



ปีการศึกษา . 2529

อุปกรณ์ทดสอบหลอดไอซี



อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ แดเนี่ยล บริน

อาจารย์ อภินันท์ มัญยานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารที่สงวนไว้ไปใช้

026918

ปริญญาโทปีการศึกษา 2529

เรื่อง อุปกรณ์ทดสอบหลอดไอซี

ผู้จัดทำ นาย พันธุ์ศักดิ์ สีโกคานนท์ 24.5102



.....  
(อาจารย์ แดเนียง บริน)

.....  
(อาจารย์ อภินันท์ มัชฌานนท์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตกันในทุกวันนี้ โดยใช้สารประเภท สารกึ่งตัวนำ หรือ เซมิคอนดักเตอร์ มีความไวต่อไฟฟ้าสถิตย์รอบตัวมันอย่างมาก กล่าวคือ ในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ไฟฟ้าสถิตย์จากมือ หรือ ภาชนะที่มันบรรจุ อยู่ โดยเพียงการสัมผัสอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เหล่านี้ก็จะสามารถทำให้อุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้เกิดความเสียหายขึ้นได้ ฉะนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษา และ สร้างวงจรขึ้นมาเพื่อใช้ในการตรวจสอบค่าไฟฟ้าสถิตย์มาตรฐานของหลอดบรรจุไอซีอุปกรณ์ วงจรรวม (INTEGRATED CIRCUIT) ว่ามีค่าไฟฟ้าสถิตย์อยู่ในเกณฑ์ที่จะไม่เป็นอัน ตรายต่อ ไอซี โดยเน้นการออกแบบวงจรให้มีราคาถูก และ จุดประสงค์ที่สำคัญอีกประ การหนึ่งคือ ต้องการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้เมื่อป้อนไฟกระแสตรงอย่างต่อเนื่อง กับ เมื่อป้อนไฟเป็นสัญญาณสแควร์กระแสดตรง (สัญญาณเป็นช่วง) อันจะได้กล่าวโดยละเอียด ในบทต่อ ๆ ไป

## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทนำ   |      |
| บทที่ 1 หลักการเบื้องต้นและหลักการของวงจรโดยสังเขป | 1    |
| บทที่ 2 วงจรการทำงาน                               | 8    |
| บทสรุป   | 27   |
| ภาคผนวก  |      |
| กิตติกรรมประกาศ                                    |      |
| หนังสืออ้างอิง                                     |      |



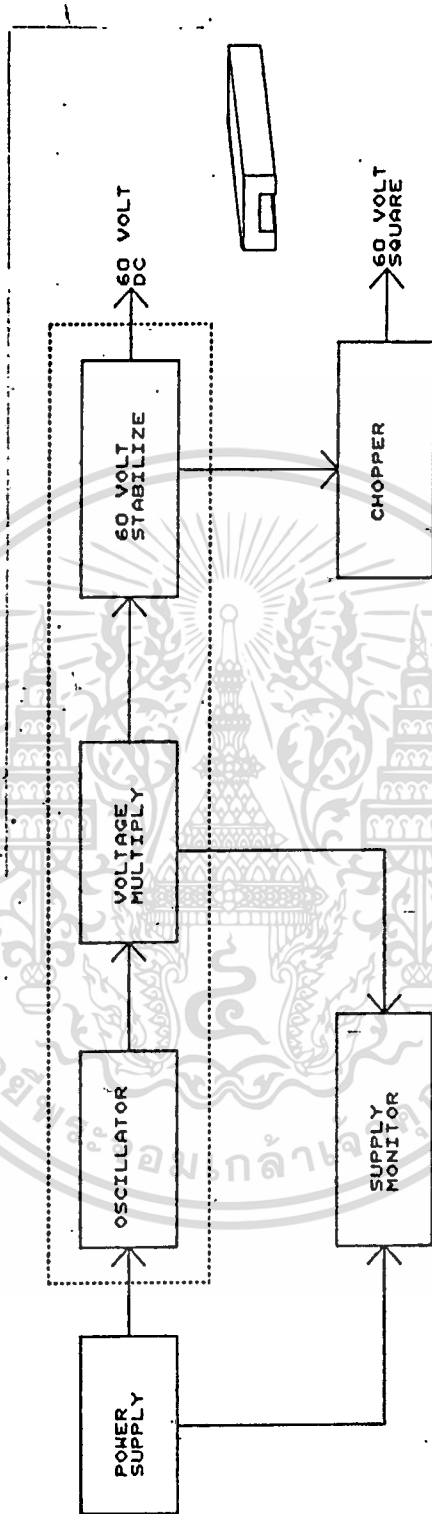
บทที่ 1

หลักการเบื้องต้นและหลักการของวงจรโดยสังเขป

หลักการโดยเบื้องต้นของการทำงานของอุปกรณ์นี้ก็คือ เมื่อป้อนไฟกระแสตรงขนาด 60 โวลต์ ผ่านหลอดบรรจุไอซีที่มีค่าไฟฟ้าสถิตย์อยู่ในมาตรฐานที่จะบรรจุไอซีได้ จะมีกระแสผ่านตัวหลอด วัดได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 นาโนแอมป์ จากหลักการนี้เองก็จะนำมาใช้เป็นจุดเริ่มต้นในการออกแบบวงจรกันต่อไป

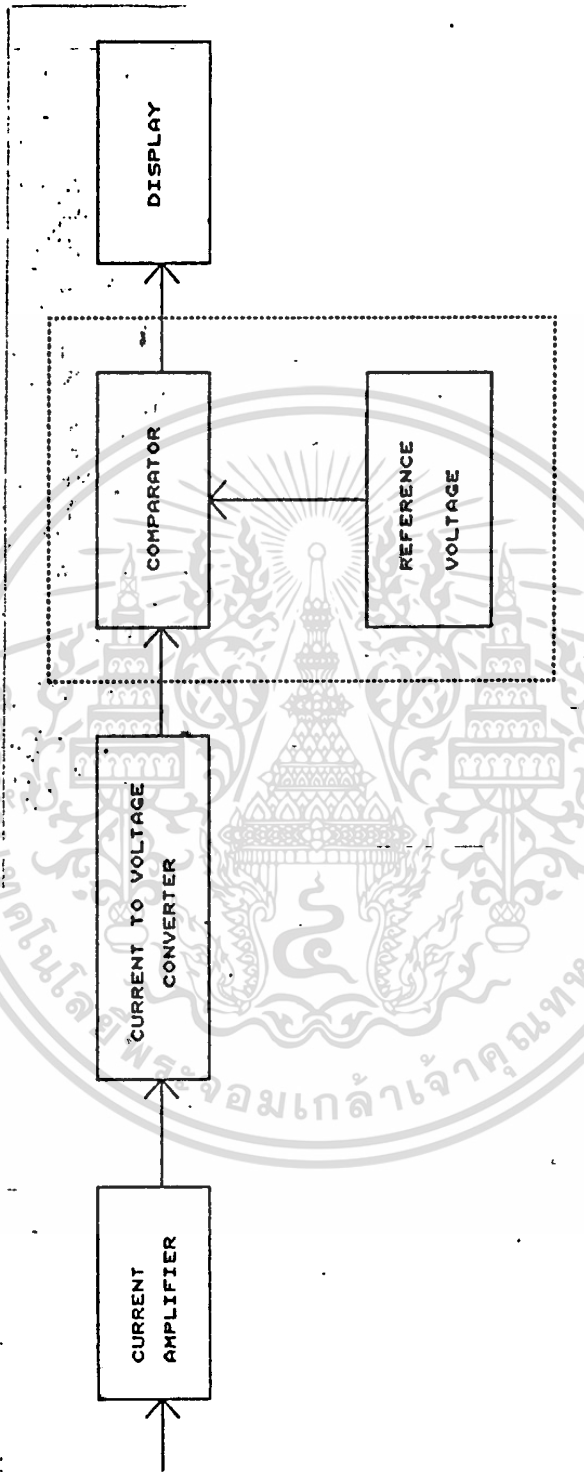
ในอุปกรณ์นี้จะแบ่งวงจรโดยคร่าว ๆ จะแบ่งเป็นภาค ๆ ได้ดังนี้

1. ภาคจ่ายไฟเลี้ยง
  2. ภาคสร้างแรงดันไฟ 60 โวลต์
  3. ภาคชอปเปอร์ (CHOPPER)
  4. ภาคแสดงระดับของไฟเลี้ยง
  5. ภาคขยายกระแส
  6. ภาคเปรียบเทียบแรงดันไฟ (COMPARATOR)
  7. ภาคแสดงผลลัพท์หรือแสดงว่าหลอดไอซีนั้น ๆ มีค่าไฟฟ้าสถิตย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
- สำหรับหลักการการทำงานของวงจรภาคต่าง ๆ จะได้อธิบายดังต่อไปนี้



รูปที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ภาคสร้างแรงดัน 60 โวลต์

ใช้สัญญาณไฟที่ได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์ (OSCILLATOR) เป็นสัญญาณไฟผ่านวงจรคูณแรงดัน (VOLTAGE MULTIPLIER) จนได้สัญญาณไฟตรง (D.C.) ขนาดมากกว่า 60 โวลต์ จากนั้นใช้วงจรควบคุมแรงดันคงที่เพื่อให้ได้แรงดันไฟกระแสตรง 60 โวลต์มีขนาดคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามขนาดแรงดันไฟเลี้ยงของวงจรออสซิลเลเตอร์ หรือ เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ซึ่งถ้าไม่สามารถควบคุมให้แรงดันไฟกระแสตรง 60 โวลต์ให้คงที่ กระแสที่ไหลผ่านตัวหลอดไอซีก็จะเป็นเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นวงจรทั้งหมดจะทำงานหรือแสดงผลผลิตพลาดไปหมด ฉะนั้นแรงดันไฟกระแสตรง 60 โวลต์จึงมีความสำคัญอย่างมากที่จะต้องรักษาหรือควบคุมให้คงที่ตลอดเวลา

### ภาคชอปเปอร์ (CHOPPER)

ภาคชอปเปอร์นี้จะ เป็นภาคที่สร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่มีขนาด 0-60 โวลต์โดยใช้วงจรออสซิลเลเตอร์อีกชุดหนึ่งไปทำการชอปแรงดันไฟกระแสตรง 60 โวลต์ ที่ได้สร้างไว้แล้ว และเนื่องจากไฟ 60 โวลต์มีระดับคงที่ตลอดเวลาอยู่แล้ว จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องออกแบบวงจรรักษาระดับแรงดันต่อจากภาคนี้อีก กล่าวคือสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม 60 โวลต์นี้จะมีแรงดันคงที่ตามไฟกระแสตรง 60 โวลต์ไปด้วย สัญญาณสี่เหลี่ยม 60 โวลต์นี้จะไปป้อนเข้าหลอดไอซีเช่นกัน แล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับการใช้ไฟ 60 โวลต์แบบต่อเนื่อง

### ภาคแสดงระดับแรงดันของไฟเลี้ยง

เนื่องจากไฟเลี้ยงที่ต่ำเกินไปถึงจุดหนึ่งจะมีผลต่อวงจรออสซิลเลเตอร์, วงจรคูณแรงดันและจะมีผลทำให้ไฟ 60 โวลต์ติชี่ไม่คงที่ แรงดันไฟที่ได้จากวงจรคูณแรงดันถ้ามีค่ามากกว่า 60 โวลต์ วงจรควบคุมแรงดันจะสามารถควบคุมระดับแรงดันให้เท่ากับ 60 โวลต์ได้ แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าวงจรคูณแรงดันสร้างไฟที่มีระดับแรงดันไม่ถึง 60 โวลต์แล้ว วงจรควบคุมแรงดันก็จะไม่สามารถรักษาขนาดแรงดันไฟ 60 โวลต์ไว้ได้ถ้ากรณีเช่นนี้วงจรในภาคแสดงระดับไฟเลี้ยงจะเป็นตัวบอกว่าการอุปกรณ์นี้อยู่ในสภาวะใช้งาน

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้หรือไม่ คือถ้าไฟเลี้ยงต่ำเกินไปวงจรในภาคนี้ก็จะแสดงให้เห็นว่า ขณะนี้ไฟ 60 โวลต์ไม่อยู่ในระดับที่ต้องการ คือต่ำกว่า 60 โวลต์นั่นเอง

### ภาคขยายกระแส

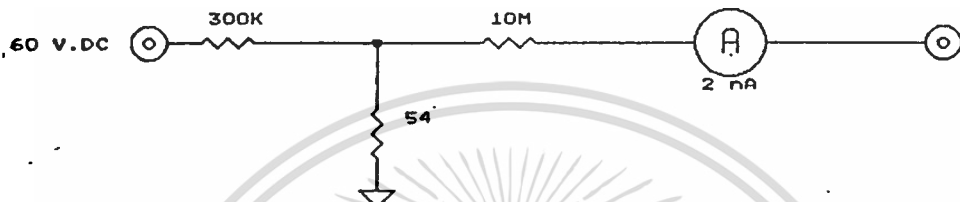
วงจรภาคนี้จะเป็นวงจรรับสัญญาณไฟจากตัวหลอดไอซี เนื่องจากเป็นวงจรที่รับสัญญาณไฟในรูปกระแส ดังนั้นภาคสร้างไฟ 60 โวลต์ ตัวหลอดไอซี และ ภาคขยายกระแสจะต่อถึงกันในลักษณะต่อแบบอนุกรม ทางด้านสัญญาณเข้าของภาคนี้จะมีขนาดต่ำมากคือ กระแสระดับเป็นนาโนแอมป์เท่านั้น ซึ่งจะไวต่อสัญญาณรบกวนอย่างมาก ดังนั้นการออกแบบวงจรรวมทั้งวิธีในการลดสัญญาณรบกวนจึงเป็นส่วนที่ต้องใช้ความพยายามอย่างมาก ทางด้านสัญญาณออกของภาคนี้จะเป็นสัญญาณขนาดมิลลิโวลต์ และจะไปเข้าภาคคอมพาราเตอร์ต่อไป วงจรในภาคนี้นับว่ามีความสำคัญที่สุดในวงจรภาคต่าง ๆ ทั้งหมด รวมทั้งสายเคเบิลที่จะเป็นสายต่อจากหลอดไอซี เข้าวงจรของภาคนี้

### ภาคคอมพาราเตอร์

ภาคคอมพาราเตอร์ก็เป็นวงจรอีกภาคหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากภาคคอมพาราเตอร์จะเป็นภาคที่บอกให้รู้ว่า ภาคขยายกระแสนั้นรับสัญญาณไฟจากหลอดไอซีมากกว่า หรือ น้อยกว่า 2 นาโนแอมป์ ดังนั้นภาคนี้ก็จะกล่าวได้ว่าเป็นภาคที่จะเป็นตัวกำหนดว่า หลอดไอซีนั้นได้มาตรฐานหรือไม่ ภาคคอมพาราเตอร์นี้จะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนของวงจรสร้างสัญญาณไฟมาตรฐาน (Reference Voltage) ซึ่งระดับไฟมาตรฐานนี้จะได้มาจากการป้อนกระแสขนาด 2 นาโนแอมป์ เข้าวงจรขยายกระแส แล้วนำขนาดสัญญาณที่ได้จากวงจรขยายกระแสนำมาเป็นสัญญาณไฟมาตรฐาน จากนั้นก็สร้างวงจรที่จะสร้างสัญญาณไฟที่มีค่าเท่ากับสัญญาณไฟมาตรฐานนี้ แต่เนื่องจากกระแสขนาด 2 นาโนแอมป์ที่จะป้อนให้กับวงจรขยายกระแส เพื่อให้ได้สัญญาณไฟมาตรฐานนั้น ไม่สามารถหาแหล่งจ่ายไฟ (Current Standard) ที่มีค่าต่ำถึง 2 นาโนแอมป์ได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้หลักการประมาณ กล่าวคือ ใช้ทฤษฎีแบ่งกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับความลับซึ่งหมายถึงการที่เอกสารนี้ถูกเก็บไว้ในระดับความลับและจะไม่มีการนำออกไปใช้  
(Current Divider) มาสร้างกระแสขนาด 2 นาโนแอมป์  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3

จากจุดนี้เองจะเห็นได้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์ของค่าความต้านทานจะเป็นตัวกำหนดค่าความผิดพลาดของวงจรการทำงาน แต่เนื่องจากขนาดเครื่องมือที่จะนำมาใช้เป็นมาตรฐานจึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้การประมาณค่าดังเหตุผลประการนี้นั่นเอง

2. วงจรคอมพาราเตอ์ วงจรส่วนนี้จะป็นวงจรที่ทำหน้าที่นำระดับสัญญาณออกของภาคขยายกระแสมาเปรียบเทียบกับสัญญาณไฟมาตรฐาน (Reference Voltage) ในการใช้งานจริง ถ้าสัญญาณที่ได้จากภาคขยายกระแสมีขนาดมากกว่าสัญญาณไฟมาตรฐานก็แสดงว่าหลอดไอซีนั้นไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งวงจรคอมพาราเตอ์ก็จะสร้างสัญญาณไปควบคุมภาคแสดงผลให้แสดงผลว่าหลอดไอซีนั้นได้มาตรฐานหรือไม่

3. ภาคแสดงผลลัพท์ ภาคนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวบอกหรือแสดงให้ผู้ใช้เครื่องได้ทราบว่าหลอดไอซีที่นำมาทดสอบนั้นได้มาตรฐานหรือไม่ วงจรนี้จะนำสัญญาณจากภาคคอมพาราเตอ์ ซึ่งจะมีลักษณะเป็น 0 หรือ 10 โวลต์ไปขับ LED เป็นการแสดงผลลัพท์ของการทดสอบค่าไฟฟ้าสถิตย์ของหลอดไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ภาคจ่ายไฟ ในขั้นแรกได้คิดที่จะออกแบบอุปกรณ์ให้ใช้ไฟจากแบตเตอรี่ 9 โวลต์ เพื่อที่ว่าอุปกรณ์ชุดนี้จะพกพาไปได้สะดวก (Portable) แต่จากการทดลองปรากฏผลว่า วงจรคุณแรงดันในภาคสร้างไฟ 60 โวลต์ดีซี นั้นกินกระแสไฟมาก โดยในการทดลองใช้ แบตเตอรี่ แอลคาไลน์ 9 โวลต์จ่ายไฟให้วงจรถูกแรงดันเพียงชุดเดียวเท่านั้น ผลปรากฏว่าแบตเตอรี่ แอลคาไลน์จะทำให้วงจรถูกแรงดันสร้างไฟ 60 โวลต์ดีซี ได้เพียง 3 ชั่วโมงติดต่อกัน ฉะนั้นถ้าหากไฟจากแบตเตอรี่จะต้องไปจ่ายให้วงจรถูกอื่นอีก คาดว่าจะใช้ได้ไม่เกินหนึ่งชั่วโมง

ดังนั้นแล้วจึงเปลี่ยนแนวความคิดไปใช้ตัวอะแดปเตอร์ เปลี่ยนจากไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นไฟกระแสตรง 9 โวลต์ ซึ่งจะไปเป็นไฟเลี้ยงของวงจรทั้งหมดแทน ปัญหาที่จะตามมาก็คือ ปัญหาสัญญาณการรบกวนความถี่ 50 เฮิรตซ์จากไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ที่จะไปรบกวนวงจรถูกขยายกระแส 2 นาโนแอมป์ อันเป็นผลให้ต้องออกแบบวงจรที่มีความสามารถกำจัดสัญญาณรบกวน

## บทที่ 2

## วงจรถ่ายทำงาน

จากบทที่แล้วได้กล่าวถึงวงจรถ่ายทำงานโดยคร่าว ๆ ของอุปกรณ์ ว่ามีการทำงานโดยแยกกล่าวเป็นภาค ๆ และรวมทั้งความสัมพันธ์ของวงจรแต่ละภาคไปแล้ว ในบทนี้จะได้อธิบายถึงการทำงานของวงจรในแต่ละภาคของอุปกรณ์ ว่ามีการทำงานอย่างไรบ้าง โดยจะแบ่งอธิบายย่อยลงไปจากที่ได้แบ่งเป็นภาคไว้ในบทที่แล้ว ดังนี้

1. ภาคสร้างแรงดัน 60 โวลต์

ดังได้กล่าวโดยคร่าว ๆ ในบทที่แล้วว่า ภาคสร้างแรงดัน 60 โวลต์ มีหน้าที่สร้างแรงดัน 60 โวลต์เพื่อใช้ประโยชน์ 2 ประการด้วยกัน คือ

1. ใช้ป้อนเข้าตัวหลอดไอซี เพื่อจะวัดดูกระแสที่ผ่านตัวหลอดไอซี โดยกระแสที่ผ่านตัวหลอดไอซีนี้จะไปเข้าวงจรภาคขยายกระแสต่อไป

2. ใช้ป้อนเป็นสัญญาณเข้าวงจรชอปเปอร์ เพื่อสัญญาณสแควร์ขนาด 60 โวลต์ ซึ่งจะนำไปป้อนเข้าตัวหลอดไอซีในอีกโหมดหนึ่ง ซึ่งเป็นคนละโหมดกับการป้อนสัญญาณไฟ 60 โวลต์อย่างต่อเนื่อง กล่าวคือ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการทดลองวัดกระแสจากหลอดไอซี โดยการป้อนกระแสไฟตรง 60 โวลต์ที่ต่างกัน คือ จะป้อนไฟ 60 โวลต์อย่างต่อเนื่อง และ ป้อนไฟ 60 โวลต์สแควร์ หรือ 60 โวลต์แบบไม่ต่อเนื่อง (Pulse Setting D.C.) แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกันระหว่างสัญญาณไฟ 60 โวลต์แบบต่อเนื่อง และ สัญญาณไฟ 60 โวลต์แบบไม่ต่อเนื่อง ว่าหลักการแบบใดจะดีกว่ากัน .

ภาคสร้างแรงดันไฟ 60 โวลต์นี้ใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ เพื่อจะนำเอาแรงดันระดับ 9 โวลต์ หรือระดับแรงดันไฟเลี้ยงไปเข้าวงจรคูณแรงดันให้ได้แรงดันไฟมากกว่าระดับ 60—โวลต์จากนั้นใช้วงจรควบคุมแรงดัน มาจำกัดแรงดันนั้นให้ได้เหลือเพียง 60 โวลต์ และต่อไปนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของวงจร และการออกแบบวงจรรวมทั้งอิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่พิมพ์ไว้สำหรับนักเรียนที่สนใจศึกษาเรื่องอิเล็กทรอนิกส์ ไม่อนุโลมการออกไปกับวงจรรวมทั้งอิมไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

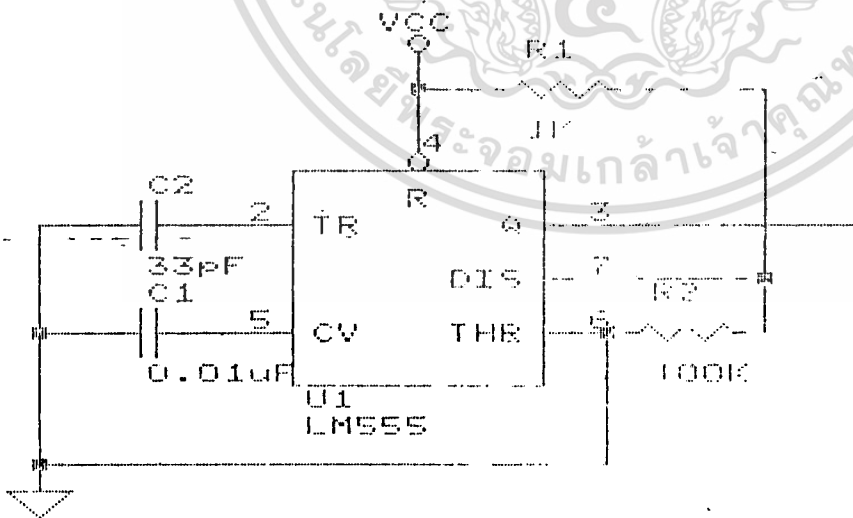


บายการทำงานของวงจรต่าง ๆ ในการสร้างแรงดัน 60 โวลต์โดยลำดับขั้นดังนี้

- 1.1 วงจรออสซิลเลเตอร์
- 1.2 วงจรคูณแรงดัน
- 1.3 วงจรรักษาแรงดัน 60 โวลต์

1.1 วงจรออสซิลเลเตอร์

วงจรออสซิลเลเตอร์นี้ใช้ ไอซี 555 ที่ต่อแบบอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ทำหน้าที่ออสซิลเลต โดยใช้ไฟเลี้ยง 9 โวลต์ ดังนั้นสัญญาณออสซิลเลตที่ได้จาก ไอซี 555 จะมีขนาด 9 โวลต์ด้วย วงจรการออสซิลเลตแสดงดังในรูป



ในการออกแบบใช้สมการการคำนวณค่าของอุปกรณ์ดังนี้

$$T_1 = \text{เวลาที่สัญญาณขา 3 เท่ากับ 0 โวลต์}$$

$$= 0.693 (R_1 + R_2) C_1$$

$$T_2 = \text{เวลาที่สัญญาณขา 3 เท่ากับ 9 โวลต์}$$

$$= 0.693 R_2 C_1$$

$$f = \text{ความถี่ที่ออสซิลเลต}$$

$$= \frac{1}{T_1 + T_2}$$

$$= \frac{1}{1.44 (R_1 + R_2) C_1}$$

$$(R_1 + R_2) C_1$$

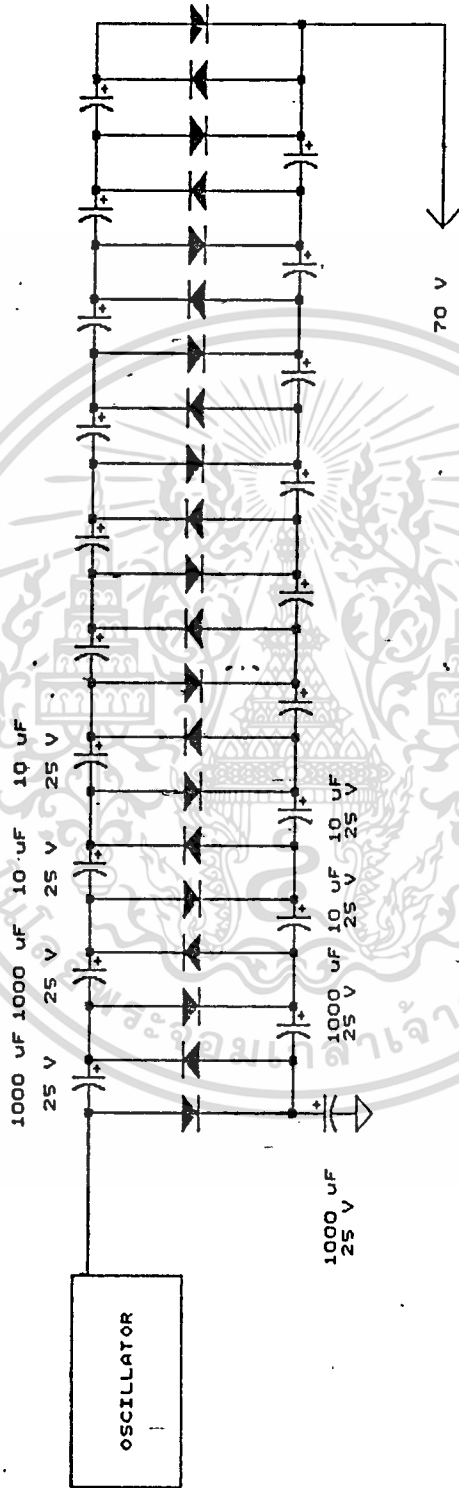
$$\text{และ duty cycle} = R_2 / R_1 + 2R_2$$

ในขั้นแรกที่ได้ต่อวงจรคุณแรงดัน ต่อจากวงจรออสซิลเลเตอร์นั้น ได้ลองออกแบบให้วงจรออสซิลเลเตอร์ ออสซิลเลตด้วยความถี่ 300 กิโลเฮิรตซ์ ผลปรากฏว่าภาคคุณแรงดันต้องใช้เวลา 10-15 นาที กว่าสร้างแรงดันไฟ 60 โวลต์ได้ (สาเหตุของการเกิดการหน่วงเวลาจะได้อธิบายอีกครั้งในวงจรคุณแรงดัน) เมื่อผลปรากฏดังนี้จึงต้องเพิ่มความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ให้มีความถี่สูงขึ้น เพื่อที่จะแก้ไขปัญหานี้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ การเกิดการหน่วงเวลาของแรงดันไฟ 60 โวลต์หลังจากทำการป้อนไฟเลี้ยงให้ แก้ววงจร การเพิ่มความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ ทำได้โดยทดลองเปลี่ยนค่าของ  $C_1$  จนกระทั่งไม่เกิดการหน่วงเวลาอีกต่อไป ค่าของ  $C_1$  ที่เหมาะสม คือ 0.82 pF และค่า  $R_1 = 1K$   $R_2 = 100K$  จะได้สัญญาณที่มีความถี่ของการออสซิลเลตที่ขา 3 ของไอซี 555 วัดโดยใช้คาบที่เตอร์ 1MHz ของออสซิลโลสโคป TEKTRONIX รุ่น 2236 อ่านค่าความถี่ที่ออสซิลเลตได้ประมาณ 585 KHz

### 1.2 วงจรคูณแรงดัน (Voltage Multiplier)

วงจรนี้มีหน้าที่นำเอาสัญญาณที่มีระดับไฟเลี้ยง 9 โวลต์มาเพิ่มแรงดันให้กลายเป็น สัญญาณที่มีระดับ 60 โวลต์ ซึ่งเป็นระดับแรงดันที่มีความสำคัญมาก ดังได้กล่าวมาบ้าง แล้วในบทที่แล้ว และในบทนี้วงจรส่วนนี้เป็นวงจรที่กินกระแสมาก คือไม่ต่ำกว่า 10 มิลลิแอมป์ จึงเป็นสาเหตุให้ภาคจ่ายไฟของวงจรทั้งหมด ซึ่งในขั้นแรกของการทดลองวง จรนี้จะใช้แบตเตอรี่ แอลคาไลน์ 9 โวลต์ แต่ต้องเปลี่ยนแนวความคิดมาใช้ตัวอะแดป เตอร์เปลี่ยนจากไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ มาเป็น ไฟกระแสตรง 9 โวลต์ ทั้งนี้ตัวอะ แดปเตอร์ยังเป็นสาเหตุของสัญญาณรบกวน ซึ่งมีผลต่อวงจรขยายกระแส เป็นเหตุให้ การออกแบบวงจรภาคขยายกระแสเพิ่มความยุ่งยาก ในส่วนที่จะต้องออกแบบวงจรให้ ลดทอนสัญญาณรบกวนดังกล่าว วงจรคูณแรงดันแสดงดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทฤษฎีแล้ววงจรคุณแรงดัน 9 สเตปเมื่อไปคุณแรงดันขนาด 9 โวลต์นั้นควรจะ  
ได้แรงดันสุดท้ายที่มีขนาดถึง 81 โวลต์ แต่จากการทดลองจะได้แรงดันสุดท้ายเพียง  
70 โวลต์ ด้วยสาเหตุดังนี้

1. การออกแบบวงจรได้ดึงเอาแรงดันที่จุด 18 โวลต์และ 24 โวลต์เพื่อไปใช้ใน  
วงจรตรวจสอบระดับแรงดันของไฟเลี้ยง จึงทำให้เกิดการแบ่งกระแสในวงจรคุณแรงดัน  
ออกไปใช้ในวงจรอื่น ฉะนั้นจึงเป็นเหตุให้แรงดันสุดท้ายต่ำกว่าที่ควรจะเป็น สำหรับ  
แรงดันไฟที่จุด 18 โวลต์และ 24 โวลต์ จะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป

2. สาเหตุสำคัญที่ทำให้แรงดันสุดท้ายต่ำกว่า 81 โวลต์ เนื่องจากแรงดันใน  
แต่ละสเตปเพิ่มขึ้นไม่เท่ากัน กล่าวคือในสเตปหลัง ๆ นั้นวงจรจะเพิ่มแรงดันในแต่ละส  
เตปไม่ถึง 9 โวลต์ หรือ แรงดันในหนึ่งสเตปจะเพิ่มมาเพียง 6-7 โวลต์เท่านั้น

จากในวงจรจะเห็นว่าตัวเก็บประจุ 4-5 ตัวแรกจะใช้ค่า 25V 1000uF ซึ่งมีค่า  
มากกว่าตัวเก็บประจุในสเตปหลัง ๆ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากจะมีผลให้ความแตกต่างของ  
แรงดันในแต่ละสเตปหลัง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกันมาก คือ

สเตปที่ 6 วัดได้ 55 โวลต์

ค่าความแตกต่าง 7 โวลต์

สเตปที่ 7 วัดได้ 62 โวลต์

ค่าความแตกต่าง 6 โวลต์

สเตปที่ 8 วัดได้ 68 โวลต์

ค่าความแตกต่าง 4 โวลต์

สเตปที่ 9 วัดได้ 72 โวลต์

แต่ถ้าหากว่าใช้ตัวเก็บประจุ 4 ตัวแรก ค่า 25V 10 $\mu$ F แล้วจะได้ผลลัพธ์ดังนี้

สแต็ปที่ 6 วัดได้ 50 โวลต์

ค่าความแตกต่าง 5 โวลต์

สแต็ปที่ 7 วัดได้ 55 โวลต์

ค่าความแตกต่าง 3 โวลต์

สแต็ปที่ 8 วัดได้ 58 โวลต์

ค่าความแตกต่าง 0.5 โวลต์

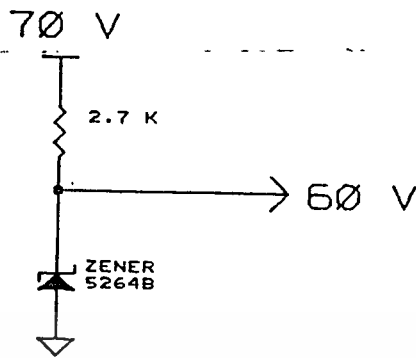
สแต็ปที่ 9 วัดได้ 58.5 โวลต์

แต่ถ้าการออกแบบวงจรให้ใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่ามากขนาดนี้ก็ยังมีผลเสีย ก็คือทำให้เกิดการหน่วงเวลาของสัญญาณไฟที่สแต็ปสุดท้ายดังได้กล่าวมาก่อนหน้านี้แล้ว

### 1.3 วงจรรักษาระดับแรงดัน 60 โวลต์

จากที่ได้กล่าวไว้ในตอนแรกแล้วว่า เจื่อนไซหรือหลักการเบื้องต้นที่จะทดสอบว่าหลอดบรรจุไอซีจะมีค่าไฟฟาสถิตย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่จะใช้บรรจุไอซีได้ โดยที่ไอซีนั้นจะไม่เกิดความเสียหาย คือ กระแสที่ไหลผ่านตัวหลอดไอซีเมื่อป้อนไฟ 60 โวลต์ จะวัดได้ 2 นาโนแอมป์ ดังนั้นจากวงจรคุณแรงดัน เมื่อสร้างแรงดันไฟขนาดมากกว่า 60 โวลต์แล้ว จึงมีความจำเป็นต้องสร้างวงจรส่วนที่จะรักษาให้แรงดันที่จะใช้จริงเหลือเพียง 60 โวลต์

วงจรในภาคนี้จะเป็นดังรูปต่อไปนี้



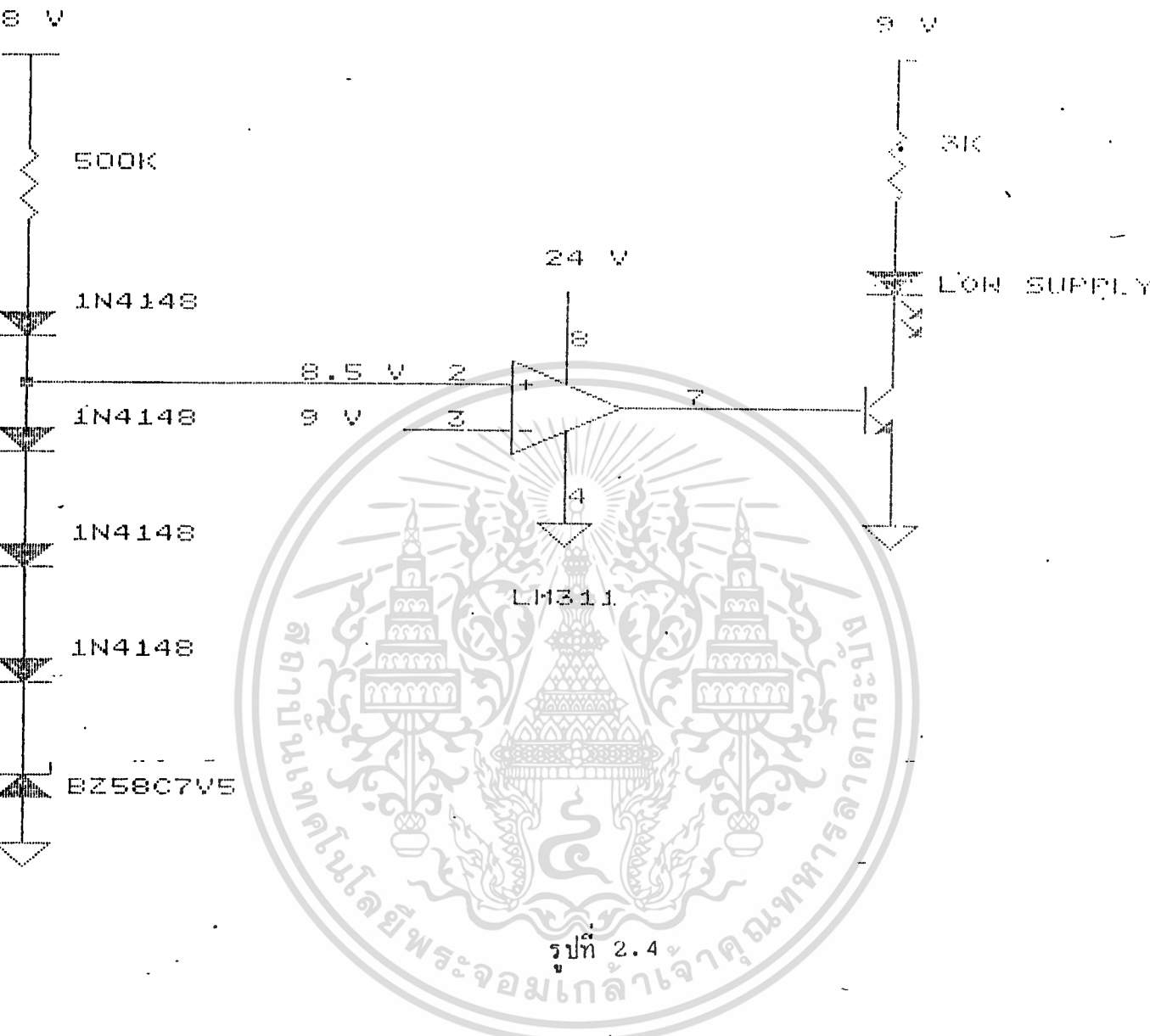
รูปที่ 2.3

ระดับไฟ 70 โวลต์มาจากวงจรควบคุมแรงดัน ส่วนระดับแรงดันที่คร่อมตัวซีเนอร์ไดโอดจะมีแรงดันขนาด 60 โวลต์ ระดับแรงดันนี้จะเป็นสัญญาณเข้าวงจรชอปเปอร์ต่อไป โดยที่ค่าความต้านทานในรูปเป็นตัวจำกัดกระแสย้อนกลับของซีเนอร์ไดโอด และตัวซีเนอร์ไดโอดใช้เบอร์ 5264B

## 2. ภาคแสดงระดับไฟเลี้ยง

สำหรับวงจรที่ใช้กับแบตเตอรี่ แอลคาไลน์ 9 โวลต์ จำเป็นที่จะต้องมีการภาคนี้ไว้เพื่อเป็นตัวแสดงถึงระดับของไฟแบตเตอรี่ ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานทั้งหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะมีผลโดยตรงต่อภาคสร้างแรงดันไฟ 60 โวลต์ ด้วยเหตุผลนี้เองจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบว่าเมื่อไหร่ ระดับแรงดันของไฟเลี้ยงซึ่งมาจากแบตเตอรี่จะตกลงจนกระทั่งทำให้ภาควงจรควบคุมแรงดันไม่สามารถที่จะสร้างแรงดันไฟให้ถึง 60 โวลต์ตามที่ต้องการได้

วงจรของภาคนี้แสดงดังรูปต่อไปนี้



18 โวลต์และ 24 โวลต์ มาจากวงจรคูณแรงดัน  
9 โวลต์ มาจากแบตเตอรี่

จากวงจรออปแอมป์ LM311 จะทำหน้าที่เป็นวงจรถอดพาวเวอร์เตอร์ธรรมดาที่ตัวเอง กล่าวคือสัญญาณที่ขา 1 ของออปแอมป์จะเป็น 0 โวลต์ตรานได้ที่สัญญาณขา 2 ของออปแอมป์ซึ่งเป็นระดับไฟ 9 โวลต์ของไฟเลี้ยงที่มาจากแบตเตอรี่สูงกว่าสัญญาณที่ขา 3 ของออปแอมป์ ซึ่งเป็นระดับไฟ 8.5 โวลต์ ฉะนั้นทรานซิสเตอร์ก็จะไม่ทำงานซึ่งจะทำให้ LED ไม่สว่าง ก็แสดงว่าระดับของไฟเลี้ยงในขณะนั้นยังอยู่ในระดับพอที่วงจรถคูณแรงดันสามารถสร้างสัญญาณระดับแรงดัน 60 โวลต์ได้ แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าสัญญาณที่ขา 2 ของออปแอมป์มีขนาดต่ำกว่าสัญญาณที่ขา 3 ของออปแอมป์จะมีผลทำให้ขา 1 ไม่ทำงานโดยทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของวงจรคอมพาราเตอร์ saturate หรือเปลี่ยนระดับสัญญาณเป็น 24 โวลต์ทันที  
ทรานซิสเตอร์ก็จะทำงานทำให้ LED สว่าง ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าไฟเลี้ยงของวงจรทั้ง  
หมดซึ่งมาจากแบตเตอรี่ตกลง หรือสัญญาณไฟ 60 โวลต์มีระดับต่ำกว่าที่ได้คำนวณไว้

สำหรับไฟ 8.5 โวลต์ที่ได้สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นสัญญาณไฟแทนระดับไฟเลี้ยงที่ต่ำ  
สุดที่อุปกรณ์จะทำงานได้ถูกต้องนั้น ได้จากการทดลองป้อนไฟเลี้ยงจากตัว Power Supply  
ที่สามารถปรับค่าได้ จากการทดลองเมื่อลดระดับไฟเลี้ยงให้ต่ำลงจนกระทั่งถึงที่ระ  
ดับประมาณ 8.2 โวลต์ สัญญาณ 60 โวลต์ก็เริ่มตกลง แต่แทนที่จะใช้ไฟ 8.2 โวลต์  
ก็ได้เพื่อไว้ 0.3 โวลต์ คือ ออกแบบให้ใช้ไฟ 8.5 โวลต์เป็นระดับไฟเลี้ยงต่ำสุดที่  
อุปกรณ์จะทำงานได้ถูกต้อง

ในวงจรการสร้างสัญญาณระดับแรงดันไฟ 8.5 โวลต์นั้น ได้ใช้ไฟ 18 โวลต์  
จากวงจรภาคคุณแรงดันต่อกับค่าความต้านทาน 500K โอห์ม ซึ่งจะเป็นตัวจำกัดกระแส  
สัที่ จะไหลผ่านไดโอด 1N4148 4 ตัว และ ซีเนอร์ไดโอด 7.5 โวลต์ 5 วัตต์ เบอร์  
BZV58C 7V5 ลักษณะเดียวกันกับการออกแบบวงจรควบคุมแรงดัน 60 โวลต์ที่ใช้ได  
โอดต่อในลักษณะนี้ ผลที่ได้ก็คือ สัญญาณไฟระดับ 8.5 โวลต์มีระดับคงที่แน่นอน ไม่มี  
การคลาดเคลื่อนซึ่งต่างจากการใช้ซีเนอร์ไดโอด 7.5 โวลต์ 1 วัตต์ ที่ให้ผลไม่ดีนัก

ในขั้นแรกที่ได้ออกแบบอุปกรณ์นี้นั้นได้คิดจะใช้แบตเตอรี่ขนาด 9 โวลต์เป็นแหล่งจ่าย  
ไฟ เพื่อให้อุปกรณ์ชิ้นนี้สามารถจะยกถือหรือพกพาไป (Portable) ได้โดยสะดวกง่าย  
ดาย แต่ในการทดลองจริงผลปรากฏว่าได้พบปัญหามากมาย โดยเฉพาะปัญหาที่แบต  
เตอรี่ไม่สามารถจะทนโหลดของวงจรได้นาน กล่าวคือเมื่อนำเอาแบตเตอรี่ 9 โวลต์  
มาต่อเป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง ระดับของไฟเลี้ยงจะวัดได้ 8.5 โวลต์ (ขณะต่อโหลด)  
และจะทำการจ่ายไฟได้ในช่วงเวลาไม่เกิน 15 นาที ระดับไฟแบตเตอรี่ขณะโหลดก็จะ  
ตกลงอย่างรวดเร็ว หรือแม้แต่ขณะที่ยังรักษาระดับไฟที่ 8.5 โวลต์ก็ตามแบตเตอรี่ก็จะไว  
ต่อการไหลของวงจรอย่างมาก เช่น ถ้าวจรภาคคอมพาราเตอร์ทำงานหรือ  
saturate ระดับแรงดันไฟของแบตเตอรี่จะตกลงอย่างทันที จึงเป็นเหตุให้จะต้องเปลี่ยน  
จากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงของวงจรที่ใช้แบตเตอรี่ มาเป็น แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงที่ใช้ตัว

อะแดปเตอร์แทน และจากการใช้อะแดปเตอร์นี้เอง ปัญหาที่ตามมาก็คือ สัญญาณรบกวน  
ไม่ว่ารณมีโดงทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ซึ่งจะมีผลต่อการออกแบบวงจรขยายกระแส 2 นาโนแอมป์ กล่าวคือการออกแบบวงจรดังกล่าวจำเป็นต้องมีการกำจัดสัญญาณรบกวนออกไปด้วย ซึ่งการกำจัดสัญญาณรบกวนที่มาจากไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ออกจากสัญญาณในวงจรซึ่งมีขนาดเป็นนาโนแอมป์ เป็นเรื่องที่ยุ่งยากมาก

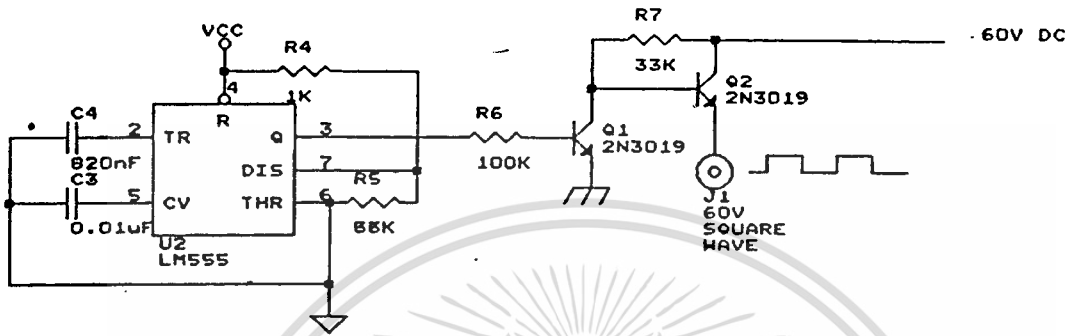
### 3. ภาคชอปเปอร์ (Chopper)

จากที่กล่าวไว้แล้วว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะทำการทดลองเพื่อทดสอบว่าหลอดบรรจุก๊าซไอซีจะมีค่าไฟฟ้าสถิตย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่จะนำตัวไอซีมาบรรจุโดยที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อตัวไอซีนั่น ๆ โดยได้ทำการทดลองใน 2 หลักการ คือ

1. 60 โวลต์กระแสตรงแบบต่อเนื่อง ในหลักการนี้จะป้อนไฟ 60 โวลต์จากวงจรคูณแรงดันผ่านหลอดบรรจุก๊าซไอซีโดยตรง แล้วตรวจสอบว่ากระแสที่ไหลผ่านนั้นเกินกว่า 2 นาโนแอมป์หรือไม่ ถ้าหากว่ากระแสที่วัดได้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 2 นาโนแอมป์ ก็แสดงว่าหลอดบรรจุก๊าซไอซีนั้นมีค่าไฟฟ้าสถิตย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและสามารถนำไปใช้บรรจุไอซีได้

2. 60 โวลต์กระแสตรงแบบเป็นช่วง หรือ Pulse Setting ในหลักการนี้จะนำเอาสัญญาณไฟ 60 โวลต์ ผ่านวงจรชอปเปอร์ให้เป็นรูปสัญญาณสแควร์ แล้วจึงนำไปป้อนผ่านหลอดไอซี

วงจรชอปเปอร์ใช้ไอซีเบอร์ 555 ต่อแบบอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ออสซิลเลตที่ความถี่ประมาณ 125 Hz สัญญาณของไอซี 555 จะไปเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ 2N3019 ดังรูป

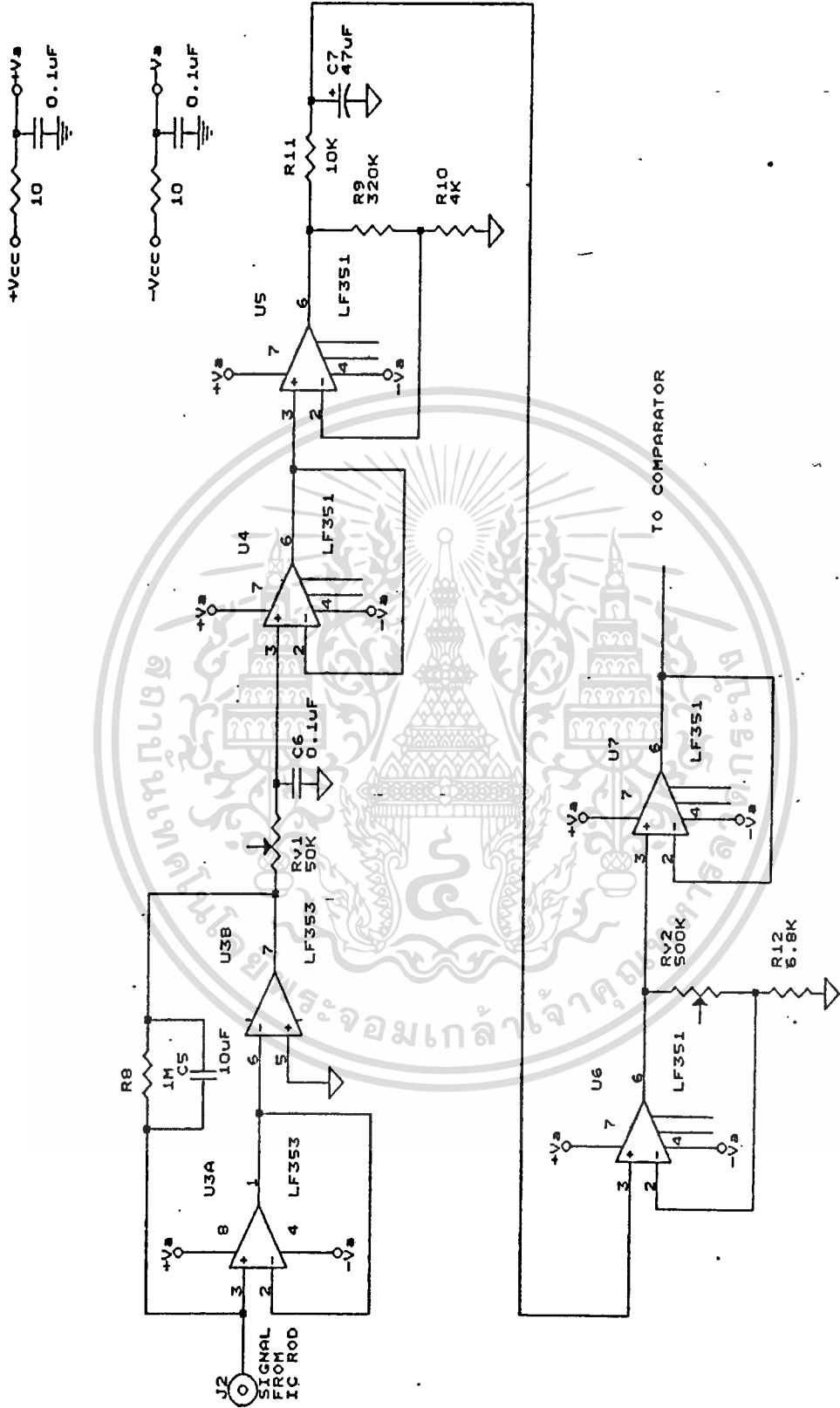


รูปที่ 2.5

4. ภาคขยายกระแส

ภาคนี้จะเป็นภาคที่รับสัญญาณเข้าในรูปกระแสจากหลอดไอซี และ ภาคนี้เป็นภาคที่ออกแบบยากต้องเน้นการกำจัดสัญญาณรบกวนซึ่งมีขนาดมากกว่ากระแสที่ได้จากหลอดไอซี ที่มีขนาดของหน่วยเป็นนาโนแอมป์ วงจรแสดงดังรูปที่ 2.6

ไฟเลี้ยงในวงจรนี้ทั้งหมดได้จากไฟเลี้ยงวงจรใหญ่แล้วต่อวงจรรองความถี่ที่ความถี่ต่ำทั้งภาคไฟเลี้ยงบวกและภาคไฟเลี้ยงลบ R8 และ C5 มีหน้าที่กรองความถี่ที่ความถี่สูง R11 และ C7 ทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนสัญญาณจากสแควร์มาเป็นสัญญาณแบบต่อเนื่อง Rv2 เป็นตัวปรับอัตราขยายของสัญญาณแบบต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ระดับแรงดันอ้างอิง (Reference Voltage) ตามที่ได้คำนวณไว้ ทั้งนี้จะไปสัมพันธ์กับตัวซีเนอร์ไดโอดในวงจรคอมพาราเตอร์ต่อไป

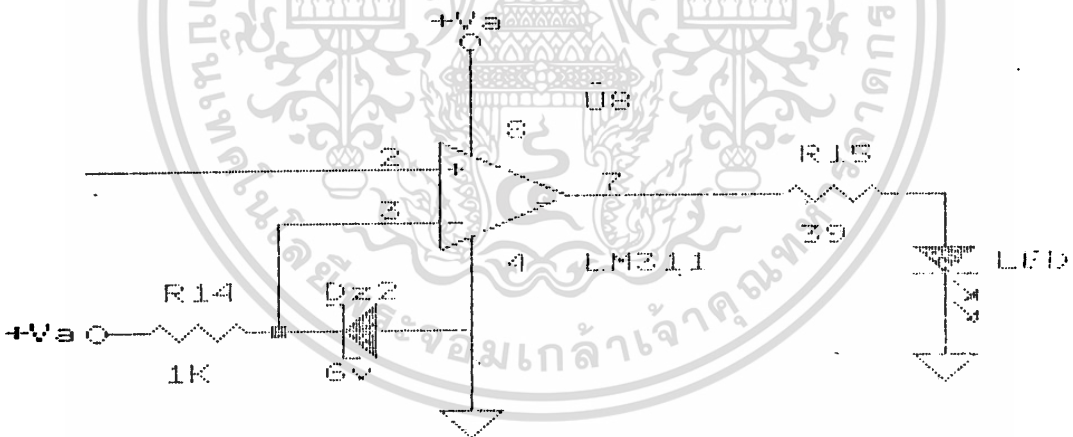


รูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. ภาควิทยาศาสตร์

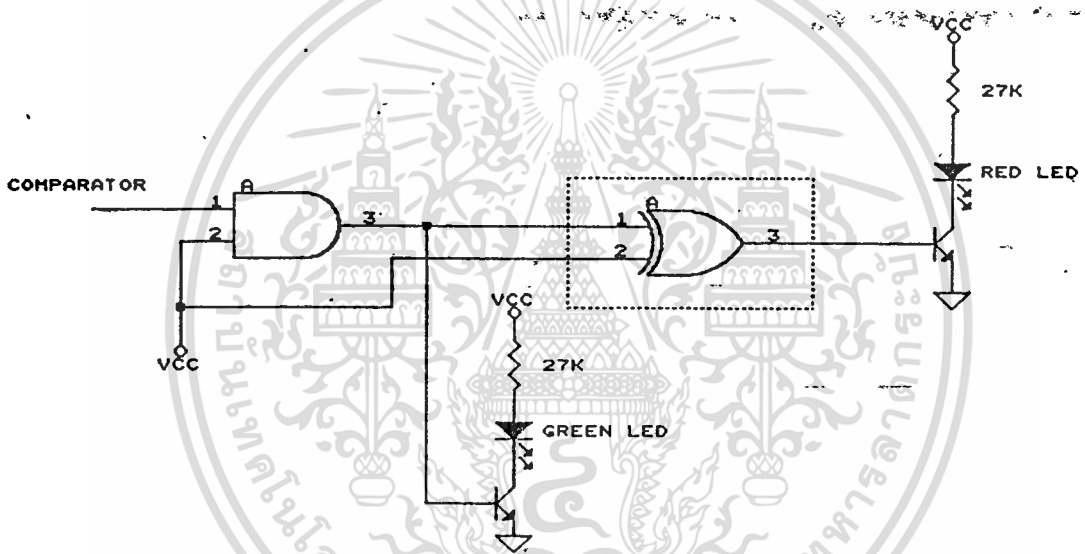
ภาควิทยาศาสตร์จะรับสัญญาณจากภาคขยายกระแส และในภาควิทยาศาสตร์นี้จะต่อวงจรแรงดันอ้างอิง (Reference Voltage) ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับเมื่อป้อนกระแส 2 นาโนแอมป์ ผ่านภาคขยายกระแส แล้วขนาดสัญญาณที่ได้จากภาคขยายกระแสที่แรงดันจุดนี้ก็คือ แรงดันอ้างอิงนั่นเอง สัญญาณที่ได้จากวงจรคอมพาราเตอร์นี้จะ เป็น 0 โวลต์ หรือ saturate ก็ขึ้นกับว่ากระแสที่ได้จากหลอดไอซีเมื่อป้อนสัญญาณไฟแรงดัน 60 โวลต์ จะมีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่า 2 นาโนแอมป์



รูปที่ 2.7

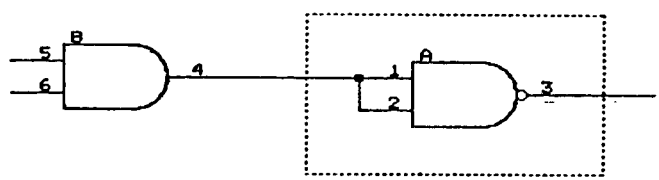
6. ภาคแสดงผล

ภาคนี้เป็นภาคสุดท้ายของวงจรของอุปกรณ์ชุดนี้ และ ผลการทดสอบว่าหลอดไอซีนี้มีค่าไฟฟ้าสถิตย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่นั้น ภาคนี้จะเป็นภาคที่แสดงผลให้ทราบ สัญญาณที่จะเข้าในภาคนี้เป็นสัญญาณที่ได้จากภาคคอมพาราเตอร์มาเข้าวงจรทางลอจิก โดยได้ออกแบบให้ใช้แต่แอนด์เกตเพียงอย่างเดียว ตัวแสดงผลก็ใช้ LED วงจรเบื้องต้นจะเป็นดังนี้



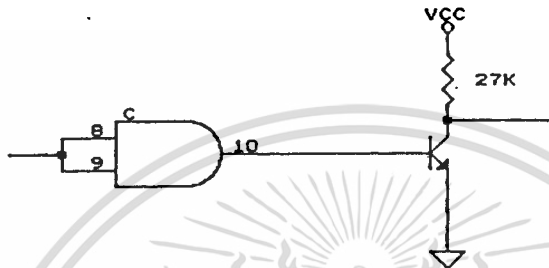
รูปที่ 2.8

ตัวเอกซ์คลูซีฟออร์เกตสามารถออกแบบวงจรใหม่โดยใช้แอนด์และแนนด์เกตได้ดังนี้



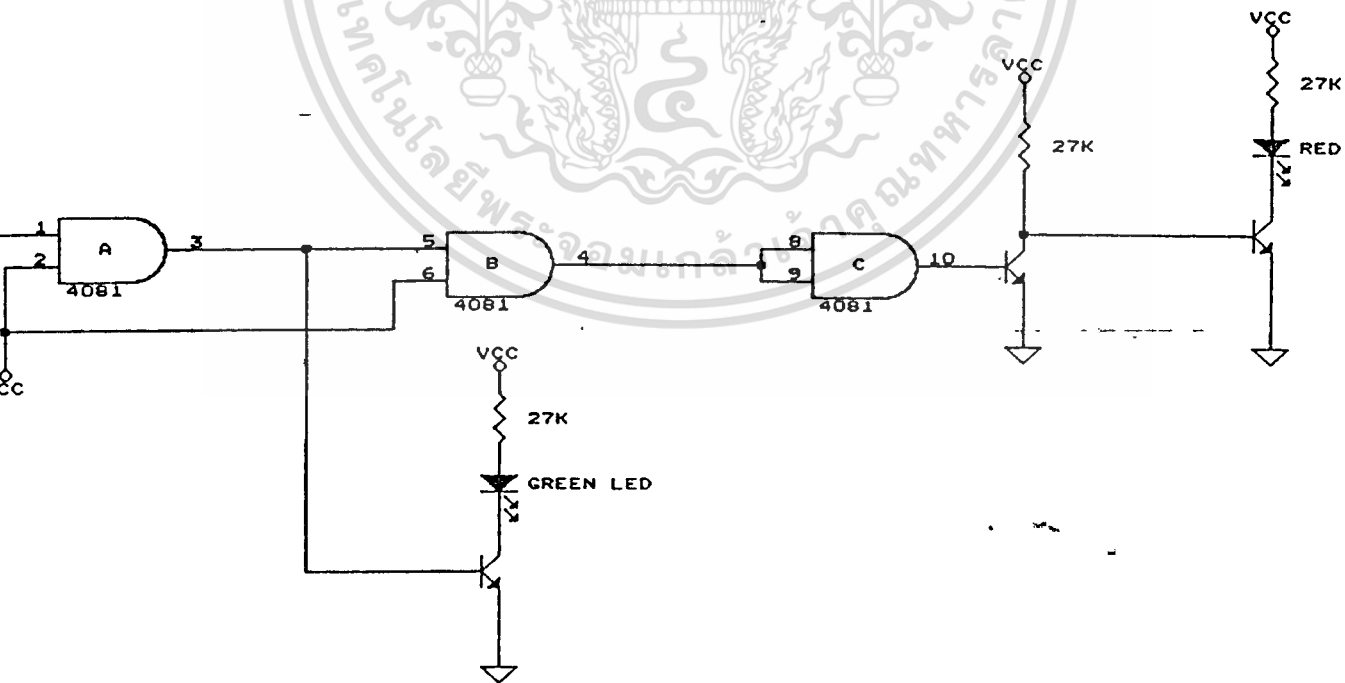
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อรูปที่ 2.9 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และตัวแอนด์เกตสามารถออกแบบโดยใช้แอนด์เกตกับทรานซิสเตอร์ต่อแบบคอมมอนอีมิตเตอร์ได้ดังนี้



รูปที่ 2.10

ดังนั้นวงจรทั้งหมดในภาคนี้จะแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้

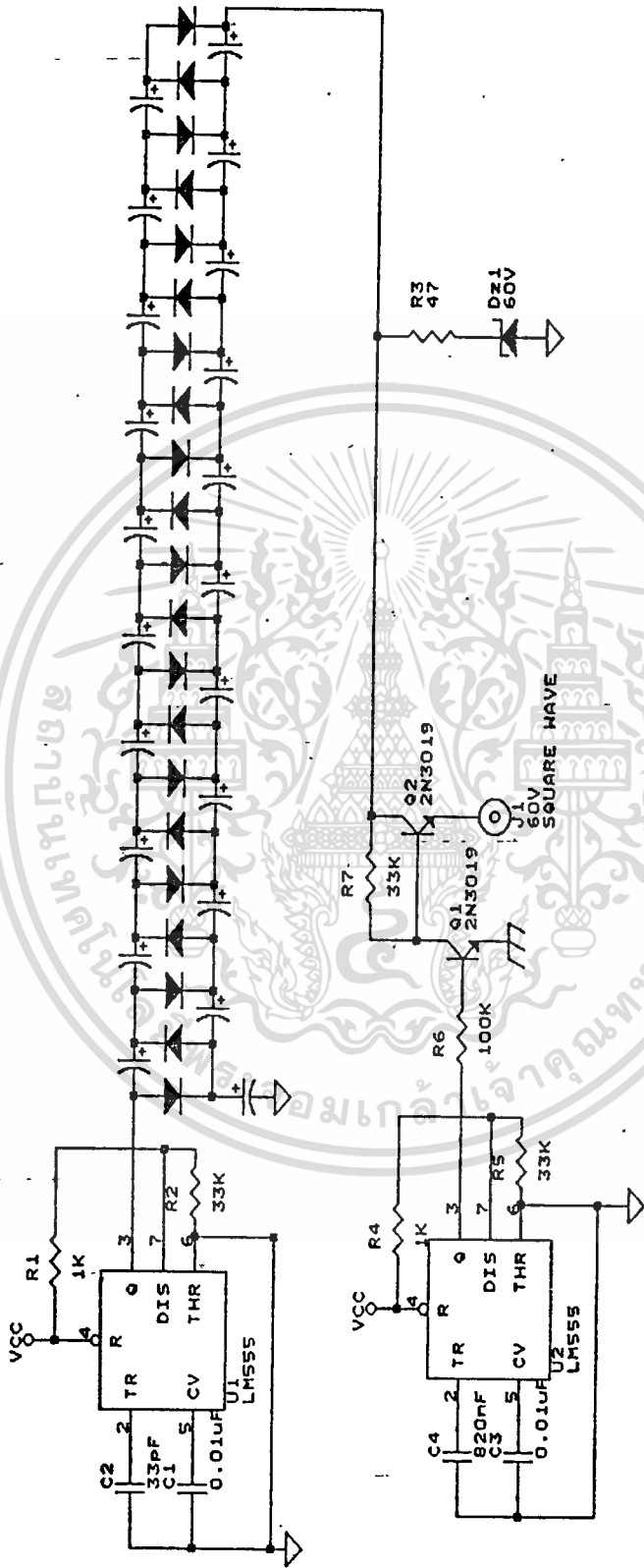


รูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

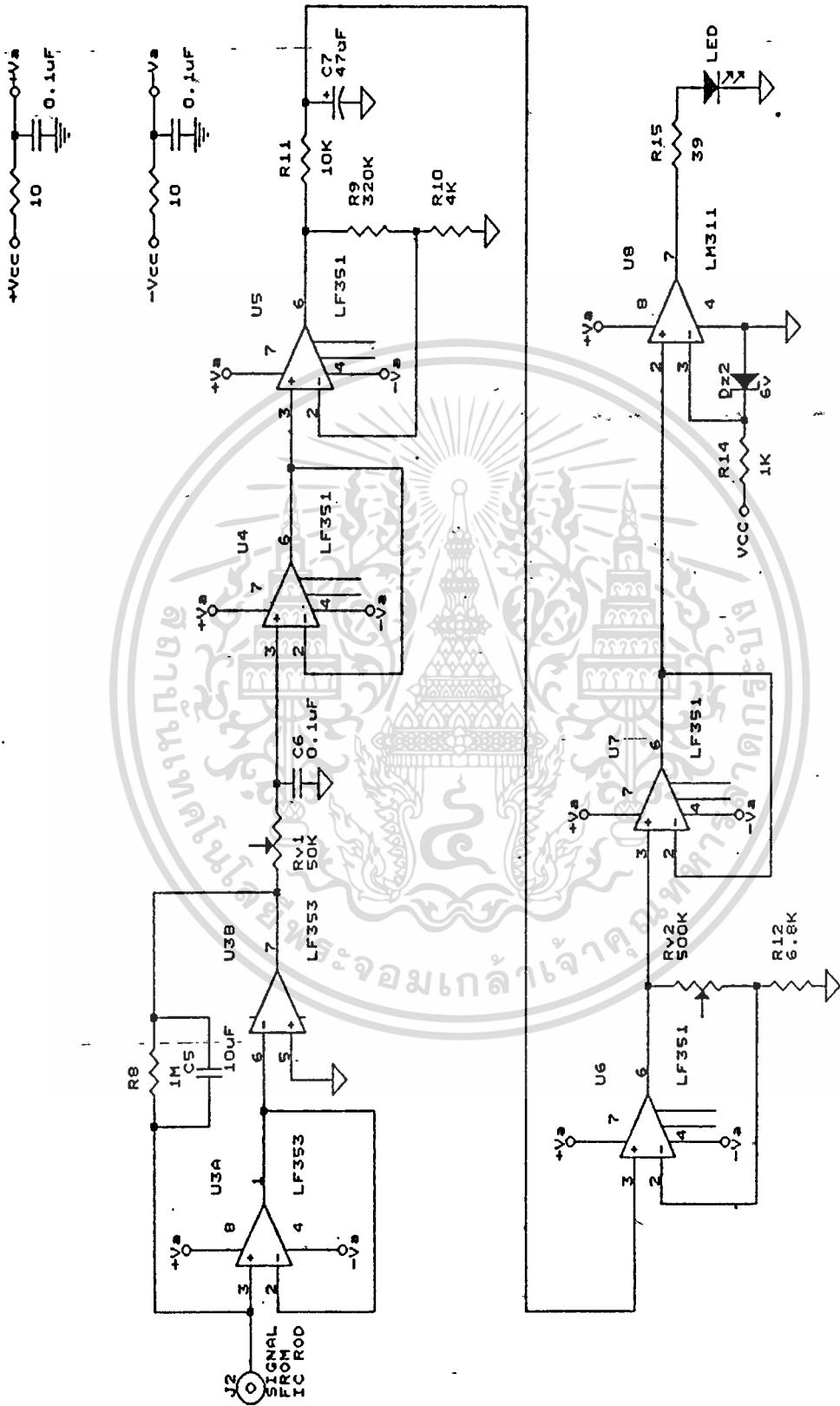
เมื่อใดที่ LED สีเขียวสว่างก็แสดงว่าหลอดไอซีที่กำลังทดสอบมีค่าไฟฟ้าสถิตย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่จะใช้บรรจุไอซีโดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อตัวไอซี ในทางตรงกันข้าม ถ้า LED สีแดงสว่างนั้นหมายความว่าหลอดไอซีนั้นมีค่าไฟฟ้าสถิตย์ต่ำกว่ามาตรฐาน





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ระบุไว้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทสรุป

ผลจากการทดลองพบปัญหา 2 ประการ คือ

1. Voltage Regulation

2. สัญญาณรบกวน

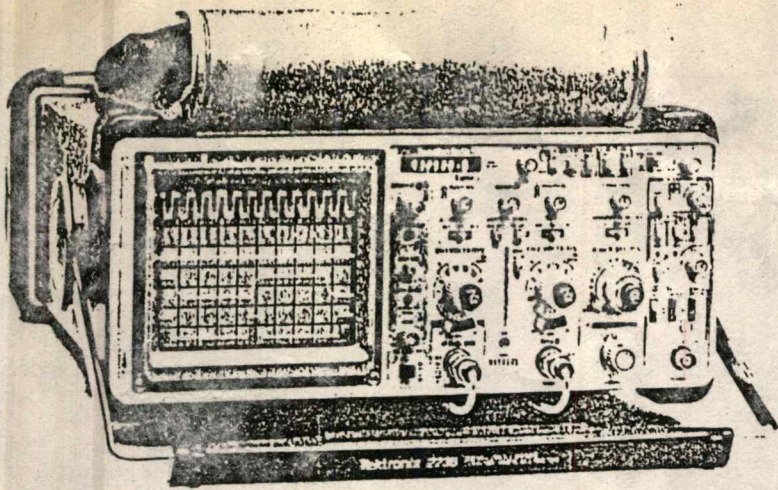
ในเบื้องต้นได้คิดจะใช้แบตเตอรี่ แอลคาไลน์ 9 โวลต์ เป็นภาคจ่ายไฟเลี้ยงของวงจร เพื่อจะเลี่ยงปัญหาสัญญาณรบกวน แต่ภาคคุณแรงดันกินกระแสไฟมาก จึงทำให้การใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟ ไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องใช้อะแดปเตอร์เป็นแหล่งจ่ายไฟแทน ซึ่งผลที่ตามมาก็คือ สัญญาณรบกวนในภาคขยายกระแสมีมากกว่าตอนที่ใช้แบตเตอรี่มาก

วงจรที่ได้ออกแบบมายังมีประสิทธิภาพในการกำจัดสัญญาณรบกวนไม่ดีพอ ถ้าหากว่าอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีแหล่งสัญญาณรบกวนมาก ๆ การทำงานของวงจรก็จะผิดเพี้ยนไป ดังนั้นปัญหาที่จะต้องปรับปรุงคือ เรื่องของการกำจัดสัญญาณรบกวน



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 236 Counter/Timer/Multimeter

### CHARACTERISTICS

The following characteristics are unique to the 236.

**Time Base Accuracy** — Standard: 10 ppm (0.01%). With Option 14 TCXO: 0.5 ppm (0.0005%).

**Frequency** — Range:  $<0.2$  Hz to  $>100$  MHz. Minimum Resolution: 0.00001 Hz. Maximum Accuracy: Equal to time base accuracy. Can be gated.<sup>\*1,2</sup>

**Period** — Range:  $>5$  s to  $<10$  ns. Maximum Resolution: 10 ps. Maximum Accuracy: Equal to time base accuracy. Can be gated.<sup>\*1,2</sup>

**Width** — Range:  $>5$  s to  $<5$  ns. Maximum Resolution: 10 ps. Maximum Accuracy: Equal to time base accuracy  $\pm 10$  ns. Can be gated.<sup>\*1,2</sup>

**Delay Time** — Range:  $>2.5$  s to  $<500$  ns. Maximum Resolution: 10 ps. Maximum Accuracy: Equal to time base accuracy  $\pm 20$  ns.<sup>\*2</sup>

**Time** — Range:  $>2.5$  s to  $<1$  ns. Maximum Resolution: 10 ps. Maximum Accuracy: Equal to time base accuracy  $\pm 50$  ps.<sup>\*2</sup>

**Count** — Over 8,000,000 events. Can be gated. **Volts** — Range: 0 V to 500 V. Maximum Resolution: 100  $\mu$ V. Accuracy:  $\pm 0.1\%$ . Input: Through DMM leads.<sup>\*2</sup>

**Ac Volts** — Ac Coupled: True RMS with 20 kHz frequency range. Range: 0 V to 500 V. Maximum Resolution: 100  $\mu$ V. Accuracy:  $\pm 0.1\%$ . Input: Through side DMM leads.<sup>\*2</sup>

**Dc Volts** — Measures average dc voltage (with CH 1 dc coupling) or true RMS voltage (with CH 1 ac coupling); 1X/10X ranged by coded switches: Single Sweep button zeros display and permits relative dc and ac RMS measurements. Range, Dc and Ac Volts: 0 V to 50 V (500 V ac with P6121 10X Probe). Maximum Resolution, Dc and Ac Volts: 100  $\mu$ V (1 mV with 10X). Maximum Accuracy, Dc Volts (18°C to 28°C):  $\pm 0.3\%$  with 1X probe,  $\pm 0.5\%$  with 10X probe. Maximum Accuracy, Ac Volts with 1X probe (18°C to 28°C):  $\pm 2\%$ , 50 Hz to 100 Hz, 100 Hz to 20 kHz. Maximum Accuracy, Ac Volts with 10X Probe:  $\pm 2\%$ , 20 Hz to 20 kHz, with per probe compensation.<sup>\*2</sup>

**Resistance** — Range: 0  $\Omega$  to 1.99 G $\Omega$ . Maximum Resolution: 0.01  $\Omega$ . Accuracy: To 0.15%. Automatic

diode detection displays forward voltage drop to  $\pm 1\%$ ; continuity mode activates tone if resistance is  $<5 \Omega$ .<sup>\*2</sup>

**Temperature** — Uses Optional Tektronix PG602 Temperature Probe. Temperatures in C or F selected with Freq/ $\Delta$ Time button. Range:  $-62^\circ\text{C}$  to  $+230^\circ\text{C}$  ( $-80^\circ\text{F}$  to  $+446^\circ\text{F}$ ). Resolution: To 0.1° (either range). Accuracy: To  $\pm 2\%$  of reading  $\pm 1.5^\circ\text{C}$ ;  $\pm 2\%$  of reading  $\pm 2.70^\circ\text{F}$ .

**Multimeter Inputs** — Isolated from oscilloscope ground. Input Z: 10 M $\Omega$ . Maximum Input Voltage: 500 V (dc + peak ac), for all functions.

<sup>\*1</sup>Ranges, resolutions, and accuracies can be degraded due to gating errors and a smaller number of automatic averages made during a gated frequency, period, or width measurement. For complete formula specifications see operator's manual.

<sup>\*2</sup>For complete accuracy and resolution error formula specifications see operator's manual.

### ORDERING INFORMATION

#### 2236 Oscilloscope With Counter/Timer/Multimeter

**Includes:** Two P6121 10X voltage probes; DMM leads; reference guide; operator manual (070-4205-00).

#### 2235 Oscilloscope

**Includes:** Two P6122 10X voltage probes; operator manual (070-4207-00).

#### 2235 Option 01 Oscilloscope

(AN/USM-488) Order 2235L

**Includes:** Two P6122 10X Voltage Probes; P6101A 1X Voltage Probe; viewing hood (016-0566-00); BNC T-connector; BNC male to binding post; front panel cover; accessory pouch; two grabber tips; operator manual (070-4976-00); service manual (070-4977-00).

### OPTIONS

**Option 02** — (2235, 2236 only) Front panel cover and accessory pouch.

**Option 14** — (2236 only) TCXO Temperature-Compensated Crystal Oscillator, 0.5 ppm accuracy.

**Option 33** — (2235, 2236 only) Travel Line Package. See page 305.

### CONVERSION KITS

**Rackmount Adaptor** — See page 305

(2235) Order 016-0466-00

(2235 Option 01) Order 016-0833-00

(2236) Order 016-0015-00

**Travel Line Package Retrofit Kit** — See page 305.

**TCXO Retrofit Kit** — (2236 only) Temperature compensated crystal oscillator, 0.5 ppm accuracy. Order 040-1136-00

### INTERNATIONAL POWER PLUG OPTIONS

**Option A1** — Universal Euro 220 V, 50 Hz.

Order 020-0859-00.

**Option A2** — UK 240 V, 50 Hz.

Order 020-0860-00.

**Option A3** — Australian 240 V, 50 Hz.

Order 020-0861-00.

**Option A4** — North American 240 V, 60 Hz.

Order 020-0862-00.

**Option A5** — Switzerland 220 V, 50 Hz.

Order 020-0863-00.

### WARRANTY-PLUS SERVICE PLANS SEE PAGE 497

**M1** — (2235/2235 Option 01) 2 Calibrations.

**M1** — (2236) 2 Calibrations.

**M2** — (2235/2235 Option 01) + 2 Years Service.

**M2** — (2236) + 2 Years Service.

**M3** — (2235/2235 Option 01) 2 Years Service & 4 Calibrations.

**M3** — (2236) 2 Years Service & 4 Calibrations.

**M4** — (2235/2235 Option 01) 5 Calibrations.

**M4** — (2236) 5 Calibrations.

**M5** — (2235/2235 Option 01) 9 Calibrations + 2 Years Service.

**M5** — (2236) 9 Calibrations + 2 Years Service.

### OPTIONAL ACCESSORIES

**Front Panel Cover and Accessory Pouch**<sup>\*1</sup> — Order 020-0572-02

**Front Panel Cover**<sup>\*1</sup> — Order 200-2520-00

**Accessory Pouch**<sup>\*1</sup> — Order 016-0677-02

**Viewing Hoods** —

(Collapsible) Order 016-0592-00

(Binocular) Order 016-0566-00<sup>\*1</sup>

(Polarized) Order 016-0180-00

**Carrying Strap** — Order 346-0199-00

**Carrying Case** — Order 016-0792-01<sup>\*2</sup>

**Rackmount Adaptor Kits** —

(2235) Order 016-0466-00

(2235 Option 01) Order 016-0833-00

(2236) Order 016-0015-00

**CRT Light Filter** —

(Clear<sup>\*1</sup>) Order 337-2775-01

(Blue) Order 337-2775-00

**1107 Mounting Kit** — Order 016-0785-00

**1107 DC Inverter** — See page 307.

**1106 Battery Pack** — See page 306.

**1105 Power Supply** — See page 306.

### RECOMMENDED PROBES

See Probe Section for additional probes, page 464.

**P6121** — 10X Probe.

**P6122** — 10X Probe.

**P6420** — DMM RF.

**40 kV DMM** — Order 010-0277-00

**P6602 Temperature Probe** — For use with 2236 CTM.

**A6901** Ground Isolation Monitor — See page 478.

**A6902B Voltage Isolator** — See page 479.

### RECOMMENDED CAMERAS

**C-5C** — See page 450.

(2235 Option 01) C-5C Option 02

(2235, 2236) C-5C Option 04

**C-7** — See page 448.

(2235, 2236) C-7 Option 02

(2235 Option 01) Option 03

**C-4** — (2235 Option 01) See page 446.

### RECOMMENDED CART

**K212** — For on-site mobility. See page 461.

### SERVICE MANUALS

(2235) Order 070-4206-00

(2236) Order 070-4204-00

<sup>\*1</sup>Standard with the 2235 Option 01 (AN/USM-488).

<sup>\*2</sup>Recommend use with front panel cover (200-2520-00).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

แจ้งการแก้ไข ผงสน อากาศที่มีเม็ดเล็กน้อยที่ และที่ยังมีผงละเอียดของเอกสารที่พิมพ์ออกมาเป็นสี

red high impedance sense terminals for proper regulation of the supply at 3 Ω of resistance in either of the directions.

**CHARACTERISTICS**

**CONSTANT VOLTAGE MODE**  
Range — 0 V to 20 V in 0.5 mV steps.

**Accuracy (Total Effect)** — ±0.01% from +15°C to +30°C, derating to ±0.03% at 0°C and +50°C. Source Effect: 1 mV for a no load to full load change in load current measured at terminals.

**Accuracy** — 0.5 mV ±0.2 mV.  
Ripple — <2 mV p-p, 10 Hz to 5 MHz.

**Load Transient Recovery** — <200 μs to 100 μs to 5.0 mV of final value for a 100 mA load change.

Measurements measured at front panel terminals without sense resistors. External energy storage components.

**CONSTANT CURRENT MODE**  
Range — 10 mA to 305 mA in 2.5 mA steps.

**Accuracy** — ±2% +5 mA.

**DIGITAL METER**

Resolution — True 4 1/2 digit free running voltage or current can be selected by front panel controls. GPIB to monitor output voltage, current, or current limit setting. Measurements are displayed on front panel and are available over GPIB.

Resolution — 1 mV or 0.1 mA.  
Voltage — Output Voltage: ±0.15% +6 mV. Current: ±1.5% +1 mA. Current Limit: ±0.5 mA.  
Rate — ≈5/s.

**OTHER CHARACTERISTICS**

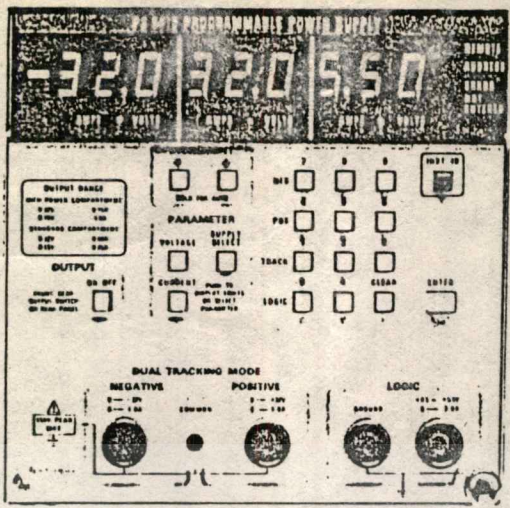
Maximum Allowable Voltage on Any Output or Sense Terminal to Ground — 42 V peak ac + dc.  
Power Module Compatibility — The PS 5010 is not compatible with TM 500.

Maximum Power Consumption — 35 VA maximum.  
IEEE Standard 488-1978 Interface Function Implemented — SH1, AH1, T6, L4, P0, DC1, DT1, C0.

**ORDERING INFORMATION**

Resolution Power Supply Instruction manual (070-4442-00); instrument reference guide (070-4789-00); reference guide (070-4789-00).  
Order 062-6958-01 for description and ordering information.

**PS 5010**



Programmable Triple Power Supply

**PS 5010**

The PS 5010 complies with IEEE Standard 488-1978, and with Tektronix Standard Codes and Formats.

**Dual Floating Supplies 0 V to 32 V, to 0.75 A (1.6 A to 15 V)**

**Logic Supply +4.5 V to 5.5 V, to 3 A**

**0.5% Accuracy**

**Programmable Current Limits**

**Three Independent Digital Displays**

**Automatic Crossover**

The PS 5010 Programmable Power Supply provides a complete and rapid high performance solution for many system power supply applications. Its three supplies provide the most commonly used voltages, and the three digital displays automatically indicate all six voltage and current limit parameters. Automatic crossover from voltage to current limit and a powerful set of GPIB status reporting messages allow the user to be constantly aware of the PS 5010's status.

The PS 5010's dual floating supply provides 0 V to +32 V and 0 V to -32 V, both with respect to a common front panel terminal. Or 0 V to 64 V across the terminals of both supplies together—with currents up to 0.75 A throughout the total voltage range and 1.6 A below 15 V. The logic supply provides +4.5 V to +5.5 V with respect to ground, with currents to 3 A. The user can program the outputs on and off, and can lock out the front panel controls with GPIB commands.

The three supplies can be independently programmed for separate voltage and current limits, and displayed in the LED display.

Whenever a load change causes a supply to change modes from constant voltage to constant current (or vice versa), the corresponding display also changes to show the known current or voltage value. This condition can be reported over the GPIB via an interrupt when the PS 5010 is in the remote state.

**CHARACTERISTICS POSITIVE AND NEGATIVE FLOATING SUPPLIES**

**Configuration** — Dual floating with shared common terminal.

**Isolation** — 150 V peak front panel, 42 V peak from rear interface, 0.015 μF typical shunt capacitance to ground.

**Constant Voltage Mode**

**Range** — Positive: 0 V to +32.0 V. Negative: 0 V to -32.0 V.

**Overall Accuracy** — Total Effect: ±(0.5% + 20 mV). Source Effect: ±(0.01% + 2 mV). Load Effect: ±10 mV

for 1 A load current change (1 mV when using rear interface output with remote sensing).

**PARD (Ripple and Noise)** — 10 mV p-p; 20 Hz to 20 MHz.

**Resolution** — 10 mV ± 10 mV (typically ± 2 mV) to 10.0 V. 100 mV ± 40 mV (typically ± 10 mV) > 10.0 V.

**Load Transient Recovery** — 500 μs to recover within 20 mV of nominal value for a 1 A change.

**Change Response Time** — 1 ms for up or down change with maximum load, 20 ms for down change with no load.

**Constant Current Mode**

**Range** — 50 mA to 0.75 A (1.60 A at 15 V and below) in high power compartment; 50 mA to 400 mA (0.750 A at 15 V and below) in two standard power compartments.

**Overall Accuracy** — ±(5% + 20 mA) Source Effect: ±1 mA line regulation. Load Effect: ±10 mA. Output impedance is typically 5 kΩ shunted by 20 μF.

**PARD (Ripple and Noise)** — 10 mA p-p, 20 Hz to 20 MHz.

**Resolution** — 50 mA ± 15 mA.

**Change Response Time** — 20 ms up or down.

**LOGIC SUPPLY**

**Constant Voltage Mode**

**Range** — +4.50 V to +5.50 V, ground referenced.

**Overall Accuracy** — ±50 mV. Source Effect: ±1 mV. Load Effect: ±10 mV for 1 A load current change (1 mV when using rear interface output with remote sensing).

**PARD (Ripple and Noise)** — 10 mV p-p, 20 Hz to 20 MHz.

**Resolution** — 10 mV ± 10 mV (typically ± 2 mV).

**Load Transient Recovery** — 500 μs to recover within 20 mV of nominal value.

POWER SUPPLIES

POWER SUPPLIES

# LM555/LM555C Timer

## General Description

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

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

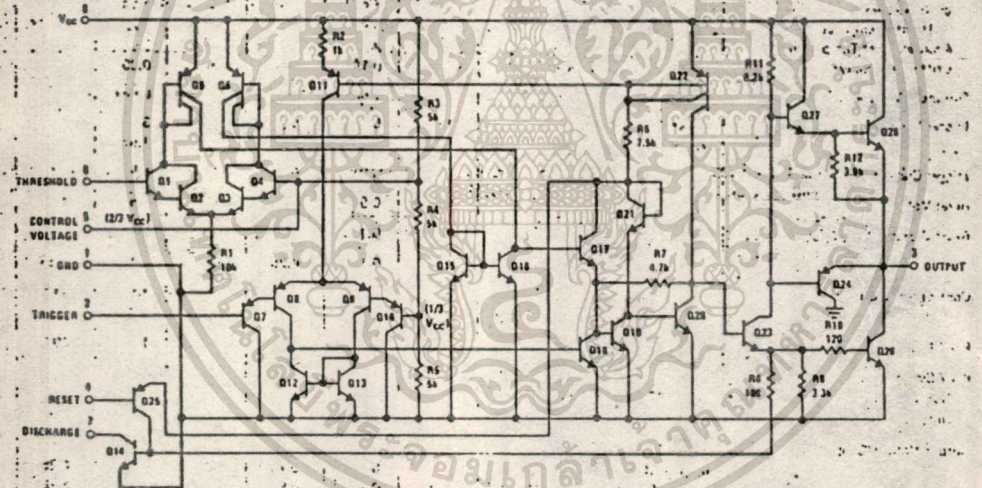
## Features

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

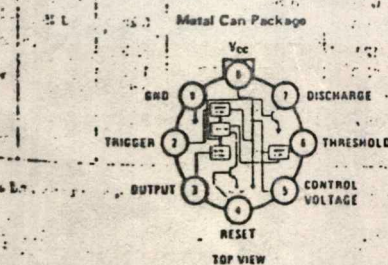
## Applications

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

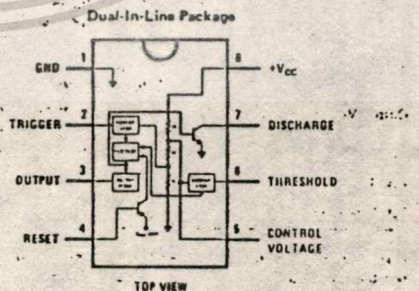
## Schematic Diagram



## Connection Diagrams



Order Number LM555H, LM555CH  
See NS Package HO8C



Order Number LM555CN  
See NS Package NO8B  
Order Number LM555J or LM555CJ  
See NS Package JO8A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Absolute Maximum Ratings

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

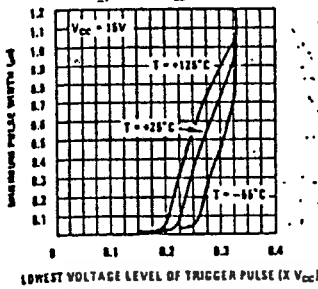
### Electrical Characteristics (T<sub>A</sub> = 25°C, V<sub>CC</sub> = +5V to +15V, unless otherwise specified)

| PARAMETER                  | CONDITIONS  | LIMITS |       |      |        |       |      | UNITS           |
|----------------------------|---|--------|-------|------|--------|-------|------|-----------------|
|                            |   | LM555  |       |      | LM555C |       |      |                 |
|                            |   | MIN    | TYP   | MAX  | MIN    | TYP   | MAX  |                 |
| Supply Voltage             |   | 4.5    |       | 18   | 4.5    |       | 16   | V               |
| Supply Current             | V <sub>CC</sub> = 5V, R <sub>L</sub> = ∞                          |        | 3     | 5    |        | 3     | 6    | mA              |
|                            | V <sub>CC</sub> = 15V, R <sub>L</sub> = ∞ (Low State) (Note 2)    |        | 10    | 12   |        | 10    | 15   | mA              |
| Timing Error, Monostable   |   |        |       |      |        |       |      | %               |
| Initial Accuracy           |   |        | 0.5   |      |        | 1     |      | %               |
| Drift with Temperature     | R <sub>A</sub> , R <sub>B</sub> = 1k to 100 k, C = 0.1μF (Note 3) |        | 30    |      |        | 50    |      | ppm/°C          |
| Accuracy over Temperature  |   |        | 1.5   |      |        | 1.5   |      | %               |
| Drift with Supply          |   |        | 0.05  |      |        | 0.1   |      | %/V             |
| Timing Error, Astable      |   |        |       |      |        |       |      | %               |
| Initial Accuracy           |   |        | 1.5   |      |        | 2.25  |      | %               |
| Drift with Temperature     |   |        | 90    |      |        | 150   |      | ppm/°C          |
| Accuracy over Temperature  |   |        | 2.5   |      |        | 3.0   |      | %               |
| Drift with Supply          |   |        | 0.15  |      |        | 0.30  |      | %/V             |
| Threshold Voltage          |   |        | 0.667 |      |        | 0.667 |      | V <sub>CC</sub> |
| Trigger Voltage            | V <sub>CC</sub> = 15V   | 4.8    | 5     | 5.2  |        | 5     |      | V               |
|                            | V <sub>CC</sub> = 5V  | 1.45   | 1.67  | 1.9  |        | 1.67  |      | V               |
| Trigger Current            |   |        | 0.01  | 0.5  |        | 0.5   | 0.9  | μA              |
| Reset Voltage              |   | 0.4    | 0.5   | 1    | 0.4    | 0.5   | 1    | V               |
| Reset Current              |   |        | 0.1   | 0.4  |        | 0.1   | 0.4  | mA              |
| Threshold Current          | (Note 4)  |        | 0.1   | 0.25 |        | 0.1   | 0.25 | μA              |
| Control Voltage Level      | V <sub>CC</sub> = 15V   | 9.6    | 10    | 10.4 | 9      | 10    | 11   | V               |
|                            | V <sub>CC</sub> = 5V  | 2.9    | 3.33  | 3.8  | 2.6    | 3.33  | 4    | V               |
| Pin 7 Leakage/Output High  |   |        | 1     | 100  |        | 1     | 100  | nA              |
| Pin 7 Set (Note 5)         |   |        |       |      |        |       |      | mV              |
| Output Low                 | V <sub>CC</sub> = 15V, I <sub>L</sub> = 15 mA                     |        | 150   |      |        | 180   |      | mV              |
| Output Low                 | V <sub>CC</sub> = 4.5V, I <sub>L</sub> = 4.5 mA                   |        | 70    | 100  |        | 80    | 200  | mV              |
| Output Voltage Drop (Low)  | V <sub>CC</sub> = 15V   |        |       |      |        |       |      | V               |
|                            | I <sub>SNK</sub> = 10 mA  |        | 0.1   | 0.15 |        | 0.1   | 0.25 | V               |
|                            | I <sub>SNK</sub> = 50 mA  |        | 0.4   | 0.5  |        | 0.4   | 0.75 | V               |
|                            | I <sub>SNK</sub> = 100 mA   |        | 2     | 2.2  |        | 2     | 2.5  | V               |
|                            | I <sub>SNK</sub> = 200 mA   |        | 2.5   |      |        | 2.5   |      | V               |
|                            | V <sub>CC</sub> = 5V  |        |       |      |        |       |      | V               |
|                            | I <sub>SNK</sub> = 8 mA   |        | 0.1   | 0.25 |        |       |      | V               |
|                            | I <sub>SNK</sub> = 5 mA   |        |       |      |        | 0.25  | 0.35 | V               |
| Output Voltage Drop (High) | I <sub>SOURCE</sub> = 200 mA, V <sub>CC</sub> = 15V               |        | 12.5  |      |        | 12.5  |      | V               |
|                            | I <sub>SOURCE</sub> = 100 mA, V <sub>CC</sub> = 15V               |        | 13.3  |      |        | 13.3  |      | V               |
|                            | V <sub>CC</sub> = 5V  | 3      | 3.3   |      | 2.75   | 3.3   |      | V               |
| Rise Time of Output        |   |        | 100   |      |        | 100   |      | ns              |
| Fall Time of Output        |   |        | 100   |      |        | 100   |      | ns              |

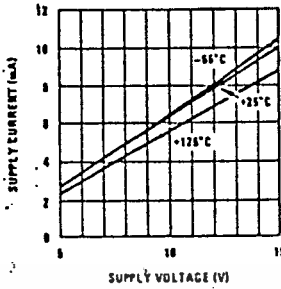
Note 1: For operating at elevated temperature the device must be derated based on a +150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of +45°C/W junction to case for TO-5 and +150°C/W junction to ambient for both packages.  
 Note 2: Supply current when output high typically 1 mA less at V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

Typical Performance Characteristics

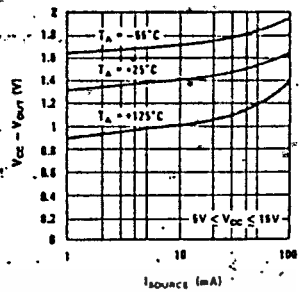
Minimum Pulse Width Required for Triggering



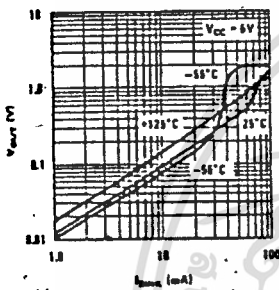
Supply Current vs Supply Voltage



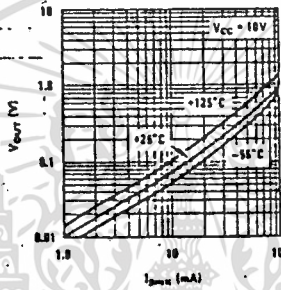
High Output Voltage vs Output Source Current



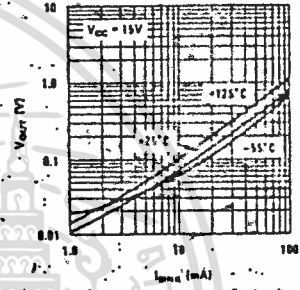
Low Output Voltage vs Output Sink Current



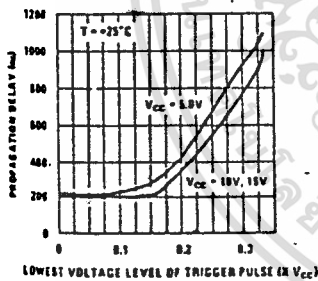
Low Output Voltage vs Output Sink Current



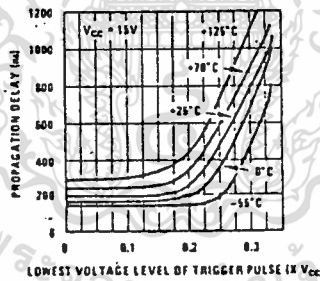
Low Output Voltage vs Output Sink Current



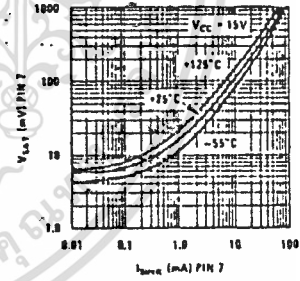
Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



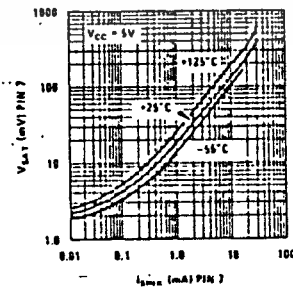
Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีอาณานิไปใช้

## Applications Information

### MONOSTABLE OPERATION

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

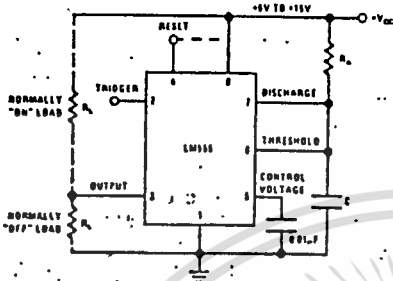


FIGURE 1. Monostable

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

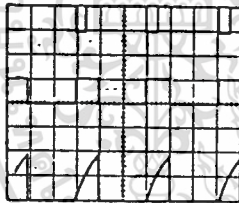


FIGURE 2. Monostable Waveforms

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

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

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

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

### ASTABLE OPERATION

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

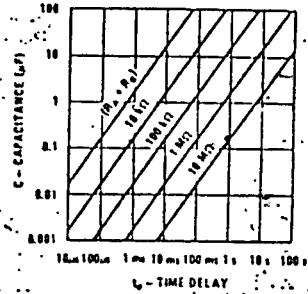


FIGURE 3. Time Delay

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

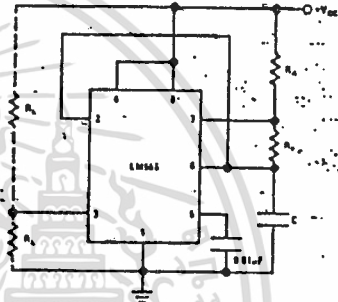


FIGURE 4. Astable

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

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

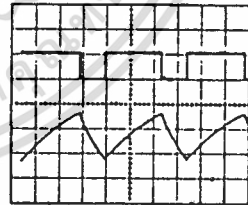


FIGURE 5. Astable Waveforms

The charge time (output high) is given by:

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

And the discharge time (output low) by:

$$t_2 = 0.693 (R_B) C$$

Thus the total period is:

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

## Applications Information (Continued)

The frequency of oscillation is:

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

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

The duty cycle is:

$$D = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

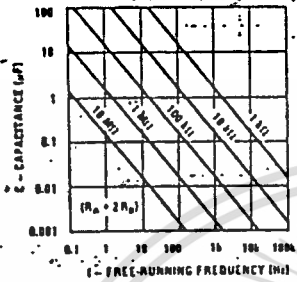


FIGURE 6. Free Running Frequency

### FREQUENCY DIVIDER

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

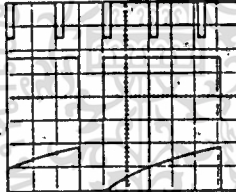


FIGURE 7. Frequency Divider

### PULSE WIDTH MODULATOR

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

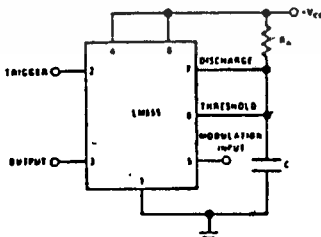


FIGURE 8. Pulse Width Modulator

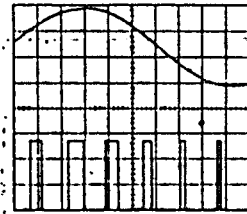


FIGURE 9. Pulse Width Modulator

### PULSE POSITION MODULATOR

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

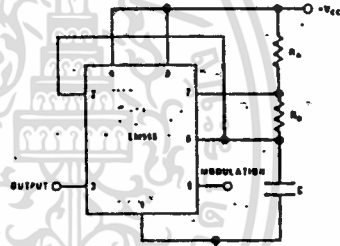


FIGURE 10. Pulse Position Modulator

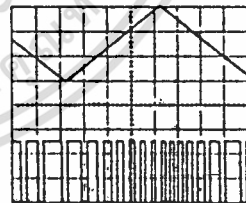


FIGURE 11. Pulse Position Modulator

### LINEAR RAMP

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

Applications Information (Continued)

generated. Figure 12 shows a circuit configuration that will perform this function.

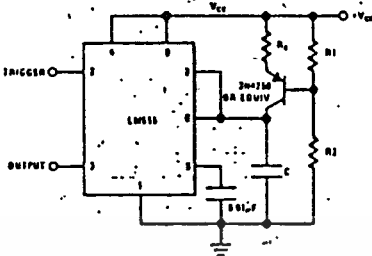


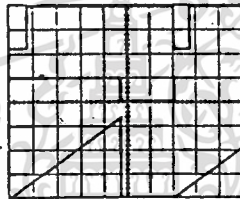
FIGURE 12.

Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp.

The time interval is given by:

$$T = \frac{2/3 V_{CC} R_E (R_1 + R_2) C}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 + R_2)}$$

$V_{BE} \approx 0.6V$



$V_{CC} = 5V$   
 $1 \mu s = 10 \mu s / DIV$   
 $R_1 = 67 k\Omega$   
 $R_2 = 100 k\Omega$   
 $R_E = 2.7 k\Omega$   
 $C = 0.01 \mu F$

Top Trace: Input 2V/DIV  
 Middle Trace: Output 5V/DIV  
 Bottom Trace: Comparator Output 1V/DIV

FIGURE 13. Linear Ramp

50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle, the resistors  $R_A$  and  $R_B$  may be connected as in Figure 14. The time period for the out-

put high is the same as previous,  $t_1 = 0.693 R_A C$ . For the output low it is  $t_2 =$

$$[(R_A R_B)/(R_A + R_B)] \ln \left[ \frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A} \right]$$

Thus the frequency of oscillation is  $f = \frac{1}{t_1 + t_2}$

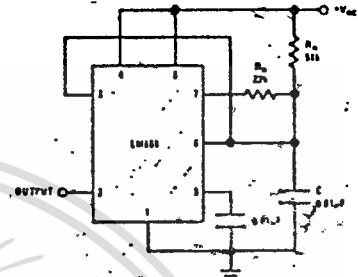


FIGURE 14. 50% Duty Cycle Oscillator

Note that this circuit will not oscillate if  $R_B$  is greater than  $1/2 R_A$  because the junction of  $R_A$  and  $R_B$  cannot bring pin 2 down to  $1/3 V_{CC}$  and trigger the lower comparator.

ADDITIONAL INFORMATION

Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is  $0.1 \mu F$  in parallel with  $1 \mu F$  electrolytic.

Lower comparator storage time can be as long as  $10 \mu s$  when pin 2 is driven fully to ground for triggering. This limits the monostable pulse width to  $10 \mu s$  minimum.

Delay time reset to output is  $0.47 \mu s$  typical. Minimum reset pulse width must be  $0.3 \mu s$ , typical.

Pin 7 current switches within  $30 ns$  of the output (pin 3) voltage.



**National  
Semiconductor**

**Operational Amplifiers/Buffers**

## LM741/LM741A/LM741C/LM741E Operational Amplifier

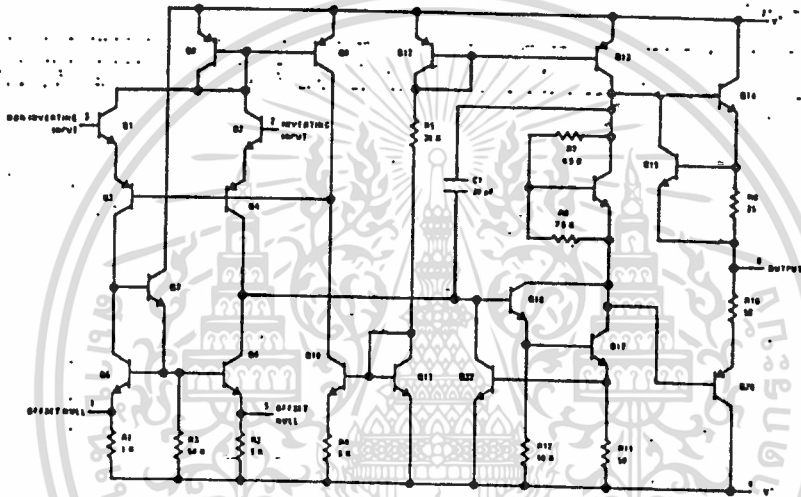
### General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

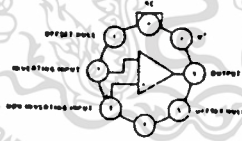
The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C/LM741E are identical to the LM741/LM741A except that the LM741C/LM741E have their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

### Schematic and Connection Diagrams (Top Views)

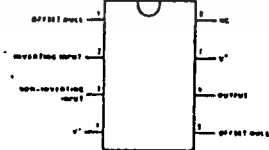


Metal Can Package



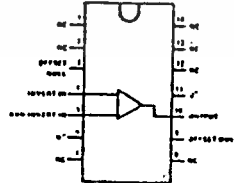
Order Number LM741H, LM741AH,  
LM741CH or LM741EH  
See NS Package H08C

Dual-In-Line Package



Order Number LM741CN or LM741EN  
See NS Package N08B  
Order Number LM741CJ  
See NS Package J08A

Dual-In-Line Package



Order Number LM741CN-14  
See NS Package N14A  
Order Number LM741J-14, LM741AJ-14  
or LM741CJ-14  
See NS Package J14A

LM741/LM741A/LM741C/LM741E



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings

|  | LM741A          | LM741E          | LM741           | LM741C          |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Supply Voltage                           | ±22V            | ±22V            | ±22V            | ±18V            |
| Power Dissipation (Note 1)               | 500 mW          | 500 mW          | 500 mW          | 500 mW          |
| Differential Input Voltage               | ±30V            | ±30V            | ±30V            | ±30V            |
| Input Voltage (Note 2)                   | ±15V            | ±15V            | ±15V            | ±15V            |
| Output Short Circuit Duration            | Indefinite      | Indefinite      | Indefinite      | Indefinite      |
| Operating Temperature Range              | -55°C to +125°C | 0°C to +70°C    | -55°C to +125°C | 0°C to +70°C    |
| Storage Temperature Range                | -65°C to +150°C | -65°C to +150°C | -65°C to +150°C | -65°C to +150°C |
| Lead Temperature (Soldering, 10 seconds) | 300°C           | 300°C           | 300°C           | 300°C           |

## Electrical Characteristics (Note 3)

| PARAMETER                             | CONDITIONS   | LM741A/LM741E |     |       | LM741 |     |     | LM741C |     |     | UNITS                        |
|---------------------------------------|--|---------------|-----|-------|-------|-----|-----|--------|-----|-----|------------------------------|
|                                       |  | MIN           | TYP | MAX   | MIN   | TYP | MAX | MIN    | TYP | MAX |                              |
| Input Offset Voltage                  | $T_A = 25^\circ\text{C}$   |               |     |       |       |     |     |        |     |     |                              |
|                                       | $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$   |               |     |       | 1.0   | 6.0 |     | 2.0    | 6.0 |     | mV                           |
|                                       | $R_S \leq 50\Omega$  |               | 0.8 | 3.0   |       |     |     |        |     |     | mV                           |
|                                       | $T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$                            |               |     | 4.0   |       |     |     |        |     |     | mV                           |
| Average Input Offset Voltage Drift    | $R_S \leq 50\Omega$  |               |     |       |       | 6.0 |     |        |     |     | mV                           |
|                                       | $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$   |               |     | 15    |       |     |     |        |     |     | $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ |
| Input Offset Voltage Adjustment Range | $T_A = 25^\circ\text{C}, V_S = \pm 20\text{V}$                           | ±10           |     |       | ±15   |     |     | ±15    |     |     | mV                           |
| Input Offset Current                  | $T_A = 25^\circ\text{C}$   |               | 3.0 | 30    |       | 20  | 200 |        | 20  | 200 | nA                           |
|                                       | $T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$                            |               |     | 70    |       | 85  | 500 |        |     | 300 | nA                           |
| Average Input Offset Current Drift    |  |               |     | 0.5   |       |     |     |        |     |     | $\text{nA}/^\circ\text{C}$   |
| Input Bias Current                    | $T_A = 25^\circ\text{C}$   |               | 30  | 80    |       | 80  | 500 |        | 80  | 500 | nA                           |
|                                       | $T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$                            |               |     | 0.210 |       |     | 1.5 |        |     | 0.8 | nA                           |
| Input Resistance                      | $T_A = 25^\circ\text{C}, V_S = \pm 20\text{V}$                           | 1.0           | 6.0 |       | 0.3   | 2.0 |     | -0.3   | 2.0 |     | M $\Omega$                   |
|                                       | $T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}, V_S = \pm 20\text{V}$      |               | 0.5 |       |       |     |     |        |     |     | M $\Omega$                   |
| Input Voltage Range                   | $T_A = 25^\circ\text{C}$   |               |     |       |       |     |     | ±12    | ±13 |     | V                            |
|                                       | $T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$                            |               |     |       | ±12   | ±13 |     |        |     |     | V                            |
| Large Signal Voltage Gain             | $T_A = 25^\circ\text{C}, R_L \geq 2\text{ k}\Omega$                      |               |     |       |       |     |     |        |     |     | V/mV                         |
|                                       | $V_S = \pm 20\text{V}, V_O = \pm 15\text{V}$                             | 50            |     |       |       |     |     |        |     |     | V/mV                         |
|                                       | $V_S = \pm 15\text{V}, V_O = \pm 10\text{V}$                             |               |     |       | 50    | 200 |     | 70     | 200 |     | V/mV                         |
|                                       | $T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}, R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ |               |     |       |       |     |     |        |     |     | V/mV                         |
| Output Voltage Swing                  | $V_S = \pm 20\text{V}$   |               |     |       |       |     |     |        |     |     | V                            |
|                                       | $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$   | ±16           |     |       |       |     |     |        |     |     | V                            |
|                                       | $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$  | ±15           |     |       |       |     |     |        |     |     | V                            |
|                                       | $V_S = \pm 15\text{V}$   |               |     |       |       |     |     |        |     |     | V                            |
| Output Short Circuit Current          | $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$   |               |     |       | ±12   | ±14 |     | ±12    | ±14 |     | V                            |
|                                       | $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$  |               |     |       | ±10   | ±13 |     | ±10    | ±13 |     | V                            |
| Common Mode Rejection Ratio           | $T_A = 25^\circ\text{C}$   | 10            | 25  | 35    |       | 25  |     |        | 25  |     | dB                           |
|                                       | $T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$                            | 10            |     | 40    |       |     |     |        |     |     | dB                           |
| Common Mode Rejection Ratio           | $T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$                            |               |     |       | 70    | 90  |     | 70     | 90  |     | dB                           |
|                                       | $R_S \leq 10\text{ k}\Omega, V_{\text{CM}} = \pm 12\text{V}$             |               |     |       |       |     |     |        |     |     | dB                           |
| Common Mode Rejection Ratio           | $R_S \leq 50\text{ k}\Omega, V_{\text{CM}} = \pm 12\text{V}$             | 80            | 95  |       |       |     |     |        |     |     | dB                           |

## Electrical Characteristics (Continued)

| PARAMETER                      | CONDITIONS  | LM741A/LM741E |      |     | LM741 |     |     | LM741C |     |     | UNITS            |
|--------------------------------|---|---------------|------|-----|-------|-----|-----|--------|-----|-----|------------------|
|                                |   | MIN           | TYP  | MAX | MIN   | TYP | MAX | MIN    | TYP | MAX |                  |
| Supply Voltage Rejection Ratio | $T_{A \text{ MIN}} \leq T_A \leq T_{A \text{ MAX}}$<br>$V_S = \pm 20\text{V to } \pm 15\text{V}$<br>$R_S \leq 50\Omega$<br>$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ | 86            | 96   |     | 77    | 96  |     | 77     | 96  |     | dB               |
|                                |   |               |      |     |       |     |     |        |     |     | dB               |
| Transient Response             | $T_A = 25^\circ\text{C}$ , Unity Gain   |               |      |     |       |     |     |        |     |     |                  |
| Rise Time                      |   |               | 0.25 | 0.8 |       | 0.3 |     |        | 0.3 |     | $\mu\text{s}$    |
| Overshoot                      |   |               | 6.0  | 20  |       | 6   |     |        | 5   |     | %                |
| Bandwidth (Note 4)             | $T_A = 25^\circ\text{C}$  | 0.437         | 1.5  |     |       |     |     |        |     |     | MHz              |
| Slew Rate                      | $T_A = 25^\circ\text{C}$ , Unity Gain   | 0.3           | 0.7  |     | 0.6   |     |     | 0.8    |     |     | V/ $\mu\text{s}$ |
| Supply Current                 | $T_A = 25^\circ\text{C}$  |               |      |     | 1.7   | 2.8 |     | 1.7    | 2.8 |     | mA               |
| Power Consumption              | $T_A = 25^\circ\text{C}$  |               |      |     |       |     |     |        |     |     |                  |
|                                | $V_S = \pm 20\text{V}$  |               | 80   | 150 |       |     |     |        |     |     | mW               |
| LM741A                         | $V_S = \pm 15\text{V}$  |               |      |     | 60    | 85  |     | 50     | 85  |     | mW               |
|                                | $V_S = \pm 20\text{V}$  |               |      |     |       |     |     |        |     |     |                  |
| LM741E                         | $T_A = T_{A \text{ MIN}}$   |               |      | 165 |       |     |     |        |     |     | mW               |
|                                | $T_A = T_{A \text{ MAX}}$   |               |      | 135 |       |     |     |        |     |     | mW               |
| LM741                          | $V_S = \pm 20\text{V}$  |               |      | 150 |       |     |     |        |     |     | mW               |
|                                | $T_A = T_{A \text{ MIN}}$   |               |      | 150 |       |     |     |        |     |     | mW               |
| LM741                          | $T_A = T_{A \text{ MAX}}$   |               |      | 150 |       |     |     |        |     |     | mW               |
|                                | $V_S = \pm 15\text{V}$  |               |      |     | 60    | 100 |     |        |     |     | mW               |
|                                | $T_A = T_{A \text{ MIN}}$   |               |      |     | 45    | 75  |     |        |     |     | mW               |
|                                | $T_A = T_{A \text{ MAX}}$   |               |      |     |       |     |     |        |     |     | mW               |

Note 1: The maximum junction temperature of the LM741/LM741A is  $150^\circ\text{C}$ , while that of the LM741C/LM741E is  $100^\circ\text{C}$ . For operation at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of  $150^\circ\text{C/W}$  junction to ambient, or  $45^\circ\text{C/W}$  junction to case. The thermal resistance of the dual-in-line package is  $100^\circ\text{C/W}$  junction to ambient.

Note 2: For supply voltages less than  $\pm 15\text{V}$ , the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

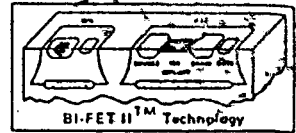
Note 3: Unless otherwise specified, these specifications apply for  $V_S = \pm 15\text{V}$ ,  $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$  (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to  $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$ .

Note 4: Calculated value from:  $\text{BW (MHz)} = 0.35/\text{Rise Time}(\mu\text{s})$ .



Operational Amplifiers/Buffers

LF353 Wide Bandwidth Dual JFET Input Operational Amplifier



General Description

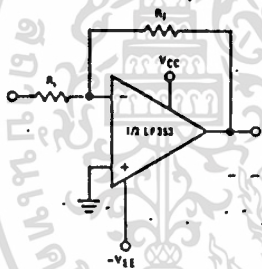
These devices are low cost, high speed, dual JFET input operational amplifiers with an internally trimmed input offset voltage (BI-FET II™ technology). They require low supply current yet maintain a large gain bandwidth-product and fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The LF353 is pin compatible with the standard LM1558 allowing designers to immediately upgrade the overall performance of existing LM1558 and LM358 designs.

These amplifiers may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample and hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth. The devices also exhibit low noise and offset voltage drift.

Features

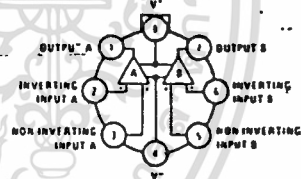
- Internally trimmed offset voltage 10mV
- Low input bias current 50pA
- Low input noise voltage 16nV/√Hz
- Low input noise current 0.01pA/√Hz
- Wide gain bandwidth 4MHz
- High slew rate 13V/μs
- Low supply current 3.6mA
- High input impedance 10<sup>12</sup>Ω
- Low total harmonic distortion  $A_v = 10$ ,  $R_L = 10k$ ,  $V_O = 20V_p - p$ ,  $BW = 20Hz - 20kHz$ , <0.02%
- Low 1/f noise corner 50Hz
- Fast settling time to 0.01% 2μs

Typical Connection



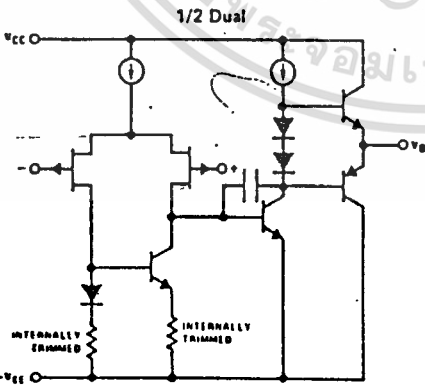
Connection Diagrams

LF353H Metal Can Package (Top View)

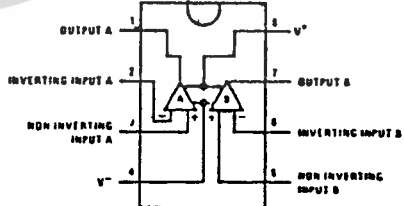


Order Number LF353H  
See NS Package H08C

Simplified Schematic



LF353N Dual-in-Line Package (Top View)



Order Number LF353N  
See NS Package N08A

LF353

### Absolute Maximum Ratings

|                             |              |  |                 |
|-----------------------------|--------------|--|-----------------|
| Supply Voltage              | ± 18V        | Input Voltage Range (Note 2)             | ± 15V           |
| Power Dissipation (Note 1)  | 500mW        | Output Short Circuit Duration            | Continuous      |
| Operating Temperature Range | 0°C to +70°C | Storage Temperature Range                | -65°C to +150°C |
| T <sub>J</sub> (MAX)        | 115°C        | Lead Temperature (Soldering, 10 seconds) | 300°C           |
| Differential Input Voltage  | ± 30V        |  |                 |

### DC Electrical Characteristics (Note 4)

| SYMBOL               | PARAMETER                          | CONDITIONS  | LF353 |                  |     | UNITS |
|----------------------|------------------------------------|---|-------|------------------|-----|-------|
|                      |                                    |   | MIN   | TYP              | MAX |       |
| V <sub>OS</sub>      | Input Offset Voltage               | R <sub>S</sub> = 10kΩ, T <sub>A</sub> = 25°C<br>Over Temperature  |       | 5                | 10  | mV    |
| ΔV <sub>OS</sub> /ΔT | Average TC of Input Offset Voltage | R <sub>S</sub> = 10kΩ   |       | 10               |     | μV/°C |
| I <sub>OS</sub>      | Input Offset Current               | T <sub>J</sub> = 25°C, (Notes 4, 5)<br>T <sub>J</sub> < 70°C  |       | 25               | 100 | pA    |
| I <sub>B</sub>       | Input Bias Current                 | T <sub>J</sub> = 25°C, (Notes 4, 5)<br>T <sub>J</sub> < 70°C  |       | 50               | 200 | pA    |
| R <sub>IN</sub>      | Input Resistance                   | T <sub>J</sub> = 25°C   |       | 10 <sup>12</sup> |     | Ω     |
| A <sub>VOL</sub>     | Large Signal Voltage Gain          | V <sub>S</sub> = ± 15V, T <sub>A</sub> = 25°C<br>V <sub>O</sub> = ± 10V, R <sub>L</sub> = 2kΩ<br>Over Temperature | 25    | 100              |     | V/mV  |
| V <sub>O</sub>       | Output Voltage Swing               | V <sub>S</sub> = ± 15V, R <sub>L</sub> = 10kΩ   | ± 12  | ± 13.5           |     | V     |
| V <sub>CM</sub>      | Input Common-Mode Voltage Range    | V <sub>S</sub> = ± 15V  | ± 11  | + 15<br>- 12     |     | V     |
| CMRR                 | Common-Mode Rejection Ratio        | R <sub>S</sub> < 10kΩ   | 70    | 100              |     | dB    |
| PSRR                 | Supply Voltage Rejection Ratio     | (Note 6)  | 70    | 100              |     | dB    |
| I <sub>S</sub>       | Supply Current                     |   |       | 3.6              | 6.5 | mA    |

### AC Electrical Characteristics (Note 4)

| SYMBOL         | PARAMETER                       | CONDITIONS  | LF353 |      |     | UNITS  |
|----------------|---------------------------------|---|-------|------|-----|--------|
|                |                                 |   | MIN   | TYP  | MAX |        |
|                | Amplifier to Amplifier Coupling | T <sub>A</sub> = 25°C, f = 1 Hz - 20kHz (Input Referred)  |       | -120 |     | dB     |
| SR             | Slew Rate                       | V <sub>S</sub> = ± 15V, T <sub>A</sub> = 25°C             |       | 13   |     | V/μs   |
| GBW            | Gain Bandwidth Product          | V <sub>S</sub> = ± 15V, T <sub>A</sub> = 25°C             |       | 4    |     | MHz    |
| e <sub>n</sub> | Equivalent Input Noise Voltage  | T <sub>A</sub> = 25°C, R <sub>S</sub> = 100Ω, f = 1000 Hz |       | 16   |     | nV/√Hz |
| I <sub>n</sub> | Equivalent Input Noise Current  | T <sub>J</sub> = 25°C, f = 1000 Hz                        |       | 0.01 |     | pA/√Hz |

Note 1: For operating at elevated temperature, the device must be derated based on a thermal resistance of 160°C/W junction to ambient for the N package, and 150°C/W junction to ambient for the H package.

Note 2: Unless otherwise specified the absolute maximum negative input voltage is equal to the negative power supply voltage.

Note 3: The power dissipation limit, however, cannot be exceeded.

Note 4: These specifications apply for V<sub>S</sub> = ± 15V and 0°C < T<sub>A</sub> < +70°C. V<sub>OS</sub>, I<sub>B</sub> and I<sub>OS</sub> are measured at V<sub>CM</sub> = 0.

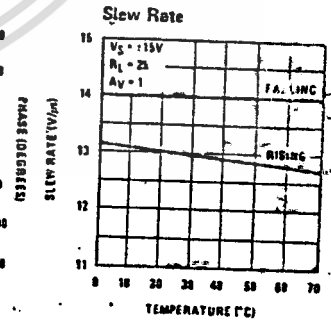
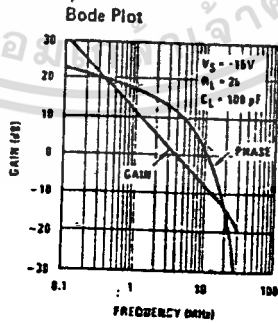
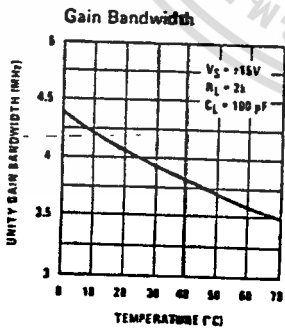
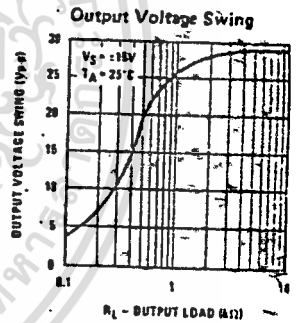
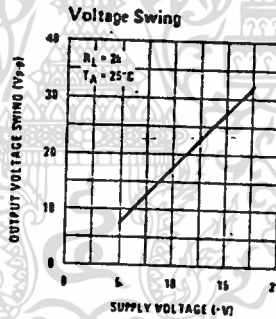
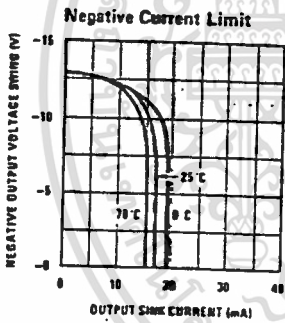
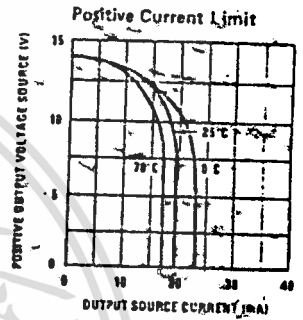
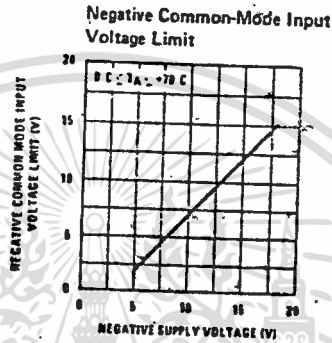
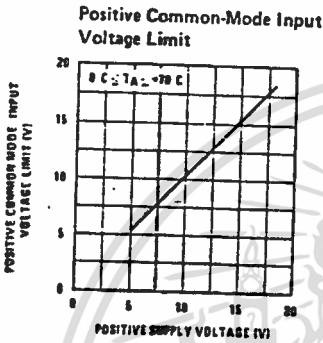
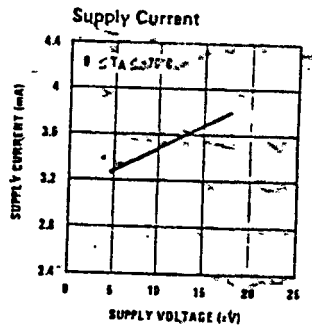
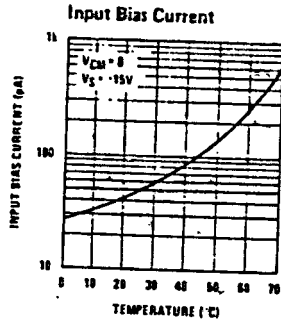
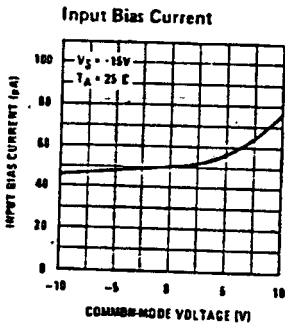
Note 5: The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature, T<sub>J</sub>. Due to the limited production test time, the input bias currents measured are correlated to junction temperature. In normal operation the junction temperature rises above the ambient temperature as a result of internal power dissipation; P<sub>D</sub>. T<sub>J</sub> = T<sub>A</sub> + θ<sub>JA</sub> P<sub>D</sub> where θ<sub>JA</sub> is the thermal resistance from junction to ambient. Use of a heat sink is recommended if input bias current is to be kept to a minimum.

Note 6: Supply voltage rejection ratio is measured for both supply magnitudes increasing or decreasing simultaneously in accordance with common practice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

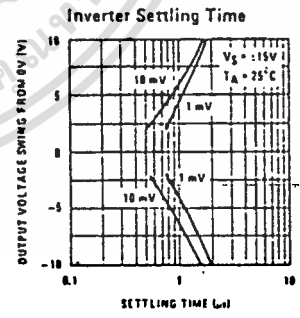
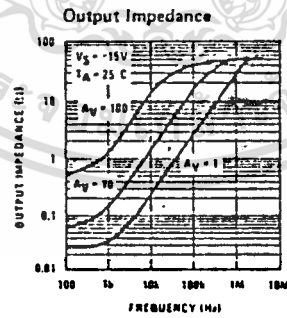
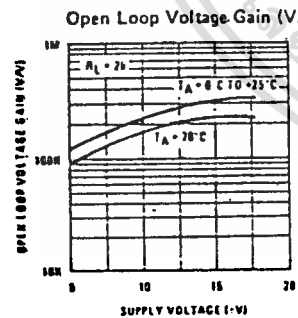
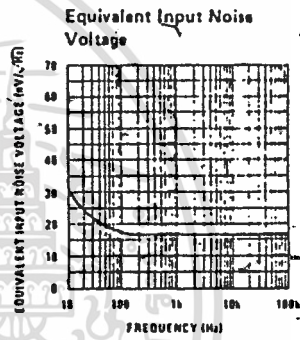
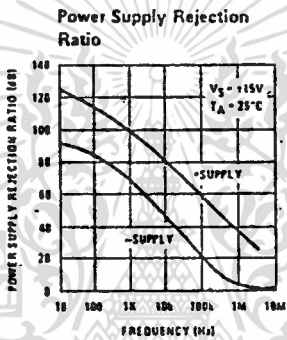
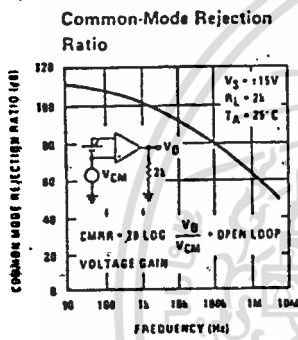
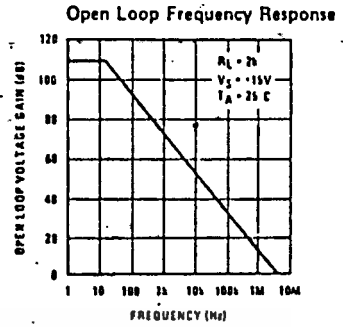
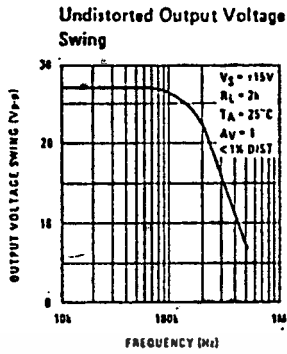
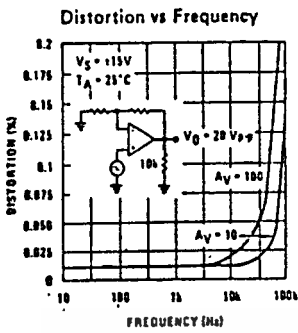
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Typical Performance Characteristics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

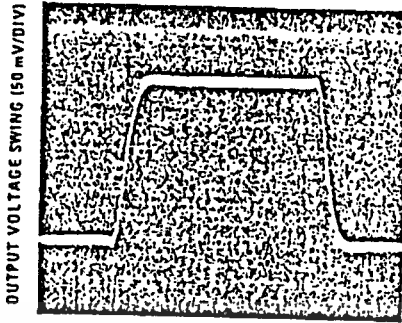
Typical Performance Characteristics (Continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกฏนำไปใช้

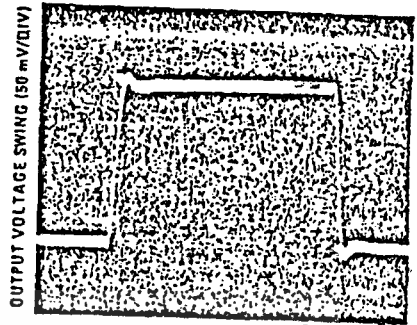
## Pulse Response

Small Signal Inverting



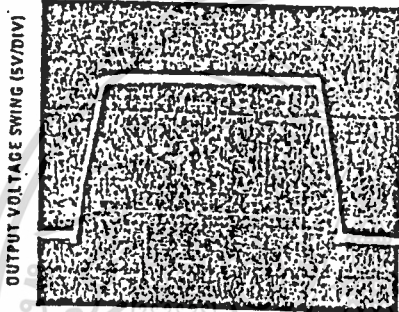
TIME (0.2 μs/DIV)

Small Signal Non-Inverting



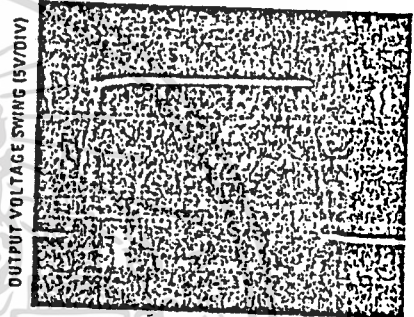
TIME (0.2 μs/DIV)

Large Signal Inverting



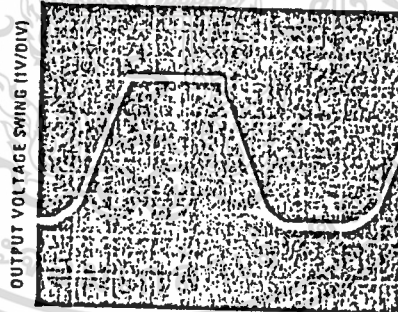
TIME (2 μs/DIV)

Large Signal Non-Inverting



TIME (2 μs/DIV)

Current Limit ( $R_L = 100\Omega$ )



TIME (5 μs/DIV)

### Application Hints

These devices are op amps with an internally trimmed input offset voltage and JFET input devices (BI-FET II). These JFETs have large reverse breakdown voltages from gate to source and drain eliminating the need for clamps across the inputs. Therefore, large differential input voltages can easily be accommodated without a large increase in input current. The maximum differential input voltage is independent of the supply voltages. However, neither of the input voltages should be

allowed to exceed the negative supply as this will cause large currents to flow which can result in a destroyed unit.

Exceeding the negative common-mode limit on either input will cause a reversal of the phase to the output and force the amplifier output to the corresponding high or low state. Exceeding the negative common-mode limit on both inputs will force the amplifier output to a

### Application Hints (Continued)

high state. In neither case does a latch occur since raising the input back within the common-mode range again puts the input stage and thus the amplifier in a normal operating mode.

Exceeding the positive common-mode limit on a single input will not change the phase of the output; however, if both inputs exceed the limit, the output of the amplifier will be forced to a high state.

The amplifiers will operate with a common-mode input voltage equal to the positive supply; however, the gain bandwidth and slew rate may be decreased in this condition. When the negative common-mode voltage swings to within 3V of the negative supply, an increase in input offset voltage may occur.

Each amplifier is individually biased by a zener reference which allows normal circuit operation on  $\pm 4V$  power supplies. Supply voltages less than these may result in lower gain bandwidth and slew rate.

The amplifiers will drive a 2 k $\Omega$  load resistance to  $\pm 10V$  over the full temperature range of 0°C to +70°C. If the amplifier is forced to drive heavier load currents, however, an increase in input offset voltage may occur on the negative voltage swing and finally reach an active current limit on both positive and negative swings.

Precautions should be taken to ensure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed

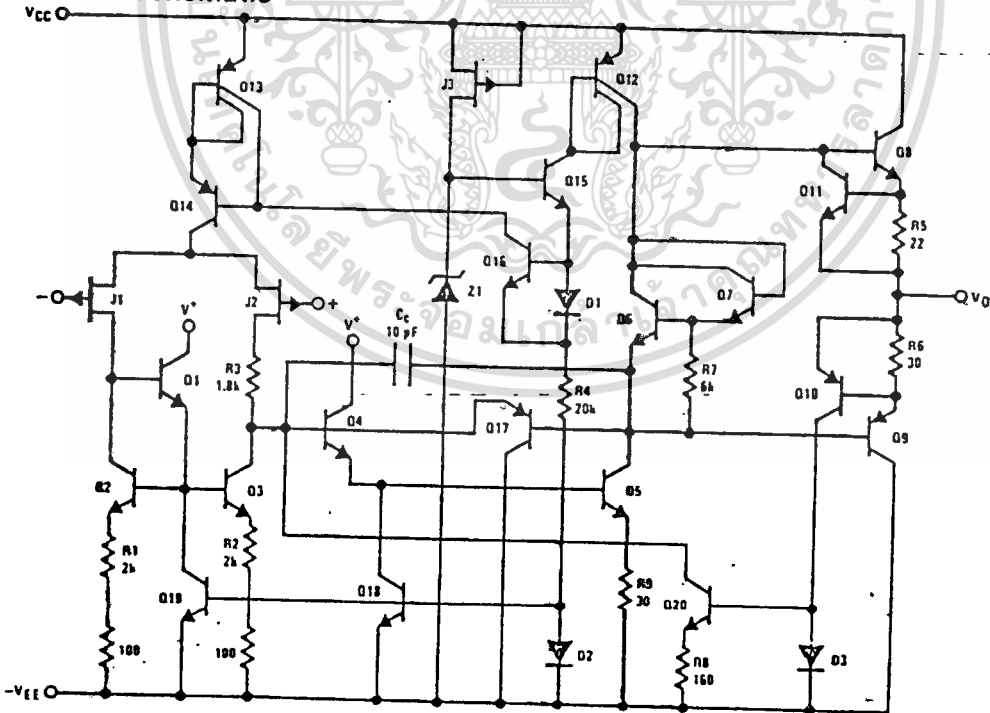
backwards in a socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Because these amplifiers are JFET rather than MOSFET input op amps they do not require special handling.

As with most amplifiers, care should be taken with lead dress, component placement and supply decoupling in order to ensure stability. For example, resistors from the output to an input should be placed with the body close to the input to minimize "pick-up" and maximize the frequency of the feedback pole by minimizing the capacitance from the input to ground.

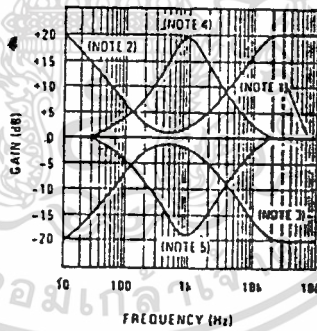
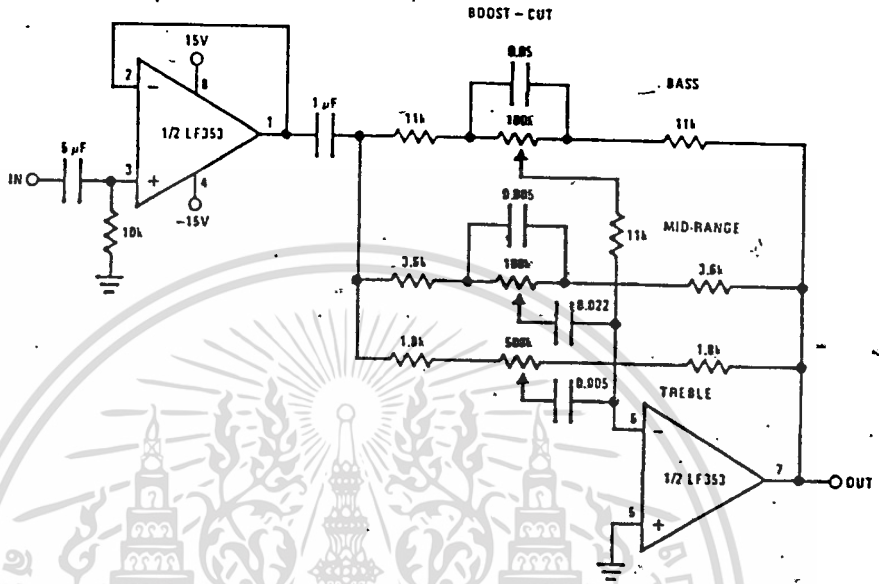
A feedback pole is created when the feedback around any amplifier is resistive. The parallel resistance and capacitance from the input of the device (usually the inverting input) to AC ground set the frequency of the pole. In many instances the frequency of this pole is much greater than the expected 3 dB frequency of the closed loop gain and consequently there is negligible effect on stability margin. However, if the feedback pole is less than approximately 6 times the expected 3 dB frequency a lead capacitor should be placed from the output to the input of the op amp. The value of the added capacitor should be such that the RC time constant of this capacitor and the resistance it parallels is greater than or equal to the original feedback pole time constant.

### Detailed Schematic



Typical Applications

Three-Band Active Tone Control



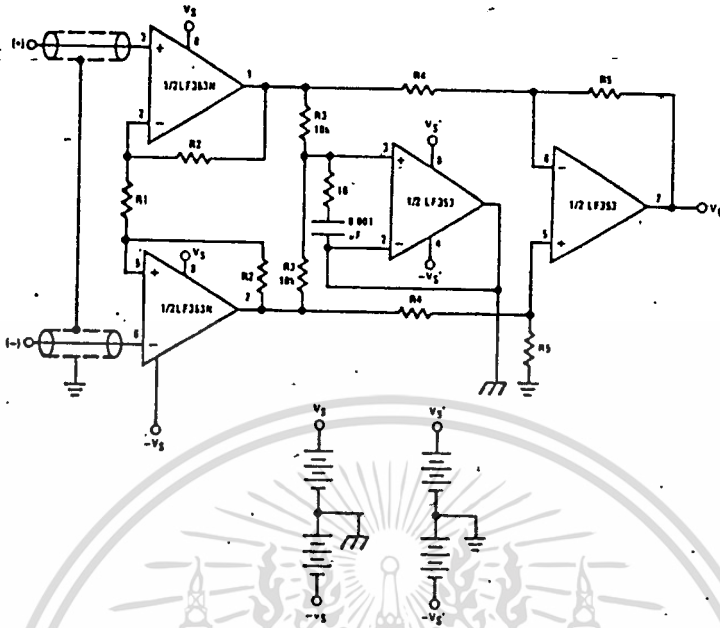
- Note 1: All controls flat.
- Note 2: Bass and treble boost, mid flat.
- Note 3: Bass and treble cut, mid flat.
- Note 4: Mid boost, bass and treble flat.
- Note 5: Mid cut, bass and treble flat.

- All potentiometers are linear taper
- Use the LF347 Quad for stereo applications

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

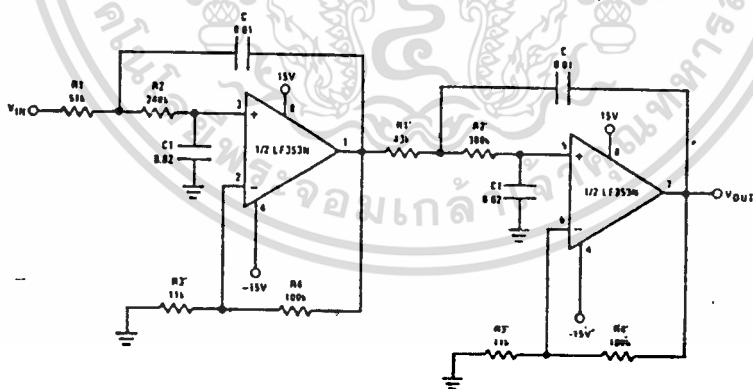
Improved CMRR Instrumentation Amplifier



$$A_V = \left( \frac{2R2}{R1} + 1 \right) \frac{R5}{R4}$$

- and are separate isolated grounds.
- Matching of R2's, R4's and R5's control CMRR
- With  $A_V = 1400$ , resistor matching = 0.01%: CMRR = 136 dB
- Very high input impedance
- Super high CMRR

Fourth Order Low Pass Butterworth Filter

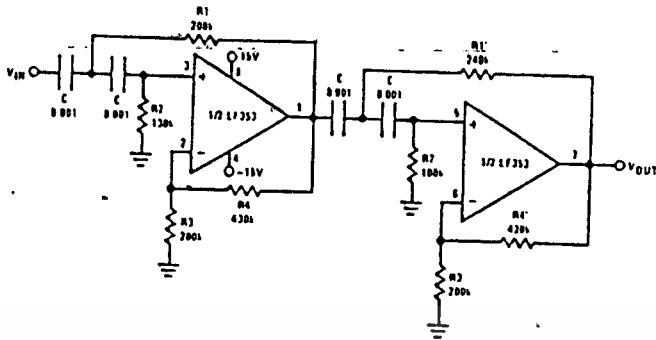


- Corner frequency ( $f_c$ ) =  $\sqrt{\frac{1}{R1R2CC1}} \cdot \frac{1}{2\pi} = \sqrt{\frac{1}{R1'R2'CC1}} \cdot \frac{1}{2\pi}$
- Passband gain ( $H_0$ ) =  $(1 + R4/R3) (1 + R4'/R3')$
- First stage  $Q = 1.31$
- Second stage  $Q = 0.541$
- Circuit shown uses nearest 5% tolerance resistor values for a filter with a corner frequency of 100 Hz and a passband gain of 100
- Offset nulling necessary for accurate DC performance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

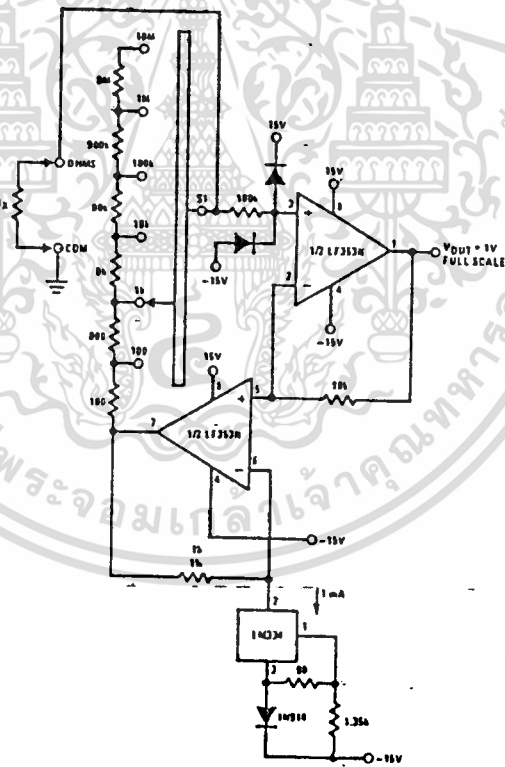
Typical Applications (Continued)

Fourth Order High Pass Butterworth Filter



- Corner frequency ( $f_c$ ) =  $\sqrt{\frac{1}{R1R2C^2}} \cdot \frac{1}{2\pi} = \sqrt{\frac{1}{R1'R2'C^2}} \cdot \frac{1}{2\pi}$
- Passband gain ( $H_0$ ) =  $(1 + R4/R3)(1 + R4'/R3')$
- First stage  $Q = 1.31$
- Second stage  $Q = 0.541$
- Circuit shown uses closest 5% tolerance resistor values for a filter with a corner frequency of 1 kHz and a passband gain of 10

Ohms to Volts Converter



$$V_O = \frac{1V}{R_{LADDER}} \times R_X$$

Where  $R_{LADDER}$  is the resistance from switch S1 pole to pin 7 of the LF353.



**CD4071BM/CD4071BC Quad 2-Input OR Buffered B Series Gate**  
**CD4081BM/CD4081BC Quad 2-Input AND Buffered B Series Gate**

**General Description**

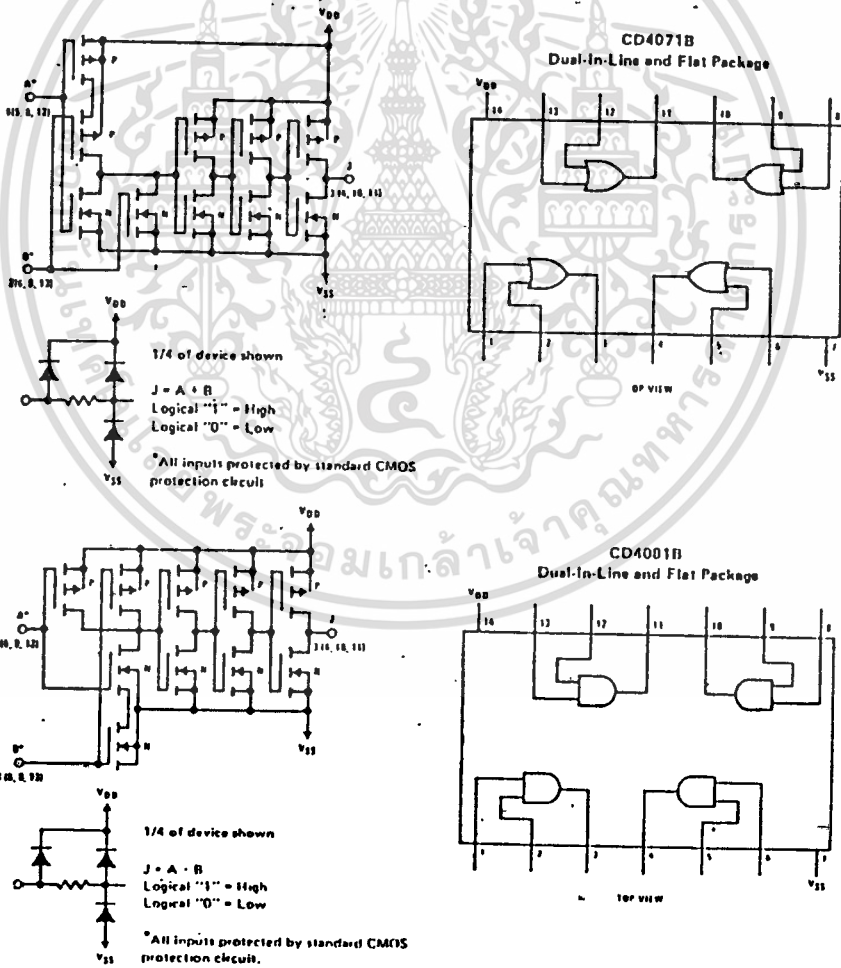
These quad gates are monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuits constructed with N- and P-channel enhancement mode transistors. They have equal source and sink current capabilities and conform to standard B series output drive. The devices also have buffered outputs which improve transfer characteristics by providing very high gain.

All inputs protected against static discharge with diodes to  $V_{DD}$  and  $V_{SS}$ .

**Features**

- Low power TTL compatibility
  - 5V-10-15V parametric ratings
  - Symmetrical output characteristics
  - Maximum input leakage  $1\mu A$  at 15V over full-temperature range
- fan out of 2 driving 74L  
or 1 driving 74LS

**Schematic and Connection Diagrams**



CD4071BM/CD4071BC  
CD4081BM/CD4081BC

**Absolute Maximum Ratings**

**Operating Conditions**

|                                     |   |                                 |   |
|-------------------------------------|---|---------------------------------|---|
| Supply Voltage (V <sub>DD</sub> )   | -0.5V to V <sub>DD</sub> + 0.5V             | Operating V <sub>DD</sub> Range | 3 V <sub>DC</sub> to 15 V <sub>DC</sub> |
| Power Dissipation                   | 500 mW                                      | Operating Temperature Range     | -55°C to +125°C                         |
| Storage Temperature                 | -0.5 V <sub>DC</sub> to +18 V <sub>DC</sub> | CD4071BM, CD4081BM              | -40°C to +85°C                          |
| Operating Temperature               | -65°C to +150°C                             | CD4071BC, CD4081BC              |   |
| Temperature (Soldering, 10 seconds) | 300°C                                       |                                 |   |

**Electrical Characteristics — CD4071BM/CD4081BM (Note 2)**

| PARAMETER                 | CONDITIONS                                    | -55°C |       | +25°C |                   |       | +125°C |      | UNITS |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------------------|-------|--------|------|-------|
|                           |   | MIN   | MAX   | MIN   | TYP               | MAX   | MIN    | MAX  |       |
| Quiescent Device Current  | V <sub>DD</sub> = 5V                          |       | 0.25  |       | 0.004             | 0.25  |        | 7.5  | μA    |
|                           | V <sub>DD</sub> = 10V                         |       | 0.50  |       | 0.005             | 0.50  |        | 15   | μA    |
|                           | V <sub>DD</sub> = 15V                         |       | 1.0   |       | 0.006             | 1.0   |        | 30   | μA    |
| Low Level Output Voltage  | V <sub>DD</sub> = 5V                          |       | 0.05  |       | 0                 | 0.05  |        | 0.05 | V     |
|                           | V <sub>DD</sub> = 10V, I <sub>O</sub> < 1μA   |       | 0.05  |       | 0                 | 0.05  |        | 0.05 | V     |
|                           | V <sub>DD</sub> = 15V                         |       | 0.05  |       | 0                 | 0.05  |        | 0.05 | V     |
| High Level Output Voltage | V <sub>DD</sub> = 5V                          | 4.95  |       | 4.95  | 5                 |       | 4.95   |      | V     |
|                           | V <sub>DD</sub> = 10V, I <sub>O</sub> < 1μA   | 9.95  |       | 9.95  | 10                |       | 9.95   |      | V     |
|                           | V <sub>DD</sub> = 15V                         | 14.95 |       | 14.95 | 15                |       | 14.95  |      | V     |
| Low Level Input Voltage   | V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>O</sub> = 0.5V   |       | 1.5   |       | 2                 | 1.5   |        | 1.5  | V     |
|                           | V <sub>DD</sub> = 10V, V <sub>O</sub> = 1.0V  |       | 3.0   |       | 4                 | 3.0   |        | 3.0  | V     |
|                           | V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>O</sub> = 1.5V  |       | 4.0   |       | 6                 | 4.0   |        | 4.0  | V     |
| High Level Input Voltage  | V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>O</sub> = 4.5V   | 3.5   |       | 3.5   | 3                 |       | 3.5    |      | V     |
|                           | V <sub>DD</sub> = 10V, V <sub>O</sub> = 9.0V  | 7.0   |       | 7.0   | 6                 |       | 7.0    |      | V     |
|                           | V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>O</sub> = 13.5V | 11.0  |       | 11.0  | 9                 |       | 11.0   |      | V     |
| Low Level Output Current  | V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>O</sub> = 0.4V   | 0.64  |       | 0.51  | 0.88              |       | 0.36   |      | mA    |
|                           | V <sub>DD</sub> = 10V, V <sub>O</sub> = 0.5V  | 1.6   |       | 1.3   | 2.25              |       | 0.9    |      | mA    |
|                           | V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>O</sub> = 1.5V  | 4.2   |       | 3.4   | 8.8               |       | 2.4    |      | mA    |
| High Level Output Current | V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>O</sub> = 4.6V   | -0.64 |       | -0.51 | -0.88             |       | -0.36  |      | mA    |
|                           | V <sub>DD</sub> = 10V, V <sub>O</sub> = 9.5V  | -1.6  |       | -1.3  | -2.25             |       | -0.9   |      | mA    |
|                           | V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>O</sub> = 13.5V | -4.2  |       | -3.4  | -8.8              |       | -2.4   |      | mA    |
| Input Current             | V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>IN</sub> = 0V   |       | -0.10 |       | -10 <sup>-5</sup> | -0.10 |        | -1.0 | μA    |
|                           | V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>IN</sub> = 15V  |       | 0.10  |       | 10 <sup>-5</sup>  | 0.10  |        | 1.0  | μA    |

1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. Except for "Operating Temperature Range" they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Electrical Characteristics" are conditions for actual device operation.  
2: All voltages measured with respect to V<sub>SS</sub> unless otherwise specified.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**DC Electrical Characteristics** CD4071BC/CD4081BC (Note 2)

| PARAMETER                                 | CONDITIONS                                    | 40°C                  |       | +25°C |                   |       | +85°C |       | UNITS |
|---|---|-----------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
|   |   | MIN                   | MAX   | MIN   | TYP               | MAX   | MIN   | MAX   |       |
| I <sub>DD</sub> Quiescent Device Current  | V <sub>DD</sub> = 5V                          |                       | 1     |       | 0.004             | 1     |       | 7.5   | μA    |
|   | V <sub>DD</sub> = 10V                         |                       | 2     |       | 0.005             | 2     |       | 15    |       |
|   | V <sub>DD</sub> = 15V                         |                       | 4     |       | 0.006             | 4     |       | 30    |       |
| V <sub>OL</sub> Low Level Output Voltage  | V <sub>DD</sub> = 5V                          | I <sub>OL</sub> < 1μA | 0.05  |       | 0                 | 0.05  |       | 0.05  | V     |
|   | V <sub>DD</sub> = 10V                         |                       | 0.05  |       | 0                 | 0.05  |       | 0.05  |       |
|   | V <sub>DD</sub> = 15V                         |                       | 0.05  |       | 0                 | 0.05  |       | 0.05  |       |
| V <sub>OH</sub> High Level Output Voltage | V <sub>DD</sub> = 5V                          | I <sub>OH</sub> < 1μA | 4.95  |       | 4.95              | 5     |       | 4.95  | V     |
|   | V <sub>DD</sub> = 10V                         |                       | 9.95  |       | 9.95              | 10    |       | 9.95  |       |
|   | V <sub>DD</sub> = 15V                         |                       | 14.95 |       | 14.95             | 15    |       | 14.95 |       |
| V <sub>IL</sub> Low Level Input Voltage   | V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>O</sub> = 0.5V   |                       | 1.5   |       | 2                 | 1.5   |       | 1.5   | V     |
|   | V <sub>DD</sub> = 10V, V <sub>O</sub> = 1.0V  |                       | 3.0   |       | 4                 | 3.0   |       | 3.0   |       |
|   | V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>O</sub> = 1.5V  |                       | 4.0   |       | 6                 | 4.0   |       | 4.0   |       |
| V <sub>IH</sub> High Level Input Voltage  | V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>O</sub> = 4.5V   |                       | 3.5   |       | 3.5               | 3     |       | 3.5   | V     |
|   | V <sub>DD</sub> = 10V, V <sub>O</sub> = 9.0V  |                       | 7.0   |       | 7.0               | 8     |       | 7.0   |       |
|   | V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>O</sub> = 13.5V |                       | 11.0  |       | 11.0              | 9     |       | 11.0  |       |
| I <sub>OL</sub> Low Level Output Current  | V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>O</sub> = 0.4V   |                       | 0.52  |       | 0.44              | 0.80  |       | 0.30  | mA    |
|   | V <sub>DD</sub> = 10V, V <sub>O</sub> = 0.5V  |                       | 1.3   |       | 1.1               | 2.25  |       | 0.9   |       |
|   | V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>O</sub> = 1.5V  |                       | 3.6   |       | 3.0               | 8.8   |       | 2.4   |       |
| I <sub>OH</sub> High Level Output Current | V <sub>DD</sub> = 5V, V <sub>O</sub> = 4.6V   |                       | 0.52  |       | -0.44             | -0.88 |       | -0.36 | mA    |
|   | V <sub>DD</sub> = 10V, V <sub>O</sub> = 9.5V  |                       | -1.3  |       | -1.1              | -2.25 |       | 0.9   |       |
|   | V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>O</sub> = 13.5V |                       | -3.6  |       | -3.0              | -8.8  |       | 2.4   |       |
| I <sub>IN</sub> Input Current             | V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>IN</sub> = 0V   |                       | -0.30 |       | -10 <sup>-5</sup> | -0.30 |       | -1.0  | μA    |
|   | V <sub>DD</sub> = 15V, V <sub>IN</sub> = 15V  |                       | 0.30  |       | 10 <sup>-5</sup>  | 0.30  |       | 1.0   |       |

**AC Electrical Characteristics** CD4071BC/CD4071BM

T<sub>A</sub> = 25°C, Input t<sub>r</sub>, t<sub>f</sub> = 20 ns, C<sub>L</sub> = 50 pF, R<sub>L</sub> = 200KΩ Typical temperature coefficient is 0.3%/°C

| PARAMETER  | CONDITIONS            | TYP | MAX | UNITS |
|--|-----------------------|-----|-----|-------|
| t <sub>PHL</sub> Propagation Delay Time, High-to-Low Level | V <sub>DD</sub> = 5V  | 100 | 250 | ns    |
|  | V <sub>DD</sub> = 10V | 40  | 100 |       |
|  | V <sub>DD</sub> = 15V | 30  | 70  |       |
| t <sub>PLH</sub> Propagation Delay Time, Low-to-High Level | V <sub>DD</sub> = 5V  | 90  | 250 | ns    |
|  | V <sub>DD</sub> = 10V | 40  | 100 |       |
|  | V <sub>DD</sub> = 15V | 30  | 70  |       |
| t <sub>THL, t<sub>TLH</sub></sub> Transition Time          | V <sub>DD</sub> = 5V  | 90  | 200 | ns    |
|  | V <sub>DD</sub> = 10V | 50  | 100 |       |
|  | V <sub>DD</sub> = 15V | 40  | 80  |       |
| C <sub>IN</sub> Average Input Capacitance                  | Any Input             | 5   | 7.5 | pF    |
| CPD Power Dissipation Capacity                             | Any Gate              | 18  |     | pJ    |

# AC Electrical Characteristics CD4081BC/CD4081BM

$T_A = -25^\circ\text{C}$ , Input  $t_r, t_f = 20\text{ ns}$ ,  $C_L = 50\text{ pF}$ ,  $R_L = 200\text{ k}$  Typical temperature coefficient is  $0.3\%/^\circ\text{C}$

CD4071BM/CD4071BC  
CD4081BM/CD4081BC

| PARAMETER                       | CONDITIONS                                | TYP                   | MAX | UNITS |    |
|---------------------------------|---|-----------------------|-----|-------|----|
| t <sub>PHL</sub>                | Propagation Delay Time, High-to-Low Level | V <sub>DD</sub> = 5V  | 100 | 250   | ns |
|                                 |   | V <sub>DD</sub> = 10V | 40  | 100   | ns |
|                                 |   | V <sub>DD</sub> = 15V | 30  | 70    | ns |
| t <sub>PLH</sub>                | Propagation Delay Time, Low-to-High Level | V <sub>DD</sub> = 5V  | 120 | 250   | ns |
|                                 |   | V <sub>DD</sub> = 10V | 50  | 100   | ns |
|                                 |   | V <sub>DD</sub> = 15V | 35  | 70    | ns |
| t <sub>THL-t<sub>LH</sub></sub> | Transition Time                           | V <sub>DD</sub> = 5V  | 90  | 200   | ns |
|                                 |   | V <sub>DD</sub> = 10V | 50  | 100   | ns |
|                                 |   | V <sub>DD</sub> = 15V | 40  | 80    | ns |
| C <sub>IN</sub>                 | Average Input Capacitance                 | Any Input             | 5   | 7.5   | pF |
| C <sub>PD</sub>                 | Power Dissipation Capacity                | Any Gate              | 18  |       | pF |

## Typical Performance Characteristics

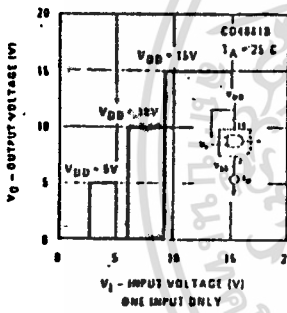


FIGURE 1. Typical Transfer Characteristics

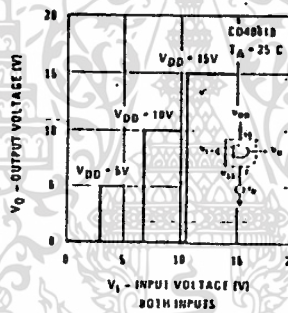


FIGURE 2. Typical Transfer Characteristics

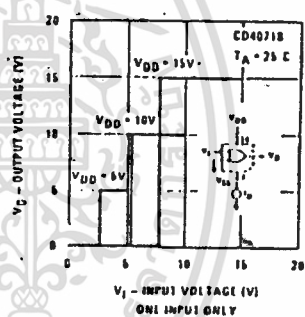


FIGURE 3. Typical Transfer Characteristics

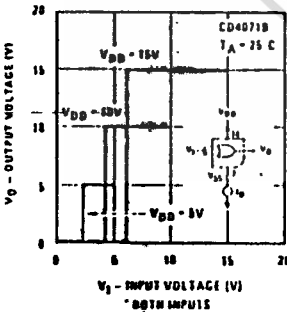


FIGURE 4. Typical Transfer Characteristics

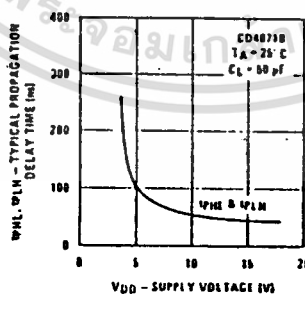


FIGURE 5

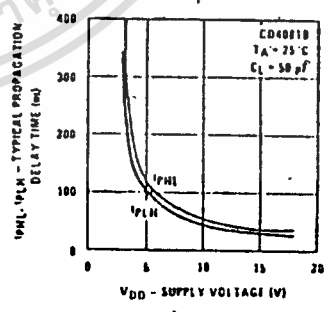


FIGURE 6

Typical Performance Characteristics (Cont'd.)

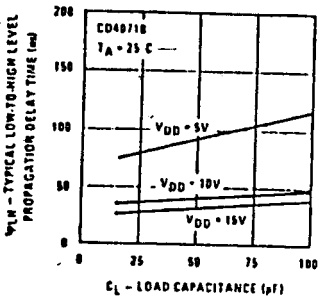


FIGURE 7

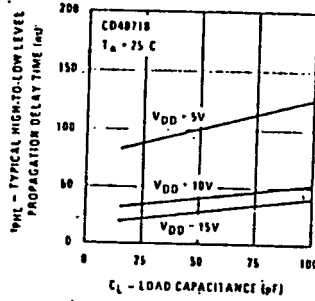


FIGURE 8

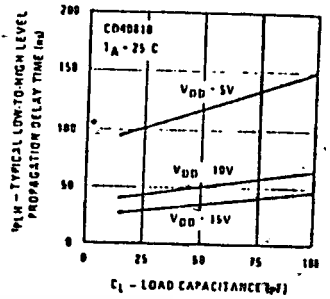


FIGURE 9

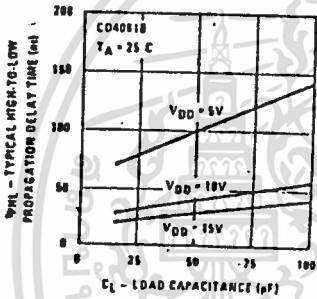


FIGURE 10

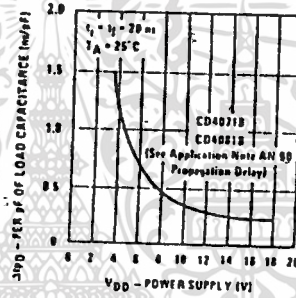


FIGURE 11

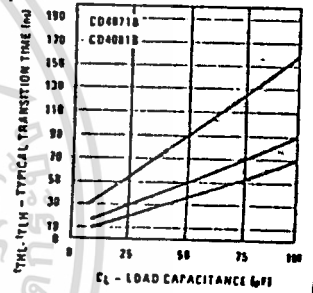


FIGURE 12

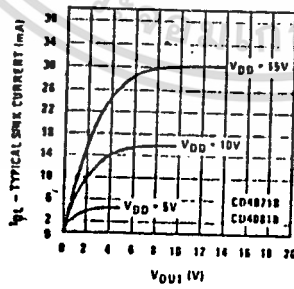


FIGURE 13

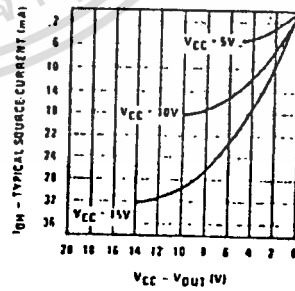


FIGURE 14

## กิติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงมาได้ ทั้งนี้ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ แดเนียล บริน และอาจารย์ อภินันท์ มัชฌานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ชี้แนะทางด้านวิชาการ ส่วนการพิมพ์และรูปประกอบก็สำเร็จด้วยความร่วมมือของ นางสาว สุนีย์ ฉันทศาสตร์รัศมิ์ ผู้จัดทำจึงขอขอบคุณในความร่วมมือนมา ณ. ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

- 1) "LINEAR DATA BOOK ", NATIONAL SEMICONDUCTOR ,1982
- 2) "CMOS DATA BOOK", NATIONAL SEMICONDUCTOR ,1982
- 3) "TRANSISTOR MANUAL", GENERAL ELECTRIC
- 4) WALTER G. JUNG "IC OP-AMP COOKBOOK", HOWARD W. SAMS & CO., INC, 1977
- 5) HENRY W. OTT "NOISE REDUCTION TECHNIQUES IN ELECTRONIC SYSTEMS", JOHN WILEY & SONS, 1975
- 6) WALTER G. JUNG "IC TIMER COOKBOOK", HOWARD W. SAMS & CO., INC, 1977