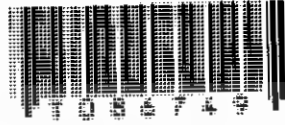


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องรักษาเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าให้คงที่และแหล่งจ่ายไฟสำรอง  
STABILIZER & UPS



นาย วิทยา ดวงเจริญศิริ 39012068  
นาย สหัทธ์ ภาษิต 39012072

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 86749  
วัน,เดือน,ปี..... 14 ส.ค. 2552

ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม (เข้า)  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2540

๒๐

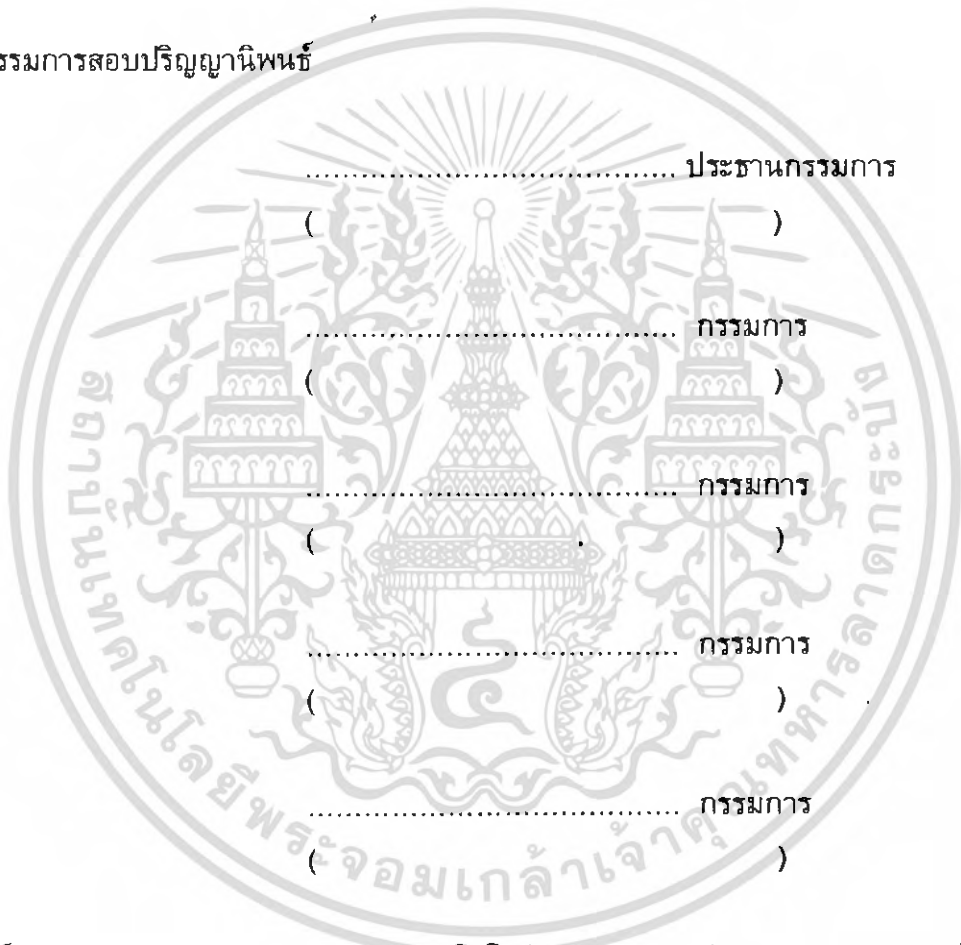
b..... 42902310
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาโท	วงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าและแหล่งจ่ายไฟสำรอง		
ชื่อนักศึกษา	นาย วิทยา	ดวงเจริญศิริ	39012068
	นาย สหัท	ภาษิต	39012072
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์		
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม		
ปีการศึกษา	2540		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง อนุมัติ  
 ให้นำปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรม

คณะกรรมการสอบปริญญาโท



อธิการบดีของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ เครื่องรักษาเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าและแหล่งจ่ายไฟสำรอง  
ชื่อนักศึกษา นาย วิทยา ดวงเจริญศิริ 39012068  
นาย สหัท ภาษิต 39012072  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์  
ชื่อปริญญา อดุสสาหกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขา เทคโนโลยีโทรคมนาคม  
ปีการศึกษา 2540

### บทคัดย่อ

เครื่องรักษาเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าและแหล่งจ่ายไฟสำรอง จะเป็นเครื่องที่ใช้สำหรับรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกให้คงที่ตลอด โดยจะมีแหล่งจ่ายสำรองไฟ 1 เฟส ขนาด 500 VA ในที่นี้แรงดันไฟฟ้าที่ทางออกคือ 220 โวลต์เป็นแรงดันไฟสลับ อีกทั้งยังสามารถกำหนดปริมาณการป้อนกระแสแก่โหลดได้ มีระบบป้องกันความถี่รบกวน ไฟตกหรือเกินกว่ากำหนด และมีระบบแสดงผลให้รู้ถึงแรงดันที่ได้มาจากแรงดันไฟบ้านด้วย สำหรับการำงานของระบบจะเป็นแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Name            Stabilizer & UPS  
Student Name            WITTAYA                    DAUNGCHALERNSIRI    39012068  
   SAHAT                            PASIT                            39012072  
Advisor                    Ass. Pro. UTHAI        SRITHEERAVIROJANA  
Bachelor Degree in    Industrial Technology (Telecommunication)  
Year                        1997

### Abstract

This Voltage Stabilizer and Uninterrupt power supply will be used to stabilize and control the 220 V<sub>AC</sub> output voltage and development of simple phase 500 VA UPS the load current. The over voltage and under voltage protection LED displayed to show the controlled levels . It is controlled automatically.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับความสำเร็จโดยดี ก็ด้วยความร่วมมือจาก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์

ข้าพเจ้าผู้จัดทำจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้  
ผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของโครงการ	3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	5
2.1 คำนำ	5
2.2 Auto-Transformer	5
2.3 วงจร Differential Amplifier	10
2.4 วงจร Voltage Level Detector	11
2.5 วงจร Power On Delay	15
2.6 วงจร Astable	17
2.7 LM3914	19
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างโครงการ	21
3.1 คำนำ	21
3.2 ส่วนประกอบของระบบ	21
บทที่ 4 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์แบบใช้ทรานซิสเตอร์	30
4.1 อินเวอร์เตอร์ชนิดใช้ทรานซิสเตอร์ออสซิลเลท	30
4.2 การใช้หลักการออสซิลเลท	31
4.3 การทำงานของอินเวอร์เตอร์	34
4.4 วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้หม้อแปลง 2 ชุด	38
4.5 หลักการของการใช้วงจรในวงจรอินเวอร์เตอร์	39
4.6 ส่วนประกอบของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในโครงการ	44
บทที่ 5 ผลการทดลอง	49
5.1 ผลการทดลองฮาร์ดแวร์ในส่วนของ วงจรรักษาเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า	49
5.2 ผลการทดลองในส่วนของวงจร อินเวอร์เตอร์	49
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองของโครงการและข้อเสนอแนะ	53
6.1 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	53
6.2 สรุปผลการทดลอง	53
เอกสารอ้างอิง	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในด้านต่างๆในปัจจุบัน อาจจะกล่าวได้ว่าส่วนหนึ่งเกิดจากไฟฟ้า ซึ่งได้ถูกนำไปแปรรูปในลักษณะต่างๆ อาทิเช่น แสงสว่าง ความร้อน พลังงานกล วงจรอิเล็กทรอนิกส์ และอื่นๆอีกมากมาย อีกทั้งเป็นแหล่งพลังงานให้กับอุปกรณ์จำพวกเครื่องมือทางการแพทย์ คอมพิวเตอร์ การสื่อสาร เป็นต้น เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านอุตสาหกรรม ธุรกิจการสื่อสารการแพทย์ และอื่นๆ มักจะมีอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาแทรกอยู่ในแทบทุกระบบงานทุกสาขาซึ่งก็อาจจะหมายถึงรวมถึงระบบคอมพิวเตอร์ที่เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

เมื่อมีการนำระบบอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้ร่วมกับเครื่องมือเครื่องจักร ก็จะทำให้มีการใช้ระบบประมวลผลและส่งผ่านข้อมูลเข้ามารวมด้วย อันหมายถึงว่ามันจะได้รับผลกระทบอย่างรวดเร็วต่อความเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามาให้แก่ระบบจะต้องมีมากขึ้น ( ซึ่งได้สรุปไว้ในข้อ 1.1.1 - 1.1.6 ) ความผิดปกติต่างๆเหล่านี้อาจจะทำให้ระบบคอมพิวเตอร์ในอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักรต่างๆ ทำงานผิดพลาดไปด้วย ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้มีการคิดประดิษฐ์อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า เครื่องรักษาเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าให้คงที่แบบอัตโนมัติ และแหล่งจ่ายไฟสำรอง ( Stabilizer & UPS ) ซึ่งจะทำหน้าที่แก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้า และจะทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่บริสุทธิ์ให้แก่อุปกรณ์ต่างๆได้อย่างถูกต้อง

ปัจจุบันปัญหาทางไฟฟ้าที่สามารถจะสร้างความเสียหายของระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ประมวลผล 80 เปอร์เซ็นต์ อันเกิดจากปัญหาทางไฟฟ้า เช่น

##### 1.1.1 ไฟตกชั่วขณะ ( Sag Voltage )

\* จะเกิดขึ้นเพียงชั่วขณะ อันอาจจะเกิดจากการใช้กำลังไฟฟ้ามากเกินไปเกินขนาดของสายหรือหม้อแปลงไฟฟ้าจะจ่ายให้ได้ เช่นการเดินเครื่องจักรใหญ่ ช่วงที่เริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ หรือเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์ขนาดใหญ่ จะทำให้ไฟตกชั่วขณะ

### 1.1.2 ไฟเกินชั่วขณะ ( Surge Voltage )

มักจะเกิดจากการปิด/เปิดสวิตช์ของโหลดขนาดใหญ่ หรือการเหนี่ยวนำไฟฟ้า เนื่องจากเกิดฟ้าผ่าลงที่สายส่งไฟฟ้า จะทำให้เกิดไฟฟ้าสูงชั่วขณะ อันเป็นปัญหาที่รุนแรงพอสมควร ที่จะทำให้ระบบคอมพิวเตอร์เสียหายได้ แม้จะมีอุปกรณ์ป้องกันระบบ เช่น ฟิวส์ (Fuse) หรือ เซอร์คิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) อยู่ก็ตาม แต่ก็ยังมีช่วงเวลาการทริป (Trip) ของตัวอุปกรณ์เอง ซึ่งอาจจะทำให้ระบบเกิดขัดข้องเสียหายก่อนจะตัดวงจรก่อน อันจะส่งผลให้เกิดความเสียหายหรืออายุการใช้งานของระบบเสื่อมลงเร็วขึ้น

### 1.1.3 สัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า (Noise and Transient)

คลื่นรบกวนในระบบไฟฟ้าที่มักจะพบเห็นเสมอ ก็คือ Noise และ Transient Voltage สำหรับ Noise นั้นหมายถึง คลื่นรบกวน โดยทั่วไปแล้วจะมีขนาดไม่ใหญ่นักแต่มีความถี่สูงมาก ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องหรือเป็นระยะ ๆ ปกติ Noise จะเข้าสู่ระบบด้วยวิธีการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ส่วน Transient Voltage จะหมายถึงพวก Surge Voltage และ Spile Voltage โดยมาก Transient Voltage อาจเกิดขึ้นได้จากฟ้าผ่า การตัด/ต่อโหลดบางชนิด เช่น การเปิด/ปิด สวิตช์เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องเชื่อมโลหะ มอเตอร์ สถานีวิทยุกระจายเสียง และอื่น ๆ

### 1.1.4 ไฟดับหรือไฟกระพริบ (Interruption)

ลักษณะของไฟดับ (Power Failure) มีอยู่ 2 ลักษณะ อันที่จริงจะมีผลกับระบบคอมพิวเตอร์ คือ ไฟกระพริบ ทำให้เกิดการขาดหายไปของไฟฟาระยะสั้น เช่น การทริปของระบบเบรลีย์ ในการจ่ายไฟฟ้าของสถานีจ่ายไฟ ซึ่งแม้จะเกิดเพียงระยะสั้นมากอาจเพียงแค่ 1 Cycle แต่ความจำในระบบก็จะถูกลบไปเมื่อไม่มีพลังงาน และการหยุดจ่ายไฟฟ้าอันเนื่องมาจากระบบจ่ายไฟ เสีย หรือเกิดการลัดวงจร แม้ว่าการหยุดจ่ายไฟจะไม่มีผลต่อความเสียหายของเครื่อง นอกจากเครื่องจะหยุดทำงานและความจำลบเลือน แต่จากสถิติพบว่าการมาใหม่ของไฟฟ้าอาจจะมีระดับแรงดันสูงกว่าปกติที่กำหนดไว้ (220 โวลท์ เอซี ) ในช่วงที่เข้ามาใหม่ ซึ่งจะทำให้เกิดไฟกระชาก อันจะเป็นผลให้ระบบคอมพิวเตอร์มีอายุการใช้งานสั้นลง

### 1.1.5 ไฟตกไฟเกินอย่างต่อเนื่อง (Under and Over Voltage)

มักจะเกิดขึ้นได้ทั้งในเมืองและชนบทที่ห่างไกล สาเหตุอาจจะมาจากการใช้กำลังไฟฟ้า ไม่เหมาะสมกับแหล่งจ่ายไฟในสายเดียวกัน บางเวลาผู้ใช้กำลังไฟฟ้ามาก แรงดันไฟฟ้าจะลดลง และบางเวลาในวันเดียวกันนั้น ผู้ใช้อาจจะทำให้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น สำหรับปัญหาไฟตกมักจะ

เกิดจากการที่มีการใช้พลังงานมาก และแหล่งจ่ายพลังงานจำต้องลดแรงดันลงหรือ Brown out ซึ่งอาจจะเกิดจากมีโหลดมากเกินไปหรือสายไฟเล็กไปโดยไฟจะตกประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ปัญหา มักจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องมืออันเนื่องจากการจ่ายไฟผิดปกติหรือโหลดมีน้อยเกินไป

#### 1.1.6 ความถี่ผิดพลาด (Frequency Error)

โดยส่วนใหญ่ความถี่จะผิดพลาดมีโอกาสดังขึ้นน้อยมาก นอกจากระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ามืดความถี่ไม่คงที่ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีขนาดเล็กไม่เหมาะสมกับโหลดที่เปลี่ยนแปลงไป และระบบมีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้ความถี่ไม่ถูกต้อง แต่อาจมีสาเหตุมาจากการปิด/เปิดเครื่องจักรขนาดใหญ่ในสายเดียวกัน ซึ่งเครื่องจักรขนาดใหญ่กินกำลังไฟฟ้ามากจะทำให้ความถี่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจาก Transient Variation หรืออาจทำให้ระบบที่มีขนาดเล็กอยู่แล้วเกิด Oscillate ซึ่งอาจมีผลต่อคอมพิวเตอร์ในแง่ข้อมูลผิดพลาดเนื่องจากความถี่ไม่คงที่

#### 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อทำการศึกษา และสร้างเครื่องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าทางออกให้คงที่ คือ ให้แรงดันไฟฟ้าสลับ 220 โวลต์ ที่สม่ำเสมอแบบอัตโนมัติ ถึงแม้ว่าแรงดันไฟฟ้าทางเข้า (Input Voltage) จะเปลี่ยนแปลงไปก็จะทำการปรับปรุงให้คงที่ ซึ่งไฟตกได้ 205 -235 V. ถ้าเกินจากนี้ จะตัดไปที่ UPS ทันที

#### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

##### ทาง Stabilizer

1. เมื่อแรงดันไฟฟ้าทางเข้ามีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 205 - 235 V. จะปรากฏระดับแรงดันไฟฟ้าทางออกของเครื่องเป็น 220 โวลต์ ผิดพลาดประมาณ 5 โวลต์ ในแต่ละระดับ
2. มีระดับแรงดัน ที่ควบคุมได้ 7 ระดับ ทุละ 5 โวลต์ อยู่ในช่วงตั้งแต่ 205 - 235 V<sub>AC</sub>
3. เครื่องจะสามารถจ่ายโหลด (Load) ได้ประมาณ 500 VA
4. มีระบบเตือนและหยุดการทำงานของเครื่องเอง (Alarm and Turn - off System) เมื่อพบว่าระดับแรงดันทางเข้าต่ำกว่า 200 โวลต์ ลงมา หรือสูงกว่า 240 V<sub>AC</sub> ขึ้นไป เนื่องมาจากผลการผิดพลาด 5 โวลต์ จากข้อ 1 จะ Switch โหลดไปยัง UPS

##### ทาง UPS

1. เมื่อแรงดันไฟฟ้าทางเข้ามีค่าเกิน 240 โวลต์ หรือ น้อยกว่า 200 โวลต์ ภาค Inverter จะสร้างสัญญาณไฟสลับ 220 Vac 500 VA จ่ายให้แก่โหลดอุปกรณ์ไฟฟ้า

#### 1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการ

- 1.4.1 ได้รับความรู้และเข้าใจในเทคโนโลยีการวัด, ควบคุม และป้องกันความเสียหายของระบบในโครงการนี้
- 1.4.2 ทำให้ยืดอายุการใช้งานและป้องกันอันตรายให้กับอุปกรณ์ที่ต่อใช้งานกับโครงการนี้ร่วมด้วย
- 1.4.3 ได้รับความรู้ในเรื่องของแหล่งจ่ายไฟสำรอง

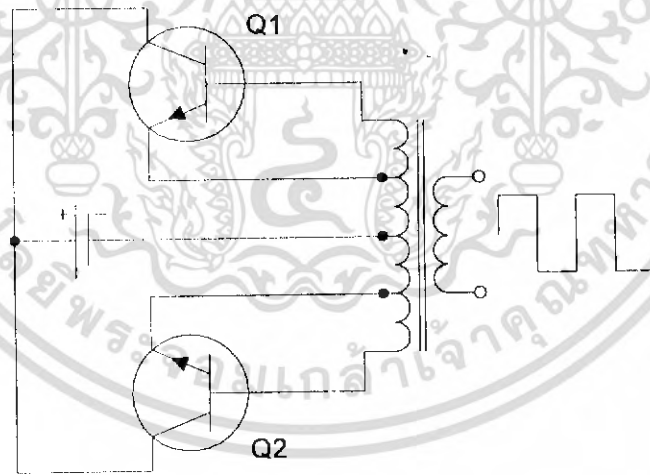


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### หลักการทํางานของอินเวอร์เตอร์แบบใช้ทรานซิสเตอร์

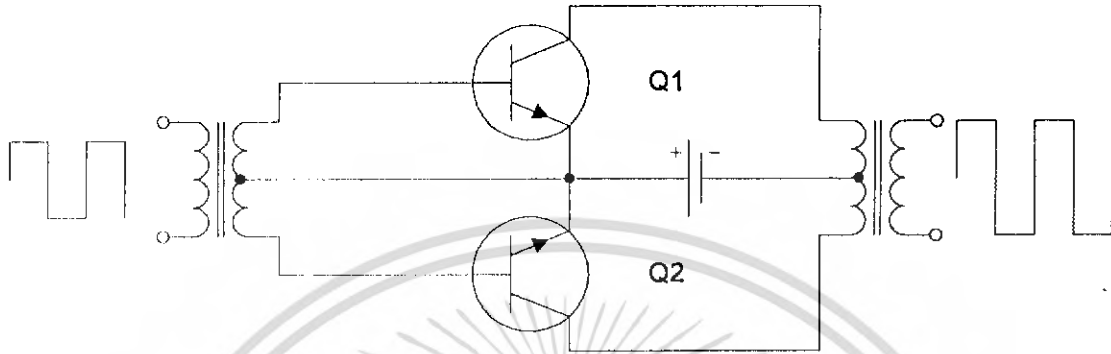
4.1 ทรานซิสเตอร์กำลังเป็นอุปกรณ์ที่มีมาก่อนไทรซิสเตอร์ การประยุกต์ทรานซิสเตอร์ในวงจรทำได้ง่ายกว่า เพราะสามารถควบคุมการ ออน-ออฟ ของทรานซิสเตอร์ได้ง่ายกว่าไทรซิสเตอร์ (เอสซีอาร์) ส่วนไทรซิสเตอร์มีอัตราขยายการใช้งานทางกระแสและการดันสูงกว่า จึงเหมาะที่จะใช้ในวงจรที่ต้องการกำลังงานเอาต์พุตสูงๆ ในปัจจุบันมอสเฟตกำลังให้คุณสมบัติในการทนกระแสและแรงดันสูงขึ้น และแนวโน้มในอนาคตจะได้รับความสนใจในวงจรอินเวอร์เตอร์มากขึ้น รูปที่ 4.1 เป็นตัวอย่างของวงจรอินเวอร์เตอร์ ที่ใช้ทรานซิสเตอร์โดยมีขดลวดจากหม้อแปลงเป็นตัวป้อนกลับ ซึ่งเป็นวิธีการป้อนกลับทางด้านสนามแม่เหล็ก วงจรเป็นวงจรที่มีลักษณะของมัลติไวเบรเตอร์ การออสซิลเลทจะให้ผลลัพธ์เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม กล่าวคือ ทรานซิสเตอร์ทั้งสองจะสลับกันทำงานระหว่างคัทออฟกับอิ่มตัว ความถี่ของการออสซิลเลทขึ้นอยู่กับค่าขดลวดที่ใช้หรือจำนวนที่พันนั่นเอง การออสซิลเลทของวงจรนี้จะออสซิลเลทขึ้นเองตรงเท่าที่มีไฟจ่ายจากแหล่งจ่ายไฟตรง



รูปที่ 2.1 อินเวอร์เตอร์ชนิดใช้ทรานซิสเตอร์ออสซิลเลท

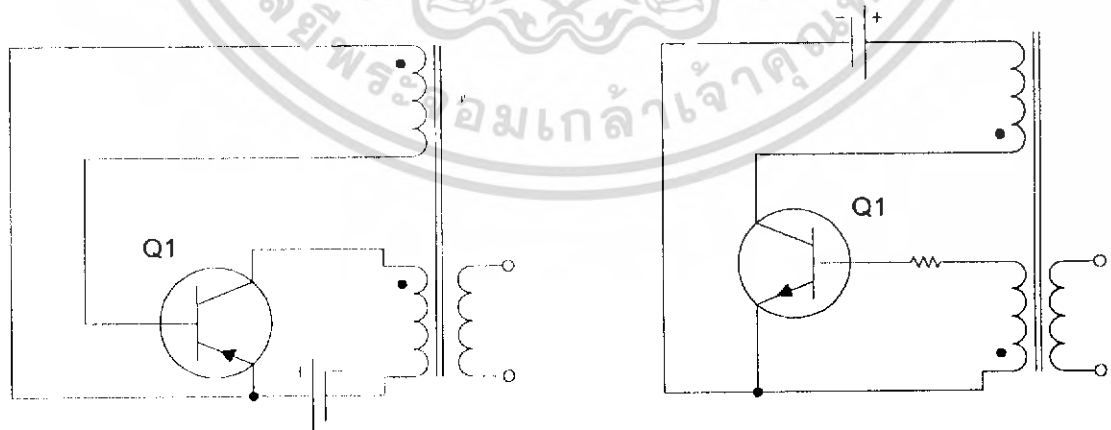
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนวงจรรูปที่ 4.2 เป็นวงจรที่ทำงานได้ด้วยลักษณะของพัลส์ที่ป้อนเข้าที่อินพุท วงจรอินเวอร์เตอร์แบบนี้จะไม่สามารถออสซิลเลทได้ ดังนั้นจึงต้องมีสัญญาณจากอินพุท ป้อนเข้ามาเพื่อขับวงจรให้ออสซิลเลทตามต้องการ ลักษณะของวงจรจึงเหมือนกับวงจรขยายภาคกำลังในวงจรเครื่องเสียงที่ เรียกว่า พุซพูล



รูปที่ 4.2 วงจรอินเวอร์เตอร์ที่มีการขับด้วยพัลส์ที่อินพุท

ในกรณีที่ต้องการอินเวอร์เตอร์ไปใช้กับโหลดที่ไม่มากนัก เช่น วงจรจุดหลอดเรืองแสงจากแบตเตอรี่ และเราต้องการให้วงจรประกอบเสร็จแล้วค่อนข้างจะกระทัดรัด เพื่อบรรจุลงในอุปกรณ์อื่นได้สะดวก ลักษณะดังกล่าวนี้เรามักใช้วงจรทรานซิสเตอร์ มีผลโดยตรงต่อกระแสเบส จนถึงภาวะที่แกนเหล็กอิ่มตัวแล้ว กระแสจะคืนตัวและหยุดไหล ดังนั้น จึงมีการไหลของกระแสเป็นช่วง ๆ ไป



รูปที่ 4.3 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ทรานซิสเตอร์ตัวเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การใช้หลักการออสซิลเลชัน

### 4.2.1 ออสซิลเลเตอร์ด้วยวงจรป้อนกลับ (feedback oscillators)

วงจรออสซิลเลเตอร์มักจะเป็นส่วนหนึ่งของวงจรอินเวอร์เตอร์ในสมัยปัจจุบัน และเรามักจะไขว่ไขวระหว่างคำว่า ออสซิลเลเตอร์กับอินเวอร์เตอร์ ออสซิลเลเตอร์เป็นวงจรสร้างสัญญาณไฟสลับที่ให้ค่าแรงดัน โดยให้กำลังงานออกต่ำ แต่ถ้าเราใช้ออสซิลเลเตอร์สร้างสัญญาณและจ่ายกำลังงานไปใช้ประโยชน์ เราจะเรียกว่า อินเวอร์เตอร์

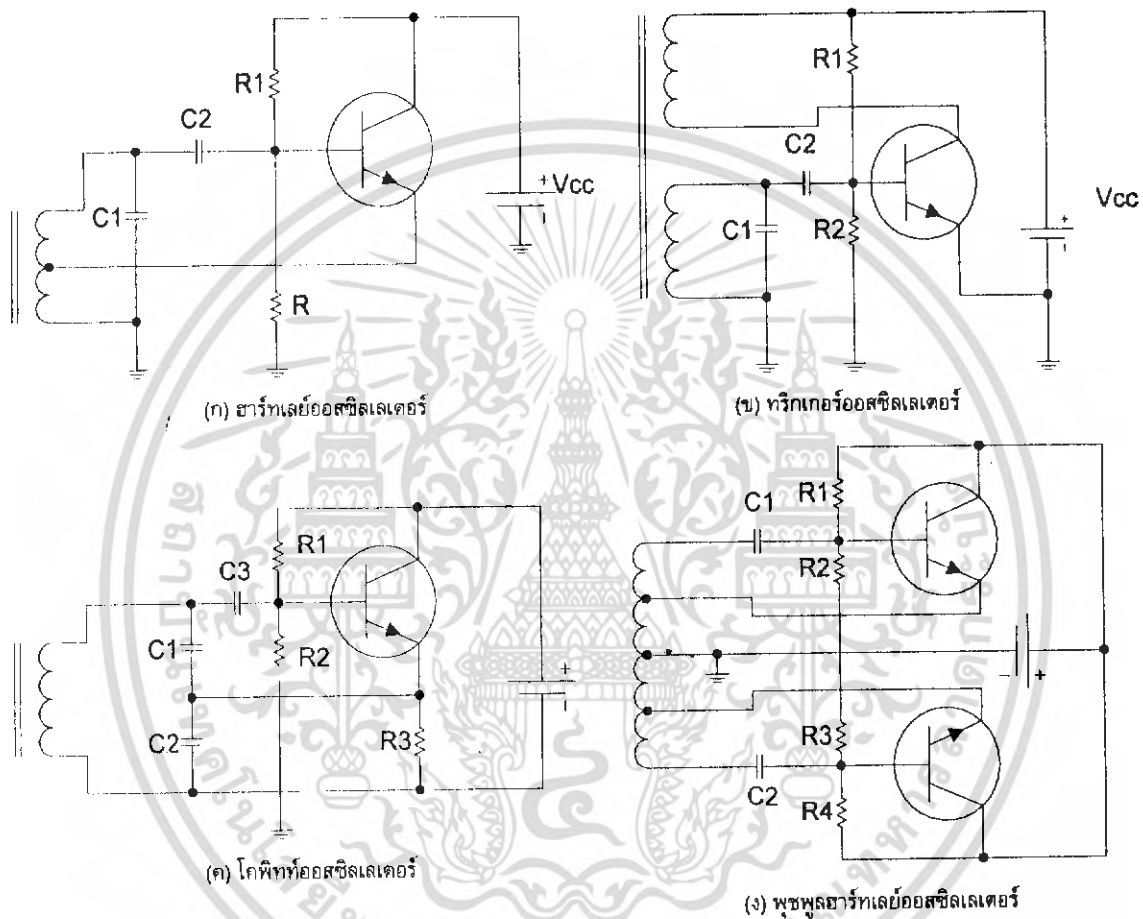
หลักการออสซิลเลเตอร์เบื้องต้นคือการป้อนกลับ การป้อนกลับนั้นจะต้องพอเหมาะในลักษณะของการป้อนกลับแบบบวก(positive feedback) ลักษณะการป้อนแบบพื้นฐานพอจะยกตัวอย่างได้ดังรูปที่ 4.4 วงจรออสซิลเลเตอร์เหล่านี้อาศัยหลักการป้อนกลับของสัญญาณจากเอาต์พุตกลับมายังอินพุตทางด้านเบส ลักษณะการป้อนกลับนี้ ถ้าควบคุมค่า L และ C ของขดลวดให้ดีจะได้ค่าความถี่ตามต้องการ แต่อย่างไรก็ตามความถี่ที่ได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์เหล่านี้ยังมีค่าสูงอยู่ โดยทั่วไปอาจมากกว่า 1000 เฮิรตซ์ ขึ้นไป การออสซิลเลทจะทำให้สัญญาณที่ใกล้เคียงคลื่นรูปไซน์ได้ การกำหนดภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์ก็เหมือนกับในวงจรขยายที่สามารถกำหนดให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในคลาสรี่ บี หรือ ซี ได้ กาแปลงพลังงานในรูปลักษณะของออสซิลเลเตอร์เหล่านี้ให้กลายเป็นอินเวอร์เตอร์โดยตรงอาจทำได้ด้วยประสิทธิภาพมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์

### 4.2.2 วงจรรีแลกเซชันออสซิลเลเตอร์ (Relaxation oscillators)

ลักษณะพิเศษของการออสซิลเลทแบบนี้คือ มันจะให้สัญญาณเอาต์พุตมีรูปร่างไม่เป็นคลื่นรูปไซน์ ซึ่งอาจเป็นรูปพัลส์ ฟันเลื่อยหรือรูปสี่เหลี่ยม การออสซิลเลทแบบนี้จึงอาศัยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีภาวะการอิ่มตัวได้ (saturation) การทำงานมักต้องมีส่วนประกอบวงจรเป็นวงจร RC หรือ LR เป็นต้น รูปที่ 2.5 เป็นตัวอย่างของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบนี้

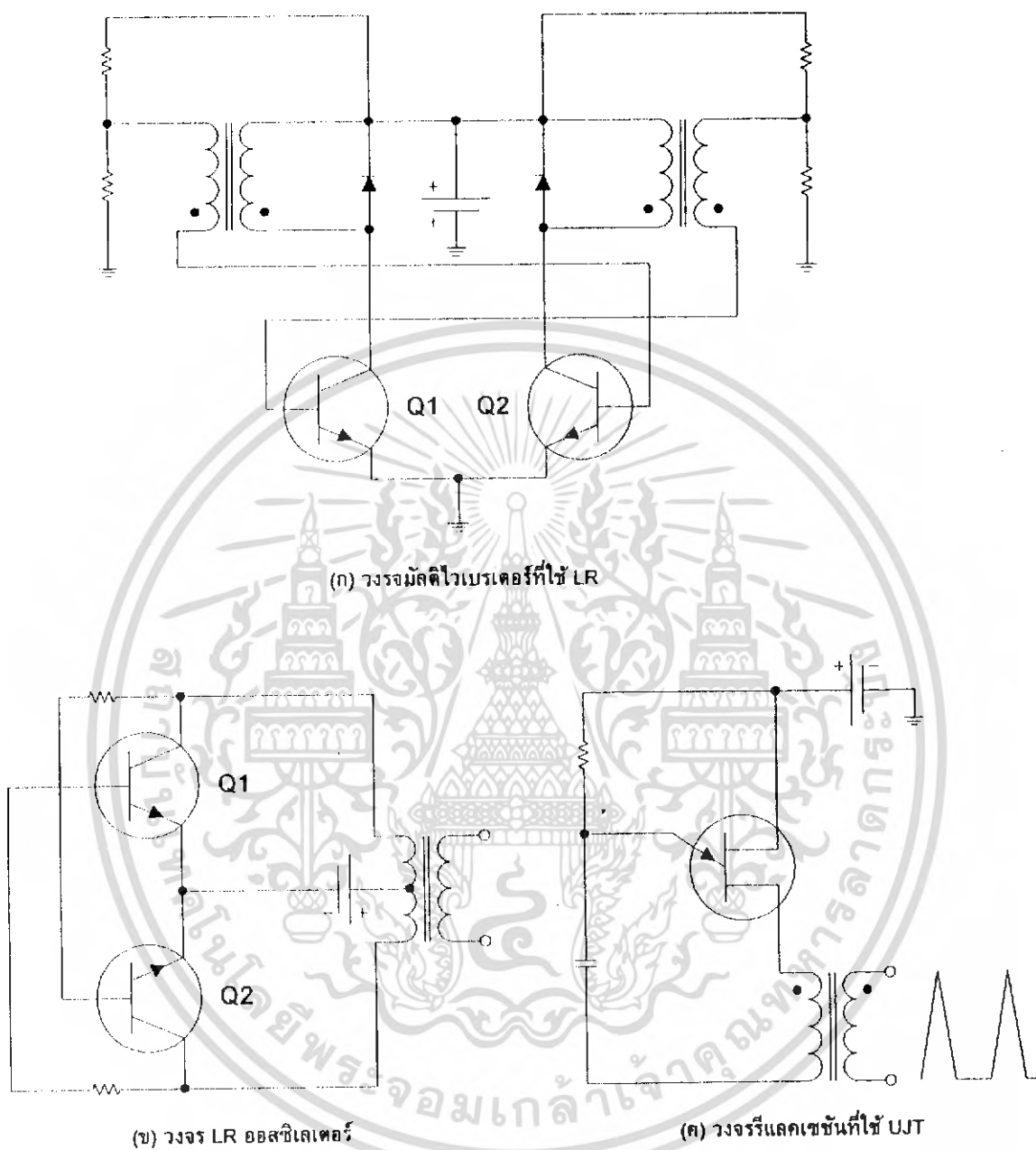
วงจรออสซิลเลเตอร์ดังกล่าวให้ลักษณะเอาต์พุตไม่เป็นรูปไซน์ดังตัวอย่างในรูป(ก) ทรานซิสเตอร์ Q1 อยู่ในสภาวะออน Q2 จะอยู่ในสภาวะออฟและเมื่อ Q1 อยู่ในสภาวะออน Q2 จะออฟลักษณะการทำงานจึงสลับกันไปเช่นนี้ เหมือนกับกรณีของวงจรมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ RC แต่กรณีนี้ใช้ LR แทนในการใช้งานเราอาจจะพันขดลวดรอบแกนหรือร่วมกับแกนเหล็กเพื่อเหนี่ยวนำกระแสที่ได้จากกระแสคอลเลคเตอร์ ในกรณีรูป (ก) ต้องใช้แกนหม้อแปลงถึง 2 แกน พันแยกจากกัน รูป (ข) เป็นรูปตัวอย่างที่นิยมใช้กันมากในวงจรอินเวอร์เตอร์ การนำกระแสของ Q1 และ Q2 ในลักษณะสลับกันจะเป็นผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางของสนามแม่เหล็กกลับไปกลับมาและเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันเอาต์พุตขึ้นมาได้ส่วนในรูป (ค) เป็นการใช้งานของยูเจทในวงจรออสซิลเลเตอร์ ยูเจทเป็นอุปกรณ์ที่สร้างให้เกิดการออสซิลเลทขึ้นง่ายโดยการเติมเพียง R และ C เท่านั้น การออสซิลเลทของยูเจทในกรณีนี้จะให้สัญญาณเพียงรูปพัลส์เล็กๆที่ขา

B<sub>1</sub> ของวงจร โดยปกติลักษณะของพัลส์ที่ออกมาสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ เช่น ใช้เป็นสัญญาณทรigger



รูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

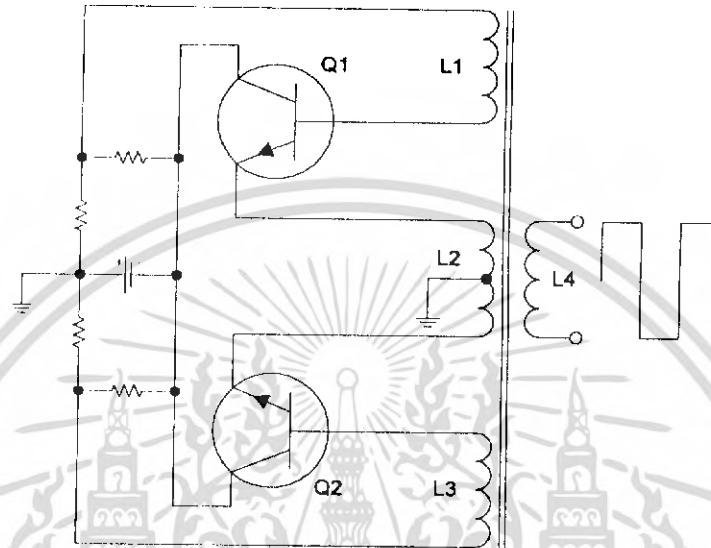


รูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 การทำงานของอินเวอร์เตอร์

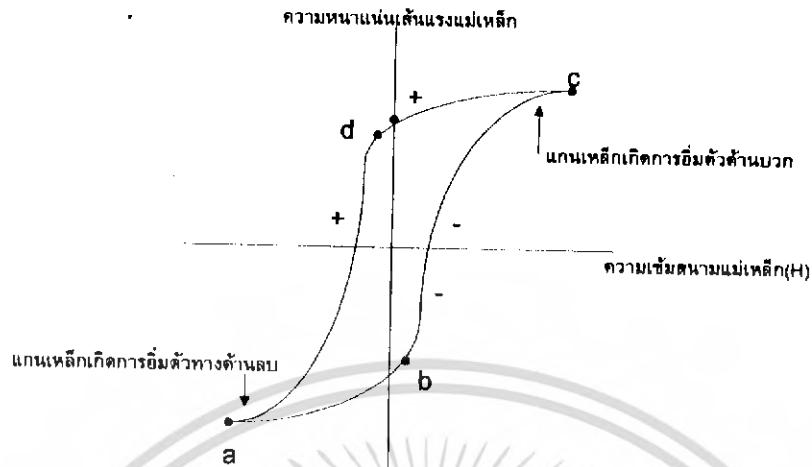
ลักษณะของวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้หลักการอิมิตัวของเส้นแรงแม่เหล็ก มีได้หลายแบบ แต่ที่อาศัยลักษณะการทำงานเหมือนกัน วงจรที่พบเห็นมากที่สุดคือการใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ต่อวงจรดังรูปที่ 4.6



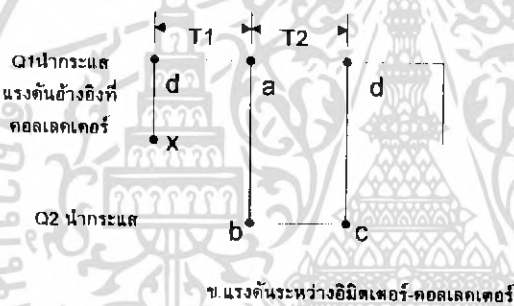
รูปที่ 4.6

โดยคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 จะไม่มีลักษณะที่เหมือนกันทุกประการ ดังนั้น เมื่อเราต่อแหล่งจ่ายไฟตรงให้กับวงจรทรานซิสเตอร์ 2 ตัวนี้จะนำกระแสและจะนำกระแสได้ไม่เท่ากัน การที่คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวนี้ไม่เหมือนกันทำให้เกิดการออสซิลเลทได้

ลองพิจารณาเมื่อเปิดสวิตช์ให้วงจรเริ่มทำงาน โดยเราสมมุติให้ Q1 เป็นทรานซิสเตอร์ที่เริ่มนำกระแสได้มากกว่า Q2 นั่นคือการไหลของกระแสคอลเลคเตอร์ของ Q1 จะมีผลทำให้ทิศทางของสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำกระแสเบสของ Q1 ในทางที่เพิ่มขึ้นและจะมีทิศทางในการลดกระแสเบสของ Q2 ซึ่งคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะทำให้ Q2 เกิดการออฟได้ ในกรณีที่ Q1 จะออน Q2 จะออฟ ถ้าพิจารณาดังนี้ จะเห็นว่า Q1 นำจะออนตลอดและ Q2 นำจะออฟตลอด แต่ความเป็นจริงแล้วเราต้องมาพิจารณาถึงคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กในแง่ของลูบฮิสเทอรีซิส หรือ กราฟ B-H ของแกนดังแสดงดังรูปที่ 4.7



กลุ่มทางด้านฮิสเทอรีซิสของ B-H

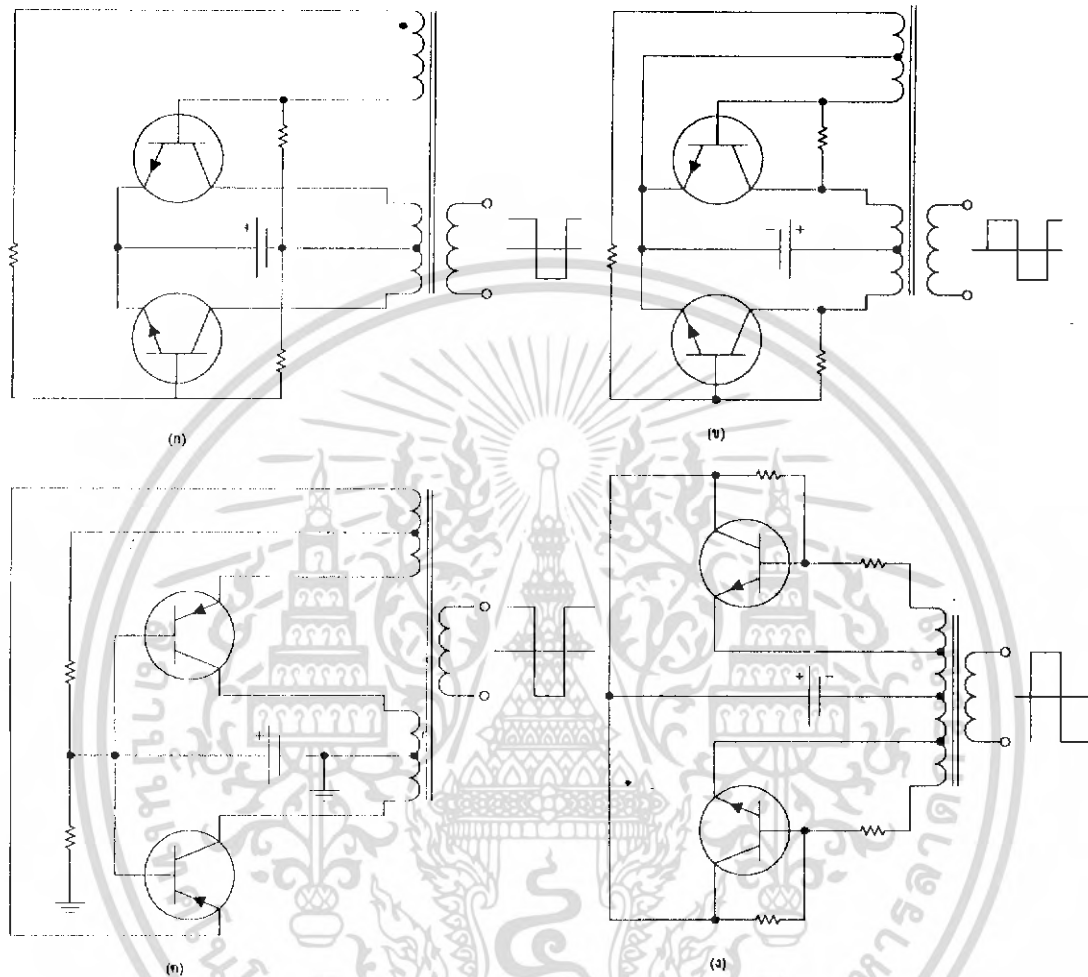


รูปที่ 4.7

สมมุติว่าที่แรงดันไฟตรงจากแหล่งจ่ายไฟ เมื่อป้อนเข้าไปยังขดลวดจะมีความหนาแน่นเส้นแรงอยู่ที่จุด X และเมื่อเริ่มต้นให้ Q1 เริ่มนำกระแส เกิดการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงจาก X จะมายัง d การนำกระแสจะเป็นผลทำให้เกิดการขยายตัวของเส้นแรงแม่เหล็ก ครั้นเส้นแรงแม่เหล็กลงมาด้านล่างจนถึงจุด a ซึ่งเป็นจุดที่อิ่มตัวคุณสมบัติการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กจาก Q1 ก็หมดอำนาจลง กล่าวคือ ขดลวด L1 หรือ L2 ทางด้าน Q1 จะเสมือนกับเป็นเส้นลวดที่ไม่ใช่ตัวเหนี่ยวนำ ขดลวด L3 ก็เป็นผลทำให้เกิดการขยายตัวของแรงแม่เหล็กในทิศทางกลับ ซึ่งจะเป็นผลทำให้ Q1 จะตัดออฟเคลื่อนที่จาก a ไปยัง b และมายัง c และจะวนกลับไปมาเช่นนี้เรื่อยไป การทำงานของ Q1 และ Q2 จึงออนและออฟสลับกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปมา ลักษณะของรูปคลื่นที่ได้จะให้สัญญาณเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ดูตีไซเคิล (duty cycle) เท่ากับ 50% พอดี ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติทางด้านสมมาตรในรูปฮิสเทอเรซิสของกราฟ B-H นั้นเอง



รูปที่ 4.8

นอกจากนี้เรายังสามารถสร้างวงจรในรูปแบบอื่นอีกได้โดยอาศัยคุณสมบัติทางด้านการอิ่มตัวของเส้นแรงแม่เหล็กที่ตั้งรูปที่ 4.8 แต่ละแบบของวงจรถูกอาศัยหลักการเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว วงจรที่นิยมใช้กันมากที่สุดและพบเห็นได้บ่อยที่สุด คือวงจรในรูป (ง) แต่สำหรับรูป (ข) และ (ค) มีที่นำสังเกตคือ ขดลวดป้อนกลับและขดลวดกระแสคอลเลคเตอร์มีเฟสต่างกัน การพันหม้อแปลงในกรณีนี้ต้องมีทิศทางที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้การพิจารณาความถี่ของการออสซิลเลทอาจคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของสมการการเหนี่ยวนำของขดลวดดังนี้

$$E = (4.44 \times 10^{-8}) f \phi_{mas}$$

เมื่อ E คือ ค่าแรงดันเหนี่ยวนำสูงสุดของคลื่นรูปไซน์มีค่าเป็นโวลท์

f คือ ความถี่มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์

N คือ จำนวนรอบของขดลวดมีหน่วยเป็นรอบ

คือ ค่าเส้นแรงแม่เหล็กมากที่สุดแกน

สมการนี้เราจะคิดที่ขดใดขดหนึ่ง

โดยที่

หรือ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กเท่ากับความหนาแน่น เส้นแรงคูณพื้นที่หน้าตัด หรือเขียนในรูปความถี่ได้

$$f = \frac{E \times 10^8}{4.44 \times N \times B_{sat} \times A}$$

เมื่อ f คือ ความถี่มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์

E คือ ค่าแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นคร่อมขดลวดครั้งหนึ่งทางด้านขดปฐมภูมิ

N คือ จำนวนรอบในครั้งหนึ่งของขดลวดด้านปฐมภูมิ

B<sub>sat</sub> คือ ความเข้มเส้นแรงอิ่มตัว

A คือ พื้นที่หน้าตัดของแกน

เมื่อพิจารณาจากสมการความถี่จะเห็นว่า ความถี่ของการออสซิลเลทไม่ได้ขึ้นกับค่าตัวเก็บประจุ และ ตัวต้านทานเลย แต่จะขึ้นกับจำนวนรอบของการพันรอบแกนซึ่งเป็นค่าคงที่ นอกจากนั้นถ้าพิจารณาถึงคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ที่จะมีผลต่อความถี่ก็เห็นได้ว่า ทรานซิสเตอร์นั้นมีผลต่อแรงดัน E แต่ในความเป็นจริงแล้ว ผลส่วนนี้เป็นทางอ้อมที่มีผลไม่มากนัก ดังนั้น ความถี่ของการออสซิลเลทในกรณีนี้ จึงให้ความถี่ที่มีเสถียรภาพดีมากวิธีหนึ่ง

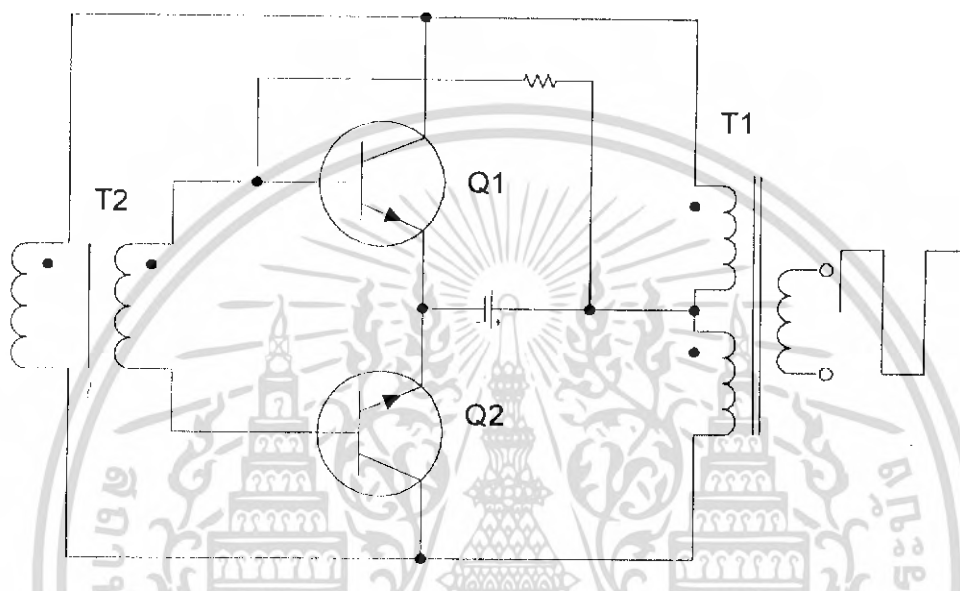
#### 4.4 วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้หม้อแปลง 2 ชุด

ในวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้หลักการของหม้อแปลงชุดเดียว การคับปลิ่งทางด้านหลังงาน เพื่อจ่ายไปยังเอาท์พุทก็จะผ่านทางหม้อแปลงนี้ ดังนั้น ถ้าต้องการดึงกระแสจากแกนของหม้อแปลงก็จะต้องใหญ่และอาจมีผลโดยตรงกับการทำงานของวงจรได้ ดังนั้น จึงมีผู้ออกแบบแยกหม้อแปลงป้อนกลับกับหม้อแปลงเอาท์พุทออกจากกันดังแสดงในรูปที่ 4.9

หลักการของวงจรในกรณีนี้ก็เหมือนกับกรณีที่ใช้การอิ่มตัวของเส้นแรงแม่เหล็กหม้อแปลง T2 เป็นหม้อแปลงที่อาศัยหลักการดังกล่าว กล่าวคือ เมื่อ Q1 นำกระแสมันจะนำในทิศทางที่เพิ่มกระแสเบสให้ Q1 และลดกระแสให้ Q2 ครั้นเมื่อ มันนำกระแสถึงจุดอิ่มตัว การคงคุณสมบัติของหม้อแปลงก็หมดไป กระแสเบสก็จะมี การคายตัวของหม้อแปลง T2 ก็

เกิดขึ้นในทิศทางเพิ่มกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ Q2 ดังนั้น Q2 จึงเริ่มนำกระแสและจะทำงานสลับกันไป

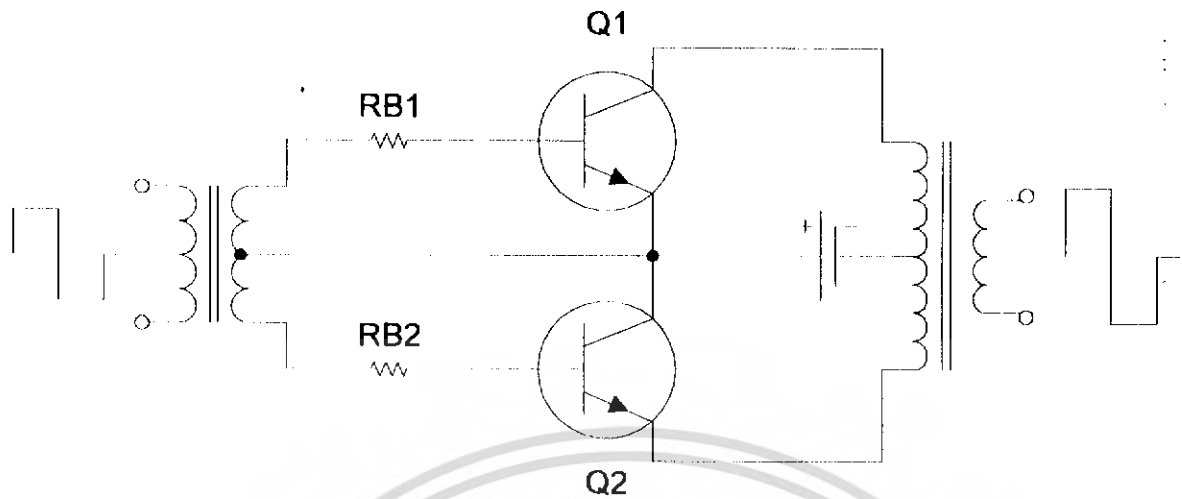
การแยกหม้อแปลงออกเป็น 2 ชุด มีข้อดีในแง่ของกำลังสูญเสียในแกนหม้อแปลงกล่าวคือ การทำงานเราต้องให้กราฟใน B-H เพิ่มถึงจุดอิ่มตัว แต่เมื่อแยกหม้อแปลงแล้ว หม้อแปลง T2 มีกระแสเบสไหลซึ่งมีค่าจำนวนไม่มากนัก เราจึงใช้หม้อแปลงตัวเล็ก ๆ ได้ ผลที่ได้คือการสูญเสียใน T2



รูปที่ 4.9 วงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้หม้อแปลง 2 ชุด

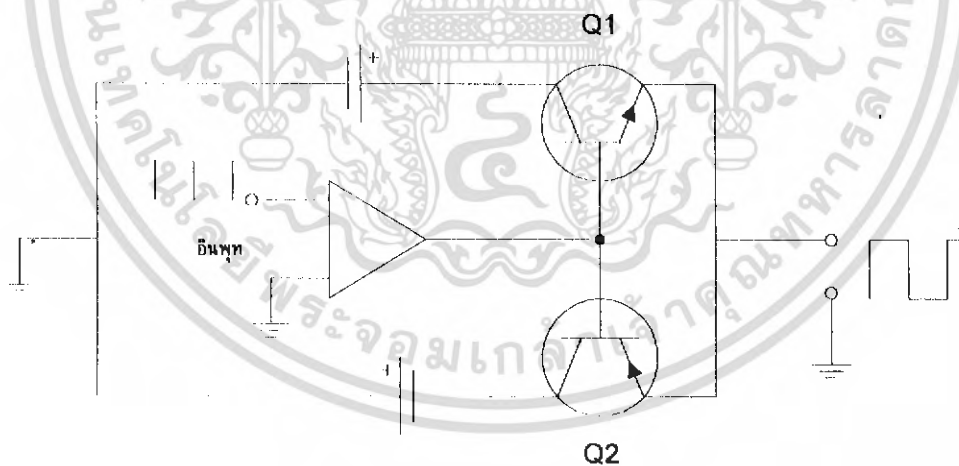
#### 4.5 หลักการของการใช้วงจรในวงจรอินเวอร์เตอร์

4.5.1 หลักของวงจรแบบนี้ก็อาศัยหลักการของวงจรขยายกำลังดังตัวอย่างในวงจร Amplifier ของเครื่องเสียงนั่นเอง รูปที่ 4.10 เป็นวงจรขยายกำลังคลาส บี ซึ่งเป็นวงจรเดิมที่ใช้ในวงจรเครื่องเสียง แต่ในปัจจุบันวงจรทางเครื่องเสียงไม่นิยมใช้วงจรแบบนี้เพราะคุณภาพของเสียงไม่ดีพอ



รูปที่ 4.10 วงจรขยายพหุพหุที่ใช้เป็นอินเวอร์เตอร์

นอกจากนี้เรายังอาศัยหลักการของวงจรคอมพลีเมนทารีที่ใช้ในวงจรเครื่องขยายเสียง ส่วนใหญ่ในปัจจุบันนี้เป็นอินเวอร์เตอร์ได้เช่นกัน ลักษณะของวงจรแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.11

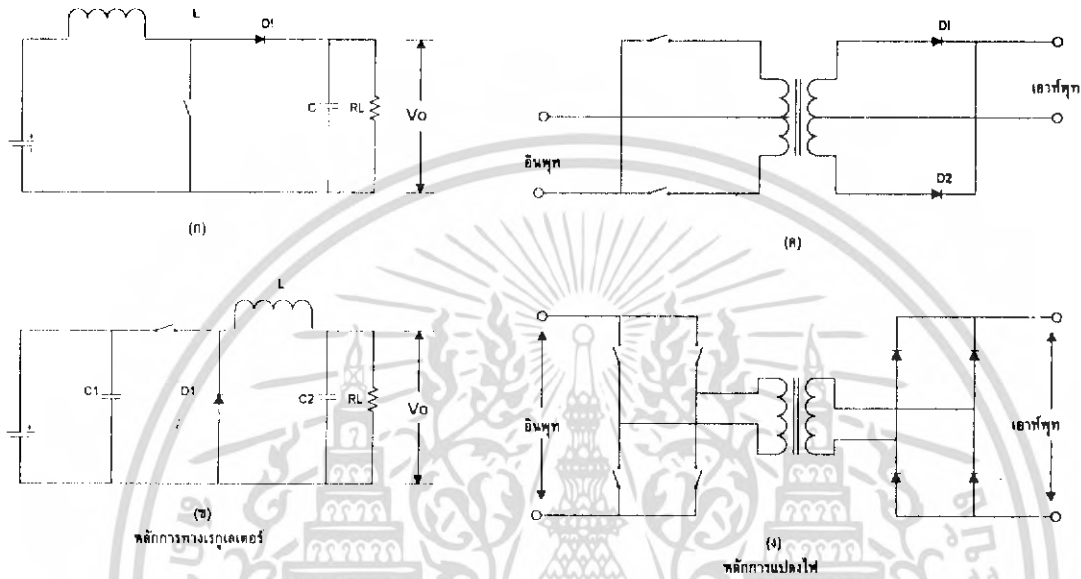


รูปที่ 4.11 วงจรขยายคลาสบีซนิตคอมพลีเมนทารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5.2 หลักการสวิตช์โหมดอินเวอร์เตอร์และคอนเวอร์เตอร์

หลักการทางด้านสวิตช์โหมดกำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน กล่าวคือ อุปกรณ์สวิตช์กำลังทางอิเล็กทรอนิกส์กำลังได้รับการพัฒนาให้มีขีดการทำงานได้สูงมากและสามารถทำงานได้ที่กระแสสูง ๆ ด้วยความเร็วสูง อีกทั้งการเลือกหาอุปกรณ์เหล่านี้ก็หาได้ไม่ยาก อุปกรณ์เหล่านี้ เช่น ไทริสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ VMOS เป็นต้น หลักการของวงจรที่ใช้สวิตช์อินเวอร์เตอร์พอสรุปได้ดังนี้



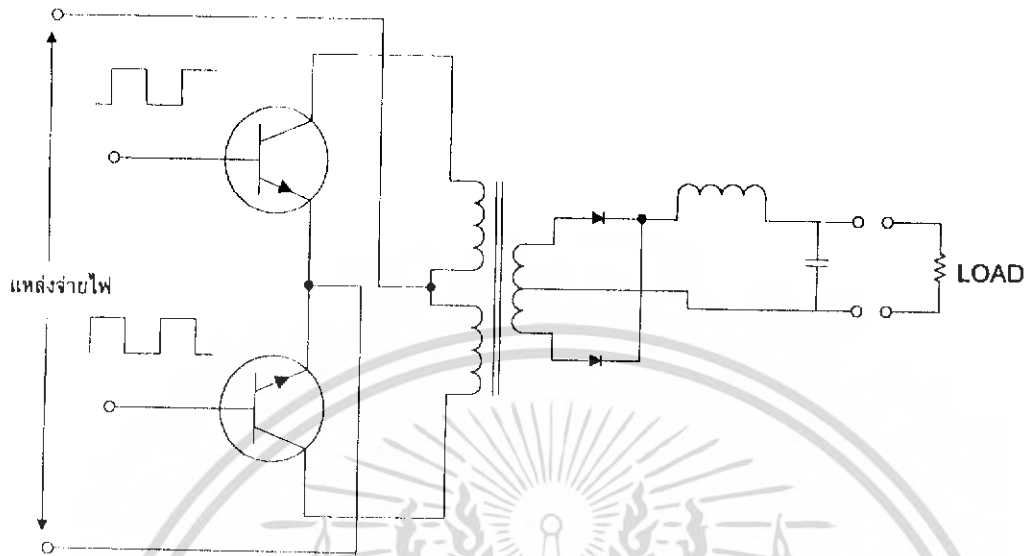
รูปที่ 4.12

หลักการในรูป 4.12 ก. และ ข. เป็นวิธีในการเรกูเลทแรงดันไฟตรง กล่าวคือ แรงดันเอาต์พุตนั้นเองจะต้องมีค่าน้อยกว่าแรงดันอินพุท เราจึงจะเรกูเลทโดยวิธีการเรกูเลทในที่นี้จะอาศัยหลักการในการสวิตช์นั่นเอง ถ้าหากแรงดันเอาต์พุตตกก็จะมี การเพิ่มดูตีไซเคิล (duty cycle) ของการสวิตช์ให้มากขึ้น และค่าแรงดันเอาต์พุตสูงก็จะลดขนาดความต่างของพัลส์ในการสวิตช์ลง หรือเป็นการปรับความกว้างของพัลส์ให้ได้ค่าแรงดันเฉลี่ยที่เอาต์พุตดีที่สุด ส่วนรูป ค. และ ง. เป็นหลักการในวงจรอินเวอร์เตอร์หรือคอนเวอร์เตอร์ โดยอาศัยหลักการของอุปกรณ์สวิตช์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ในที่นี้เราจะให้ความสนใจในวงจรรูป ค. และ ง. เป็นพิเศษ เราลองมาพิจารณาวงจรในรูป ค. โดยใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ดังรูปที่ 4.13

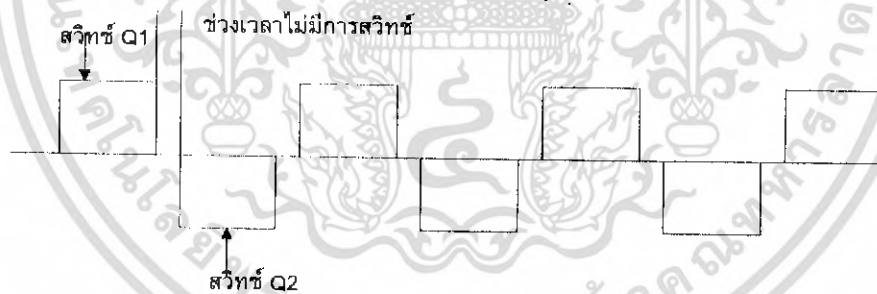
การประยุกต์ใช้งานของวงจรอินเวอร์เตอร์ในปัจจุบันเป็นไปอย่างกว้างขวางประกอบกับการออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์ในลักษณะสวิตช์ก็เป็นไปได้ง่ายขึ้น เพราะเราสามารถประยุกต์หลักการทางด้านดิจิตอลลอจิกมาเป็นตัวรับสวิตช์ในวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งให้ข้อดีกว่าวงจรที่ใช้หลักการป้อนกลับ เพราะในกรณีนี้เราสามารถควบคุมการทำงานได้อย่างเหมาะสม เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการควบคุมการสวิตช์ซ้ำของทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ในเวลาเดียวกัน และ จะทำให้ ทรานซิสเตอร์เสียหายได้ ลักษณะดังกล่าวจึงต้องควบคุมเวลาในการสวิตช์ของแต่ละตัวโดยแอมเวลารูปที่ 4.14



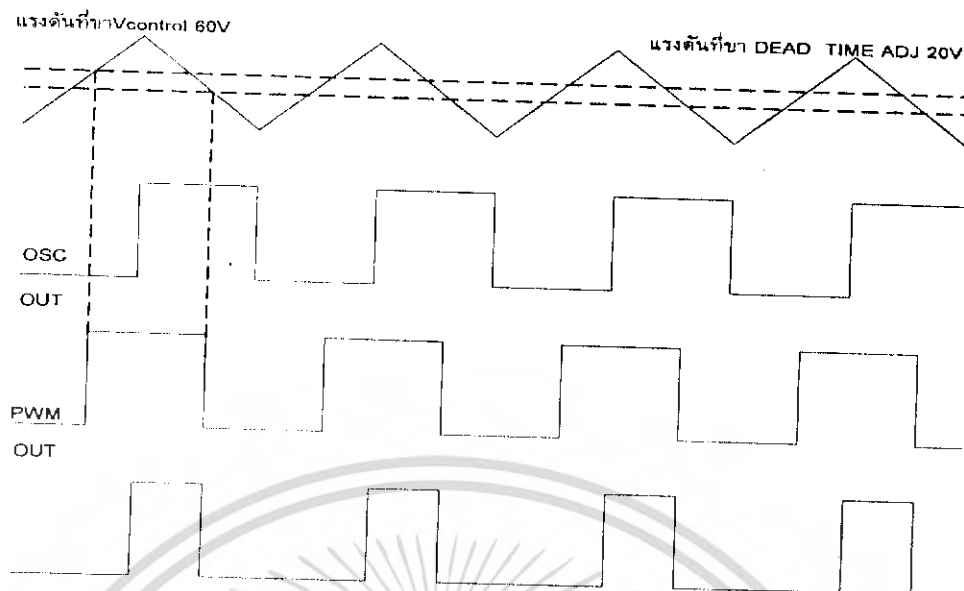
รูปที่ 4.13



รูปที่ 4.14

โดยปกติเราจะไม่ให้การสวิตช์ของ Q1 และ Q2 เริ่มและหยุดที่เวลาเดียวกันทั้งนี้ เพราะคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำในขณะการหยุดการสวิตช์จะมีช่วงเวลาออฟที่ยาวนานกว่าช่วงเวลาออน ดังนั้นการทำงานของสวิตช์จะประสบปัญหาการสวิตช์พร้อมกันอยู่ชั่วขณะที่ ทรานซิสเตอร์ที่จะออฟยังไม่ออฟปัญหาดังกล่าวนี้จะสร้างปัญหาให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์บาง วงจรอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



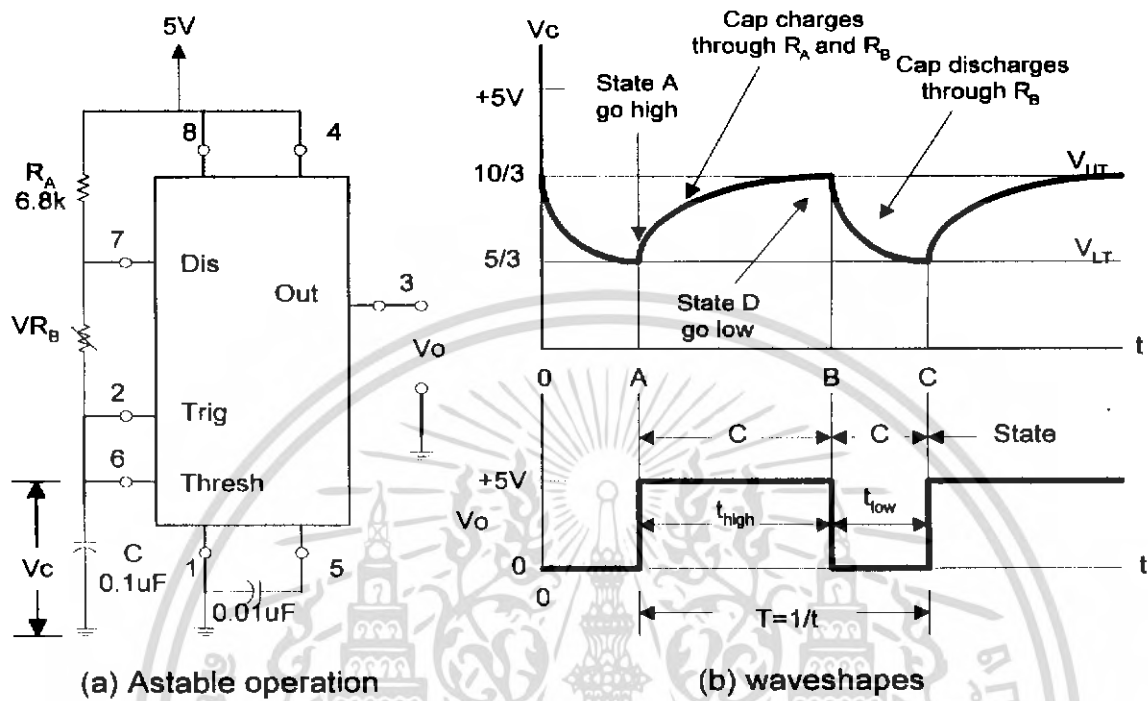
รูปที่ 4.16

#### 4.6 ส่วนประกอบของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในโครงการ

สำหรับโครงการนี้จะสร้าง อินเวอร์เตอร์ ขนาด 500 VA ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ  
1.ส่วนสร้างความถี่ 2.ส่วนขับเบส Power Transistor

##### 4.6.1 ส่วนกำเนิดความถี่

ในวงจรนี้จะใช้ไอซีเบอร์ 555 ในการสร้างความถี่ เพราะสะดวกกว่าที่จะใช้วงจรอื่นๆ วงจร Astable นี้มีอีกชื่อว่า Free Running Multivibrator ซึ่งหมายความว่า วงจรนี้ไม่จำเป็นต้องมีการกระตุ้นจากภายนอกกระทำต่อวงจรซ้ำ ๆ กันแต่วงจรก็ยังทำงานได้อย่างต่อเนื่องไปตลอดจนกว่าจะหยุดจ่ายไฟเข้าวงจร วงจร Astable จะเป็นวงจรที่ผลิตความถี่ที่ต่อเนื่อง



รูปที่ 4.17

จากรูปที่ 4.17 ที่ช่วงเวลา A นั้นทั้งขา 2 และ 6 จะต่ำกว่าค่า  $V_{LT} = (1/3) V_{CC}$  และ  $V_o$  ที่ขา 3 จะเป็น High (State A) ซึ่งที่ขา 7 จะกลายเป็นเปิดวงจรอยู่ แต่ที่ C จะมีกระแสไหลเข้ามาอยู่ตลอดโดยผ่านทาง  $R_A + VR_B$  เมื่อ  $V_o$  ยังเป็น High อยู่จนถึงช่วงเวลา A ถึง B เมื่อ C เก็บประจุไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง  $V_c$  มีค่าเท่ากับ  $V_{UT} = (2/3)V_{CC}$  ก็คือถึงจุด B พอดี ซึ่ง 555 จะอยู่ในช่วง D (State D) และจะทำให้  $V_o$  เป็น Low แต่ที่ขา 7 จะเป็น Low และ C ก็จะเริ่มคลายประจุ (Discharge) ผ่านทาง  $R_B$  ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง  $V_c$  มีค่าเท่ากับ  $V_{LT}$  อีกครั้งก็จะให้  $V_{LT}$  อีกครั้งก็จะทำให้  $V_o$  เป็น High ซึ่งจะเป็นเช่นนี้ไปตลอดจนทำให้เกิดเป็นความถี่ขึ้นมา

เมื่อ C เก็บประจุจากช่วงแรงดัน  $(1/3)V_{CC}$  และ  $(2/3)V_{CC}$  แล้วจะหาค่าของเวลาได้ดังนี้

$$t_{high} = 0.695 ( R_a + VR_B ) C \quad \dots\dots(4.1)$$

และเมื่อ C คลายประจุจากช่วงแรงดัน  $(2/3)V_{CC}$  และ  $(1/3)V_{CC}$  แล้วจะหาค่าของเวลาได้ดังนี้

$$t_{low} = 0.695 V_{R_B} C \quad \dots\dots(4.2)$$

ดังนั้นคาบเวลารวมและความถี่ จึงเป็น

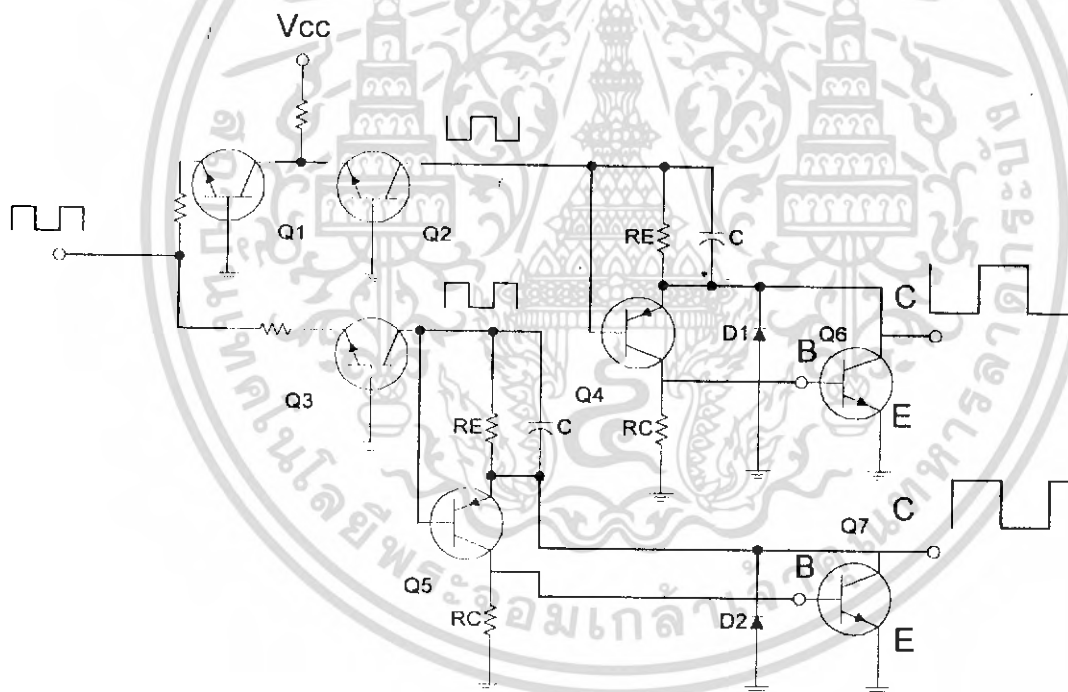
$$T = t_{high} + t_{low} = 0.695 (R_A + V_{R_B}) C + 0.695 V_{R_B} C \quad \dots\dots(4.3)$$

$$f = 1/T = 1.44 / ((R_A + 2 V_{R_B}) C) \quad \dots\dots(4.4)$$

สำหรับวงจร Astable นี้จะใช้ในโครงงานเป็นวงจรถูกกำหนด Data ให้ออกที่ Output เป็นห้วงๆตามความถี่ของ Astsble

โดยแหล่งจ่าย 5 V ที่จ่ายให้กับไอซีเบอร์ 555 ได้มาจากแบตเตอรี่ 24 V ต่อผ่านความต้านทาน แล้วควบคุมแรงดันให้คงที่ด้วยใช้ ซีเนอร์ไดโอด

#### 4.6.2 วงจรขับนำเบส



รูปที่ 4.18

สัญญาณพัลส์ที่ออกมาจากไอซี 555 จะถูกขยายโดย Q2 และ Q3 ส่วน Q1 จะเป็นตัวกลับเฟสสัญญาณ สัญญาณที่ออกมาจาก Q2 และ Q3 จะถูกขยายต่อโดย Q4 และ Q5 เพื่อที่จะนำไปขับขาเบสของ power transistor ( Q6 และ Q7 ) สัญญาณที่ power transistor ขยายออก

มาจะมีค่าเท่ากับ 20 Vp-p เป็นพัลส์สี่เหลี่ยม จากนั้นจะนำไปขับหม้อแปลงออกเป็น 220 V ทาง Output

#### 4.6.3 วงจรรวมของ INVERTOR แสดงดังรูปที่ 4.19



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

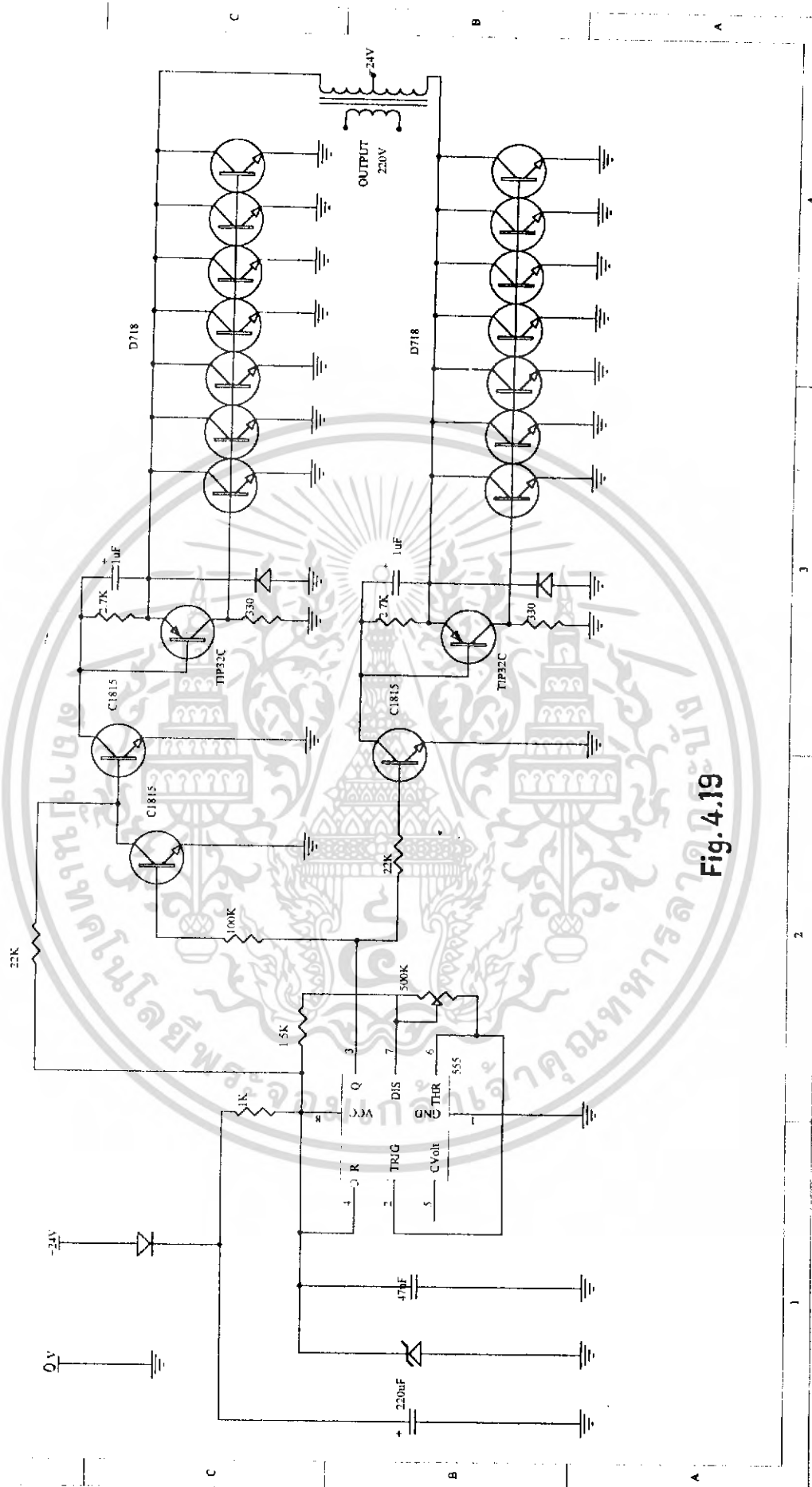


Fig. 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

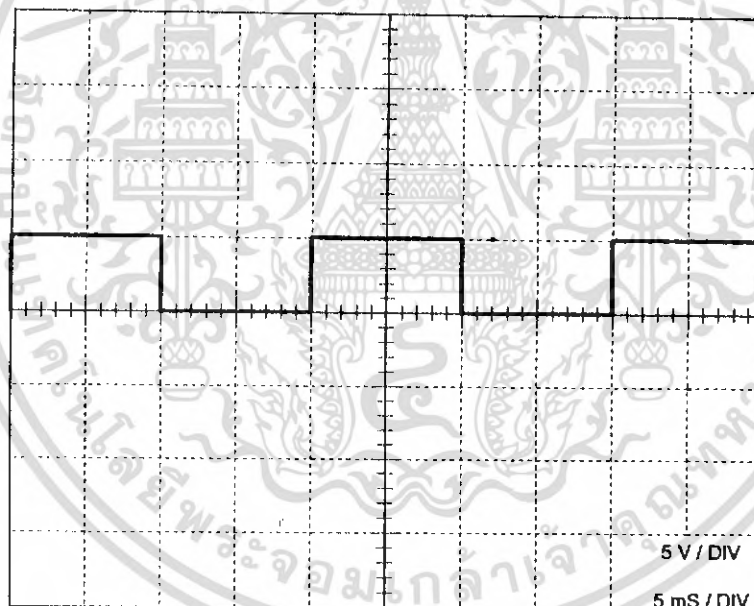
### ผลการทดลอง

#### 5.1 ผลการทดลองฮาร์ดแวร์ในส่วนของ วงจรรักษาเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า

- 5.1.1 เครื่องสามารถที่จะรักษาระดับแรงดันที่ Output ให้อยู่ในช่วง 220 - 225 โวลต์ได้ ตลอดช่วงการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ Input ของเครื่อง 205 - 235 โวลต์
- 5.1.2 สำหรับปริมาณกระแสที่เครื่องสามารถจ่ายให้แก่โหลดได้สูงสุดนั้น ก็เป็นไปตามที่กำหนด
- 5.1.3 ขนาดของ Auto - transformer ส่วนที่ใช้ในโครงการนี้ จะเป็นขนาด 500 VA. โหลดที่ใช้ทดลองเป็นหลอดไฟขนาด 500 W ซึ่งสามารถจ่ายได้ตามต้องการ

#### 5.2 ผลการทดลองในส่วนของวงจร อินเวอร์เตอร์

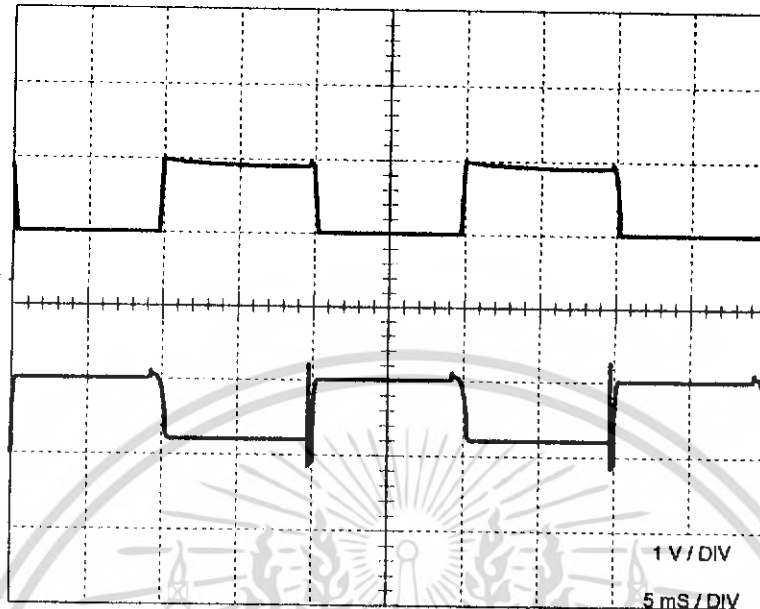
- 5.2.1 รูปสัญญาณที่วัดได้จากขา 3 ของ ไอซี 555 แสดงดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1

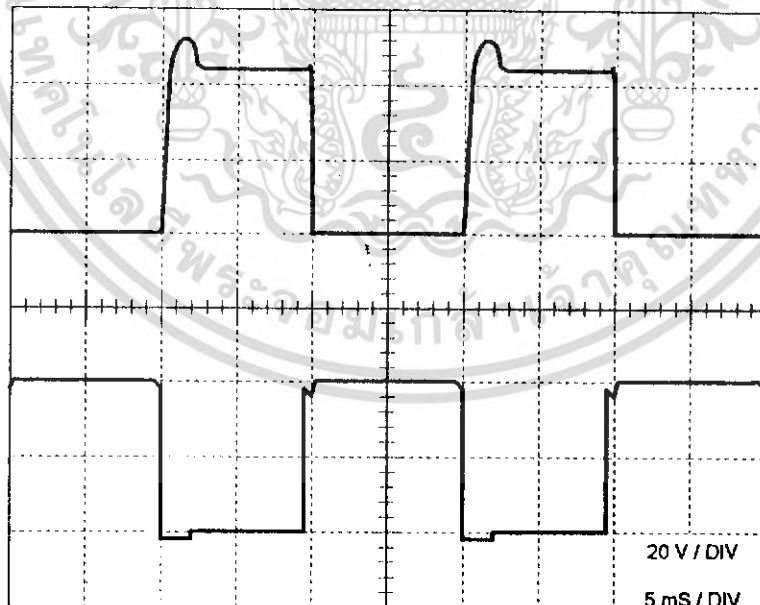
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 รูปสัญญาณที่วัดได้จากขาเบสของ Power Transistor แสดงดังรูปที่ 5.2  
สัญญาณที่วัดได้นี้จะมีเฟสของสัญญาณที่ต่างกัน 180 องศา



รูปที่ 5.2

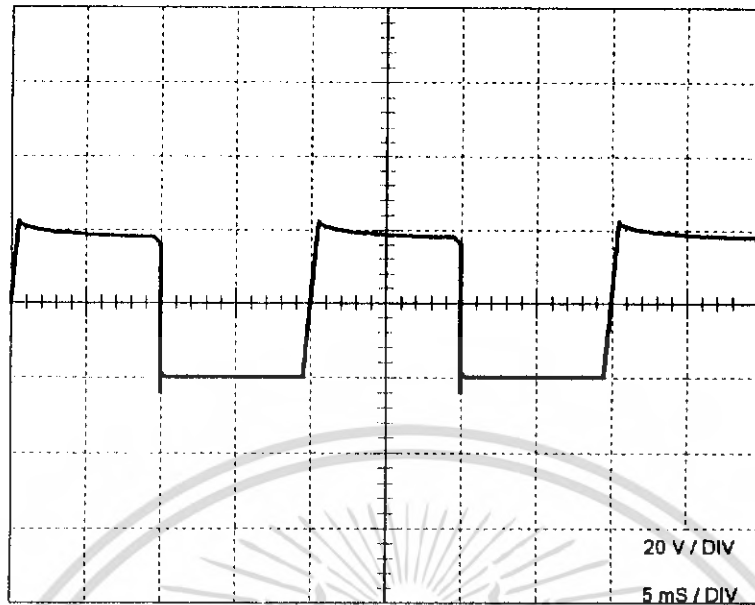
5.2.3 รูปสัญญาณที่วัดได้จากขาคอลเลกเตอร์ของ Power Transistor แสดงดังรูปที่ 5.3  
สัญญาณที่ขาคอลเลกเตอร์ของ Power Transistor จะนำไปขับหม้อแปลง



รูปที่ 5.3

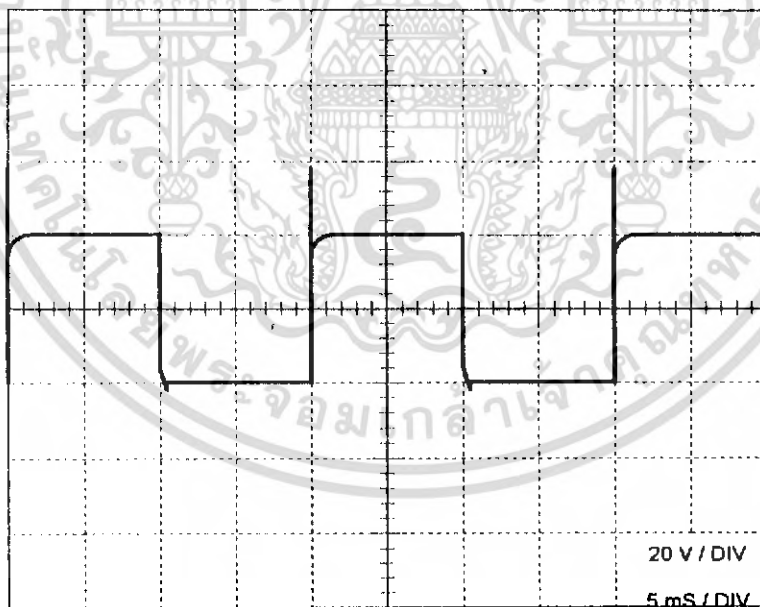
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 รูปสัญญาณที่วัดได้จาก เอ้าท์พุท ขณะไม่ต่อโหลด แสดงดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 (สาย Probe X 10)

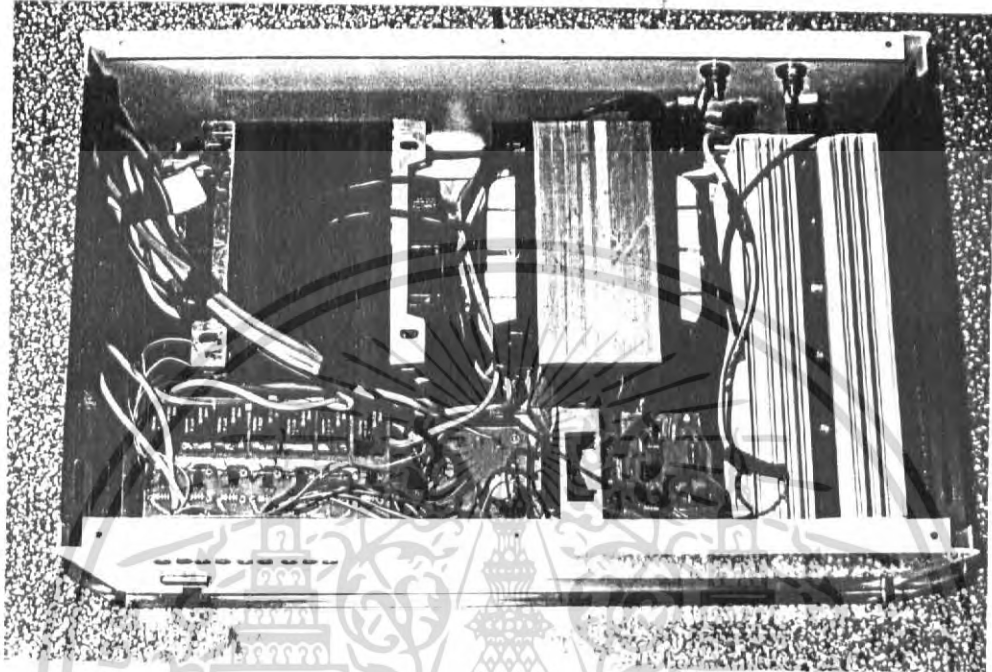
5.2.5 สัญญาณที่วัดได้จาก เอ้าท์พุท ขณะที่ต่อโหลดขนาด 500 W



รูปที่ 5.5 (สาย Probe X 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.2.6 แสดงโครงสร้างภายในของ โครงงาน ดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุปผลการทดลองของโครงการและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

6.1.1 จากผลการทดลองพบปัญหาที่เกิดขึ้นในส่วนของเครื่องรักษาเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ (Stabilizer) ดังต่อไปนี้

ปัญหาที่เกิดจากสัญญาณนาฬิกา (Clock) ที่ป้อนให้กับภาคบัฟเฟอร์ (ดี ฟลิปฟลอป) ถ้ากำหนดมีความถี่มากเกินไปจะทำให้การเลือกขดของหม้อแปลงมากกว่า 1 ขด จึงอาจจะทำให้หม้อแปลงเสียหายได้ และปัญหาอีกอย่างที่เกิดจากความถี่ของสัญญาณนาฬิกามีค่ามากเกินไปอีกอย่างหนึ่งคือ ทำให้เกิดการเปลี่ยนขดของหม้อแปลงไปมาไม่อยู่กับที่จะเป็นผลให้ Relay ที่ใช้ในการตัดต่อขดของหม้อแปลงทำงานไม่ทันจึงทำให้สัญญาณไฟสลับที่ออกทางเอาต์พุตขาดหายไปเป็นบางช่วง เป็นผลทำให้โหลดที่ต่ออยู่ทางเอาต์พุตดับ

แต่ถ้ากำหนดความถี่ของสัญญาณนาฬิกามีค่าความถี่น้อยเกินไป ก็จะทำให้เครื่องมีความไวในการเปลี่ยนขดของหม้อแปลงช้าลง จะทำให้หม้อแปลงทำงานพร้อมกันมากกว่า 1 ขด ก็จะทำให้หม้อแปลงเสียได้เช่นกัน

ดังนั้นในส่วนของวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาจึงต้องกำหนดให้มีความถี่ที่พอเหมาะพอดี ในโครงการนี้จึงกำหนดให้ค่าของ  $R_A$  และ  $R_B$  มีค่าเท่ากับ 20 K และ C มีค่าเท่ากับ 10  $\mu F$  :เมื่อทำการคำนวณ จะได้ความถี่ออกมาประมาณ 2.4 Hz ซึ่งเป็นค่าที่มีความเหมาะสมพอดี

6.1.2 จากผลการทดลองพบปัญหาที่เกิดขึ้นในส่วนของแหล่งจ่ายไฟสำรอง (Invertor) ดังต่อไปนี้

ปัญหาที่เกิดขึ้นในส่วนของวงจรอินเวอร์เตอร์ คือ ในส่วนของวงจรภาคขยายกำลังที่จะนำไปเข้าหม้อแปลงมีกระแสที่ออกทางเอาต์พุตต่ำเกินไป เมื่อนำไปขับหม้อแปลงจึงทำให้แรงไฟที่ออกทางเอาต์พุตของหม้อแปลงมีแรงไฟไม่ถึง 500 VA

ดังนั้นในส่วนของวงจรภาคขยายกำลังของ อินเวอร์เตอร์ จึงนำเอาทรานซิสเตอร์มาต่อขนานกันด้านละ 7 ตัว จึงทำให้มีกระแสสูงพอที่จะป้อนเข้าทางด้าน ขดปฐมภูมิของหม้อแปลงทางด้านขดทุติยภูมิของหม้อแปลงจึงจ่ายแรงไฟออกมาได้ถึงประมาณ 500 VA

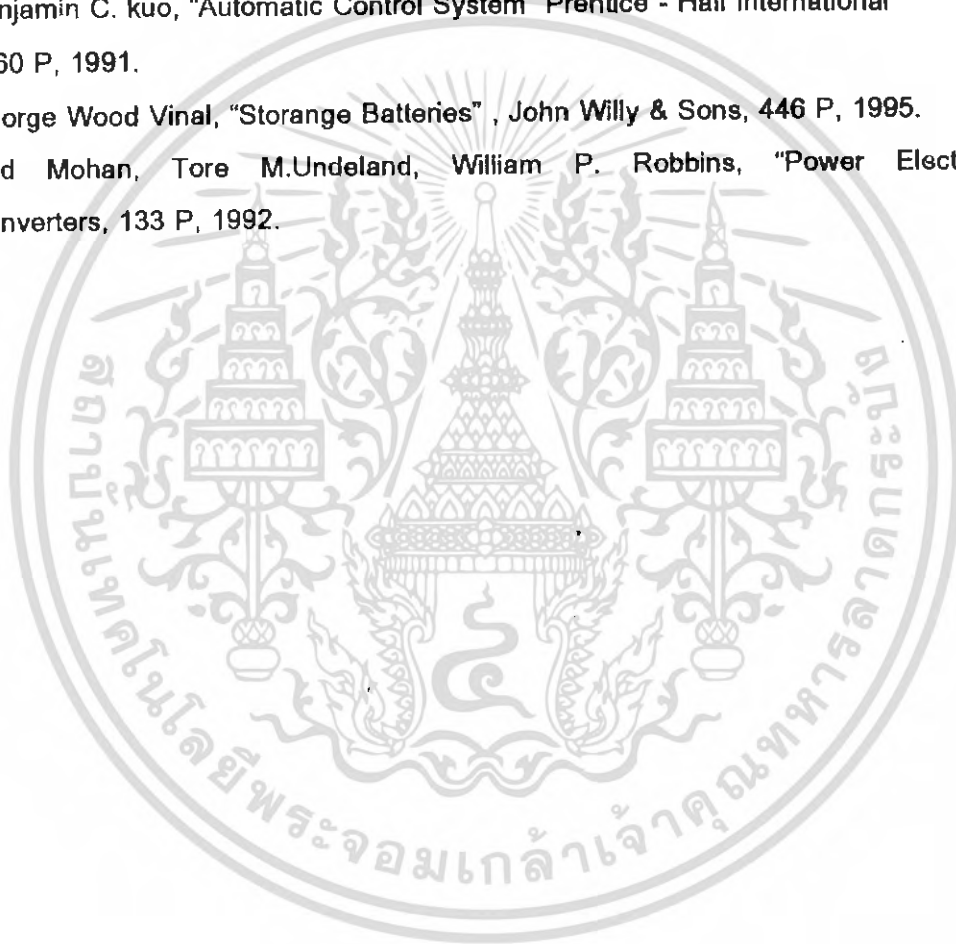
#### 6.2 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเครื่องรักษาเสถียรภาพแรงดันไฟอัตโนมัติพบว่า ตัวเครื่องและระบบทำงานได้เป็นอย่างดี เป็นไปตามจุดประสงค์ทุกประการ

ส่วนผลการทดลองของวงจร อินเวอร์เตอร์ พบว่า วงจรสามารถจ่ายแรงไฟได้ไม่ถึง 500 VA โดยจะจ่ายแรงไฟได้ประมาณ 490 VA

## เอกสารอ้างอิง

1. Robert F. Coughlin. Frederick F. Driscoll. Operational Amplifier and Linear Intergrated Circuits. Prentice/Hall International Inc. , 1987
2. NS. General Purpose Linear Devices. National Semiconductor, 1989
3. TI. TTL Logic. Standard TTL, Schottky, Low - Power Schottky. Texas Instruments , 1988
4. Motorola. Motorola Optoelectronics Device Data. Motorola , 1988
5. Motorola. Motorola Thyristor Device Data. Motorola , 1988
6. Benjamin C. kuo, "Automatic Control System" Prentice - Hall International Inc., 760 P, 1991.
7. George Wood Vinal, "Storage Batteries" , John Willy & Sons, 446 P, 1995.
8. Ned Mohan, Tore M.Undeland, William P. Robbins, "Power Electronics Converters, 133 P, 1992.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# LM124/LM224/LM324, LM124A/LM224A/LM324A, LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

LM124/LM224/LM324/LM124A/LM224A/LM324A/LM2902

## General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain amplifiers and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard -5 V<sub>CC</sub> power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional +15 V<sub>CC</sub> power supplies.

## Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.
- The unity gain cross frequency is temperature compensated.
- The input bias current is also temperature compensated.

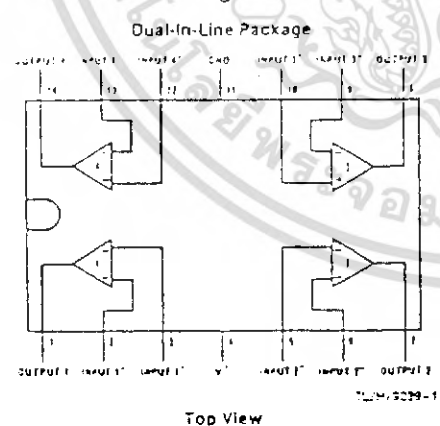
## Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V<sub>OUT</sub> also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

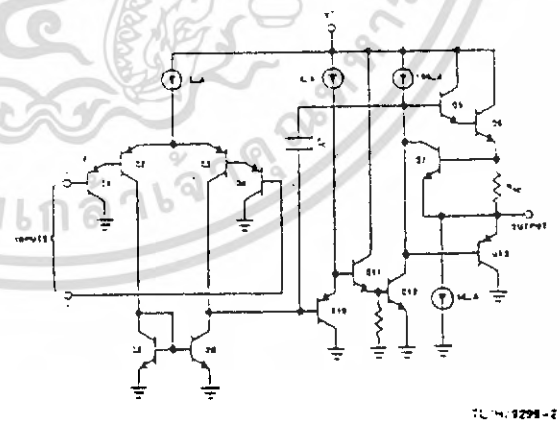
## Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz  
(temperature compensated)
- Wide power supply range:
  - Single supply -5 V<sub>CC</sub> to +32 V<sub>CC</sub>
  - or dual supplies ± 1.5 V<sub>CC</sub> to ± 16 V<sub>CC</sub>
- Very low supply current drain (700 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA<sub>CC</sub>  
(temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV<sub>CC</sub>  
and offset current 5 nA<sub>CC</sub>
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0 V<sub>CC</sub> to V<sub>CC</sub> - 1.5 V<sub>CC</sub>

## Connection Diagram



## Schematic Diagram (Each Amplifier)



Order Number LM124J, LM124AJ, LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324AJ, LM324M, LM324AM, LM2902M, LM324N, LM324AN or LM2902N  
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Absolute Maximum Ratings**

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 9)

Parameter	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902
Supply Voltage, $V^+$	32 VDC	26 VDC or $\pm 13$ VDC	-65°C to 150°C	-65°C to 150°C
Differential Input Voltage	$\pm 32$ VDC	$\pm 26$ VDC	-65°C to 150°C	-65°C to 150°C
Input Voltage	$\pm 32$ VDC to $\pm 32$ VDC	$\pm 26$ VDC to $\pm 26$ VDC	260°C	260°C
Input Current (Note 3)	50 nA	50 nA	260°C	260°C
Power Dissipation (Note 1)	1130 mW	1130 mW	215°C	215°C
Molded DIP	1260 mW	1260 mW	220°C	220°C
Cavity DIP	800 mW	800 mW	220°C	220°C
Small Outline Package	Continuous	Continuous	250V	250V
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2)	0°C to 170°C	-10°C to 185°C	ESD Tolerance (Note 10)	250V
$V^+ = 15$ VDC and $T_A = 25^\circ\text{C}$	-25°C to 105°C	-10°C to 185°C		
Operating Temperature Range	-55°C to 125°C	-55°C to 125°C		
LM324/LM324A				
LM224/LM224A				
LM124/LM124A				

**Electrical Characteristics**  $V^+ = 15.0$  VDC (Note 4), unless otherwise noted

Parameter	LM124		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM224		LM124/LM224		LM324		LM2902					
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max				
Input Offset Voltage (Note 5) $T_A = 25^\circ\text{C}$	1.1	1.2	1.2	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2	1.3	1.2	1.5	1.2	1.7	1.2	1.7	1.2	1.7	1.7			
Input Bias Current (Note 6) $I_{IN}(1)$ or $I_{IN}(2)$ , $V_{CM} = 0$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	20	50	40	80	45	100	45	100	45	100	45	150	45	250	45	250	45	250	45	250		
Input Offset Current (Note 6) $I_{IN}(1) - I_{IN}(2)$ , $V_{CM} = 0$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	1.2	1.10	1.2	1.15	1.5	1.30	1.3	1.20	1.5	1.30	1.3	1.20	1.5	1.50	1.5	1.50	1.5	1.50	1.5	1.50		
Input Common-Mode Voltage Range (Note 7) $V^+ = 30$ VDC, (LM2902, $V^+ = 26$ VDC), $T_A = 25^\circ\text{C}$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	
Supply Current	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3
Large Signal Voltage Gain	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2
Common-Mode Rejection Ratio	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
Power Supply Rejection Ratio	70	85	70	85	70	85	70	85	70	85	70	85	70	85	70	85	70	85	70	85	70	85
	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100

Electrical Characteristics

Parameter	Conditions	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 6)	$f = 1 \text{ kHz}$ to $20 \text{ kHz}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Input filtered)	-120			120			120			120			dB
Output Current	Source	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	mA
	Sink	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	mA
Short Circuit to Ground	(Note 2) $V^+ = 15 \text{ VDC}$ , $V_O = 200 \text{ mVDC}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	12	50	12	50	12	50	12	50	12	50	12	50	$\mu\text{VDC}$
	(Note 5)	-10	60	-10	60	-10	60	-10	60	-10	60	-10	60	mVDC
Input Offset Voltage		1.4		1.4		1.5		1.7		1.9		1.10		mVDC
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0 \Omega$	1.7	120	1.7	120	1.7	130	1.7	110	1.7	110	1.7	110	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current	$I_{IN(1)} = I_{IN(2)}$ , $V_{CM} = 0\text{V}$	1.30		1.30		1.75		1.100		1.150		1.45		nA
Input Offset Current Drift	$I_{IS} = 0 \text{ nA}$	1.10	1200	1.10	1200	1.10	1200	1.10	1100	1.10	1100	1.10	1100	nA/°C
Input Bias Current	$I_{IN(1)}$ or $I_{IN(2)}$	40	100	40	100	40	200	40	300	40	500	40	500	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 7)	$V^+ = 1.30 \text{ VDC}$ (LM2902, $V^+ = 26 \text{ VDC}$ )	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	VDC
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 1.15 \text{ VDC}$	25		25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	V/mV
	( $V_O$ Swing = 1 VDC to 11 VDC) $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$	26		26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	VDC
Output Voltage Swing	$V^+ = 1.30 \text{ VDC}$ , $R_L = 2 \text{ k}\Omega$	27	20	27	20	27	20	27	20	27	20	27	20	VDC
	(LM2902, $V^+ = 26 \text{ VDC}$ ) $V^+ = 5 \text{ VDC}$ , $R_L = 10 \text{ k}\Omega$	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	mVDC

LM124/LM224/LM324/LM124A/LM224A/LM324A/LM2902

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124/LM224/LM324/LM124A/LM224A/LM324A/LM12902

**Electrical Characteristics**  $V_{CC} = 5.0 \text{ V}_{DC}$  (Note 4) unless otherwise stated (Continued)

Parameter	Conditions	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Current Source	$V_O = 2 \text{ V}_{DC}$	$V_{IH} = 1 \text{ V}_{DC}$		10		20		10		20		10		mA <sub>DC</sub>
		$V_{IH} = 0 \text{ V}_{DC}$		5		10		5		10		5		
		$V_{IN} = 1 \text{ V}_{DC}$		10		15		5		10		5		
		$V_{IH} = 0 \text{ V}_{DC}$		5		10		5		10		5		
Sink	$V_O = 2 \text{ V}_{DC}$	$V_{IH} = 1 \text{ V}_{DC}$		10		20		10		20		10		mA <sub>DC</sub>
		$V_{IH} = 0 \text{ V}_{DC}$		5		10		5		10		5		
		$V_{IN} = 1 \text{ V}_{DC}$		10		15		5		10		5		
		$V_{IH} = 0 \text{ V}_{DC}$		5		10		5		10		5		

**Note 1:** In operation at high temperatures, the LM124/LM224A, LM2902 must be limited to maximum  $I_{OH}$  of 15 mA and  $I_{OL}$  of 10 mA. The LM124/LM224A and LM2902 must be limited to maximum  $I_{OH}$  of 15 mA and  $I_{OL}$  of 10 mA. The LM124/LM224A and LM2902 must be limited to maximum  $I_{OH}$  of 15 mA and  $I_{OL}$  of 10 mA. The LM124/LM224A and LM2902 must be limited to maximum  $I_{OH}$  of 15 mA and  $I_{OL}$  of 10 mA. The LM124/LM224A and LM2902 must be limited to maximum  $I_{OH}$  of 15 mA and  $I_{OL}$  of 10 mA.

**Note 2:** Short circuits from the output to  $V_{CC}$  can cause excessive heating and eventual destruction. When calculating short-circuit currents for ground, the maximum output current is approximately 10 mA independent of the temperature of the device. The maximum output current is approximately 10 mA independent of the temperature of the device. The maximum output current is approximately 10 mA independent of the temperature of the device. The maximum output current is approximately 10 mA independent of the temperature of the device.

**Note 3:** This input current will only occur when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the output type is reverse-biased by the input signal and the input signal is driven negative. In addition to the main action, there is also lateral p-n-p junction transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltage to rise up to 100 mV, which may be used for a large overload for the temperature range of 0°C to 55°C.  $T_A = 125^\circ\text{C}$  for the LM124/LM224A,  $T_A = 125^\circ\text{C}$  for the LM124/LM224A, and the LM2902 specifications are limited to  $40^\circ\text{C}$ ,  $T_A = 125^\circ\text{C}$ .

**Note 4:** These specifications are limited to 0°C to 55°C.  $T_A = 125^\circ\text{C}$  for the LM124/LM224A,  $T_A = 125^\circ\text{C}$  for the LM124/LM224A, and the LM2902 specifications are limited to 25°C to 125°C. The LM124/LM224A temperature specifications are limited to 25°C to 125°C.

**Note 5:**  $V_O = 1.4 \text{ V}_{DC}$ ,  $I_{OH} = 0.1 \text{ mA}$  with  $V_{IH} = 10 \text{ V}_{DC}$  and over the full common-mode range (0 V to  $V_{CC}$ ).  $T_A = 125^\circ\text{C}$  for LM2902,  $V_{IH}$  from 5 V to 10 V, 10 to 20 V.

**Note 6:** The direction of the input current is out of the IC and in the  $I_{OH}$  output stage. This current is approximately constant independent of the state of the output so no loading effects occur on the input bus.

**Note 7:** The input common-mode voltage of the input signal voltage should not be allowed to become negative by more than 0.3 V (at 25°C). The upper end of the common-mode voltage range is  $V_{CC} - 1.5 \text{ V}$  (at 25°C), but either or both limits can go to 1.2 V, without damage (1.2 V, for LM2902), independent of the magnitude of  $V_{IH}$ .

**Note 8:** Due to proximity of external components, insure that coupling is not degraded via stray capacitance between the external parts. This typically can be described as the type of capacitance between the external parts.

**Note 9:** Refer to NE15124AX for LM124A, military specifications and refer to NE15124X for LM124, military specifications.

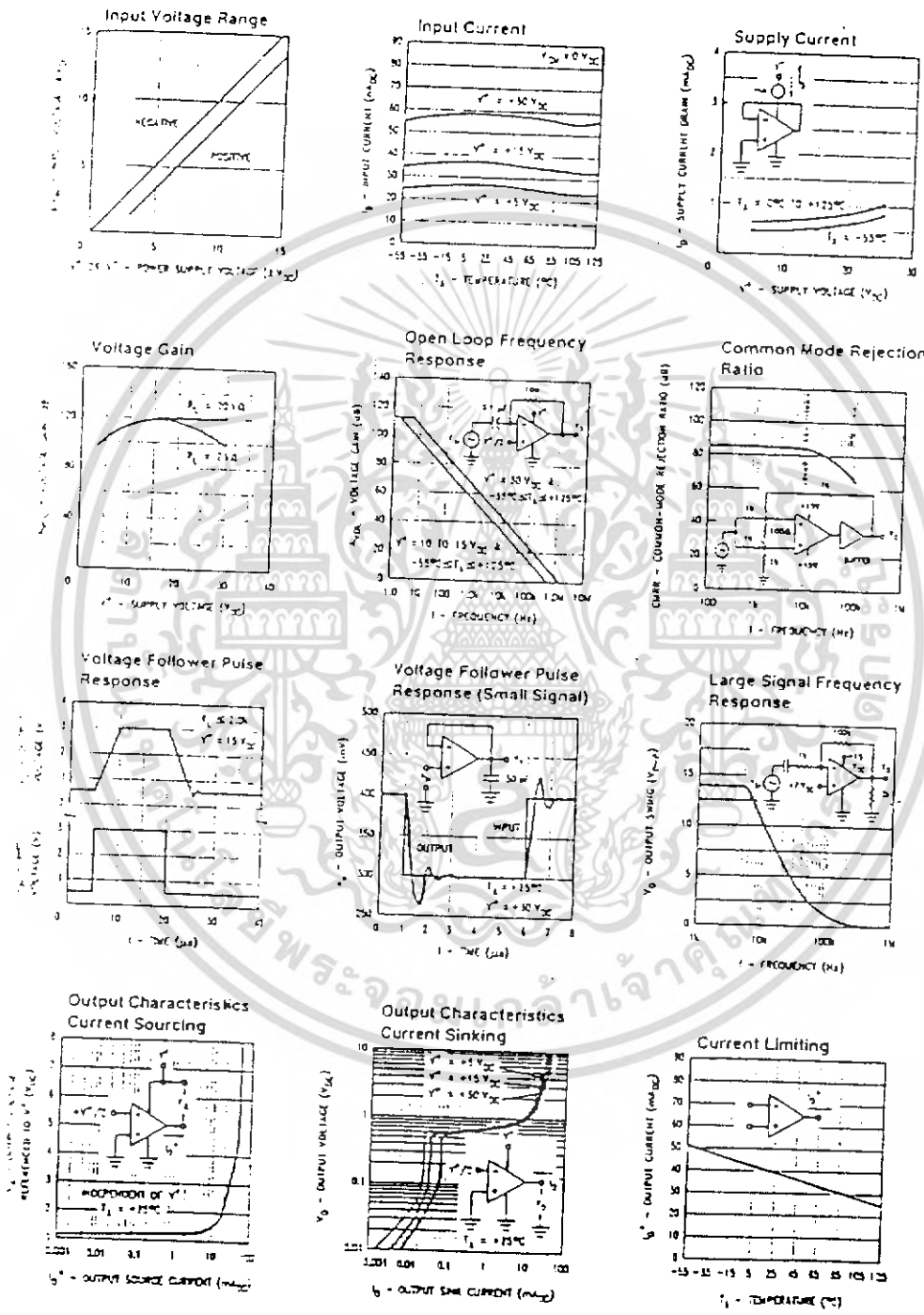
**Note 10:** Human body model, 1.5 k $\Omega$  in series with 100 pF.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Typical Performance Characteristics

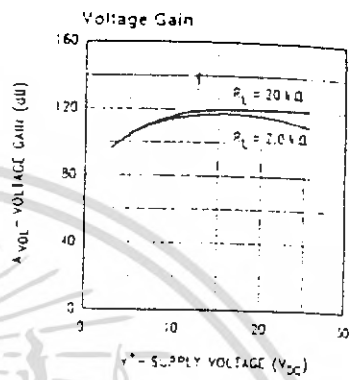
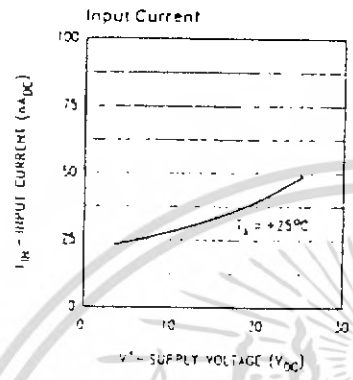
LM124/LM224/LM324/LM124A/LM224A/LM324A/LM2902



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีค่านำไปใช้

LM124/LM324/LM124A/LM324A/LM224/LM324A/LM2902

### Typical Performance Characteristics (LM2902 only)



### Application Hints

The LM124 series are op amps which operate with only a single power supply voltage, have true-differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of 0  $V_{CC}$ . These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At 25°C amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of 2.3  $V_{CC}$ .

The pinouts of the package have been designed to simplify PC board layouts. Inverting inputs are adjacent to outputs for all of the amplifiers and the outputs have also been placed at the corners of the package (pins 1, 7, 8, and 14).

Precautions should be taken to insure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a test socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger than  $V_{CC}$  without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than  $-0.3 V_{CC}$  (at 25°C). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

To reduce the power supply drain, the amplifiers have a class A output stage for small signal levels which converts to class B in a large signal mode. This allows the amplifiers to both source and sink large output currents. Therefore both NPN and PNP external current boost transistors can be used to extend the power capability of the basic amplifiers. The output voltage needs to raise approximately 1 diode drop above ground to bias the on-chip vertical PNP transistor for output current sinking applications.

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used, from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion.

Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values as low as 50 pF can be accommodated using the worst-case non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains and resistive isolation should be used if larger load capacitance must be driven by the amplifier.

The bias network of the LM124 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from 3  $V_{CC}$  to 30  $V_{CC}$ .

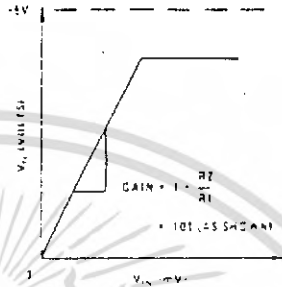
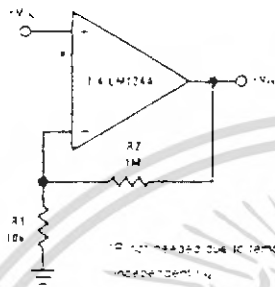
Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC dissipation which will cause eventual failure due to excessive junction temperatures. Putting direct short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of output source current which is available at 25°C provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard op amp.

The circuits presented in the section on typical applications emphasize operation on only a single power supply voltage. If complementary power supplies are available, all of the standard op amp circuits can be used. In general, introducing a pseudo-ground (a bias voltage reference of  $V_{CC}/2$ ) will allow operation above and below this value in single power supply systems. Many application circuits are shown which take advantage of the wide input common-mode voltage range which includes ground. In most cases, input biasing is not required and input voltages which range to ground or easily be accommodated.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

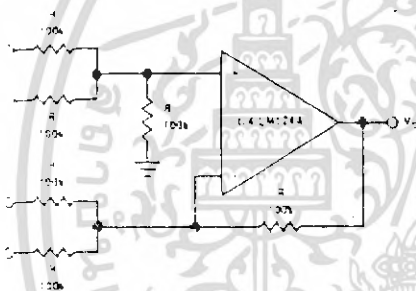
Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0V_{DC}$ )

Non-Inverting DC Gain (0V Input = 0V Output)



TL 49299-5

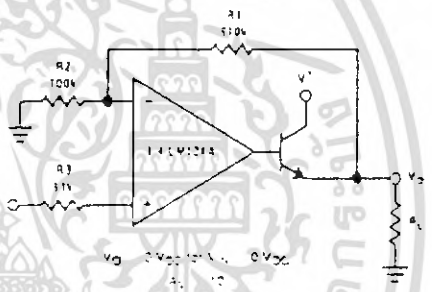
DC Summing Amplifier ( $V_{IN} = 0V_{DC}$  and  $V_O = V_{DC}$ )



TL 49299-6

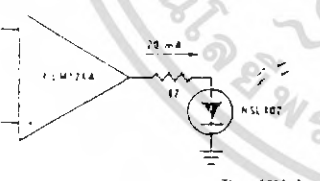
Where  $V_O = V_{IN1} \frac{R_2}{R_1} + V_{IN2} \frac{R_2}{R_2} + V_{IN3} \frac{R_2}{R_3} + V_{DC} \frac{R_2}{R_4}$

Power Amplifier



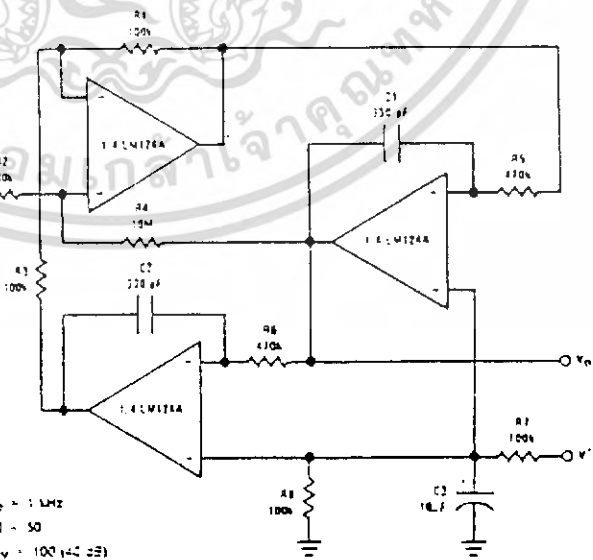
TL 49299-7

LED Driver



TL 49299-8

BI-QUAD RC Active Bandpass Filter



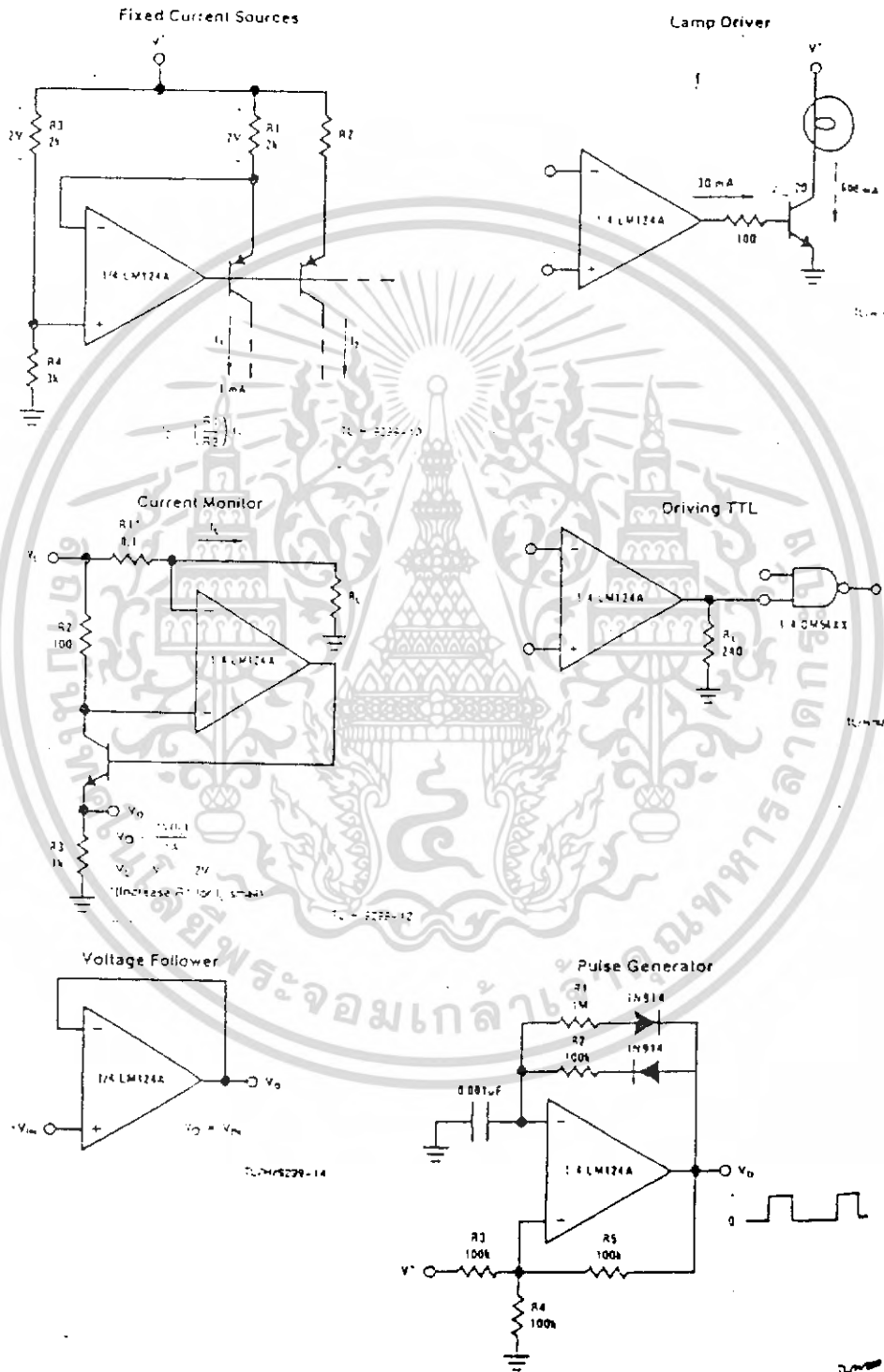
$f_c = 1 \text{ kHz}$   
 $Q = 50$   
 $A_v = 100 \text{ (40 dB)}$

TL 49299-9

LM124/LM224/LM324/LM124A/LM224A/LM324A/LM2902

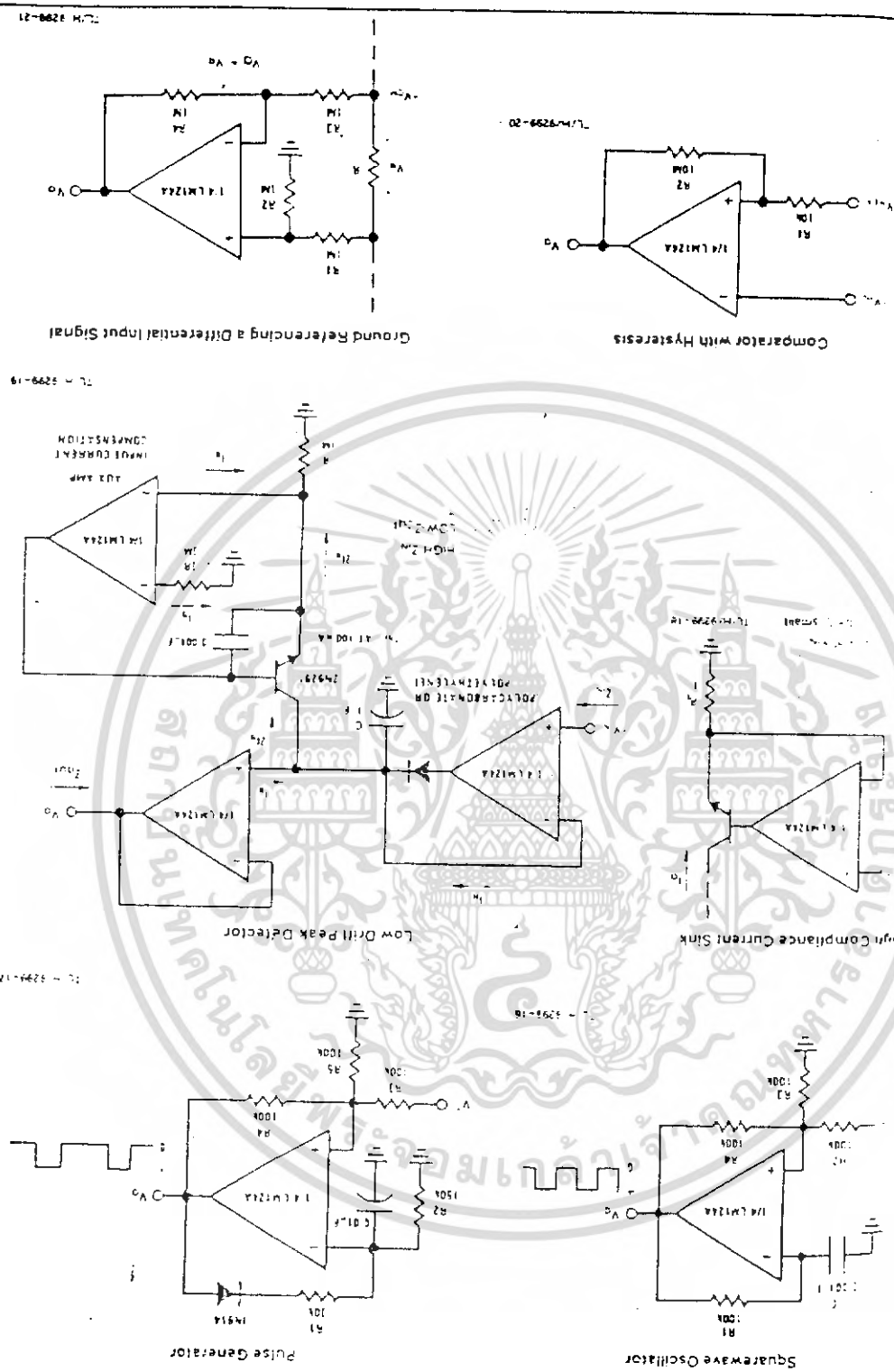
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DD}$ ) (Continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Single-Supply Applications (V<sub>+</sub> = 5.0 VDC) (Continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ในส่วนใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Single-Supply Applications ( $V^- = 5.0 V_{DD}$ ) (Continued)

Voltage Controlled Oscillator Circuit

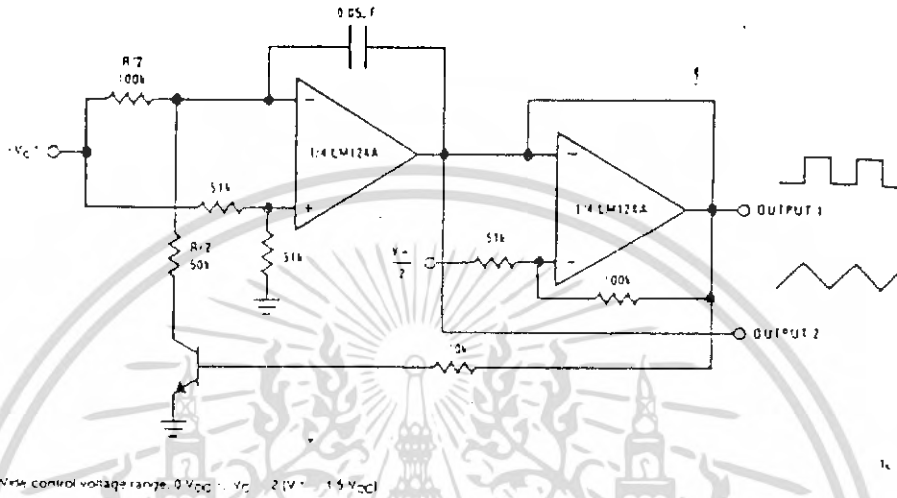
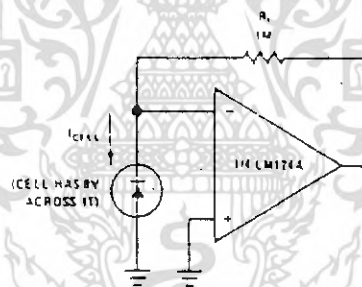
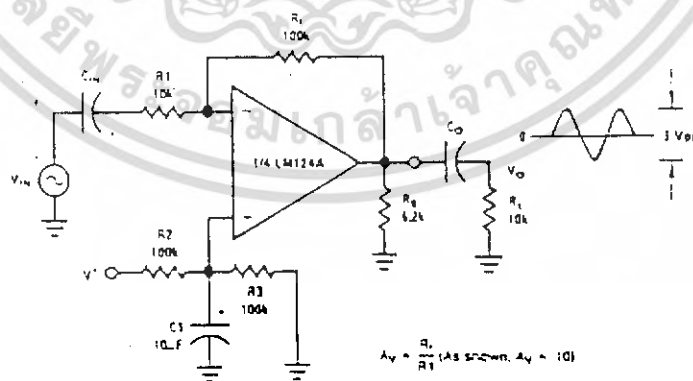


Photo Voltaic-Cell Amplifier



AC Coupled Inverting Amplifier

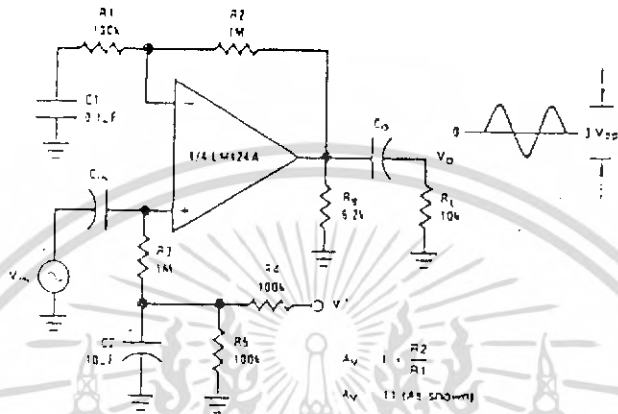


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

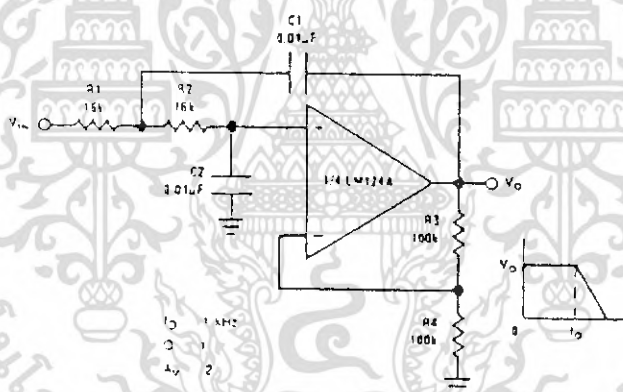
LM124/LM224/LM324/LM124A/LM224A/LM324A/LM2902

AC Coupled Non-Inverting Amplifier



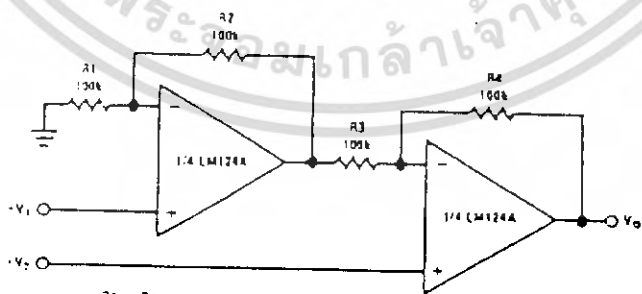
TLW 9299-25

DC Coupled Low-Pass RC Active Filter



TLW 9299-26

High Input Z, DC Differential Amplifier



For  $\frac{R1}{R2} = \frac{R3}{R4}$  (CMRR depends on the resistor ratio ratios)

$V_0 = 1 - \frac{R3}{R4} (V_2 - V_1)$

As shown  $V_0 = 2(V_2 - V_1)$

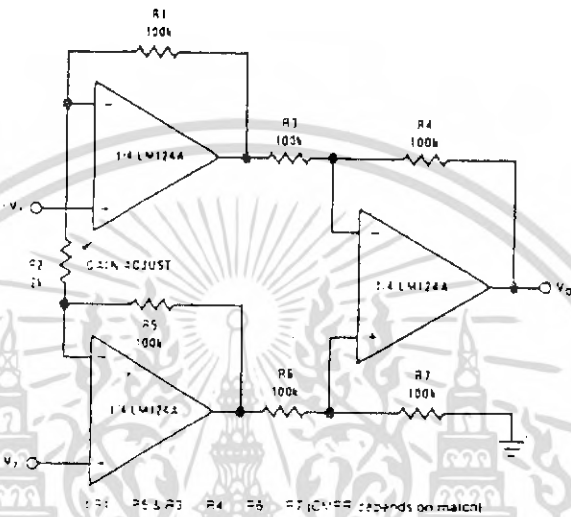
TLW 9299-27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124/LM224/LM324/LM124A/LM224A/LM324A/LM12902

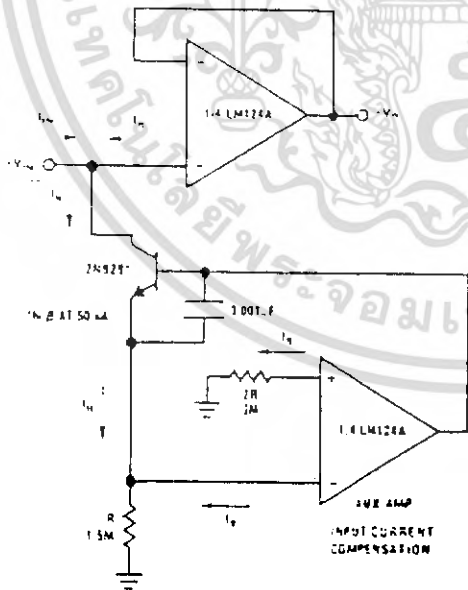
### Typical Single-Supply Applications (V<sub>CC</sub> = 5.0 V<sub>DC</sub>) (Continued)

#### High Input Z Adjustable-Gain DC Instrumentation Amplifier



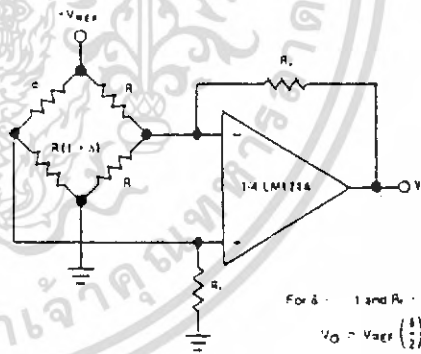
As shown  $V_o = 101 V_i$

#### Using Symmetrical Amplifiers to Reduce Input Current (General Concept)



TLN 9299-29

#### Bridge Current Amplifier

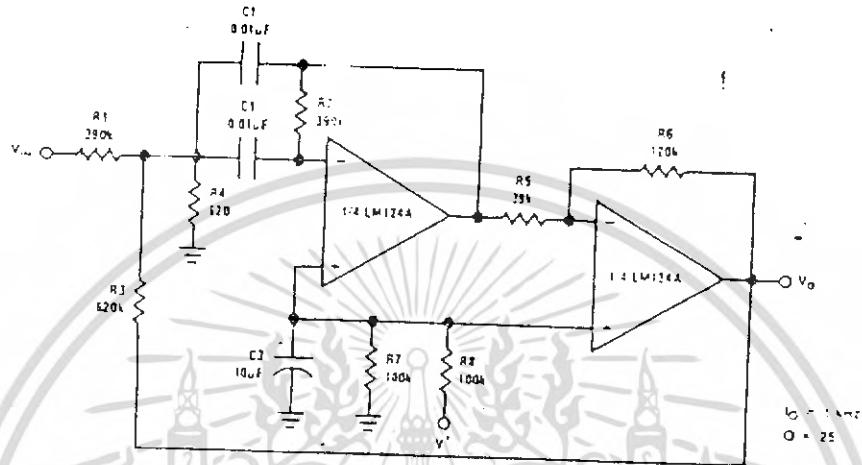


For  $\delta = 1$  and  $R_1 = R_2$   
 $V_o = V_{cc} \left( \frac{1+\delta}{2} \right)$   
 TLN 9299-29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Single-Supply Applications ( $V_{CC} = 5.0\text{ V}_{DC}$ ) (Continued)

Bandpass Active Filter



$V_{CC} = 5\text{ V}_{DC}$   
 $Q = 25$

5799-31

LM124/LM224/LM324/LM124A/LM224A/LM324A/LM2902

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## LM3914 Dot/Bar Display Driver

### General Description

The LM3914 is a monolithic integrated circuit that senses analog voltage levels and drives 10 LEDs, providing a linear analog display. A single pin changes the display from a moving dot to a bar graph. Current drive to the LEDs is regulated and programmable, eliminating the need for resistors. This feature is one that allows operation of the whole system from less than 3V.

The circuit contains its own adjustable reference and accurate 10-step voltage divider. The low-bias-current input buffer accepts signals down to ground, or  $V_{CC}$ , yet needs no protection against inputs of 35V above or below ground. The buffer drives 10 individual comparators referenced to the precision divider. Indication non-linearity can thus be held typically to 1/4%, even over a wide temperature range.

Versatility was designed into the LM3914 so that controller, visual alarm, and expanded scale functions are easily added on to the display system. The circuit can drive LEDs of many colors, or low-current incandescent lamps. Many LM3914s can be "chained" to form displays of 20 to over 100 segments. Both ends of the voltage divider are externally available so that 2 drivers can be made into a zero-center meter.

The LM3914 is very easy to apply as an analog meter circuit. A 1.2V full-scale meter requires only 1 resistor and a single 3V to 15V supply in addition to the 10 display LEDs. If the 1 resistor is a pot, it becomes the LED brightness control. The simplified block diagram illustrates this extremely simple external circuitry.

When in the dot mode, there is a small amount of overlap or "fade" (about 1 mV) between segments. This assures that at no time will all LEDs be "OFF", and thus any ambiguous display is avoided. Various novel displays are possible.

Much of the display flexibility derives from the fact that all outputs are individual, DC regulated currents. Various effects can be achieved by modulating these currents. The individual outputs can drive a transistor as well as a LED at the same time, so controller functions including "staging" control can be performed. The LM3914 can also act as a programmer, or sequencer.

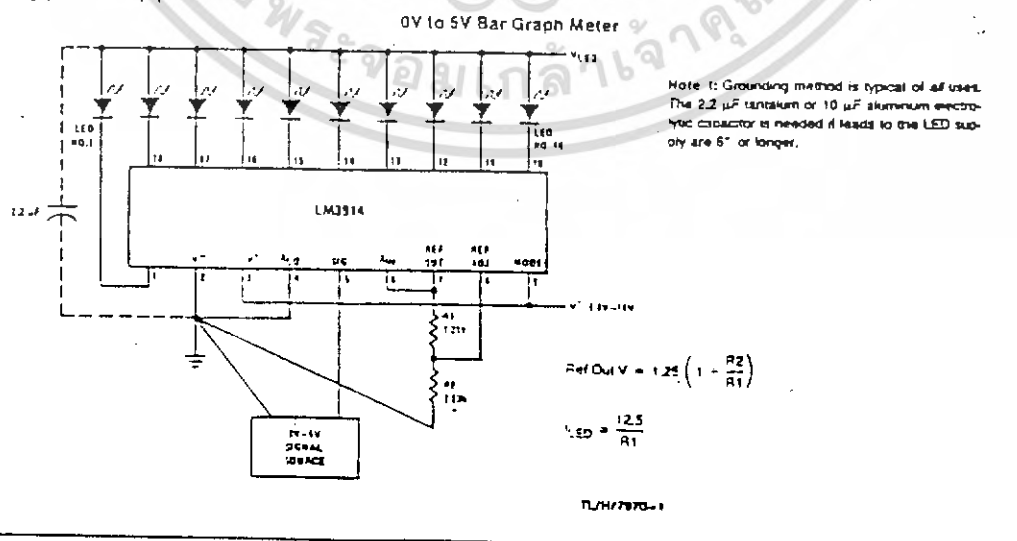
The LM3914 is rated for operation from 0°C to +70°C. The LM3914N is available in an 18-lead molded (N) package.

The following typical application illustrates adjusting of the reference to a desired value, and proper grounding for accurate operation, and avoiding oscillations.

### Features

- Drives LEDs, LCDs or vacuum fluorescents
- Bar or dot display mode externally selectable by user
- Expandable to displays of 100 steps
- Internal voltage reference from 1.2V to 12V
- Operates with single supply of less than 3V
- Inputs operate down to ground
- Output current programmable from 2 mA to 30 mA
- No multiplex switching or interaction between outputs
- Input withstands  $\pm 35V$  without damage or false outputs
- LED driver outputs are current regulated, open-collector
- Outputs can interface with TTL or CMOS logic
- The internal 10-step divider is floating and can be referenced to a wide range of voltages

### Typical Applications



## Absolute Maximum Ratings

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

Power Dissipation (Note 5)	
Molded DIP (N)	1365 mW
Supply Voltage	25V
Voltage on Output Drivers	25V
Input Signal Overvoltage (Note 3)	±35V
Divider Voltage	-100 mV to V+
Reference Load Current	10 mA

Storage Temperature Range -55°C to +150°C

### Soldering Information

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 seconds)	260°C
Plastic Chio Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

## Electrical Characteristics (Notes 1 and 3)

Parameter	Conditions (Note 1)	Min	Typ	Max	Units
<b>COMPARATOR</b>					
Offset Voltage, Buffer and First Comparator	$0V \leq V_{RLO} = V_{RHI} \leq 12V$ $I_{LED} = 1mA$		3	10	mV
Offset Voltage, Buffer and Any Other Comparator	$0V \leq V_{RLO} = V_{RHI} \leq 12V$ $I_{LED} = 1mA$		3	15	mV
Gain ( $\Delta I_{LED}/\Delta V_{IN}$ )	$I_{L(REF)} = 2mA, I_{LED} = 10mA$	3	3		mA/mV
Input Bias Current (at Pin 5)	$0V \leq V_{IN} \leq V^- - 1.5V$		25	100	nA
Input Signal Overvoltage	No Change in Display	-35		35	V
<b>VOLTAGE-DIVIDER</b>					
Divider Resistance	Total, Pin 6 to 4	8	12	17	k $\Omega$
Accuracy	(Note 2)		0.5	2	%
<b>VOLTAGE REFERENCE</b>					
Output Voltage	$0.1mA \leq I_{L(REF)} \leq 4mA$ $V^- = V_{LED} = 5V$	1.2	1.28	1.34	V
Line Regulation	$3V \leq V^- \leq 18V$		0.01	0.03	%/V
Load Regulation	$0.1mA \leq I_{L(REF)} \leq 4mA$ $V^- = V_{LED} = 5V$		0.4	2	%
Output Voltage Change with Temperature	$0^\circ C \leq T_A \leq -70^\circ C, I_{L(REF)} = 1mA$ $V^- = 5V$		1		%
Adjust Pin Current			75	120	$\mu A$
<b>OUTPUT DRIVERS</b>					
LED Current	$V^- = V_{LED} = 5V, I_{L(REF)} = 1mA$	7	10	13	mA
LED Current Difference (Between Largest and Smallest LED Currents)	$V_{LED} = 5V$	$I_{LED} = 2mA$	0.12	0.4	mA
		$I_{LED} = 20mA$	1.2	3	
LED Current Regulation	$2V \leq V_{LED} \leq 17V$	$I_{LED} = 2mA$	0.1	0.25	mA
		$I_{LED} = 20mA$	1	3	
Croocout Voltage	$I_{LED(ICN)} = 20mA, V_{LED} = 5V$ $\Delta I_{LED} = 2mA$			1.5	V
Saturation Voltage	$I_{LED} = 2.0mA, I_{L(REF)} = 0.4mA$		0.15	0.4	V
Output Leakage, Each Collector	(Bar Mode) (Note 4)		0.1	10	$\mu A$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Electrical Characteristics (Note 1) (Continued)

Parameter	Conditions (Note 1)	Min	Typ	Max	Units	
<b>OUTPUT DRIVERS (Continued)</b>						
Output Leakage	(Dot Mode) (Note 4)	Pins 10–18		0.1	10	$\mu\text{A}$
		Pin 1	60	150	450	$\mu\text{A}$
<b>SUPPLY CURRENT</b>						
Standby Supply Current (All Outputs Off)	$V^+ = 5\text{V}$ , $I_{L(REF)} = 0.2\text{mA}$		2.4	4.2	mA	
	$V^+ = 20\text{V}$ , $I_{L(REF)} = 1.0\text{mA}$		6.1	9.2	mA	

Note 1: Unless otherwise stated, all specifications apply with the following conditions:

$0\text{Vdc} \leq V^+ \leq 20\text{Vdc}$	$V_{REF}, V_{OH}, V_{OL} \leq (V^+ - 1.5\text{V})$
$0\text{Vdc} \leq V_{LED} \leq V^+$	$0\text{V} \leq V_{IN} \leq V^+ - 1.5\text{V}$
$-0.015\text{V} \leq V_{OH} \leq 12\text{Vdc}$	$T_A = -25^\circ\text{C}$ , $I_{L(REF)} = 0.2\text{mA}$ , $V_{LED} = 2.0\text{V}$ , pin 9 connected to pin 3 (Bar Mode).
$-0.015\text{V} \leq V_{OH} \leq 13\text{Vdc}$	

For higher power dissipation, pulse testing is used.

Note 2: Accuracy is measured referred to  $+10,000\text{Vdc}$  at pin 6, with  $0.000\text{Vdc}$  at pin 4. At lower full-scale voltages, buffer and comparator offset voltage may add significant error.

Note 3: Pin 5 input current must be limited to  $\pm 3\text{mA}$ . The addition of a  $29\text{k}\Omega$  resistor in series with pin 5 allows  $\pm 100\text{V}$  signals without damage.

Note 4: Bar mode results when pin 9 is within  $20\text{mV}$  of  $V^+$ . Dot mode results when pin 9 is pulled at least  $200\text{mV}$  below  $V^+$  or left open circuit. LED No. 10 (pin 10) output current is disabled if pin 9 is pulled  $0.9\text{V}$  or more below  $V_{LED}$ .

Note 5: The maximum junction temperature of the LM3914 is  $100^\circ\text{C}$ . Devices must be derated for operation at elevated temperatures. Junction to ambient thermal resistance is  $35^\circ\text{C/W}$  for the molded DIP (H package).

## Definition of Terms

**Accuracy:** The difference between the observed threshold voltage and the ideal threshold voltage for each comparator. Specified and tested with  $10\text{V}$  across the internal voltage divider so that resistor ratio matching error predominates over comparator offset voltage.

**Adjust Pin Current:** Current flowing out of the reference adjust pin when the reference amplifier is in the linear region.

**Comparator Gain:** The ratio of the change in output current ( $I_{LED}$ ) to the change in input voltage ( $V_{IN}$ ) required to produce it for a comparator in the linear region.

**Dropout Voltage:** The voltage measured at the current source outputs required to make the output current fall by  $10\%$ .

**Input Bias Current:** Current flowing out of the signal input when the input buffer is in the linear region.

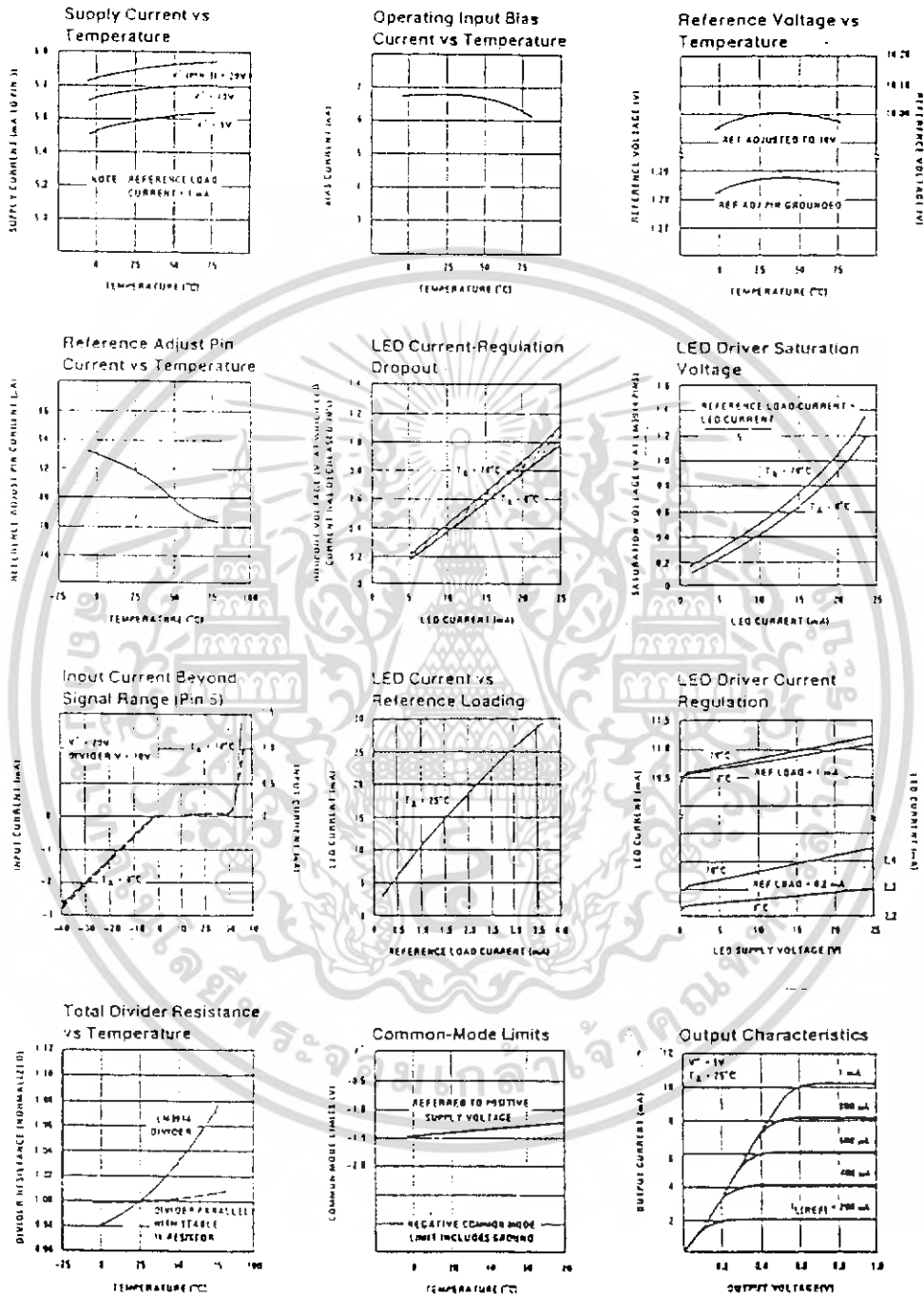
**LED Current Regulation:** The change in output current over the specified range of LED supply voltage ( $V_{LED}$ ) as measured at the current source outputs. As the forward voltage of an LED does not change significantly with a small change in forward current, this is equivalent to changing the voltage at the LED anodes by the same amount.

**Line Regulation:** The average change in reference output voltage over the specified range of supply voltage ( $V^+$ ).

**Load Regulation:** The change in reference output voltage ( $V_{REF}$ ) over the specified range of load current ( $I_{L(REF)}$ ).

**Offset Voltage:** The differential input voltage which must be applied to each comparator to bias the output in the linear region. Most significant error when the voltage across the internal voltage divider is small. Specified and tested with pin 6 voltage ( $V_{RH}$ ) equal to pin 4 voltage ( $V_{OL}$ ).

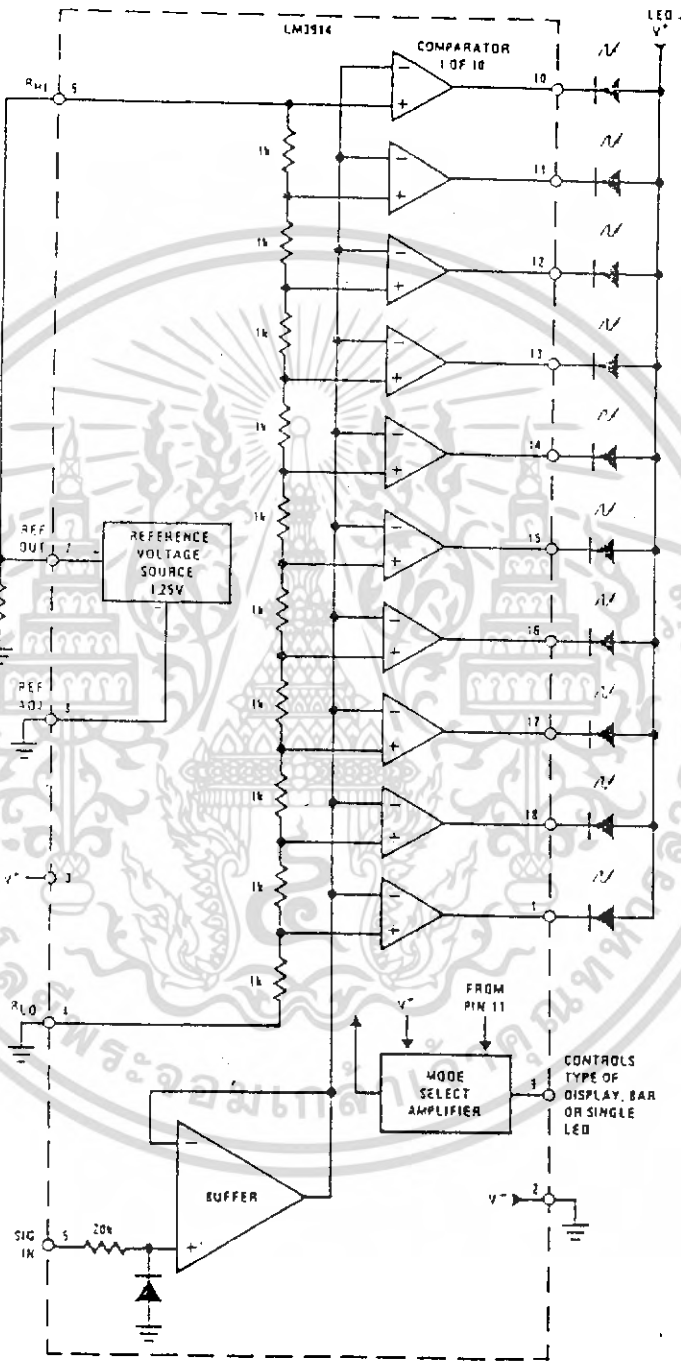
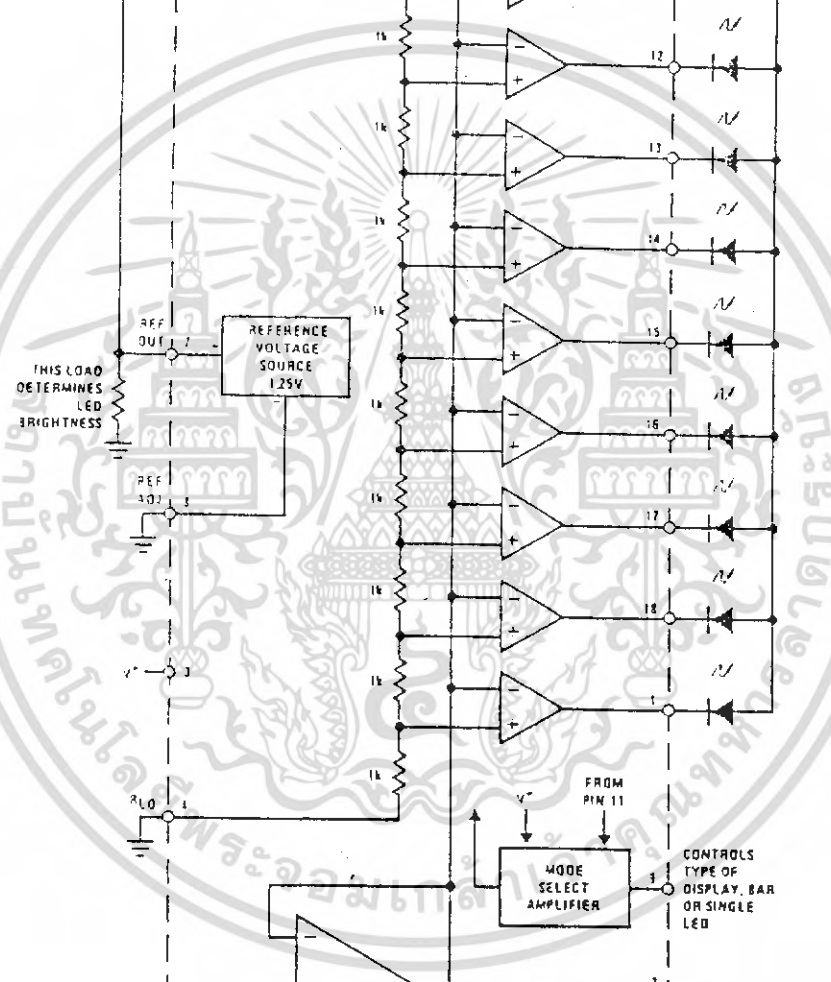
### Typical Performance Characteristics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram (Showing Simplest Application)

LV7914



TL7914-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### Mode Pin Functional Description (Continued)

#### DOT OR BAR MODE SELECTION

The voltage at pin 9 is sensed by comparator C1, nominally referenced to  $(V^+ - 100 \text{ mV})$ . The chip is in bar mode when pin 9 is above this level; otherwise it's in dot mode. The comparator is designed so that pin 9 can be left open circuit for dot mode.

Taking into account comparator gain and variation in the 100 mV reference level, pin 9 should be no more than 20 mV below  $V^+$  for bar mode and more than 200 mV below  $V^+$  (or open circuit) for dot mode. In most applications, pin 9 is either open (dot mode) or tied to  $V^+$  (bar mode). In bar mode, pin 9 should be connected directly to pin 3. Large currents drawn from the power supply (LED current, for example) should not share this path so that large IR drops are avoided.

#### DOT MODE CARRY

In order for the display to make sense when multiple LM3914s are cascaded in dot mode, special circuitry has been included to shut off LED No. 10 of the first device when LED No. 1 of the second device comes on. The connection for cascading in dot mode has already been described and is depicted below.

As long as the input signal voltage is below the threshold of the second LM3914, LED No. 11 is off. Pin 9 of LM3914 No. 1 thus sees effectively an open circuit so the chip is in dot mode. As soon as the input voltage reaches the threshold of LED No. 11, pin 9 of LM3914 No. 1 is pulled an LED drop (1.5V or more) below  $V_{LED}$ . This condition is sensed by comparator C2, referenced 600 mV below  $V_{LED}$ . This forces the output of C2 low, which shuts off output transistor C2, extinguishing LED No. 10.

$V_{LED}$  is sensed via the 20k resistor connected to pin 11. The very small current (less than 100  $\mu\text{A}$ ) that is diverted from LED No. 9 does not noticeably affect its intensity.

An auxiliary current source at pin 1 keeps at least 100  $\mu\text{A}$  flowing through LED No. 11 even if the input voltage rises high enough to extinguish the LED. This ensures that pin 9 of LM3914 No. 1 is held low enough to force LED No. 10 off when any higher LED is illuminated. While 100  $\mu\text{A}$  does not normally produce significant LED illumination, it may be noticeable when using high-efficiency LEDs in a dark environment. If this is bothersome, the simple cure is to shunt LED No. 11 with a 10k resistor. The 1V IR drop is more than the 900 mV worst case required to hold off LED No. 10 yet small enough that LED No. 11 does not conduct significantly.

licable when using high-efficiency LEDs in a dark environment. If this is bothersome, the simple cure is to shunt LED No. 11 with a 10k resistor. The 1V IR drop is more than the 900 mV worst case required to hold off LED No. 10 yet small enough that LED No. 11 does not conduct significantly.

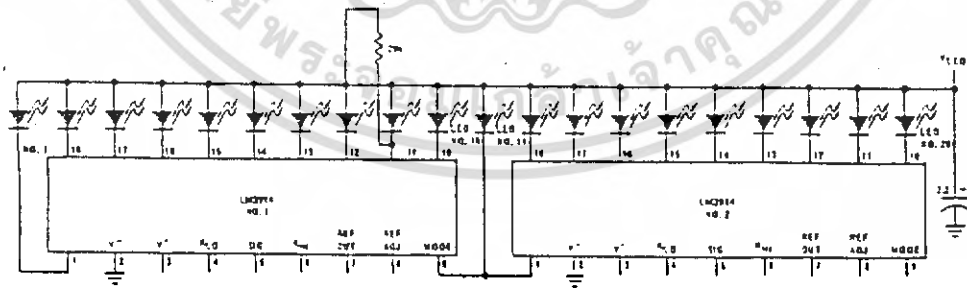
#### OTHER DEVICE CHARACTERISTICS

The LM3914 is relatively low-powered itself, and since any number of LEDs can be powered from about 3V, it is a very efficient display driver. Typical standby supply current (all LEDs OFF) is 1.6 mA (2.5 mA max). However, any reference loading adds 4 times that current drain to the  $V^+$  (pin 3) supply input. For example, an LM3914 with a 1 mA reference pin load (1.2k), would supply almost 10 mA to every LED while drawing only 10 mA from its  $V^+$  pin supply. At full-scale, the IC is typically drawing less than 10% of the current supplied to the display.

The display driver does not have built-in hysteresis so that the display does not jump instantly from one LED to the next. Under rapidly changing signal conditions, this cuts down high frequency noise and often an annoying "licker." An "overlap" is built in so that at no time between segments are all LEDs completely OFF in the dot mode. Generally 1 LED fades in while the other fades out over a mV or more of range (Note 2). The change may be much more rapid between LED No. 10 of one device and LED No. 1 of a second device "chained" to the first.

The LM3914 features individually current regulated LED driver transistors. Further internal circuitry detects when any driver transistor goes into saturation, and prevents other circuitry from drawing excess current. This results in the ability of the LM3914 to drive and regulate LEDs powered from a pulsating DC power source, i.e., largely unfiltered. (Due to possible oscillations at low voltages a nominal bypass capacitor consisting of a 2.2  $\mu\text{F}$  solid tantalum connected from the pulsating LED supply to pin 2 of the LM3914 is recommended.) This ability to operate with low or fluctuating voltages also allows the display driver to interface with logic circuitry, opto-coupled solid-state relays, and low-current incandescent lamps.

Cascading LM3914s in Dot Mode

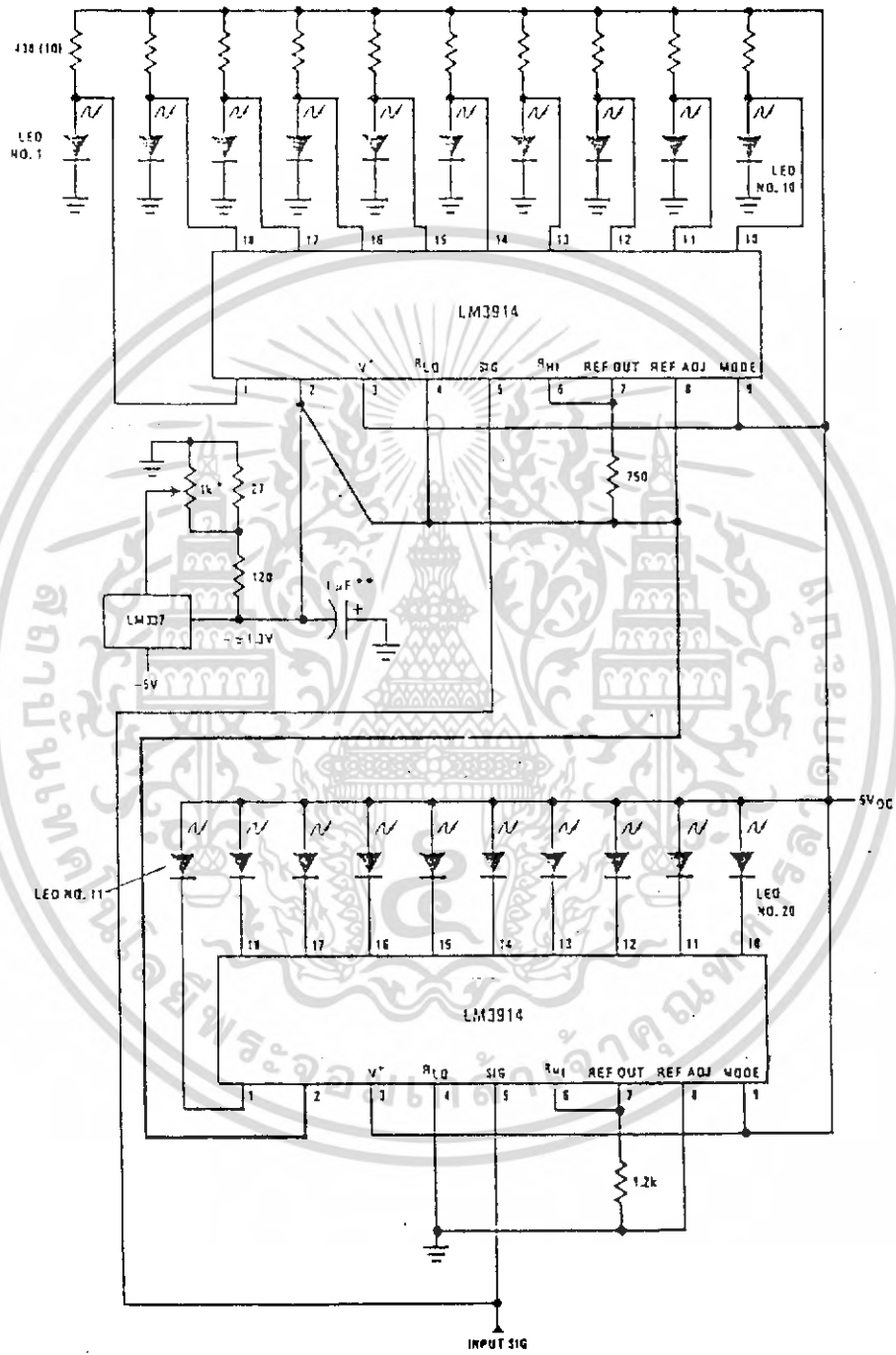


FL/M/7970-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Typical Applications (Continued)

Zero-Center Meter, 20-Segment

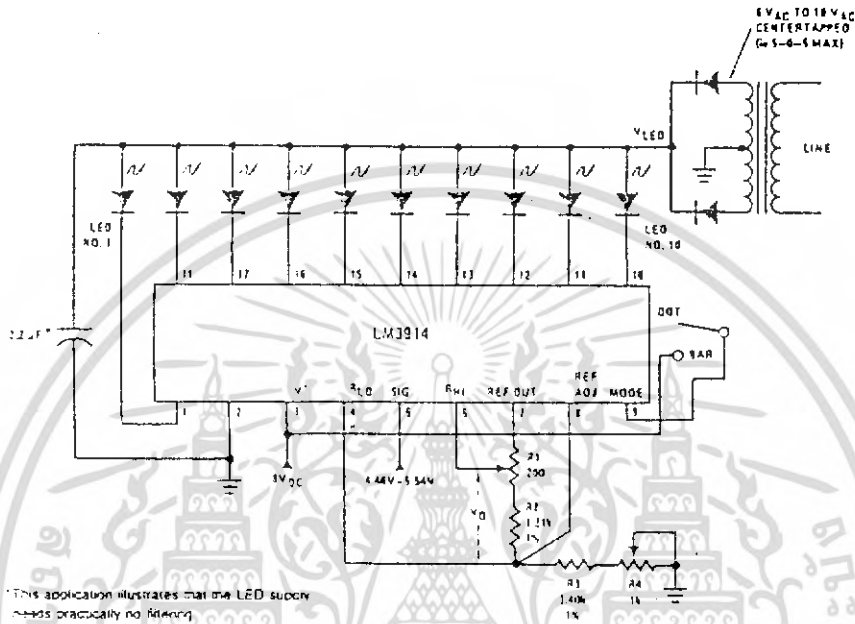


TU/W/976-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

Expanded Scale Meter, Dot or Bar



This application illustrates that the LED supply needs practically no filtering.  
 Calibration: With a precision meter between pins 4 and 5, adjust R1 for voltage  $V_{REF}$  of 1.20V. Adjust 4.4kV to pin 5, and adjust R2 and LED No. 5 just lights. The adjustments are non-interacting.

Application Example: Grading 5V Regulators

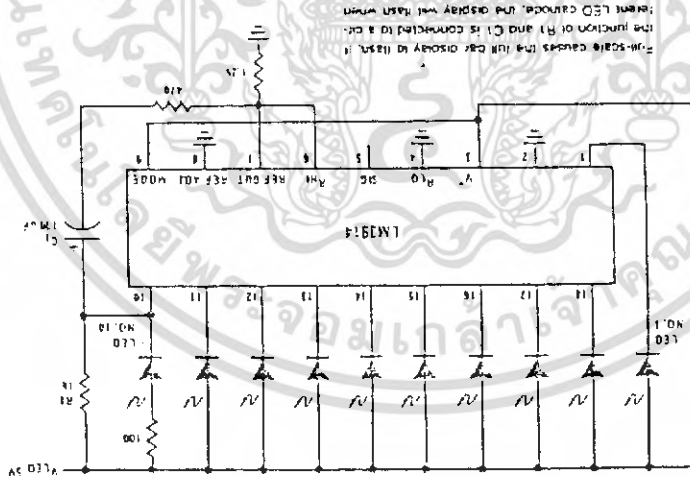
Highest No. LED on	Color	$V_{OUT(MIN)}$
10	Red	5.54
9	Red	5.42
8	Yellow	5.30
7	Green	5.18
6	Green	5.06
5V		
5	Green	4.94
4	Green	4.82
3	Yellow	4.7
2	Red	4.58
1	Red	4.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



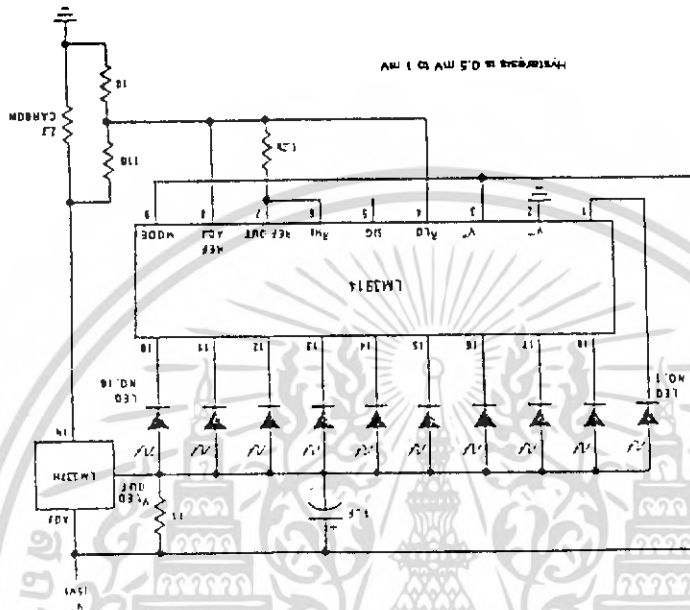
Typical Applications (Continued)

Bar Display with Alarm Flasher



Four-state outputs (no run or display in flash) if the junction of R1 and C1 is connected to a common LED cathode, the display will flash when that LED lights, and all other nodes signal.

Adding Hysteresis (Single Supply, Bar Mode Only)



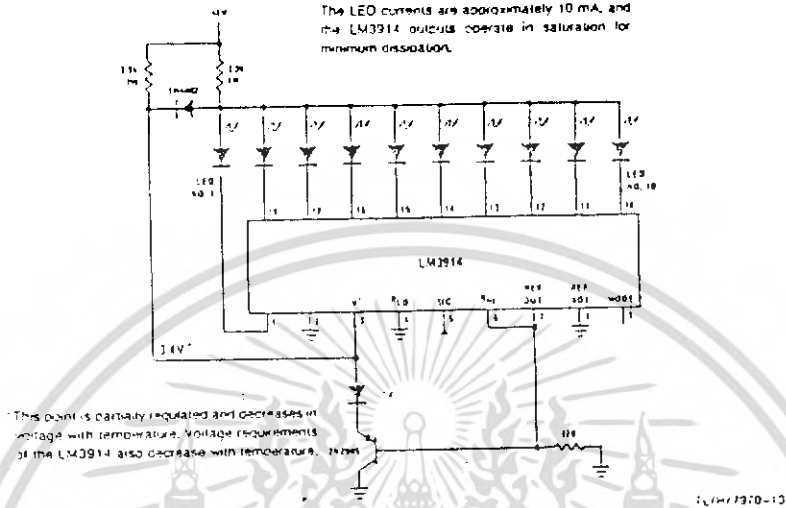
TLM7730-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Application (Continued)

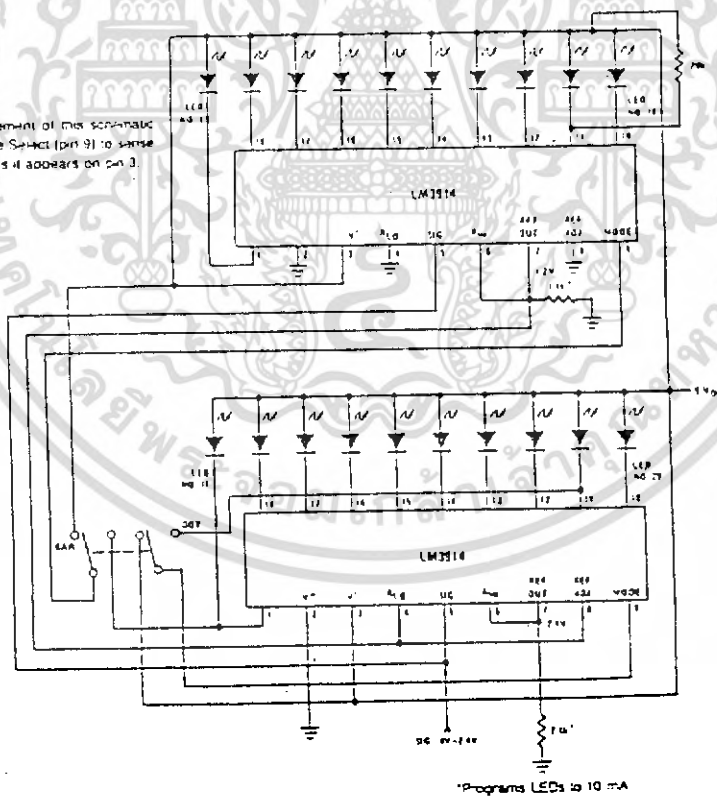
Operating with a High Voltage Supply (Dot Mode Only)

The LED currents are approximately 10 mA, and the LM3914 outputs operate in saturation for minimum dissipation.



20-Segment Meter with Mode Switch

The exact wiring arrangement of this schematic is the same as the one for Mode Select (pin 9) to sense the V<sub>BE</sub> voltage exactly as it appears on pin 3.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Application Hints

Three of the most commonly needed precautions for using the LM3914 are shown in the first typical application drawing (see page 9-108) showing a 0V-5V bar graph meter. The most difficult problem occurs when large LED currents are being drawn, especially in bar graph mode. These currents flowing out of the ground pin cause voltage drops in external wiring, and thus errors and oscillations. Bringing the return wires from signal sources, reference ground and bottom of the resistor string (as illustrated) to a single point very near pin 2 is the best solution.

Long wires from  $V_{LED}$  to LED anode common can cause oscillations. Depending on the severity of the problem 0.05  $\mu F$  to 2.2  $\mu F$  decoupling capacitors from LED anode common to pin 2 will damp the circuit. If LED anode line wiring is inaccessible, often similar decoupling from pin 1 to pin 2 will be sufficient.

If LED turn ON seems slow (bar mode) or several LEDs light (dot mode), oscillation or excessive noise is usually the problem. In cases where proper wiring and bypassing fail to stop oscillations,  $V^+$  voltage at pin 3 is usually below suggested limits (see Note 2, page 9-108). Expanded scale meter applications may have one or both ends of the internal voltage divider terminated at relatively high value resistors. These high-impedance ends should be bypassed to pin 2 with at least a 0.001  $\mu F$  capacitor, or up to 0.1  $\mu F$  in noisy environments.

Power dissipation, especially in bar mode should be given consideration. For example, with a 5V supply and all LEDs programmed to 20 mA the driver will dissipate over 600 mW. In this case a 7.5 $\Omega$  resistor in series with the LED supply will cut device heating in half. The negative end of the resistor should be bypassed with a 2.2  $\mu F$  solid tantalum capacitor to pin 2 of the LM3914.

Turning OFF or most of the internal current sources is accomplished by pulling positive on the reference with a current source or resistance supplying 100  $\mu A$  or so. Alternatively, the input signal can be gated OFF with a transistor switch.

Other special features and applications characteristics will be illustrated in the following applications schematics. Notes have been added in many cases, attempting to cover any special procedures or unusual characteristics of these applications. A special section called "Application Tips for the LM3914 Adjustable Reference" has been included with these schematics.

#### APPLICATION TIPS FOR THE LM3914 ADJUSTABLE REFERENCE

##### GREATLY EXPANDED SCALE (BAR MODE ONLY)

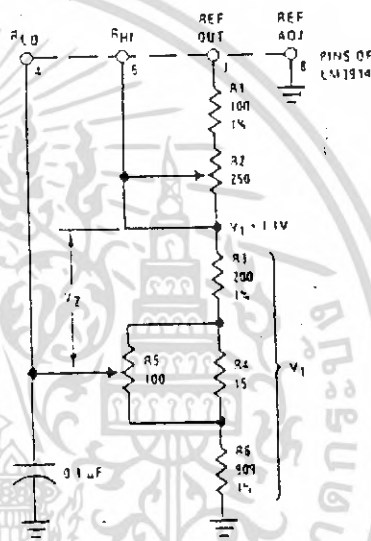
Placing the LM3914 internal resistor divider in parallel with a section ( $\approx 230\Omega$ ) of a stable, low resistance divider greatly reduces voltage changes due to IC resistor value changes with temperature. Voltage  $V_1$  should be trimmed to 1.1V first by use of R2. Then the voltage  $V_2$  across the IC divider string can be adjusted to 200 mV, using R5 without affecting  $V_1$ . LED current will be approximately 10 mA.

##### NON-INTERACTING ADJUSTMENTS FOR EXPANDED SCALE METER (4.5V to 5V, Bar or Dot Mode)

This arrangement allows independent adjustment of LED brightness regardless of meter span and zero adjustments. First,  $V_1$  is adjusted to 5V, using R2. Then the span (voltage across R4) can be adjusted to exactly 0.5V using R6 without affecting the previous adjustment.

R9 programs LED currents within a range of 2.2 mA to 20 mA after the above settings are made.

##### Greatly Expanded Scale (Bar Mode Only)



##### ADJUSTING LINEARITY OF SEVERAL STACKED DIVIDERS

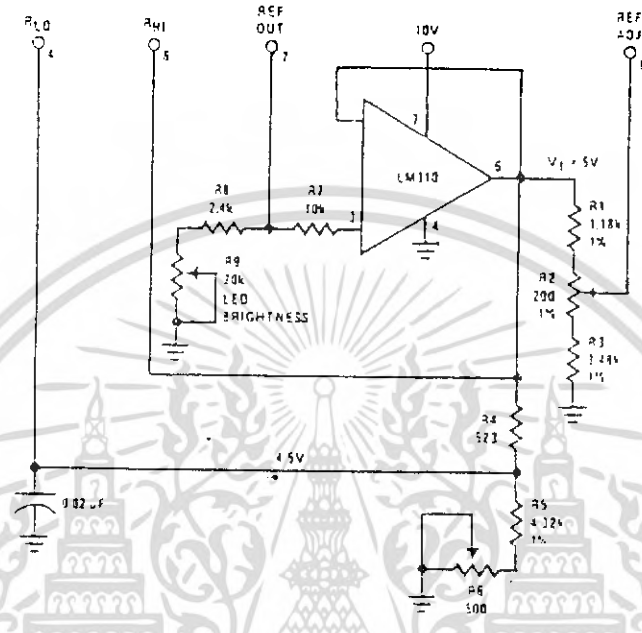
Three internal voltage dividers are shown connected in series to provide a 30-step display. If the resulting analog meter is to be accurate and linear the voltage on each divider must be adjusted, preferably without affecting any other adjustments. To do this, adjust R2 first, so that the voltage across R5 is exactly 1V. Then the voltages across R3 and R4 can be independently adjusted by shunting each with selected resistors of 6 k $\Omega$  or higher resistance. This is possible because the reference of LM3914 No. 3 is acting as a constant current source.

The references associated with LM3914s No. 1 and No. 2 should have their Ref Adj pins (pin 8) wired to ground, and their Ref Outputs loaded by a 620 $\Omega$  resistor to ground. This makes available similar 20 mA current outputs to all the LEDs in the system.

If an independent LED brightness control is desired (as in the previous application), a unity gain buffer, such as the LM310, should be placed between pin 7 and R1, similar to the previous application.

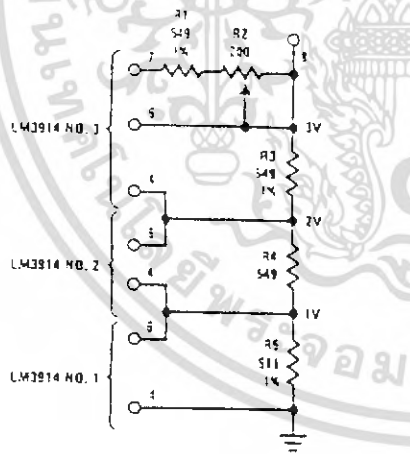
Application Hints (Continued)

Non-interacting Adjustments for Expanded Scale Meter (4.5V to 5V, Bar or Dot Mode)



TLH/7970-15

Adjusting Linearity of Several Stacked Dividers



TLH/7970-17

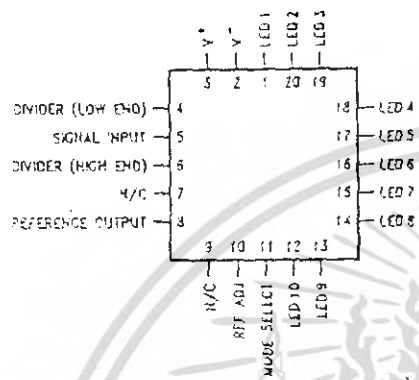
Other Applications

- "Slow" —fade bar or dot display (couples resolution)
- 20-step meter with single dot brightness control
- 10-step (or multiples) programmer
- Multi-step or "staging" controller
- Combined controller and process deviation meter
- Direction and rate indicator (to add to OVMs)
- Exclamation point display for power saving
- Graduations can be added to dot displays. Dimly light every other LED using a resistor to ground
- Electronic "meter-relay" —display could be circle or semi-circle
- Moving "hole" display —indicator LED is dark, rest of bar lit
- Drives vacuum-fluorescent and LCDs using added passive parts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams

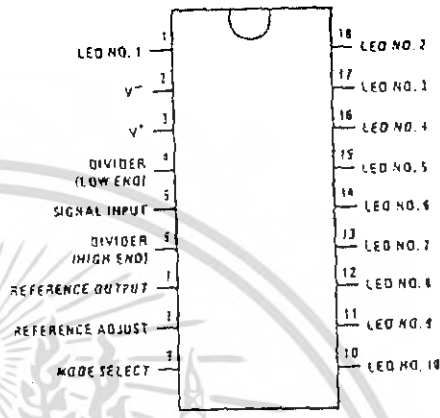
Plastic Chip Carrier Package



Top View

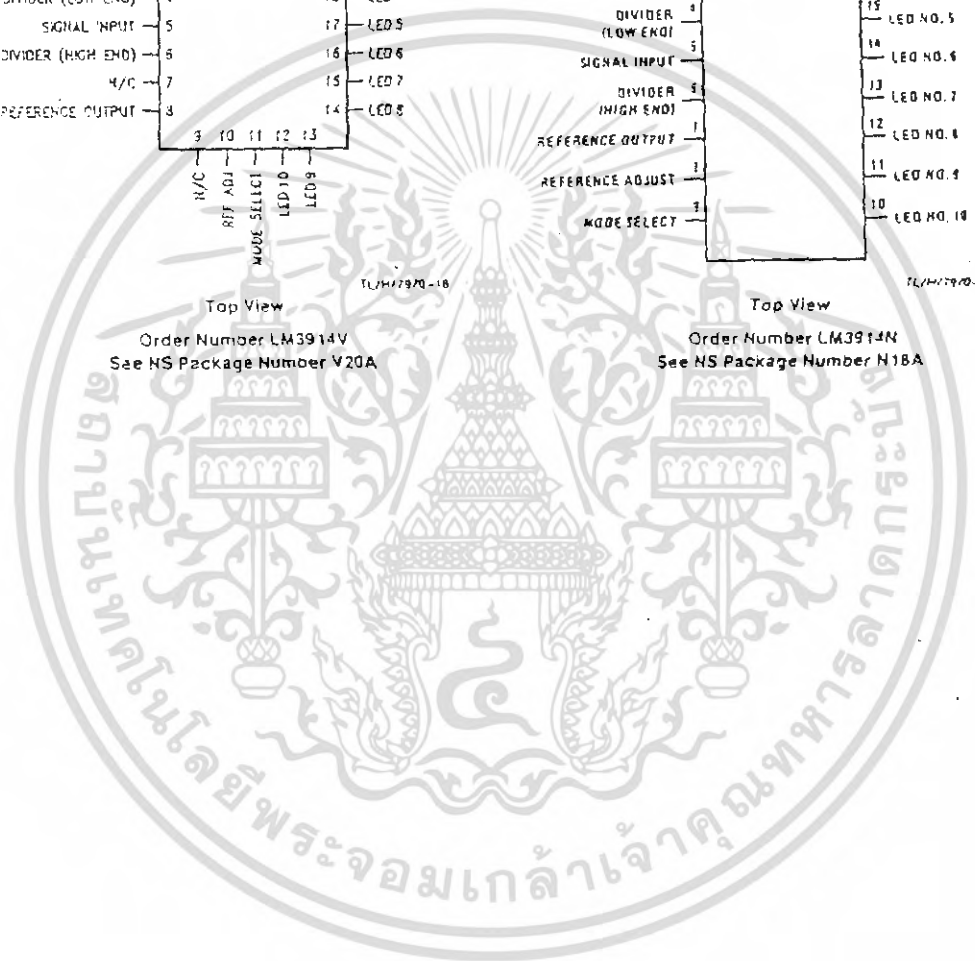
Order Number LM3914V  
See NS Package Number V20A

Dual-in-Line Package



Top View

Order Number LM3914N  
See NS Package Number N18A



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้