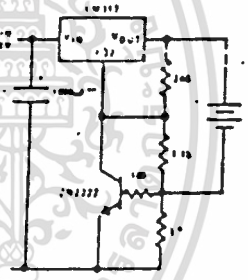
$$*R_S = \text{output impedance of charger } Z_{OUT} = R_S\left(1+\frac{R2}{R1}\right)$$

Use of R_S allows low charging rates with fully charged battery.

50 mA Constant Current Battery Charger



Current Limited 6V Charger

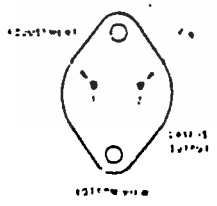


*Sets peak current (0.6A for 1Ω)

**The 1000 µF is recommended to filter out input transients

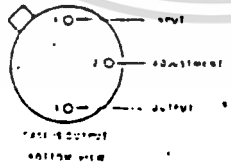
Connection Diagrams

(TO-3 STEEL)
Metal Can Package



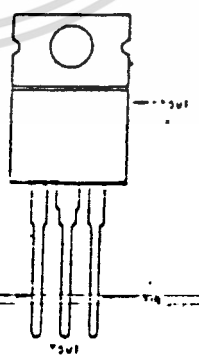
Order Number:
LM117K STEEL
LM217K STEEL
LM317K STEEL
See Package K02A

(TO-39)
Metal Can Package



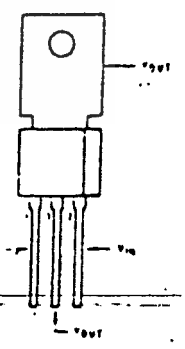
Order Number:
LM117H
LM217H
LM317H
See Package H03A

(TO-220)
Plastic Package



Order Number:
LM317T
See Package T03B

(TO-202)
Plastic Package

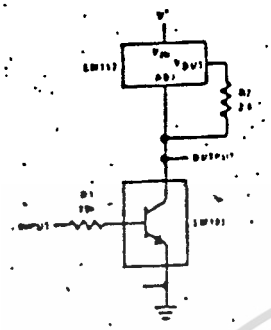


Order Number:
LM317MP
See Package P03A
Tab Formed Reverse
LM317MP TB
See Package P03E

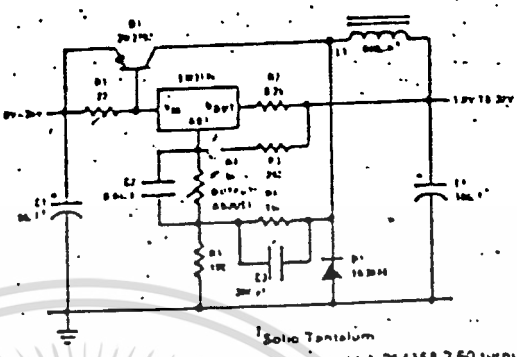
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (cont'd.)

High Gain Amplifier

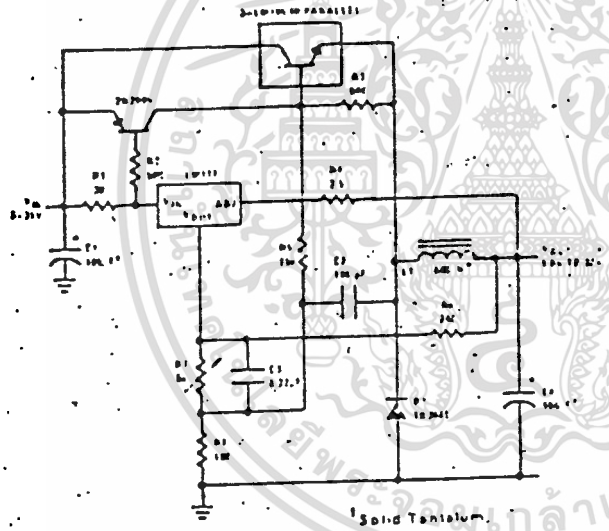


Low Cost 3A Switching Regulator



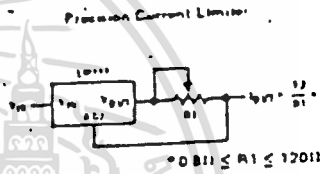
†Solid Tantalum
*Core—Arnold A-254168-2 60 turns

4A Switching Regulator with Overload Protection



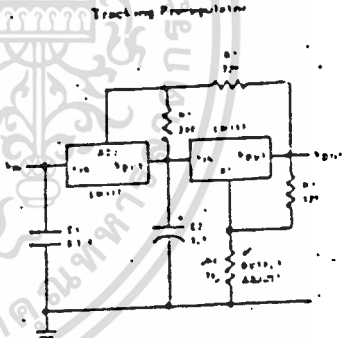
†Solid Tantalum.
*Core Arnold A-254168-2 60 turns

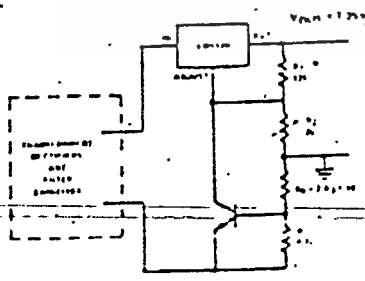
Precision Current Limiter



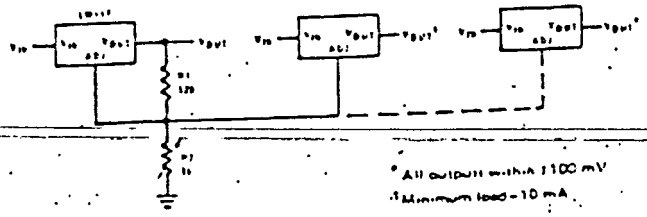
*0 Ω ≤ R1 ≤ 120 Ω

Tracking Preregulator





Adjusting Multiple On-Card Regulators with Single Control*



*All outputs within ±100 mV
†Minimum load = 10 mA

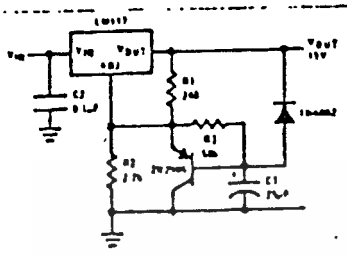
— Short circuit current is approximately $\frac{6.7V}{R_3}$, or 120mA (compared to LM117H's 1 ampere current limit)

— (At 50mA output only 1 volt of drop occurs in R_3 and R_4)

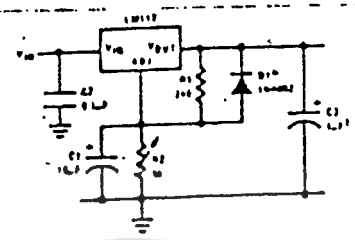
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (cont'd.)

Slow Turn-On 15V Regulator

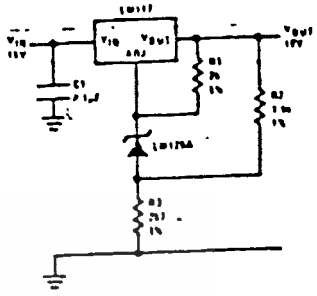


Adjustable Regulator with Improved Ripple Rejection

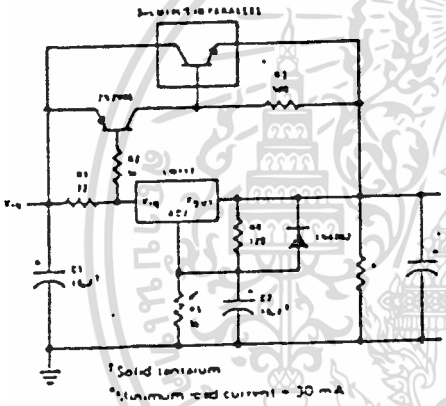


†Solid tantalum
*Discharges C1 if output is shorted to ground

High Stability 10V Regulator

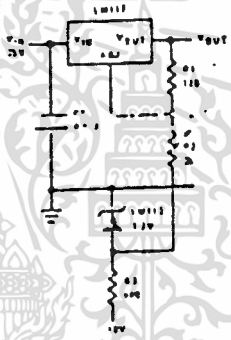


High Current Adjustable Regulator

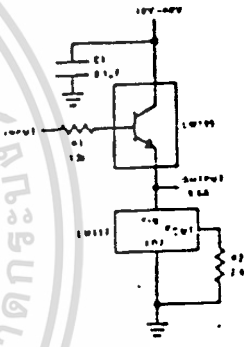


†Solid tantalum
*Minimum load current = 30 mA
‡Optional—improves ripple rejection

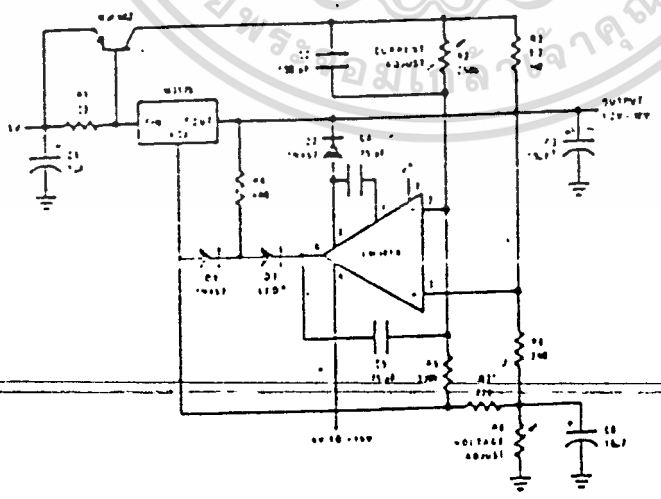
0 to 30V Regulator



Power Follower

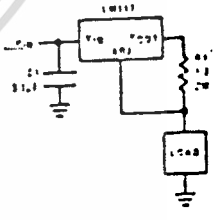


5A Constant Voltage/Constant Current Regulator

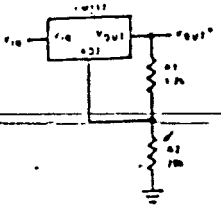


†Solid tantalum
*Lights in constant current mode

1A Current Regulator



1.2V–20V Regulator with Minimum Program Current



*Minimum load current = 4 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints (cont'd.)

current depends on the value of the capacitor, the output voltage of the regulator, and the rate of decrease of V_{IN}. In the LM117, this discharge path is through a large junction that is able to sustain 15A surge with no problem. This is not true of other types of positive regulators. For output capacitors of 25uF or less, there is no need to use diodes.

The bypass capacitor on the adjustment terminal can discharge through a low current junction. Discharge occurs when *either* the input or output is shorted. Internal to the LM117 is a 50Ω resistor which limits the peak discharge current. No protection is needed for output voltages of 25V or less and 10uF capacitance. *Figure 3* shows an LM117 with protection diodes included for use with outputs greater than 25V and high values of output capacitance.

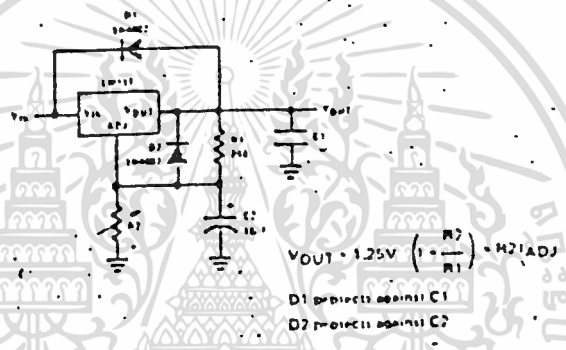
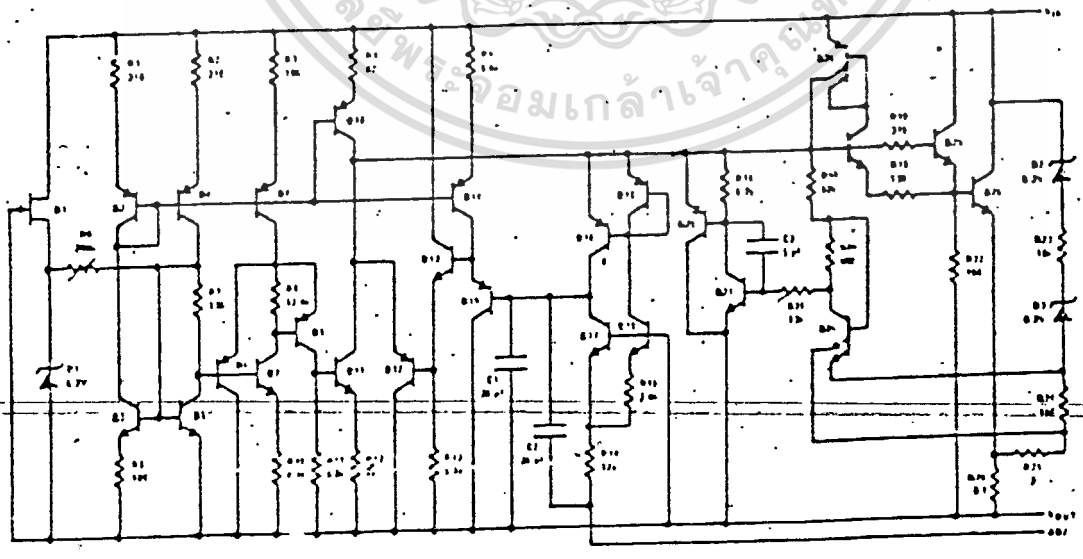


FIGURE 3. Regulator with Protection Diodes

Schematic Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints

In operation, the LM117 develops a nominal 1.25V reference voltage, V_{REF}, between the output and adjustment terminal. The reference voltage is impressed across program resistor R1 and, since the voltage is constant, a constant current I_1 then flows through the output-set-resistor R2, giving an output voltage of

$$V_{OUT} = V_{REF}\left(1 + \frac{R2}{R1}\right) + I_{ADJ}R2$$

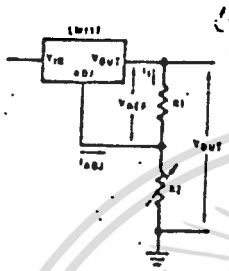


FIGURE 1.

Since the 100μA current from the adjustment terminal represents an error term, the LM117 was designed to minimize I_{ADJ} and make it very constant with line and load changes. To do this, all quiescent operating current is returned to the output establishing a minimum load current requirement. If there is insufficient load on the output, the output will rise.

External Capacitors

An input bypass capacitor is recommended. A 0.1μF disc or 1μF solid tantalum on the input is suitable input bypassing for almost all applications. The device is more sensitive to the absence of input bypassing when adjustment or output capacitors are used but the above values will eliminate the possibility of problems.

The adjustment terminal can be bypassed to ground on the LM117 to improve ripple rejection. This bypass capacitor prevents ripple from being amplified as the output voltage is increased. With a 10μF bypass capacitor 80 dB ripple rejection is obtainable at any output level. Increases over 10μF do not appreciably improve the ripple rejection at frequencies above 120 Hz. If the bypass capacitor is used, it is sometimes necessary to include protection diodes to prevent the capacitor from discharging through internal low current paths and damaging the device.

In general, the best type of capacitors to use are solid tantalum. Solid tantalum capacitors have low impedance even at high frequencies. Depending upon capacitor construction, it takes about 25μF in aluminum electrolytic to equal 1μF solid tantalum at high frequencies. Ceramic capacitors are also good at high frequencies; but some types have a large decrease in capacitance at frequencies around 0.5 MHz. For this reason, 0.01μF disc may seem to work better than a 0.1μF disc as a bypass.

Although the LM117 is stable with no output capacitors, like any feedback circuit, certain values of external capacitance can cause excessive ringing. This occurs with values between 500 pF and 5000 pF. A 1μF solid tantalum (or 25μF aluminum electrolytic) on the output swamps this effect and insures stability.

Load Regulation

The LM117 is capable of providing extremely good load regulation but a few precautions are needed to obtain maximum performance. The current set resistor connected between the adjustment terminal and the output terminal (usually 240Ω) should be tied directly to the output of the regulator rather than near the load. This eliminates line drops from appearing effectively in series with the reference and degrading regulation. For example, a 15V regulator with 0.05Ω resistance between the regulator and load will have a load regulation due to line resistance of 0.05Ω x I_L. If the set resistor is connected near the load the effective line resistance will be 0.05Ω (1 + R2/R1) or in this case, 11.5 times worse.

Figure 2 shows the effect of resistance between the regulator and 240Ω set resistor.

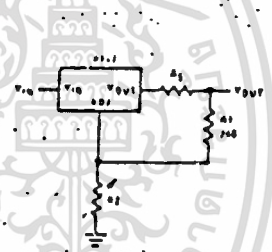


FIGURE 2. Regulator with Line Resistance in Output Lead

With the TO-3 package, it is easy to minimize the resistance from the case to the set resistor, by using two separate leads to the case. However, with the TO-5 package, care should be taken to minimize the wire length of the output lead. The ground of R2 can be returned near the ground of the load to provide remote ground sensing and improve load regulation.

Protection Diodes

When external capacitors are used with any IC regulator it is sometimes necessary to add protection diodes to prevent the capacitors from discharging through low current points into the regulator. Most 10μF capacitors have low enough internal series resistance to deliver 20A spikes when shorted. Although the surge is short, there is enough energy to damage parts of the IC.

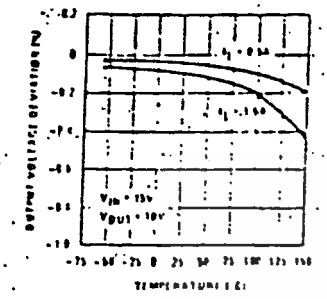
When an output capacitor is connected to a regulator and the input is shorted, the output capacitor will discharge into the output of the regulator. The discharge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

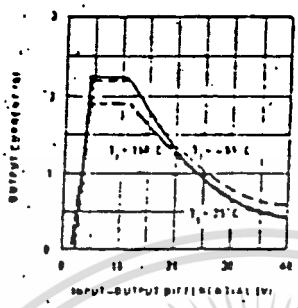
Typical Performance Characteristics (K and T Packages)

Output Capacitor = 0 unless otherwise noted

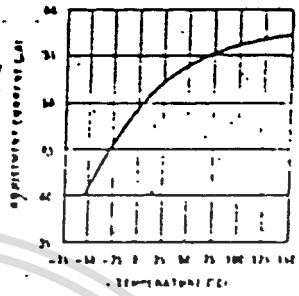
Load Regulation



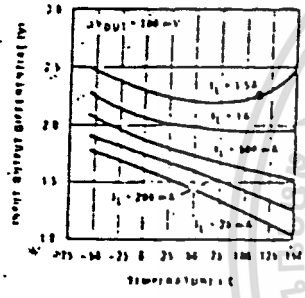
Current Limit



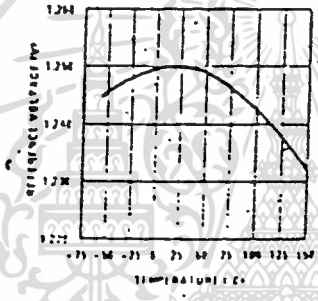
Adjustment Current



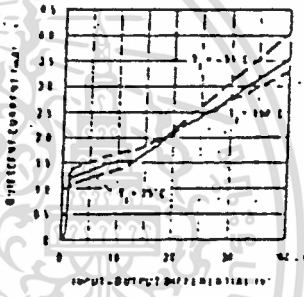
Dropout Voltage



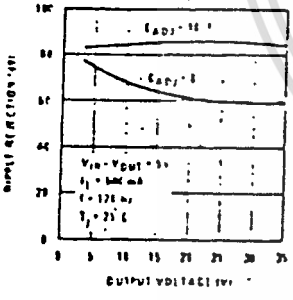
Temperature Stability



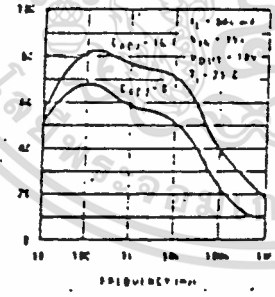
Minimum Operating Current



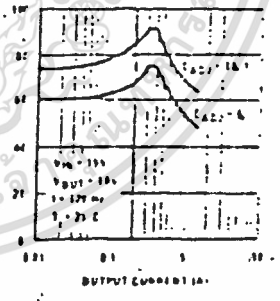
Ripple Rejection



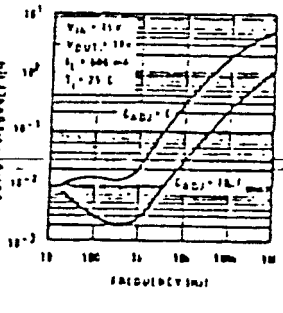
Ripple Rejection



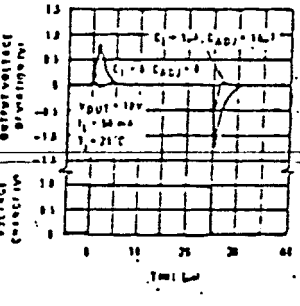
Ripple Rejection



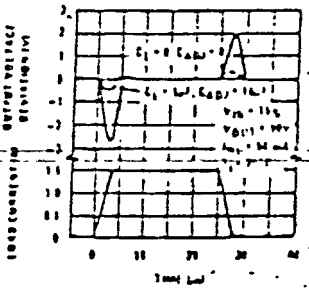
Output Impedance



Line Transient Response



Load Transient Response



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Power Dissipation	Internally limited
Input–Output Voltage Differential	40V
Operating Junction Temperature Range	
LM117	−55°C to +150°C
LM217	−25°C to +150°C
LM317	0°C to +125°C
Storage Temperature	−65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

Preconditioning

Burn-In in Thermal Limit	100% All Devices

Electrical Characteristics (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	LM117/217			LM317			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Line Regulation	$T_A = 25°C$, $3V \le V_{IN} - V_{OUT} \le 40V$ (Note 2)		0.01	0.02		0.01	0.04	%/V
Load Regulation	$T_A = 25°C$, $10\ mA \le I_{OUT} \le I_{MAX}$							
	$V_{OUT} \le 5V$, (Note 2)		5	15		5	25	mV
	$V_{OUT} \ge 5V$, (Note 2)		0.1	0.3		0.1	0.5	%
Thermal Regulation	$T_A = 25°C$, 20 ms Pulse		0.03	0.07		0.04	0.07	%/W
Adjustment Pin Current			50	100		50	100	μA
Adjustment Pin Current Change	$10\ mA \le I_L \le I_{MAX}$		0.2	5		0.2	5	μA
	$3V \le (V_{IN} - V_{OUT}) \le 40V$							
Reference Voltage	$3V \le (V_{IN} - V_{OUT}) \le 40V$, (Note 3)	1.20	1.25	1.30	1.20	1.25	1.30	V
	$10\ mA \le I_{OUT} \le I_{MAX}$, $P \le P_{MAX}$							
Line Regulation	$3V \le V_{IN} - V_{OUT} \le 40V$, (Note 2)		0.02	0.05		0.02	0.07	%/V
Load Regulation	$10\ mA \le I_{OUT} \le I_{MAX}$, (Note 2)							
	$V_{OUT} \le 5V$		20	50		20	70	mV
	$V_{OUT} \ge 5V$		0.3	1		0.3	1.5	%
Temperature Stability	$T_{MIN} \le T_j \le T_{MAX}$		1			1		%
Minimum Load Current	$V_{IN} - V_{OUT} = 40V$		3.5	5		3.5	10	mA
Current Limit	$V_{IN} - V_{OUT} \le 15V$							
	K and T Package	1.5	2.2		1.5	2.2		A
	H and P Package	0.5	0.8		0.5	0.8		A
	$V_{IN} - V_{OUT} = 40V$, $T_j = +25°C$							
	K and T Package	0.30	0.4		0.15	0.4		A
	H and P Package	0.15	0.07		0.075	0.07		A
RMS Output Noise, % of V_{OUT}	$T_A = 25°C$, 10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz		0.003			0.003		%
Ripple Rejection Ratio	$V_{OUT} = 10V$, f = 120 Hz		65			65		dB
	$C_{ADJ} = 10\ \mu F$	66	80		66	80		dB
Long Term Stability	$T_A = 125°C$		0.3	1		0.3	1	%
Thermal Resistance, Junction to Case	H Package		12	15		12	15	°C/W
	K Package		2.3	3		2.3	3	°C/W
	T Package					4		°C/W
	P Package					12		°C/W

Note 1. Unless otherwise specified, these specifications apply $-55°C \le T_j \le +150°C$ for the LM117, $-25°C \le T_j \le +150°C$ for the LM217, and $0°C \le T_j \le +125°C$ for the LM317; $V_{IN} - V_{OUT} = 5V$, and $I_{OUT} = 0.1A$ for the TO-39 and TO-202 packages and $I_{OUT} = 0.5A$ for the TO-3 and TO-220 packages. Although power dissipation is internally limited, these specifications are applicable for power dissipations of 2W for the TO-39 and TO-202, and 20W for the TO-3 and TO-220. I_{MAX} is 1.5A for the TO-3 and TO-220 packages and 0.5A for the TO-39 and TO-202 packages.

Note 2. Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output voltage due to heating effects are covered under the specification for thermal regulation.

Note 3. Selected devices with tightened tolerance reference voltage available.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

General Description

The LM117/LM217/LM317 are adjustable 3 terminal positive voltage regulators capable of supplying in excess of 1.5A over a 1.2V to 37V output range. They are exceptionally easy to use and require only two external resistors to set the output voltage. Further, both line and load regulation are better than standard fixed regulators. Also, the LM117 is packaged in standard transistor packages which are easily mounted and handled.

In addition to higher performance than fixed regulators, the LM117 series offers full overload protection available only in IC's. Included on the chip are current limit, thermal overload protection and safe area protection. All overload protection circuitry remains fully functional even if the adjustment terminal is disconnected.

Besides replacing fixed regulators, the LM117 is useful in a wide variety of other applications. Since the regulator is "floating" and sees only the input-to-output differential voltage, supplies of several hundred volts can be regulated as long as the maximum input to output differential is not exceeded.

Also, it makes an especially simple adjustable switching regulator, a programmable output regulator, or by connecting a fixed resistor between the adjustment and output, the LM117 can be used as a precision current regulator. Supplies with electronic shutdown can be achieved by clamping the adjustment terminal to ground which programs the output to 1.2V where most loads draw little current.

The LM117K, LM217K and LM317K are packaged in standard TO-3 transistor packages while the LM117H, LM217H and LM317H are packaged in a solid Kovar base TO-39 transistor package. The LM117 is rated for operation from −55°C to +150°C, the LM217 from −25°C to +150°C and the LM317 from 0°C to +125°C. The LM317T and LM317MP, rated for operation over a 0°C to +125°C range, are available in a TO-220 plastic package and a TO-202 package, respectively.

For applications requiring greater output current in excess of 3A and 5A, see LM150 series and LM138 series data sheets, respectively. For the negative complement, see LM137 series data sheet.

Features

- Adjustable output down to 1.2V
- Guaranteed 1.5A output current
- Line regulation typically 0.01%/V
- Load regulation typically 0.1%
- Current limit constant with temperature
- 100% electrical burn-in
- Eliminates the need to stock many voltages
- Standard 3-lead transistor package
- 80 dB ripple rejection

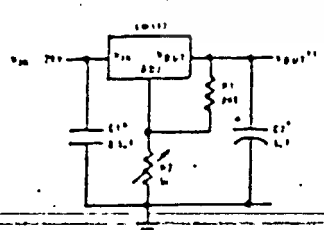
Normally, no capacitors are needed unless the device is situated far from the input filter capacitors in which case an input bypass is needed. An optional output capacitor can be added to improve transient response. The adjustment terminal can be bypassed to achieve very high ripple rejections ratios which are difficult to achieve with standard 3-terminal regulators.

LM117 Series Package and Power Capability

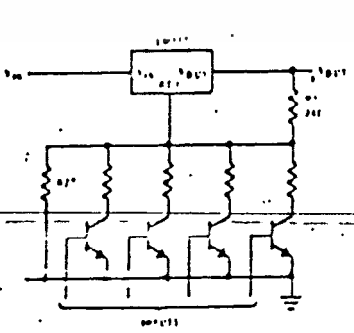
DEVICE	PACKAGE	RATED POWER DISSIPATION	DESIGN LOAD CURRENT
LM117	TO-3	20W	1.5A
LM217			
LM317			0.5A
LM117H	TO-39	2W	0.5A
LM217H			
LM317H			
LM117T	TO-220	15W	1.5A
LM317T			0.5A
LM317MP	TO-202	7.5W	0.5A
LM317L	TO-92	0.6W	0.1A

Typical Applications

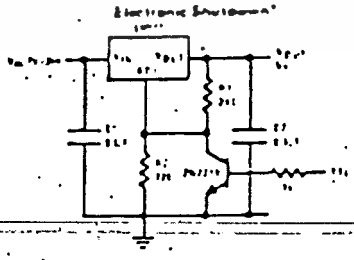
1.2V–25V Adjustable Regulator



Digitally Selected Outputs



5V Logic Regulator with Electronic Shutdown*



*Optional—improves transient response. Output capacitors in the range of 1 μF to 1000 μF of aluminum, tantalum, electrolytic are commonly used to provide improved output impedance and rejection of transients.

**Needed if device is far from filter capacitors.

†$V_{OUT} = 1.25V\left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$

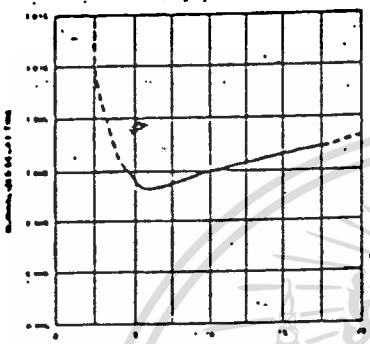
*Set maximum V_{OUT}

*Min output = 1.2V

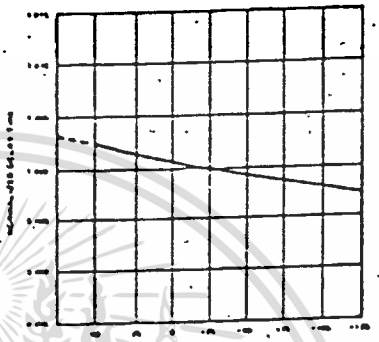
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS (Cont'd)

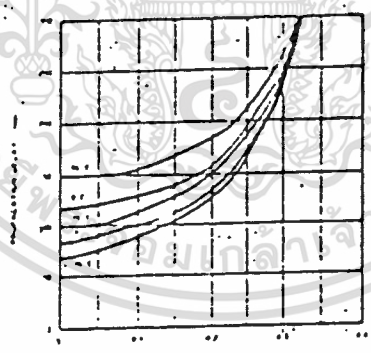
DELAY TIME vs SUPPLY VOLTAGE



DELAY TIME vs TEMPERATURE



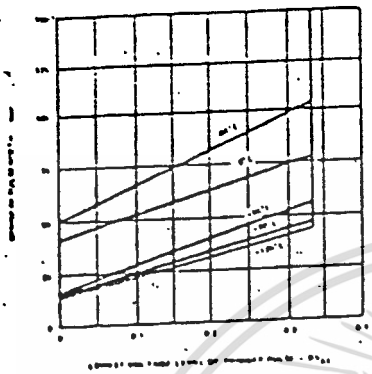
PROPAGATION DELAY vs VOLTAGE LEVEL OF TRIGGER PULSE



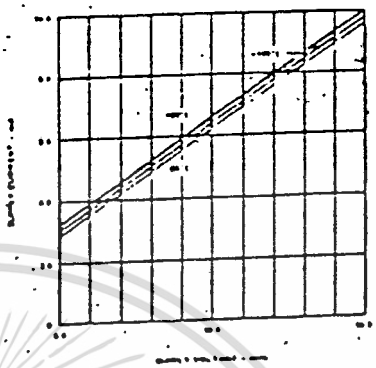
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS

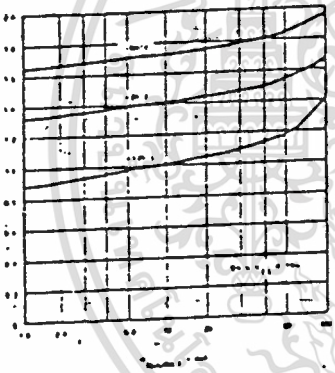
MINIMUM PULSE WIDTH REQUIRED FOR TRIGGERING



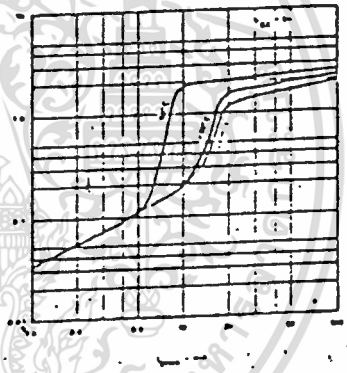
SUPPLY CURRENT vs SUPPLY VOLTAGE



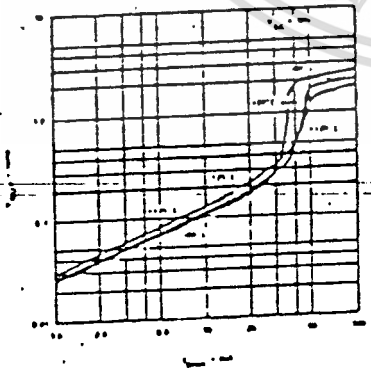
LOW OUTPUT VOLTAGE vs OUTPUT SINK CURRENT



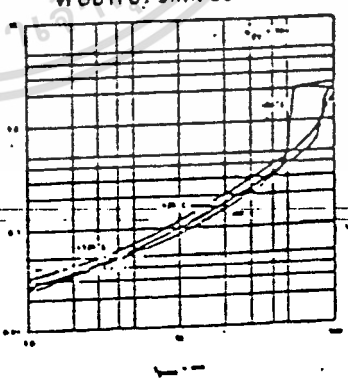
HIGH OUTPUT VOLTAGE vs OUTPUT SOURCE CURRENT



LOW OUTPUT VOLTAGE vs OUTPUT SINK CURRENT



LOW OUTPUT VOLTAGE vs OUTPUT SINK CURRENT



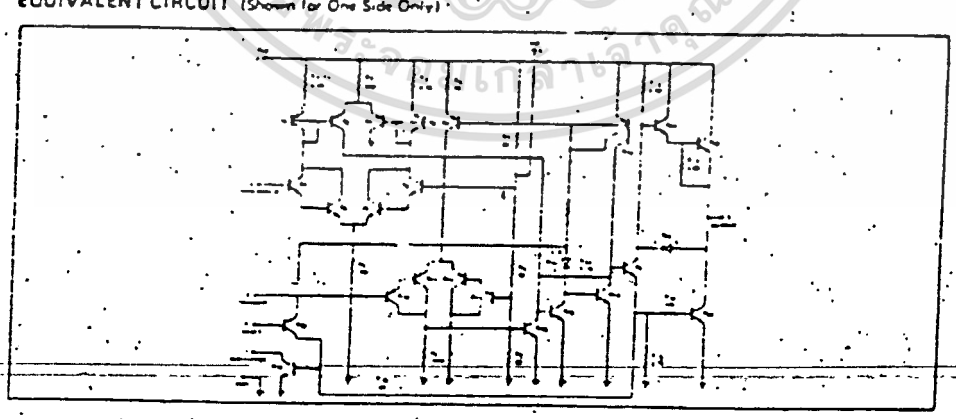
ELECTRICAL CHARACTERISTICS $T_A = 25°C$, $V_{CC} = +5V$ to $+15$ unless otherwise specified

PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE 555			NE 555			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Supply Voltage		4.5		18	4.5		16	V
Supply Current	$V_{CC} = 5V$ $R_L = \infty$		3	5		3	6	mA
	$V_{CC} = 15V$ $R_L = \infty$		10	12		10	15	mA
	Low State, Note 1							
Timing Error (Monostable)	R_A, R_B = 1kΩ to 100kΩ							
Initial Accuracy	C = 0.1 μF Note 2		0.5	2		1		%
Drift with Temperature			30	100		50		ppm/°C
Drift with Supply Voltage			0.05	0.2		0.1		%/Volt
Threshold Voltage			2/3			2/3		× V_{CC}
Trigger Voltage	$V_{CC} = 15V$	4.8	5	5.2		5		V
Timing Error (Astable)	$V_{CC} = 5V$	1.45	1.67	1.9		1.67		V
Trigger Current			0.5			0.6		μA
Reset Voltage		0.4	0.7	1.0	0.4	0.7	1.0	V
Reset Current			0.1			0.1		mA
Threshold Current	Note 3		0.1	0.25		0.1	0.25	μA
Control Voltage Level	$V_{CC} = 15V$	9.6	10	10.4	9.0	10	11	V
	$V_{CC} = 5V$	2.9	3.33	3.8	2.6	3.33	4	V
Output Voltage (low)	$V_{CC} = 15V$							
	$I_{SINK} = 10mA$		0.1	0.15		0.1	0.25	V
	$I_{SINK} = 50mA$		0.4	0.5		0.4	0.75	V
	$I_{SINK} = 100mA$		2.0	2.2		2.0	2.5	V
	$I_{SINK} = 200mA$		2.5			2.5		
	$V_{CC} = 5V$							
	$I_{SINK} = 8mA$		0.1	0.25				V
	$I_{SINK} = 5mA$					0.25	0.35	
Output Voltage Drop (low)								
	$I_{SOURCE} = 200mA$		12.5			12.5		
	$V_{CC} = 15V$							
	$I_{SOURCE} = 100mA$							
	$V_{CC} = 15V$	13.0	13.3		12.75	13.3		V
	$V_{CC} = 5V$	3.0	3.3		2.75	3.3		V
Rise Time of Output			100			100		nsec
Fall Time of Output			100			100		nsec

NOTES

1. Supply Current when output high typically 1mA less.
2. Tested at $V_{CC} = 5V$ and $V_{CC} = 15V$.
3. This will determine the max value of $R_A + R_B$ for 15V operation, the max total R = 20 megohms.

EQUIVALENT CIRCUIT (Shown for One Side Only)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LINEAR INTEGRATED CIRCUITS

DESCRIPTION

The NE/SE 555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA or drive TTL circuits.

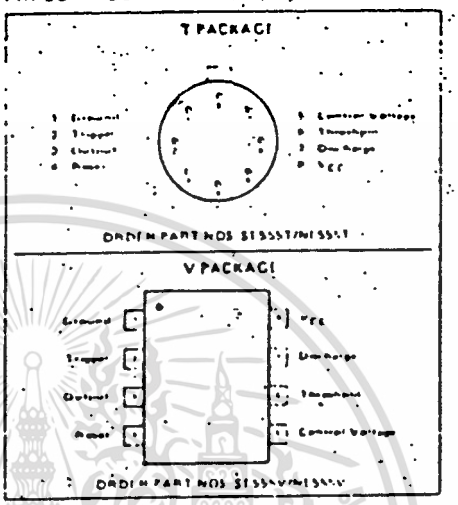
FEATURES

- TIMING FROM MICROSECONDS THROUGH HOURS
- OPERATES IN BOTH ASTABLE AND MONOSTABLE MODES
- ADJUSTABLE DUTY CYCLE
- HIGH CURRENT OUTPUT CAN SOURCE OR SINK 200mA
- OUTPUT CAN DRIVE TTL
- TEMPERATURE STABILITY OF 0.005% PER °C
- NORMALLY ON AND NORMALLY OFF OUTPUT

APPLICATIONS

PRECISION TIMING
PULSE GENERATION
SEQUENTIAL TIMING
TIME DELAY GENERATION
PULSE WIDTH MODULATION
PULSE POSITION MODULATION
MISSING PULSE DETECTOR

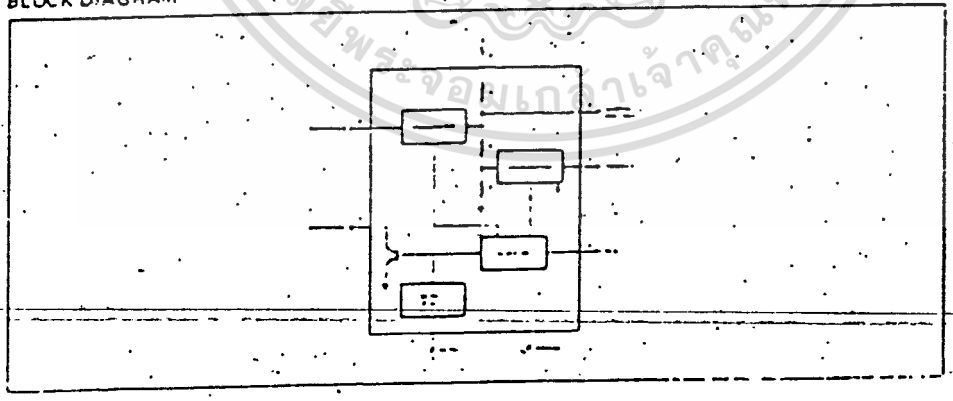
PIN CONFIGURATIONS (Top View)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation	600 mW
Operating Temperature Range	
NE555	0°C to +70°C
SE555	-55°C to +125°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 60 seconds)	+300°C

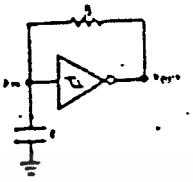
BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

typical applications

Low Power Oscillator

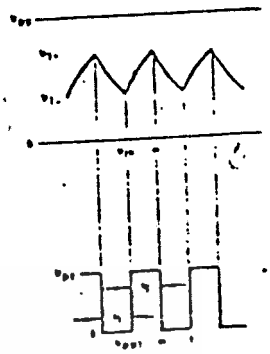


$$t_1 = RC \ln \frac{V_{T+}}{V_{T-}}$$

$$t_2 = RC \ln \frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}}$$

$$f = \frac{1}{RC \ln \frac{V_{T+}(V_{DD} - V_{T-})}{V_{T-}(V_{DD} - V_{T+})}}$$

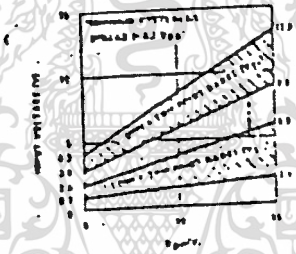
Note: The equations assume $t_1 + t_2 >> t_{pHL} + t_{pLH}$

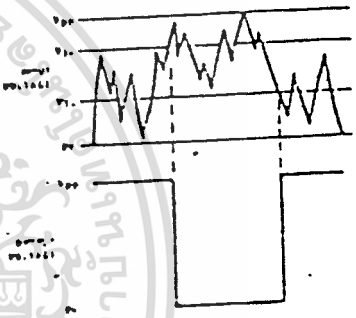


typical performance characteristics

Typical Transfer Characteristics

Guaranteed Trip Point Range





dc electrical characteristics CD40106BC (Note 2)

	PARAMETER	CONDITIONS	−40°C MIN	−40°C MAX	25°C MIN	25°C TYP	25°C MAX	+85°C MIN	+85°C MAX	UNITS
I_{DD}	Quiescent Device Current	V_{DD} = 5V		4.0			4.0		30	μA
		V_{DD} = 10V		8.0			8.0		60	μA
		V_{DD} = 15V		16.0			16.0		120	μA
V_{OL}	Low Level Output Voltage	$\|I_O\| < 1\mu A$								
		V_{DD} = 5V		0.05			0.05		0.05	V
		V_{DD} = 10V		0.05			0.05		0.05	V
		V_{DD} = 15V		0.05			0.05		0.05	V
V_{OH}	High Level Output Voltage	$\|I_O\| < 1\mu A$								
		V_{DD} = 5V	4.95		4.95	5		4.95		V
		V_{DD} = 10V	9.95		9.95	10		9.95		V
		V_{DD} = 15V	14.95		14.95	15		14.95		V
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage	V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V	0.7	2.0	0.7	1.4	2.0	0.7	2.0	V
		V_{DD} = 10V, V_O = 9V	1.4	4.0	1.4	3.2	4.0	1.4	4.0	V
		V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V	2.1	6.0	2.1	5.0	6.0	2.1	6.0	V
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage	V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V	3.0	4.3	3.0	3.6	4.3	3.0	4.3	V
		V_{DD} = 10V, V_O = 1V	6.0	8.6	6.0	6.8	8.6	6.0	8.6	V
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V	9.0	12.9	9.0	10.0	12.9	9.0	12.9	V
V_H	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$)	V_{DD} = 5V	1.0	3.6	1.0	2.2	3.6	1.0	3.6	V
		V_{DD} = 10V	2.0	7.2	2.0	3.6	7.2	2.0	7.2	V
		V_{DD} = 15V	3.0	10.8	3.0	5.0	10.8	3.0	10.8	V
I_{OL}	Low Level Output Current	V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V	0.52		0.44	0.88		0.36		mA
		V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V	1.3		1.1	2.25		0.9		mA
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V	3.6		3.0	8.8		2.4		mA
I_{CH}	High Level Output Current	V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V	−0.52		−0.44	−0.88		−0.36		mA
		V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V	−1.3		−1.1	−2.25		−0.9		mA
		V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V	−3.6		−3.0	−8.8		−2.4		mA
I_{IN}	Input Current	V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V		−0.30		-10^{-5}	−0.30		−1.0	μA
		V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V		0.30		10^{-5}	0.30		1.0	μA

ac electrical characteristics T_A = 25°C, C_L = 50 pF, R_L = 200k, t_r and t_f = 20 ns, unless otherwise specified.

PARAMETER		CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
t_{PHL} or t_{PLH}	Propagation Delay Time From Input To Output	V_{DD} = 5V		200	400	ns
		V_{DD} = 10V		80	200	ns
		V_{DD} = 15V		70	150	ns
t_{THL} or t_{TLH}	Transition Time	V_{DD} = 5V		100	200	ns
		V_{DD} = 10V		50	100	ns
		V_{DD} = 15V		40	80	ns
C_{IN}	Average Input Capacitance	Any Input		5	7.5	pF
C_{PD}	Power Dissipation Capacitance	Any Gate (Note 3)		14		pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

absolute maximum ratings

(Notes 1 and 2)

V_{DD} dc Supply Voltage	−0.5 to +18 V_{DC}
V_{IN} Input Voltage	−0.5 to V_{DD} +0.5 V_{DC}
T_S Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
P_D Package Dissipation	500 mW
T_L Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

recommended operating conditions

(Note 2)

V_{DD} dc Supply Voltage	3 to 15 V_{DC}
V_{IN} Input Voltage	0 to V_{DD} V_{DC}
T_A Operating Temperature Range	
CD4010BBM	−55°C to +125°C
CD4010BBC	−40°C to +85°C

dc electrical characteristics CD4010BBM (Note 2)

PARAMETER		CONDITIONS	−55°C		25°C			125°C		UNITS
			MIN	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	
I_{DD}	Quiescent Device Current	V_{DD} = 5V		1.0			1.0		30	μA
		V_{DD} = 10V		2.0			2.0		60	μA
		V_{DD} = 15V		4.0			4.0		120	μA
V_{OL}	Low Level Output Voltage	$\|I_O\| < 1\mu A$								
		V_{DD} = 5V		0.05			0.05		0.05	V
		V_{DD} = 10V		0.05			0.05		0.05	V
		V_{DD} = 15V		0.05			0.05		0.05	V
V_{OH}	High Level Output Voltage	$\|I_O\| < 1\mu A$								
		V_{DD} = 5V	4.95		4.95	5		4.95		V
		V_{DD} = 10V	9.95		9.95	10		9.95		V
		V_{DD} = 15V	14.95		14.95	15		14.95		V
V_{T-}	Negative Going Threshold Voltage	V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V	0.7	3.0	0.7	1.4	2.0	0.7	2.0	V
		V_{DD} = 10V, V_O = 9V	1.4	4.0	1.4	2.7	4.0	1.4	4.0	V
		V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V	2.1	6.0	2.1	4.0	6.0	2.1	6.0	V
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage	V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V	3.0	4.3	3.0	3.6	4.3	3.0	4.3	V
		V_{DD} = 10V, V_O = 1V	6.0	8.6	6.0	6.8	8.6	6.0	8.6	V
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V	9.0	12.9	9.0	10.0	12.9	9.0	12.9	V
V_H	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$)	V_{DD} = 5V	1.0	3.6	1.0	2.2	3.6	1.0	3.6	V
		V_{DD} = 10V	2.0	7.2	2.0	3.6	7.2	2.0	7.2	V
		V_{DD} = 15V	3.0	10.8	3.0	5.0	10.8	3.0	10.8	V
I_{OL}	Low Level Output Current	V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V	0.64		0.51	0.88		0.36		mA
		V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V	1.6		1.3	2.25		0.9		mA
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V	4.2		3.4	8.8		2.4		mA
I_{OH}	High Level Output Current	V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V	−0.64		−0.51	−0.88		−0.36		mA
		V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V	−1.6		−1.3	−2.25		−0.9		mA
		V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V	−4.2		−3.4	−8.8		−2.4		mA
I_{IN}	Input Current	V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V		−0.10		-10^{-5}	−0.10		−1.0	μA
		V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V		0.10		10^{-5}	0.10		1.0	μA

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

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

Note 3: C_{PD} determines the no load ac power consumption of any CMOS device. For complete explanation, see 54C/74C Family Characteristics application note—AN-90.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD40106BM/CD40106BC hex Schmitt trigger

general description

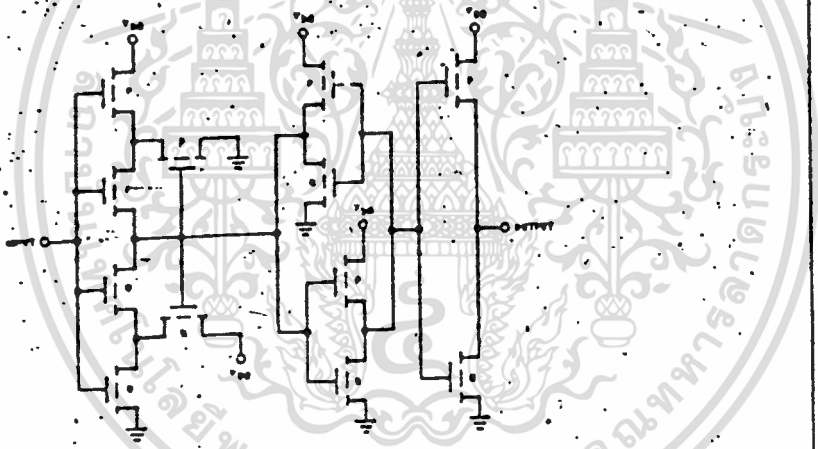
The CD40106B Hex Schmitt Trigger is a monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuit constructed with N and P-channel enhancement transistors. The positive and negative-going threshold voltages, V_{T+} and V_{T-}, show low variation with respect to temperature (typ 0.0005V/°C at V_{DD} = 10V), and hysteresis, $V_{T+} - V_{T-} \geq 0.2\ V_{DD}$ is guaranteed.

All inputs are protected from damage due to static discharge by diode clamps to V_{DD} and V_{SS}.

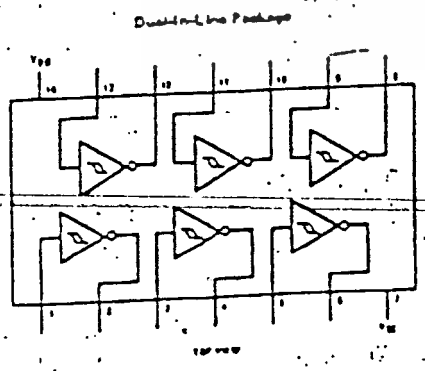
features

■ Wide supply voltage range	3V to 15V
■ High noise immunity	0.7 V_{DD} typ
■ Low power TTL compatibility	fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS
■ Hysteresis	0.4 V_{DD} typ, 0.2 V_{DD} guaranteed
■ Equivalent to MM54C14/MM74C14	
■ Equivalent to MC14584B	

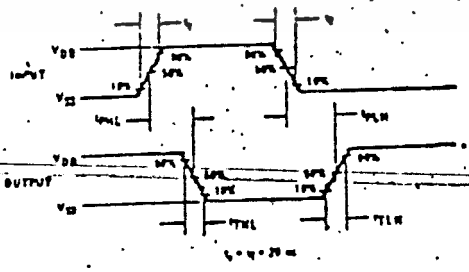
schematic diagram



connection diagram



switching time waveforms



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1 สว่าง ประกายรุ้งทอง,"หลักการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง",วารสารเซมิคอนดักเตอร์อีเลคทรอนิคส์,ฉบับที่81,หน้า 171-181,2532

2 สว่าง ประกายรุ้งทอง,"หลักการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ตอน2",วารสารเซมิคอนดักเตอร์อีเลคทรอนิคส์,ฉบับที่ 82,หน้า 190-201,2532

3 สว่าง ประกายรุ้งทอง,"หลักการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ตอนจบ",วารสารเซมิคอนดักเตอร์อีเลคทรอนิคส์,ฉบับที่ 83,หน้า 189-200,2532

4 ซีเอ็กยูเคชั่น,"คู่มือทรานซิสเตอร์" , หน้า 126-331, บริษัทซีเอ็กยูเคชั่น จำกัด,2531

5 ซีเอ็กยูเคชั่น,"คู่มือไอซีซีมอส 4000",หน้า 207-210,บริษัทซีเอ็กยูเคชั่น จำกัด,2531

6 ซีเอ็กยูเคชั่น,"คู่มือเทียบเบอร์ไอซีทีทีแอล",หน้า78-79,บริษัทซีเอ็กยูเคชั่น จำกัด,2531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้