

เครื่องควบคุมไฟ 8 ช่องที่โปรแกรมได้  
8 CHANNELS PROGRAMABLE LIGHT CONTROL



โดย

นายโชคชัย ทองโสภากา 39013155

นายทรงเดช ทองมูล 39013157

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. สุชาติ คุณทวีเทพ

นพ.

ร/ช 13ค

2541

ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหม.....  
เลขทะเบียน..... 34070  
วัน, เดือน, ปี..... 1 ต.ค. 2542

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2541

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องควบคุมไฟ 8 ช่องที่โปรแกรมได้

ผู้จัดทำ

1. นายโชคชัย ทองโสภา 39013155

2. นายทรงเดช ทองมูล 39013157

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

( ผศ. สุชาติ คุณทวีเทพ )

ปริญญานิพนธ์เรื่อง เครื่องควบคุมไฟ 8 ช่องที่โปรแกรมได้

8 CHANNELS PROGRAMABLE LIGHT CONTROL

จัดทำโดย

นาย โชคชัย ทองโสภา

39013155

นาย ทรงเดช ทองมูล

39013157

โครงการนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบได้

.....  
( ผศ. สุชาติ คุณทวีเทพ )

อาจารย์ที่ปรึกษา

## เครื่องควบคุมไฟ 8 ช่องที่โปรแกรมได้

โชคชัย ทองโสภณ

ทรงเดช ทองมูล

ผศ. สุชาติ ฤทธิเทพ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541

### บทคัดย่อ

การควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมีการนำไปใช้งานด้านต่างๆ มากมาย ในปริญญานิพนธ์นี้เป็นการใช้งานในการควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ 8 ช่องแบบโปรแกรมได้ โดยสามารถตั้งเวลาการทำงานให้กับเอาต์พุตในแต่ละช่องได้ นอกจากนี้ยังมีช่องสำหรับปรับลดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อให้กับโหลดที่เป็นตัวต้านทานได้อีกด้วย

ในโหมดของการตั้งเวลา สามารถตั้งเวลาได้ระยะเวลาที่สูงสุด 24 ชั่วโมง การปรับลดขนาดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสามารถใช้ได้กับโหลดที่มีขนาดประมาณ 1000 วัตต์

8 CHANNELS PROGRAMABLE LIGHT CONTROL

Chokchai Tongsopa

Songdach Tongmool

Asst. Prof. Suchart kuntavitap Advisor

1998

ABSTRACT

AC voltage controlling are often used in many ways. In this thesis is the 8 channels programable light control operate separatly as timing control for each channel. Moreover it provides an operation mode as dimmer which is used for resistive lode.

In timing mode each channel can be programmed the longest time equal 24 hours. The dimmer mode can be operated the 1000 Watt.

ภาคผนวก ข. ข้อมูลอุปกรณ์  
กิตติกรรมประกาศ  
หนังสืออ้างอิง

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของแรงดันของวงจรถวลุมเฟส	3
รูปที่ 2.2 วงจรพื้นฐานในการใช้ไทรสเตอร์ควบคุมเฟสพร้อมแรงดันเอาต์พุต	4
รูปที่ 2.3 การใช้ไทรสเตอร์ควบคุมโหลด	7
รูปที่ 2.4 วงจรถวลุมเฟสชนิดฟูลเวฟที่มีโหลดเป็นความต้านทาน	8
รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานของเอสซีอาร์สองตัว	9
รูปที่ 2.6 ลักษณะของแรงดันและกระแสของวงจรถวลุมเฟสที่มี โหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ	9
รูปที่ 2.7 ผลของ $dv/dt$	10
รูปที่ 2.8 การใช้ตัวเก็บประจุและตัวต้านทานลดผลของ $dv/dt$ และทรานเซียน	11
รูปที่ 2.9 แสดงการต่อฟรีวิลลิง ไดโอด	11
รูปที่ 2.10 เปรียบเทียบการทำงานของไดรแอกกับวาล์วปิดเปิดน้ำ	12
รูปที่ 2.11 วงจรหรีไฟที่ใช้ไทรแอกแบบง่ายที่สุด	13
รูปที่ 2.12 รูปคลื่นที่จุดต่างๆ ของวงจรรูปที่ 2.13	14
รูปที่ 2.13 วงจรหรีไฟที่เพิ่มค่าความต้านทาน $R_2$ เข้ามาจำกัดกระแส	15
รูปที่ 2.14 วงจรเพิ่มชุดป้องกันสัญญาณรบกวนเข้าไป	15
รูปที่ 3.1 รูปแบบการเก็บเวลาของนาฬิกา	18
รูปที่ 3.2 รูปแบบการเก็บ โปรแกรมเวลาปิด-เปิดเอาต์พุต	18
รูปที่ 3.3 แสดงการออกแบบหน่วยความจำ	20
รูปที่ 3.4 แสดงการออกแบบ โปรแกรมหลัก	21
รูปที่ 3.5 แสดงการออกแบบ โปรแกรมเปรียบเทียบ	22
รูปที่ 3.6 แสดงการออกแบบการทำงานของโหมดต่าง ๆ	23
รูปที่ 3.7 BLOCK DIAGRAM 8 CHANNELS PROGRAMABLE LIGHT CONTROL	24
รูปที่ 3.8 วงจรสร้างสัญญาณ Ramp	25
รูปที่ 3.9 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ Ramp กับสัญญาณอ้างอิง	26
รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อวงจรถวลุม โหลดไฟฟ้ากระแสสลับกับ 8255 พอร์ต	27
รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่อคีย์กับ 8255 พอร์ต	28

รูปที่ 3.12 แสดงกราฟผลการทดลองตารางที่ 3.1	31
รูปที่ 3.13 ลักษณะของสัญญาณ Ramp	32
รูปที่ 3.14 ลักษณะของสัญญาณที่ใช้ทริกเกอร์แอกที่มุมค่าต่าง ๆ	33
(ก) มุม 160 องศา	
(ข) มุม 18 องศา	
(ค) มุม 108 องศา	
รูปที่ 3.15 ลักษณะของสัญญาณพัลส์เอาท์พุท	34

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงผลการทดลองที่ภาระค่าต่างๆ	30

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 บทนำ

ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาวิวัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีได้พัฒนารุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว ทำให้มีอิทธิพลต่อความเป็นอยู่ของมวลมนุษยชาติ เทคโนโลยีทำให้เกิดการทำงานที่รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในการควบคุม ทำให้มีการพัฒนาวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทันสมัยและนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพและก่อให้เกิดวิธีการควบคุมที่หลากหลายวิธีการ เพื่อที่จะทำให้มนุษย์สะดวกสบายยิ่งขึ้น

การนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์มาใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ประเภทกำลัง ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่พัฒนาขึ้นมาเรื่อย ๆ จากเดิมจะควบคุมด้วยความยากลำบาก เนื่องจากไฟฟ้ากำลังมีกระแสและแรงดันสูงจึงยากต่อการสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม แต่ในปัจจุบันได้มีการสร้างอุปกรณ์กำลังเช่น ไตรแอด และยังสามารถสร้างวงจรรวมที่เรียกว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่เปรียบเสมือนสมองของมนุษย์มาใช้ในการควบคุมอุปกรณ์กำลังให้มีความเที่ยงตรงและแม่นยำยิ่งขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกสบายให้กับมนุษย์

ดังนั้นทางกลุ่มของเราจึงได้มีแนวความคิดที่จะทำการศึกษาพัฒนาอุปกรณ์กำลัง เพื่อใช้ควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหัวใจหลักในการควบคุม

### 1.2 จุดประสงค์ของปริญญานิพนธ์

ในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์ดังนี้คือ

1. ศึกษาการควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้อุปกรณ์กำลัง
2. ศึกษาการนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการควบคุม
3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงขนาดของแรงดันที่ตกคร่อมภาระเมื่อเทียบกับภาระประเภทความต้านทาน (Normal load) เช่น หลอดไฟ

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถโปรแกรมการตั้งเวลาปิด-เปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าได้ 8 ช่อง
2. แต่ละช่องสามารถโปรแกรมได้อย่างอิสระต่อกัน
3. โปรแกรมได้สูงสุด 10 โปรแกรมต่อ 1 ช่อง (ปิด10 , เปิด10)
4. แต่ละช่องสามารถปรับขนาดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้อิสระ

5. ความละเอียดของโปรแกรมตั้งเวลามากที่สุดเป็นนาที เช่น 9.30 น., 9.31 น.
6. สามารถโปรแกรมแต่ละช่องให้ปิดเปิดได้เป็น นาที, ชั่วโมง

## บทที่ 2

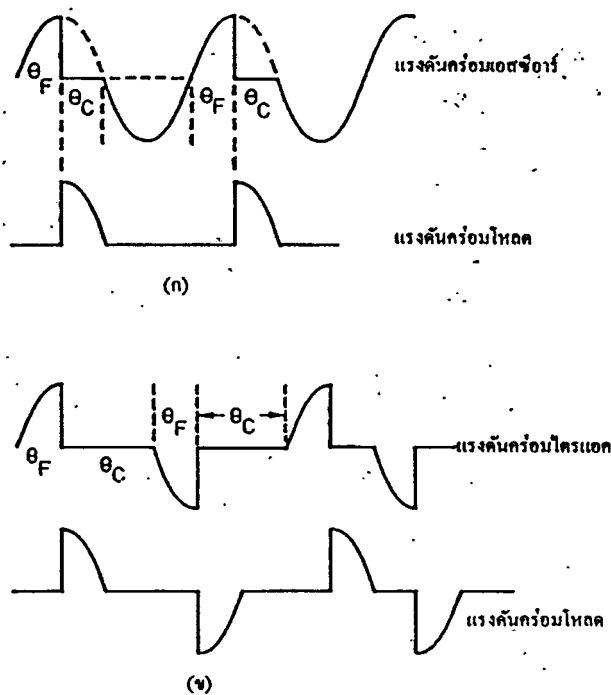
### การควบคุมกำลังไฟฟ้า

#### 2.1 บทนำ

ระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เป็นระบบ 330 โวลต์ สามเฟส หรือระบบเฟสเดียว 220 โวลต์ อุปกรณ์ไทรสเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์กำลังในปัจจุบันหลายชนิดได้รับการออกแบบให้มีประสิทธิภาพในการทนกระแสและแรงดันได้สูงขึ้น การใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเป็นสวิทช์ในการเปิดปิดระบบไฟฟ้ากำลังอย่างรวดเร็วและได้ผลจึงทำให้มีผู้หันมานิยมใช้กันมากขึ้น การควบคุมกำลังไฟฟ้าเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการควบคุมการทำงานเพื่อให้ได้ผลตามต้องการ

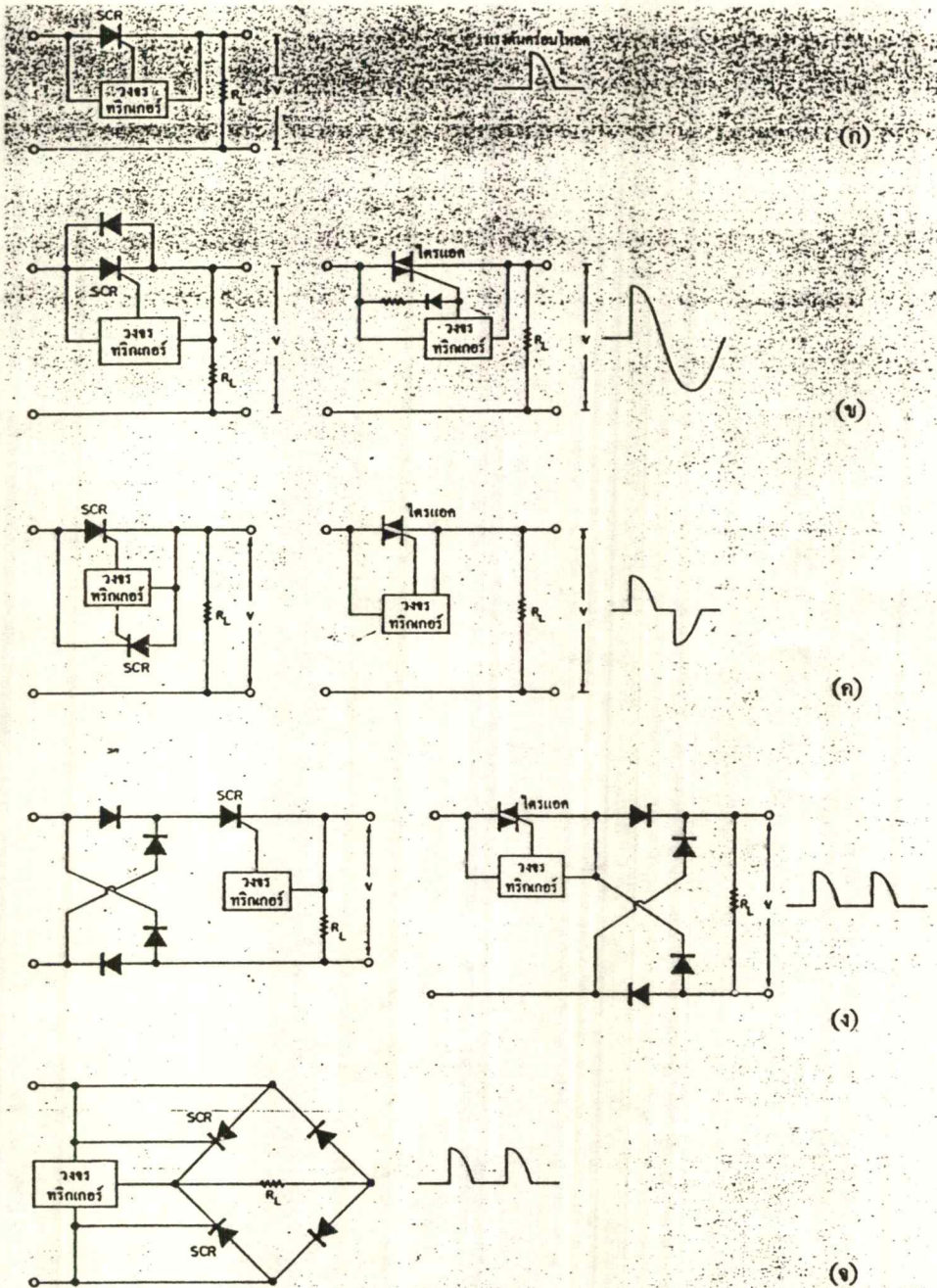
#### 2.2 การควบคุมเฟสด้วยไทรสเตอร์

การควบคุมกำลังงานที่จ่ายไปยังโหลดด้วยวิธีการใช้ไทรสเตอร์ เป็นสวิทช์ควบคุมกำลังงาน บางส่วนของแต่ละไซเคิลจ่ายไปยังโหลดเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก ทั้งนี้เนื่องจากการควบคุมที่ให้ผลดี กล่าวคือ เมื่อเปลี่ยนมุมการสวิทช์ก็จะทำให้ค่ากำลังเปลี่ยนไป ด้วย การควบคุมกำลังงานด้วยวิธีการเปลี่ยนมุมของการจุดชนวนให้ไทรสเตอร์สวิทช์นี้เรียกว่า การควบคุมเฟส (phase control)



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของแรงดันของวงจรควบคุมเฟส

ค่ากำลังงานไฟฟ้าขึ้นอยู่กับมุมที่ไทรสเตอร์นำกระแส (conduction angle) ( $\theta_c$ ) แปรผกผันกับค่าของมุมจุดชนวน (Firing angle ( $\theta_f$ )) โดยที่มุมที่ไทรสเตอร์นำกระแสจะเท่ากับ  $180 - \theta_f$  สำหรับวงจรที่เป็นชนิดฮาล์ฟเวฟ (halfwave) และ  $2(180 - \theta_f)$  สำหรับกรณีที่เป็นฟูลเวฟ (Full wave) ความสัมพันธ์ของแรงดันคร่อมไทรสเตอร์กับแรงดันคร่อมโหลด



รูปที่ 2.2 วงจรพื้นฐานในการใช้ไทรสเตอร์ควบคุมเฟสพร้อมแรงดันเอาต์พุต

การควบคุมเฟสด้วยไทรสเตอร์และไดโอดทำให้ได้ลักษณะสัญญาณหรือเอาท์พุทป้อนไปยังโหลดแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของการนำกระแส การจ่ายกระแสและแรงดันดังกล่าวนี้สามารถควบคุมกำลังไปยังโหลดตามต้องการได้ แต่อย่างไรก็ตามแรงดันและกระแสไปยังโหลดจะไม่เป็นคลื่นรูปชายนี้อีกต่อไป ดังนั้นโหลดที่ใช้จะต้องไม่ไวต่อสัญญาณคลื่นรูปชายนี้อีกต่อไป

รูปที่ 2.2 เป็นวงจรแสดงการควบคุมเฟสด้วยไทรสเตอร์และไดโอดแบบต่างๆ การควบคุมเช่นว่าจะให้แรงดันเอาท์พุทที่เป็นส่วนหนึ่งของแรงดันคลื่นชายนี้อีกต่อไป

รูปแบบของวงจรในรูปที่ 2.2 (ก) เป็นแบบการควบคุมเฟสของวงจรฮาล์ฟเวฟเรกติไฟเออร์ โดยปกติถ้าให้เอสซีอาร์เป็นไดโอดธรรมดา การนำกระแสของไดโอดก็จะเริ่มนำกระแสตั้งแต่มุม 0 องศาจนถึง 180 องศา แต่เมื่อประกอบเอสซีอาร์ในวงจร การนำกระแสของเอสซีอาร์จะขึ้นอยู่กับมุมจุดชนวนของเอสซีอาร์ กระแสที่ไหลจึงเริ่มตั้งแต่มุม  $\theta$  (มุมที่จุดชนวน) จนถึง 180 องศา เอสซีอาร์ก็จะหยุดนำกระแส

ในรูปที่ 2.2(ข) แตกต่างจากรูปที่ 2.2(ก) เล็กน้อย กล่าวคือเราใช้ไดโอดต่อกับหัวคร่อมเอสซีอาร์ การต่อเช่นนี้จะทำให้ไดโอดนำกระแสด้านลบได้ ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่านโหลดจึงเป็นกระแสที่ผ่านเอสซีอาร์ตามรูปที่ 2.2(ก) กับกระแสที่ผ่านไดโอดในส่วนลบ ดังได้กล่าวไว้ในกรณี เราอาจใช้ไดโอดแทนไดโอดและเอสซีอาร์ แต่การทริกอาจแตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะเมื่อไดโอดลดกำลังมาจนกระแสในตัวมันต่ำมากแล้วมันจะหยุดนำกระแส แต่ถ้าเราต้องการให้มันนำกระแสอีกต่อไปเราจะต้องทริกมันใหม่ แต่ไดโอดทั่วไปมีคุณสมบัติง่ายต่อการทริก คือมันมีการทริกได้ถึง 4 ควอดแรนท์ สำหรับรูปที่ 2.2(ค) เป็นการควบคุมเฟสของวงจรฟูลเวฟเรกติไฟเออร์ดีซี นี้เอง ถ้าจุดชนวนไทรสเตอร์ที่มุม 0 องศา ก็จะได้อุปกรณ์ที่เอาท์พุทเป็นรูปคลื่นฟูลเวฟ

### 2.3 การควบคุมเฟสของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

รูปที่ 2.3 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ไทรสเตอร์ควบคุมโหลดชนิดไฟตรงและไฟสลับแบบต่างๆ โดยมีสูตรในการหาค่ากระแสและแรงดันประกอบให้ด้วย

### 2.4 การควบคุมเฟสเมื่อโหลดเป็นอินดักทีฟโหลด

จากที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดเราถือว่าโหลดเป็นชนิดความต้านทานล้วนๆ และเราก็สามารถวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ของวงจรได้ รวมทั้งสามารถกำหนดขนาดและพิกัดของไทรสเตอร์ที่ใช้ได้ แต่ในทางปฏิบัติหรือในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป โหลดที่ใช้มิได้เป็นตัวต้านทานล้วนๆ แต่จะเป็นโหลดชนิดอินดักทีฟโหลด เช่น มอเตอร์ โซลินอยด์ หม้อแปลง ถึงแม้ว่าในลวดทำความร้อนที่เป็น

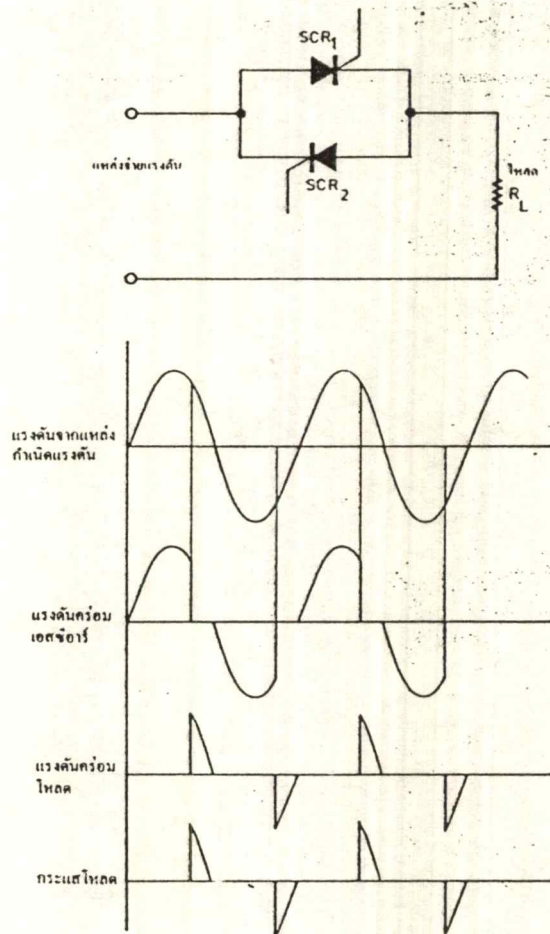
โหลดชนิดตัวต้านทานก็ยังมีส่วนของอินดักทีฟปนอยู่เช่นกัน ผลของค่ารีแอคแตนซ์ในตัวอินดักทีฟทำให้อัตราส่วนระหว่างค่าอาร์เอ็มเอสต่อกระแสเฉลี่ยลดลง

No.	การต่อวงจร	ลักษณะสัญญาณแรงดันคร่อมโหลด	แรงดันในเอสกร		แรงดันโหลดสูงสุด $E_o$ (โดยประมาณ) $E_o$ (โดยประมาณ) RMS
			ขณะ SCR อยู่นิ่ง	ขณะ SCR อยู่นิ่ง	
9. บริดจ์แบบเฟสเดียว ใช้ SCR ตัวเดียว โหลดเป็นได้ทั้งตัวต้านทานและอินดักทีฟ			E	0 (CR1 AND CR2)	$E_o = \frac{2E}{\pi}$
10. สามเฟสสตาร์ทเฟฟ โหลดเป็นได้ทั้งตัวต้านทานและอินดักทีฟ มีฟริววลิ่งไดโอด			E (แต่บางครั้งเป็น $\sqrt{3}E$ เมื่อโหลดเปิดวงจร หรือมีกระแสไหลกลับได้สูงที่ SCR)	$\sqrt{3}E$	$E_o = \frac{3\sqrt{3}E}{2\pi}$
11. สามเฟสสตาร์ทเฟฟ เมื่อไม่มีฟริววลิ่งไดโอด			$\sqrt{3}E$	$\sqrt{3}E$	$E_o = \frac{3\sqrt{3}E}{2\pi}$
12. สามเฟสบริดจ์ SCR 3 ตัว โหลดเป็นได้ทั้งตัวต้านทานและไดโอด มีฟริววลิ่งไดโอด			$\sqrt{3}E$	$\sqrt{3}E$	$E_o = \frac{3\sqrt{3}E}{\pi}$
13. สามเฟสบริดจ์ SCR 6 ตัว โหลดเป็นได้ทั้งตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ มีฟริววลิ่งไดโอด			$\sqrt{3}E$ (1.5E ถ้าคือตัวต้านทานขนานกับ SCR)	$\sqrt{3}E$	$E_o = \frac{3\sqrt{3}E}{\pi}$
14. สามเฟสบริดจ์เมื่อ SCR 6 ตัว มีโหลดเป็นอินดักทีฟ			$\sqrt{3}E$ (1.5E ถ้าคือตัวต้านทานขนานกับ SCR)	$\sqrt{3}E$	$E_o = \frac{3\sqrt{3}E}{\pi}$
15. ไซโคลแอกหรือ SCR 2 ตัวโหลด			E	E	$E_o = \frac{E}{\sqrt{2}}$
16. SCR อยู่ระหว่างบริดจ์			E	0	$E_o = \frac{E}{\sqrt{2}}$

แรงดันโหลด เมื่อทรักควม มุม	ช่วงมุมทรัก จากตอนมุม ไปช่องเฟรม	กระแสคอง ใน SCR ช่วง มุม		กระแสคองในไดโอด แต่ละเฟรมอยู่ ช่วง		ฟังก์ชันโหลด อินคิตี ช่วง มุมทรัก	ความถี่ ของโหลด เมื่อทรัก มุม	หมายเหตุ
		คอง (แอมป์)	มุม กระแส	คอง (แอมป์)	มุม กระแส			
$E_o = \frac{E}{\pi} (1 + \cos \alpha)$	180°	$\frac{2E}{\pi R}$	360°	$CR1 = \frac{E}{\pi R}$	180°	ไม่มี	2f	CR2 ต้องคองโหลด เป็นอินคิตี ความถี่ มีขีดจำกัดขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติการคืนตัว ของ SCR และไดโอด
				$CR2 = 0.16 \frac{(2E)}{\pi R}$	144°			
$E_o = \frac{3\sqrt{3}E}{2\pi} \cos \alpha$ (0° < α < 30°) $E_o = \frac{3E}{2\pi} (1 + \cos(\alpha + 30^\circ))$ 30° < α < 150°	150°	$\frac{\sqrt{3}E}{\pi R}$	120°	$0.16 \frac{(3\sqrt{3}E)}{2\pi R}$	134°	ไม่มี	3f	-
$E_o = \frac{3\sqrt{3}E}{2} \cos \alpha$ สมมติกระแสโหลด คอง	150°	$\frac{\sqrt{3}E}{2\pi R}$	120°	-	-	มี	3f	-
$E_o = \frac{3\sqrt{3}E}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$	180°	$\frac{\sqrt{3}E}{\pi R}$	120°	$CR1 = \frac{\sqrt{3}E}{\pi R}$	120°	ไม่มี	3f	ถ้าไม่มี CR2 SCR อาจของไฟไม่ได้
				$CR2 = 0.14 \frac{(3\sqrt{3}E)}{\pi R}$	132°			
$E_o = \frac{3\sqrt{3}E}{\pi} \cos \alpha$ (0° < α < 60°) $E_o = \frac{3\sqrt{3}E}{\pi} (1 + \frac{\cos \alpha}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \alpha)$ (60° < α < 120°)	120°	$\frac{\sqrt{3}E}{\pi R}$	120°	$0.056 \frac{(3\sqrt{3}E)}{\pi R}$	212°	ไม่มี	6f	การทรัก SCR ต้องการสัญญาณทรัก 2 สัญญาณ ห่างกัน 60° ช่วงสัญญาณ ทรัก 60°
$E_o = \frac{3\sqrt{3}E}{\pi} \cos \alpha$ สมมติกระแสโหลด คอง	120°	$\frac{\sqrt{3}E}{\pi R}$	120°	-	-	มี	6f	การทรักแต่ละตัว ต้องการสัญญาณทรัก 2 สัญญาณ ห่างกัน 60° ช่วงสัญญาณ ทรัก 60°
$E_o = \frac{E}{\sqrt{2}\pi} (\pi - \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha)^{1/2}$	180°	$\frac{E_o}{2.2R}$ OR $\frac{E}{\pi R}$	180°	-	-	-	f	ถ้าโหลดเป็นอินคิตี แรงดันและ กระแสโหลดขึ้นกับ RL/R และ α
$E_o = \frac{E}{\sqrt{2}\pi} (\pi - \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha)^{1/2}$	180°	$\frac{E_o}{1.1R}$ OR $\frac{2E}{\pi R}$	360°	$\frac{E_o}{2.2R}$ OR $\frac{E}{\pi R}$	180°	-	f	ส่วนโหลดจะต้อง มีค่าอินคิตีค่า

รูปที่ 2.3 การใช้ไทรสเตอร์ควบคุมโหลดแบบต่างๆ

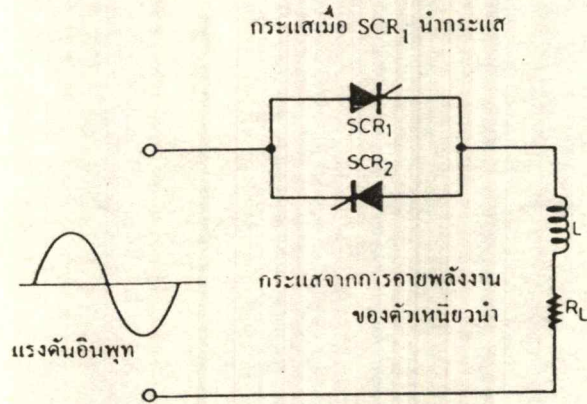
เพราะค่าอินดักทีฟจะต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของกระแส การที่ค่าอัตราส่วนนี้ลดลงซึ่งจะเป็นผลในแง่ของการเพิ่มกระแสต่อเนื่องที่ไหลผ่านในวงจรเอสซีอาร์ ทำให้ต้องคำนึงถึงเอสซีอาร์ในแง่กระแสต่อเนื่องให้มากขึ้น รูปที่ 2.4 แสดงการต่อเอสซีอาร์สองตัวสลับข้างกันเพื่อควบคุมกระแสที่ไหลผ่านโหลด



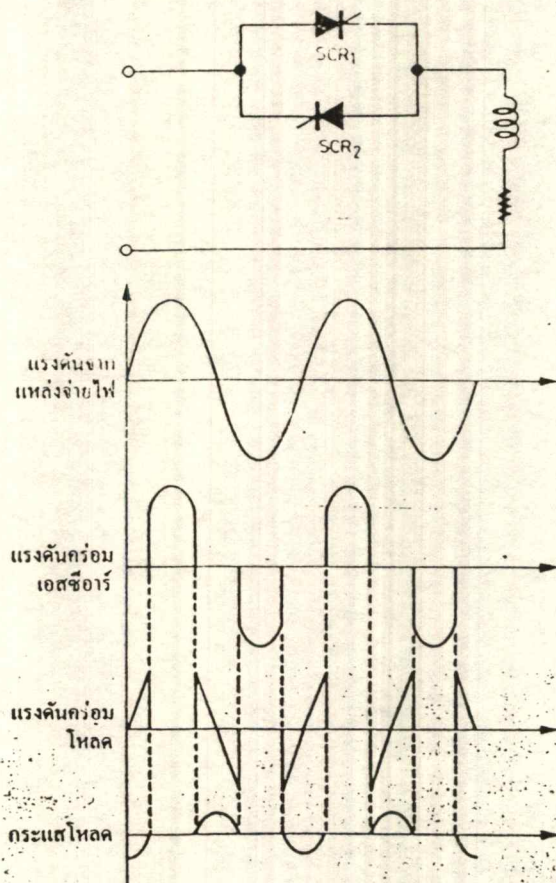
รูปที่ 2.4 วงจรควบคุมเฟสชนิดฟูลเวฟที่มีโหลดเป็นตัวต้านทาน

ที่เป็นชนิดตัวต้านทานค่าของแรงดันและกระแสที่จุดต่างๆ ของวงจรแสดงให้เห็นในรูปเช่นกัน ค่ากระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านเอสซีอาร์แต่ละตัวจะเป็นค่ากระแสในส่วนหนึ่งของกระแสเหนือศูนย์หรือต่ำกว่าศูนย์ ครั้นเมื่อให้โหลดของวงจรเป็นอินดักทีฟ ดังวงจรในรูปที่ 2.5 ลักษณะของแรงดันและกระแสจะเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่ SCR<sub>1</sub> นำกระแส กระแสจะไหลผ่าน SCR<sub>1</sub> ไปยังโหลด และเมื่อแรงดันจากแหล่งจ่ายแรงดันลดค่าลงจนทำให้ SCR<sub>1</sub> หยุดนำกระแส กระแสซึ่งแต่เดิมไหลผ่าน SCR<sub>1</sub> ไปยังโหลดจะสะสมพลังงานไว้ที่ตัวเหนี่ยวนำ ดังนั้นจึงมีกระแสไหลย้อนกลับจากตัวเหนี่ยวนำ

นำผ่านทาง SCR<sub>2</sub> และ SCR<sub>1</sub> ยังไม่นำกระแสได้ กระแสจากตัวเหนี่ยวนำจะไหลสวนทางจนถึงค่าๆ หนึ่ง กระแสส่วนนี้อาจเกิดขึ้นในเวลาสั้นๆ และในทำนองเดียวกัน เมื่อ SCR<sub>2</sub> ได้รับการ



รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานของเอสซีอาร์สองตัว



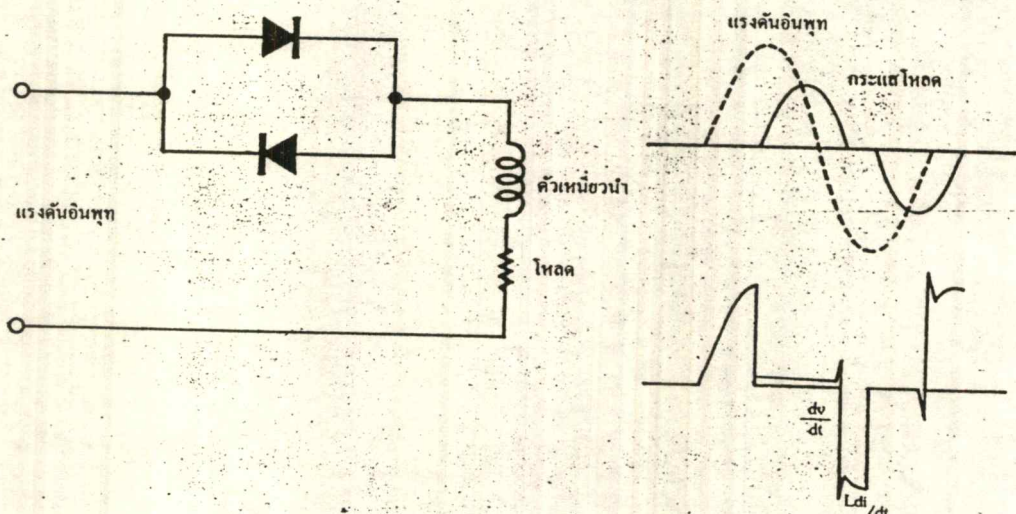
รูปที่ 2.6 ลักษณะแรงดันและกระแสของวงจรควบคุมเฟสที่มีโหลดเป็นตัวเหนี่ยวนำ

ทริกให้นำกระแส ก็จะมีการไหลของกระแสเช่นเดียวกัน ครั้นเมื่อ  $SCR_2$  หยุดนำกระแสพลังงานจากตัวเหนี่ยวนำก็จะคลายออกย้อนกลับออกมาเป็นเช่นนี้เรื่อยๆ ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่านโหลดจึงมีส่วนสลับไปมาในจังหวะการคายพลังงานของตัวเหนี่ยวนำขึ้น

ในการใช้งานจริงนั้นตัวเหนี่ยวนำจะต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของกระแสแบบทันทีทันใด จะเห็นว่าในขณะที่ทริก SCR ให้นำกระแสแล้ว กระแสจะไม่เพิ่มขึ้นจนถึงจุดสุดขุดในทันทีทันใด แต่จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุด ครั้นเมื่อ SCR หยุดนำกระแส กระแสจะค่อยๆ ลดตัวเองลงจนมีค่าเหลือศูนย์ในลักษณะดังรูปที่ 2.6

## 2.5 การลดค่า $dv/dt$ ในวงจรควบคุมเฟส

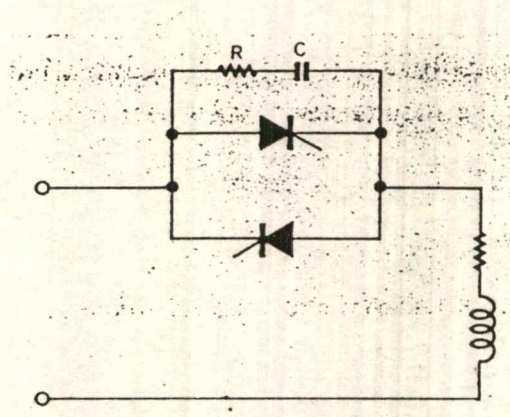
จากหลักการในหัวข้อที่ 2.4 ลองพิจารณาการนำกระแสของเอสซีอาร์ใหม่อีกครั้ง สมมุติ  $SCR_1$  นำกระแสแต่เนื่องจากโหลดเป็นอินดักตีฟจึงทำให้กระแสค่อยๆ เพิ่มและลดลงตามที่กล่าวมา การเปลี่ยนแปลงของกระแสจะเป็นไปในลักษณะเฟสตามของแรงดันอินพุท ครั้นเมื่อกระแสที่ไหลผ่าน  $SCR_1$  ลดลงเหลือต่ำกว่าค่ากระแสยึด (holding current) แล้ว  $SCR_1$  จะหยุดนำกระแส ในขณะที่  $SCR_1$  หยุดนำกระแสนี้จะเกิดภาวะการเปลี่ยนแปลงทางด้านแรงดันตกคร่อม SCR โดยทันทีทันใด กล่าวคือ มีค่า  $dv/dt$  สูง และผลของทรานเซียน เนื่องจาก L จะทำให้เกิดแรงดัน  $Ldi/dt$  ขึ้น ดังแสดงลักษณะแรงดันดังรูปที่ 2.7



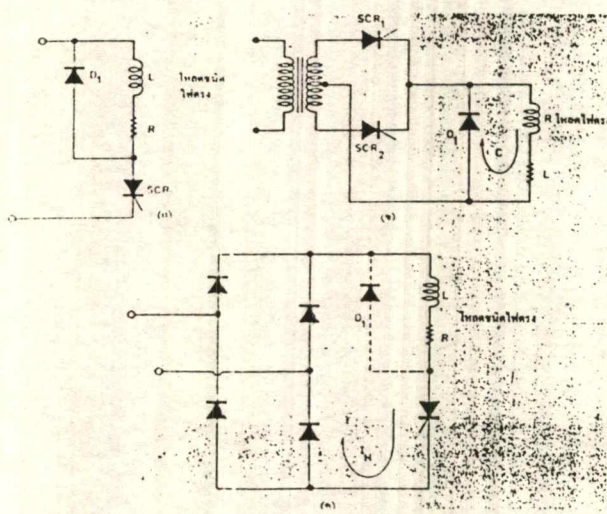
รูปที่ 2.7 ผลของ  $dv/dt$

ค่าแรงดันที่ตกคร่อม SCR จะเปลี่ยนแปลงโดยทันทีทันใดได้ด้วยค่า  $dv/dt$  ที่ค่อนข้างสูง และสืบเนื่องจากอินดักตีฟเป็นตัวเสริมทำให้ค่าแรงดันลักษณะนี้มีค่าค่อนข้างสูง เราจึงหันมาหาวิธีการที่จะลดค่า  $dv/dt$  ลงเพื่อไม่ให้ค่าแรงดันนี้ทำให้ SCR พังได้ หรือไม่เช่นนั้นแรงดันส่วนนี้จะเสมือนเป็นสัญญาณรบกวนที่อาจจะออกไปรบกวนในระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ภายนอกได้

ทางแก้ที่นิยมอย่างง่ายคือ การเติมตัวเก็บประจุและตัวต้านทานนำมาต่ออนุกรมกันแล้วต่อคร่อมขั้วแอนโอดและแคโทดของเอสซีอาร์ดังรูปที่ 2.8 โดยหลักการทั่วไปของตัวเก็บประจุ แรงดันคร่อมตัวเก็บประจุจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ และจะพยายามต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอย่างรวดเร็ว ดังนั้นในกรณีที่ใช้ตัวเก็บประจุต่อคร่อมเอสซีอาร์จะลดผลของ  $dv/dt$  ในเอสซีอาร์ลงไปได้มาก



รูปที่ 2.8 การใช้ตัวเก็บประจุและตัวต้านทานลดผลของ  $dv/dt$  และทรานเซียนท์



รูปที่ 2.9 แสดงการต่อพรีวิลลิงไดโอด

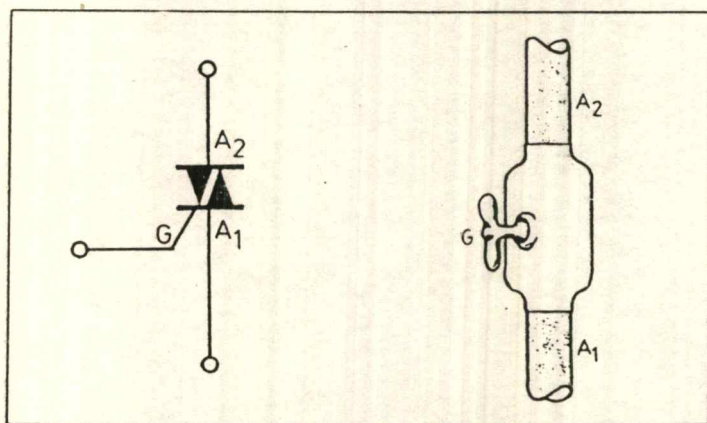
นอกจากการลดค่าผล  $dv/dt$  ในกรณีนี้แล้ว เรายังมีวิธีลดค่ากระแสที่เกิดจากการถ่ายเทพลังงานในตัวเหนี่ยวนำด้วยไดโอด โดยเราต่อไดโอดคร่อมโพลและตัวเหนี่ยวนำ ไดโอดที่เราต่อเพิ่มเรียกว่า ฟรีวีลิ่งไดโอด (free-wheeling diode) ลักษณะของการต่อแสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.11

เมื่อโพลเป็นชนิดอินดักตีฟ กระแสที่ไหลในวงจรเอสซีอาร์ผ่านตัวเหนี่ยวนำ ทำให้เมื่อแรงดันอินพุทลดลงมาถึงศูนย์แล้ว แต่กระแสในวงจรยังไม่ลดลงต่ำกว่ากระแสยึด เอสซีอาร์ก็จะนำกระแสต่อไปในการเติมไดโอด  $D_1$  ในวงจรจะช่วยลดค่ากระแสยึดลงทั้งนี้เพราะเมื่อแรงดันอินพุทลดค่าลงถึงศูนย์กระแสจากอินพุทก็พยายามลดค่าตัวเองเป็นศูนย์จึงเหลือเพียงกระแสที่คายจากตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งจะผ่านทางไดโอด  $D_1$  ทำให้ส่วนของกระแสที่ผ่าน SCR จึงมีค่าต่ำกว่ากระแสยึด (holding current) ได้

## 2.6 การใช้ไทรแอกควบคุมเฟสของแรงดันไฟสลับ เพื่อใช้ในวงจรควบคุมกำลังงาน

ทฤษฎีการทำงาน วงจรหรือไฟแบบใช้ไทรแอกนี้ เป็นแบบวงจรที่ง่ายที่สุดของวงจรที่ใช้สารกึ่งตัวนำก่อนที่จะไปถึงวงจรก็ต้องมาศึกษาการทำงานของไทรแอกและไดแอกเสียก่อน

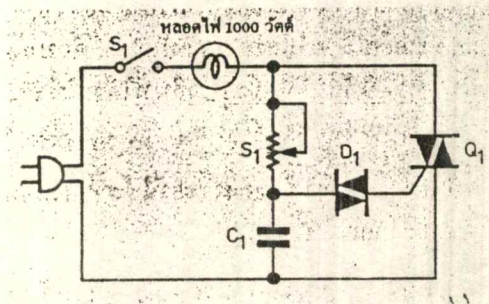
หน้าที่ของไทรแอกเปรียบเทียบแล้วก็เหมือนกับลิ้นปิดเปิดให้กับกระแสไฟฟ้าไปมา สำหรับลิ้นหรือวาล์วปิดเปิดน้ำจะให้น้ำไหลจากด้าน  $A_2$  ไปยัง  $A_1$  เมื่อมีคนมาเปิดลิ้นปิดเปิด  $G$  และจะไม่ให้น้ำไหลเมื่อปิดลิ้น  $G$  ส่วนไทรแอกนั้นจะทำหน้าที่ให้กระแสไหลจาก  $A_2$  ไปยัง  $A_1$  เมื่อแรงดันระหว่างเกต  $G$  และ  $A_1$  มากพอ และเราจะหยุดการทำงานของไทรแอกได้ก็ด้วยการลดกระแสที่ผ่านตัวไทรแอกให้น้อยลงกว่ากระแสโฮลดิ้ง (กระแสยึด holding current)



รูปที่ 2.10 เปรียบเทียบการทำงานของไทรแอกกับวาล์วปิดเปิดน้ำ

อุปกรณ์อีกตัวหนึ่งที่สำคัญ ไคแอกที่ต่ออนุกรมอยู่กับเกทของไทรแอก ถ้าแรงดันคร่อมไคแอกมีค่าน้อยๆ ไคแอกจะทำหน้าที่เหมือนวงจรเปิด เมื่อแรงดันคร่อมสูงพอถึงแรงดันพัง (breakdown voltage) ของตัวมัน ไคแอกจะยอมให้กระแสวิ่งผ่านไปหรือกลับได้

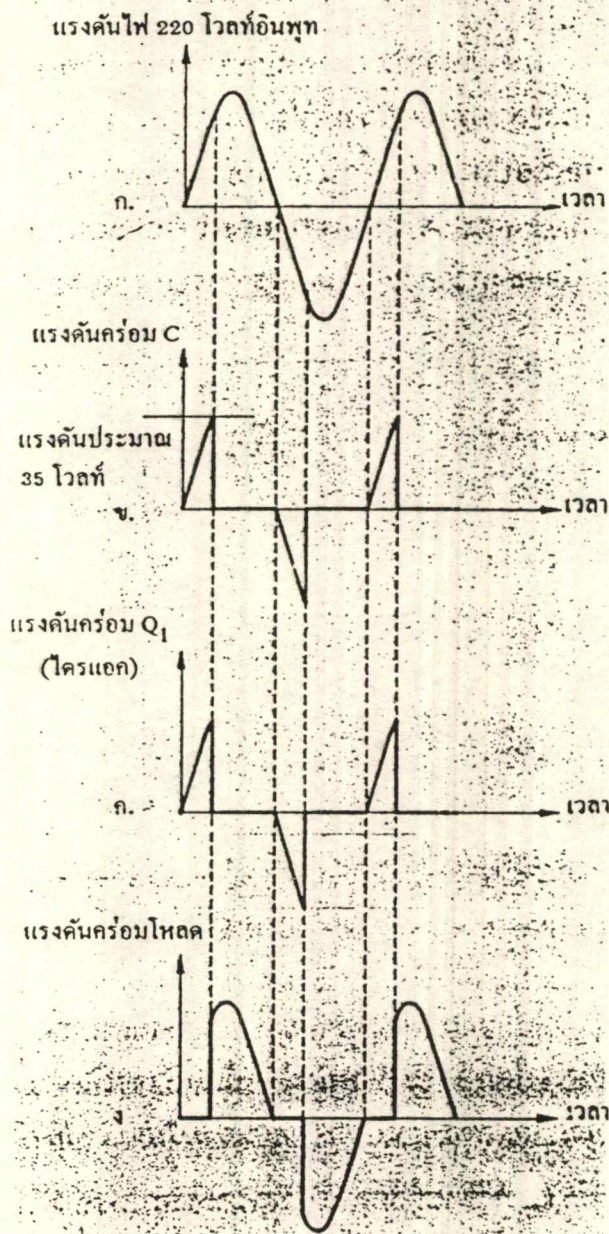
เมื่อพอจะรู้จักการทำงานของอุปกรณ์ตัวสำคัญๆ แล้ว ก็หันมาดูวงจรแบบง่ายที่สุดดังรูปที่ 2.11 R,C จะต่ออนุกรมกัน และมีไคแอกต่อเชื่อมเข้าไทรแอก แรงดันไฟจะเป็นดังรูปที่ 2.12 ก. คือรูปชาน์เซอร์คา แรงดันคร่อม จะเป็นดังรูปที่ 2.12 ข. แรงดันจากปลั๊กไฟจะไหลผ่านหลอดไฟเข้าไปประจุไฟให้กับ  $C_1$  แรงดันของ  $C_1$  นี้จะค่อยๆ สูงขึ้นๆ จะมีค่าประมาณ 35 โวลต์(เท่ากับแรงดันพังทลายของไทรแอก) ไคแอกจะเปลี่ยนสภาพโดยลดค่าความต้านทานภายในตัวของมันลง ทำให้ประจุที่สะสมอยู่ใน  $C_1$  สามารถคายออกผ่าน  $D_1$  เข้าเกทของไทรแอกลงมา  $A_1$  เป็นอันครบวงจร เวลาที่คายประจุนี้เร็วมาก แรงดันคร่อม  $C_1$  จึงลดลงอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2.11 วงจรหรือไฟที่ใช้ไทรแอกแบบง่ายที่สุด

ในขณะที่  $C_1$  คายประจุนี้เอง ไคแอกจะถูกกระตุ้นให้เริ่มทำงาน แรงดันตกคร่อมไคแอกจาก  $A_2$  ถึง  $A_1$  จะตกลงเพราะไคแอกทำหน้าที่เหมือนลัดวงจรให้กระแสไหลผ่านรูปคลื่นที่ตกคร่อมไคแอก จะเป็นดังรูปที่ 2.12 ค. รูปคลื่นที่ควรสนใจมากที่สุดคือ รูปคลื่นคร่อมหลอดไฟหรือหลอดนั่นเองตามรูปที่ 2.12 ง. เป็นรูปคลื่นที่ว่านี้ซึ่งได้จากการเอาแรงดันเข้าลบด้วยแรงดันที่คร่อมไคแอก ตามตัวอย่างนี้สมมติให้ไคแอกถูกจุดชนวนเมื่อคืนๆ ช่วงของรูปคลื่น ถ้าเราต้องการให้ไคแอกทำงานช้าลง เราทำได้โดยการเพิ่ม  $R_1$  เพื่อให้  $C_1$  ถูกประจุถึงแรงดันพังช้าลง ฉะนั้นการปรับค่าความสว่างของหลอดก็ทำได้โดยการปรับ  $R_1$  วงจรแบบนี้ข้อเสียคือ

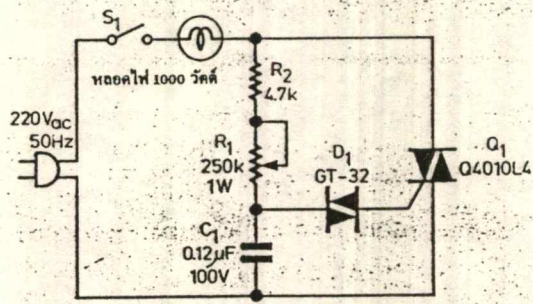
1. ไคแอกทำงานในทันทีทันใด และผ่านกระแสจำนวนมาก ไปยังที่หลอดทันทีทำให้รูปคลื่นที่ได้ไม่เป็นรูปชาน์เซอร์ ซึ่งจะก่อให้เกิดฮาร์มอนิกความถี่สูงๆ หรือกวนวิทยุเอเอ็ม ได้



รูปที่ 2.12 รูปคลื่นที่จุดต่างๆ ของวงจรในรูปที่ 2.13

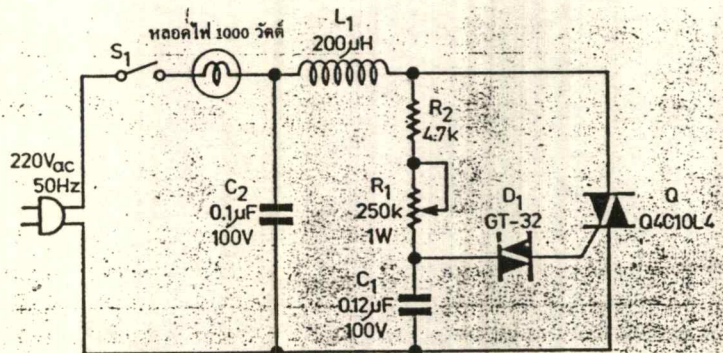
2. เมื่อปรับค่า  $R_1$  ให้มากพอที่จะทำให้หลอดไฟหรือจนวนจะดับ พอไฟเข้ากระแสเพิ่มขึ้นๆ ลงๆ หลอดจะดับไปเลย และไม่สว่างขึ้นมาอีกแม้ไฟจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะเท่าเดิมก็ตาม หรือปรากฏการณ์ที่เราเพิ่มค่า  $R_1$  มากจนหลอดไฟหรือดับไป แต่พอเราเริ่มลดค่า  $R_1$  ลงหลอดจะติดต้องหมุนมาเป็นระยะพอสมควรหลอดจึงจะสว่าง และจะสว่างมากกว่าที่ควรจะเป็นด้วย ผลอันนี้เกิดจาก

ฮิสเทอรีซิส (hysteresis) ฉะนั้นนักคิดจึงตัดแปลงวงจรพื้นฐานนี้ไปดังนี้ คือรูปที่ 2.13 จะต่อเติมค่า  $R_2$  เข้าไปอนุกรมกับ  $R_1$  เพื่อเป็นตัวจำกัดกระแส ค่า  $R_2$  ที่ใส่เข้ามาต้องมีค่าน้อยพอที่จะให้ความสว่างได้สูงสุดในขณะที่ปรับ  $R_1$  มาต่ำสุด



รูปที่ 2.13 วงจรหรีไฟที่เพิ่มค่าความต้านทาน  $R_2$  เข้ามาจำกัดกระแส

รูปที่ 2.14 จะเพิ่มวงจร LC ประกอบด้วยไอ้ด  $L_1$  และคาปาซิเตอร์  $C_2$  ไอ้ด  $L_1$  มีค่าประมาณ 200  $\mu\text{H}$  และต่ออนุกรมกับหลอดไฟ ตัว  $L_1$  นี้มีคุณสมบัติที่จะหน่วงการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าให้ช้าลง เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการกระชากของกระแสในวงจรมากเกินไป ลวดที่ใช้พันเป็นไอ้ด ต้องสามารถทนกระแสที่ไหลผ่านหลอดได้ส่วนตัวเก็บประจุ  $C_2$  จะทำหน้าที่กันไม่ให้ความถี่ของฮาร์โมนิกสูงๆ ออกไปกวนระบบไฟภายนอก



รูปที่ 2.14 วงจรที่เพิ่มชุดป้องกันสัญญาณรบกวนเข้าไป

การติดตั้งไตรแอกต้องยึดหลักไว้ดังนี้ วัสดุที่ยึดไตรแอกต้องสามารถนำความร้อนได้ดีและพอเพียง แม้ขณะที่ไตรแอกทำงานเต็มกำลัง ถ้าเป็นไปได้ตัวไตรแอกและวัสดุสำหรับยึด (มักเป็นแผ่นระบายความร้อน) ควรจะแยกกันทางไฟฟ้า (isolate) การยึดต้องแน่นหนาแข็งแรง

## 2.7 การเลือกใช้งานไตรแอกจะต้องคำนึงถึง

1. แรงดันใช้งาน - แรงดันพังทลายของไตรแอก ต้องมากกว่าแรงดันสูงสุดของไฟที่ป้อนเข้ามาได้
2. กระแสใช้งาน - กระแสที่ไหลผ่านไตรแอกคือแบบ RMS จะต้องสามารถผ่านตัวไตรแอกได้สบายถ้ามีแผ่นระบายความร้อนขนาดพอเพียง
3. กระแสสูงสุดที่ทนได้ - โหลดวงจรหรือไฟส่วนใหญ่จะเป็นโหลดไฟแบบไส้ ซึ่งจะมีความต้านทานต่ำเมื่อหลอดยังไม่สว่าง ฉะนั้นขณะเริ่มเปิดวงจรหรือไฟกระแสที่กระชากในวงจรสั้นๆ นี้จะมีค่ามากและอาจจะทำให้ไตรแอกเสียหายได้ ไตรแอกจะต้องทนกระแสสูงสุดอันนี้ได้

### บทที่ 3

#### การออกแบบและดำเนินการ

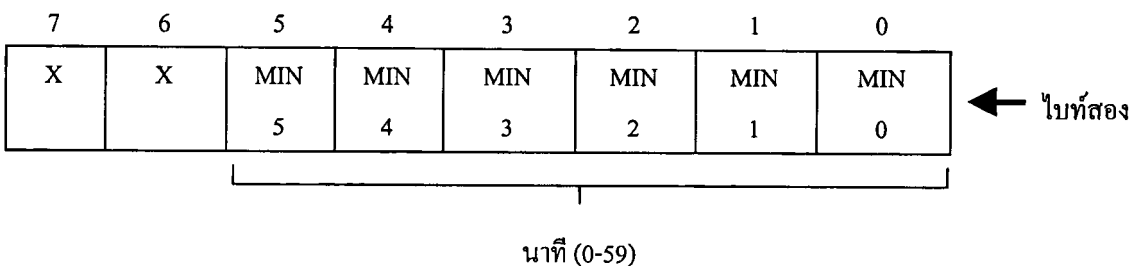
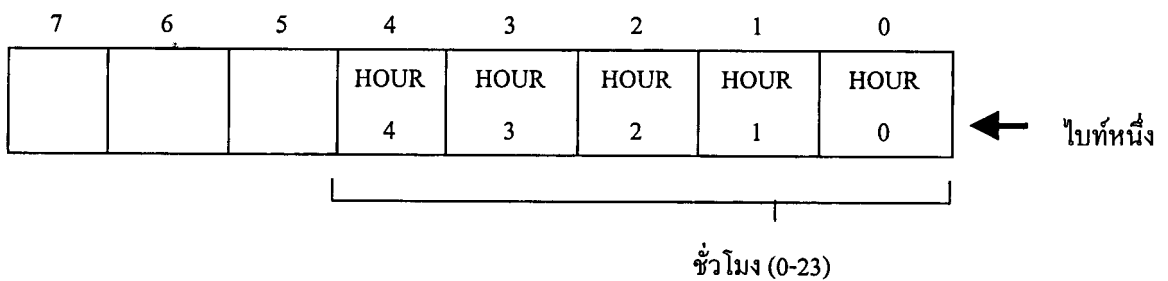
ชุดนาฬิกาโปรแกรมเวลานี้สามารถโปรแกรมการตั้งเวลาปิด-เปิดและควบคุมขนาดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้ 8 ช่อง โดยแต่ละช่องจะโปรแกรมได้อย่างอิสระต่อกัน จะให้ช่องไหนเปิดเวลาไหน ปิดเวลาไหนก็ได้ ถ้าเปิดเครื่องให้ทำงานตลอดเวลา เครื่องก็จะทำงานตามโปรแกรมซ้ำๆ กัน

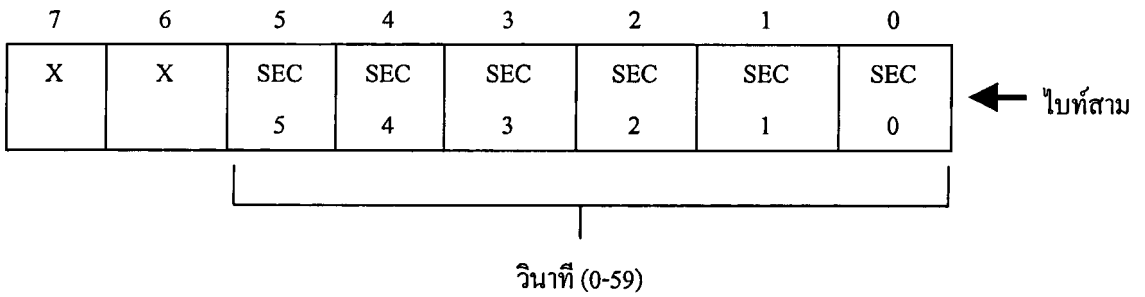
ความสามารถในด้านความจุของโปรแกรมสามารถเก็บโปรแกรมของทั้ง 8 ช่อง ช่องละ 10 โปรแกรม (ปิด 10 โปรแกรม-เปิด 10 โปรแกรม) รวมทั้งหมด 160 โปรแกรม

ในด้านความละเอียดสามารถโปรแกรมได้ละเอียดมากที่สุดเป็น 1 นาที เช่น จะให้เปิด 8:30 น. หรือ ปิด 8:31 น. สามารถต่อแบตเตอรี่สำรอง ในกรณีที่ไฟฟ้าดับจะสำรองให้นาฬิกาเดินต่อไปได้และโปรแกรมไม่สูญหาย

#### 3.1 หลักการออกแบบ

หลักการทำงานนั้น จะทำการเก็บเวลาของนาฬิกา คือ เก็บชั่วโมง นาที ในหน่วยความจำ ที่ได้ตั้งเวลาไว้ก่อน ซึ่งมีรูปแบบการเก็บเวลา ดังรูปที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดดังนี้





รูปที่ 3.1 รูปแบบการเก็บเวลาของนาฬิกาในรีจิสเตอร์

ไบท์ที่ 1

1. ชั่วโมง 24 ชั่วโมง ใช้ 5 บิต คือ HOUR 0 - HOUR 4

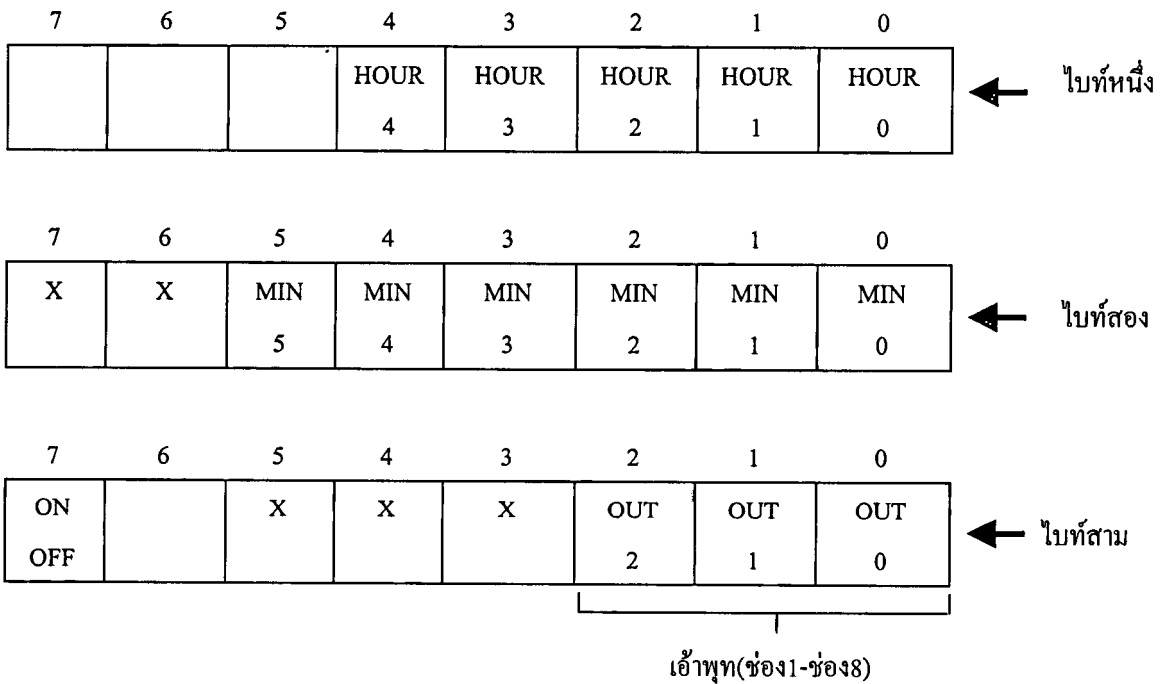
ไบท์ที่ 2

1. นาที 60 นาที ใช้ 6 บิต คือ MIN 0 - MIN 5

ไบท์ที่ 3

1. จะเก็บส่วนวินาที บิต 0 ถึงบิต 5 รวม 6 บิต คือ SEC0-SEC5

ส่วนหลักการของการเก็บเวลาในการโปรแกรม จะสามารถกระทำได้ดังในรูปที่ 3.2 โดยมีหลักการดังนี้



รูปที่ 3.2 รูปแบบการเก็บโปรแกรมเวลาปิด-เปิดเข้าพุท

**ไบท์ที่ 1**

1. ชั่วโมง 24 ชั่วโมง ใช้ 5 บิต คือ HOUR 0 - HOUR 4

**ไบท์ที่ 2**

1. นาที 60 นาที ใช้ 6 บิต คือ MIN 0 – MIN 5

**ไบท์ที่ 3**

1. จะเก็บสถานะของการปิด-เปิดเอาท์พุท คือ OUT0 – OUT2 โดยมีบิตที่ 7 จะแสดงการปิด-เปิดของเอาท์พุทแต่ละช่อง

หลักการในการโปรแกรมเวลาปิด-เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น จะใช้ RAM 3 ไบท์เก็บข้อมูลของการโปรแกรม 1 โปรแกรมดังรูปที่ 3.2 คือ ไบท์ที่ 1 และ 2 ทำการเก็บเวลาเหมือนรูปที่ 3.1 เพื่อนำไปเปรียบเทียบเวลาของนาฬิกาว่าตรงกันหรือไม่ ส่วนไบท์ที่ 3 จะเก็บสถานะของเอาท์พุท โดยบิต OUT0-OUT2 จะแสดงเอาท์พุทว่าเป็นช่องไหน และบิตที่ 7 คือ บิต ON/OFF จะแสดงว่าเอาท์พุทช่องนั้นปิดหรือเปิด

**3.2 การออกแบบการทำงานของซอฟต์แวร์**

ในการออกแบบการจัดแบ่งหน่วยความจำและรูปแบบการเก็บค่าต่าง ๆ จะเป็นไปตามรูปที่ 3.1 , 3.2 และ 3.3 ส่วนรูปที่ 3.4 ถึง 3.6 จะเป็นการออกแบบในส่วนของซอฟต์แวร์ทั้งหมดที่ใช้ควบคุมวงจรส่วนฮาร์ดแวร์ โดยจะมีลักษณะการทำงานของโหมดต่าง ๆ ดังนี้

**MODE SET TIME**

เป็นโหมดที่ใช้ตั้งเวลานาฬิกาใหม่ในกรณีที่ไฟดับหรือเริ่มเปิดเครื่อง หรือเมื่อนาฬิกาเดินผิดพลาดไป เมื่อดูจากแผนผังในรูปที่ 3.6 จะเห็นว่าเมื่อเริ่มเปิดเครื่องใหม่ จะทำงานในโหมดนี้ทันที โดยให้ตั้งเวลานาฬิกา ก่อน หลักการของโหมดนี้จะรับเอาข้อมูลจากคีย์บอร์ดซึ่งได้กดชั่วโมง นาที และวินาที มาทำการถอดรหัส แล้วไหลลงไปในรีจิสเตอร์ที่เก็บเวลา

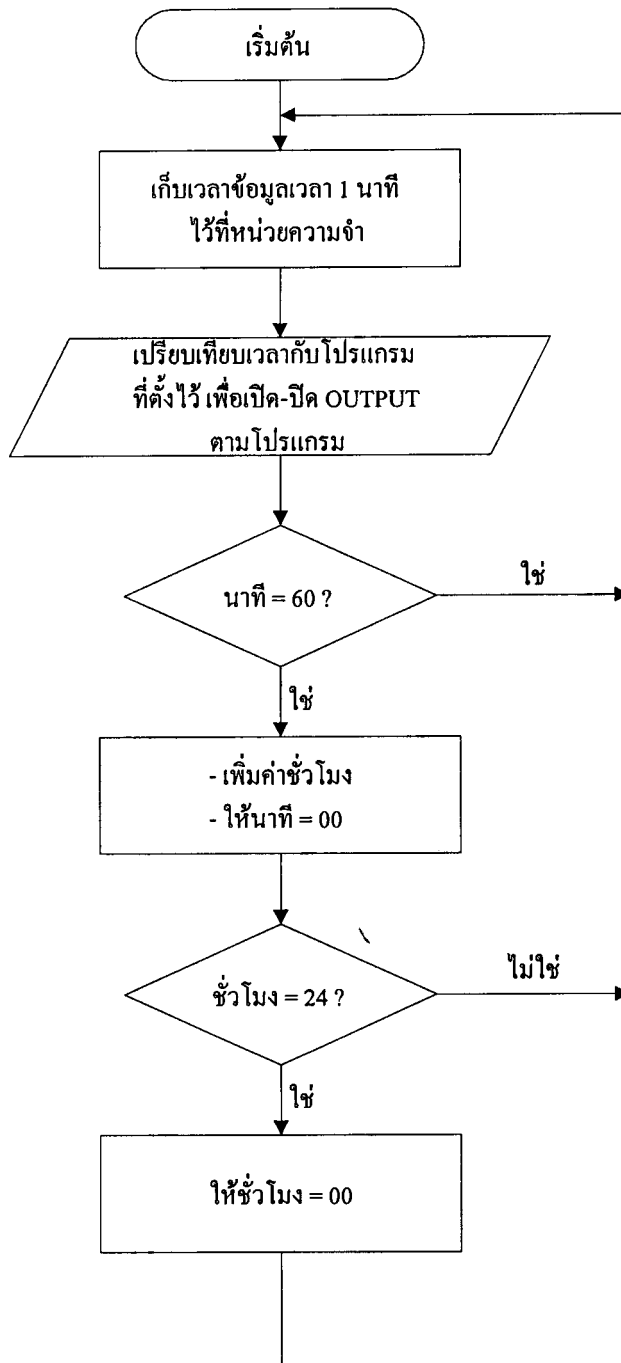
**MODE PROGRAM**

เป็นโหมดซึ่งทำหน้าที่ทำการ โปรแกรมปิด-เปิดเอาท์พุทตามต้องการและยังทำหน้าที่ลบโปรแกรมที่ไม่ต้องการอีกด้วย ในกรณีที่โปรแกรมผิดหรือต้องการแก้ไขโปรแกรม รวมทั้งทำหน้าที่ลบโปรแกรมทั้งหมด

XX	MIN 5 - MIN 0		โปรแกรม ที่ 1
		HOUR4 - HOUR0	
ON OFF	XX	OUT2 - OUT0	โปรแกรม ที่ 2
เก็บโปรแกรมที่ตั้งไว้ ( เวลา และเข้าที่พืท ) โปรแกรมละ 3 ไบท์ รวม 160 โปรแกรม			
			โปรแกรม ที่ 160
เก็บค่าสแตกสำหรับโปรแกรมย่อย			
ว่าง			
แสดงสถานะของเข้าพืท 8 ช่อง(ON/OFF)			display RAM ส่งออกไป แสดงผล
แสดงหลักหน่วยของวินาที			
แสดงหลักสิบของวินาที			
แสดงหลักหน่วยของนาฬิกา			
แสดงหลักสิบของนาฬิกา			
แสดงหลักหน่วยของชั่วโมง			
แสดงหลักสิบของชั่วโมง			

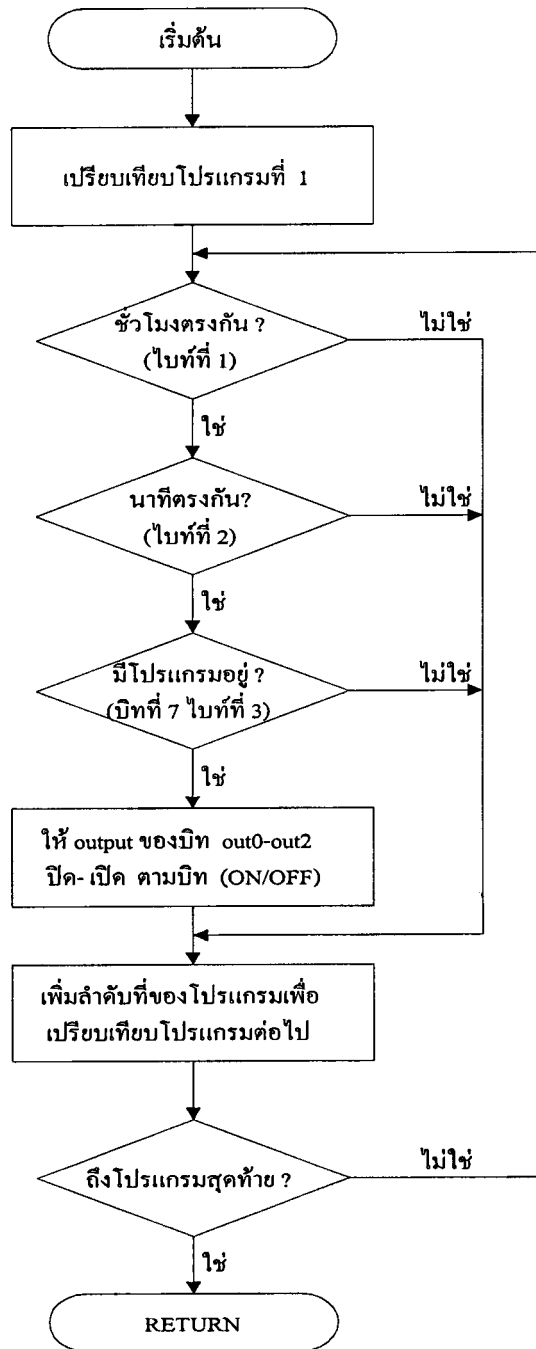
รูปที่ 3.3 แสดงการออกแบบหน่วยความจำ

## Main Program

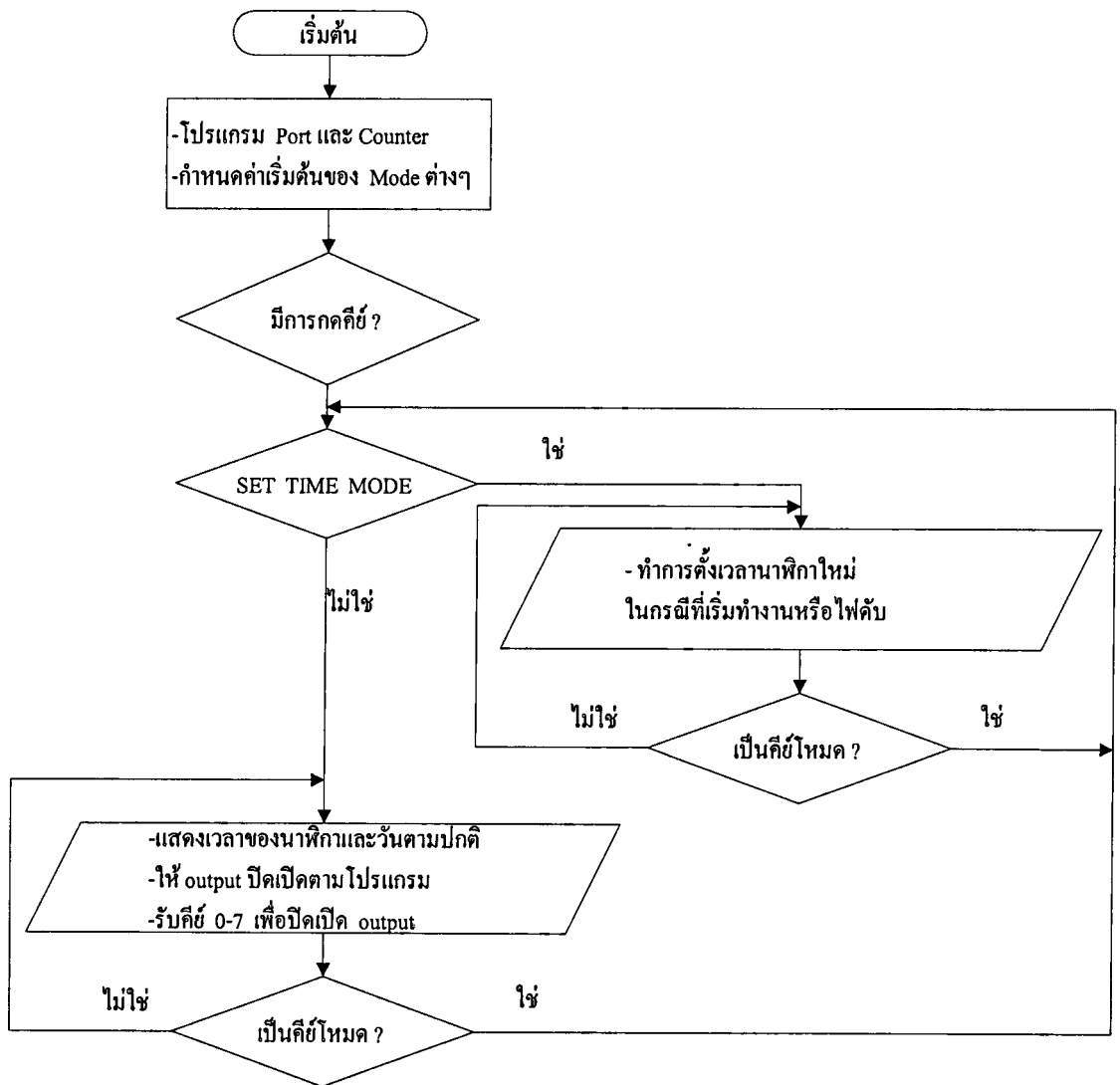


รูปที่ 3.4 แสดงการออกแบบโปรแกรมหลัก

### โปรแกรมย่อยเปรียบเทียบเวลากับ Program

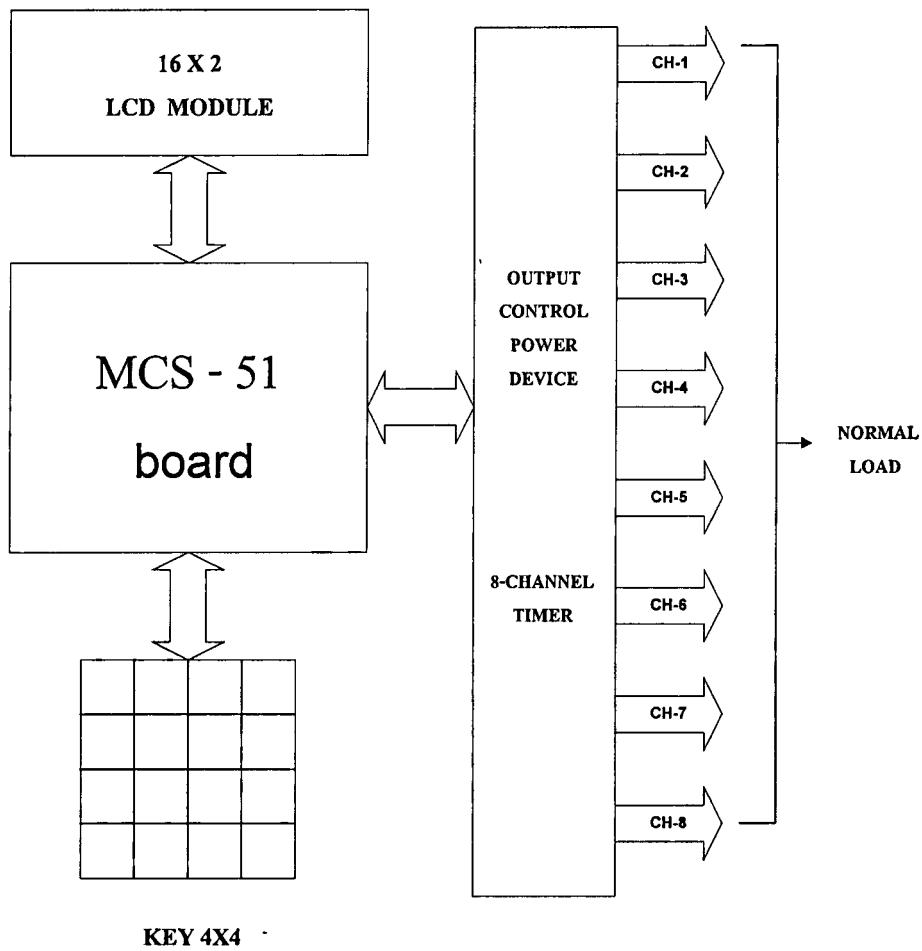


รูปที่ 3.5 แสดงการออกแบบโปรแกรมเปรียบเทียบ

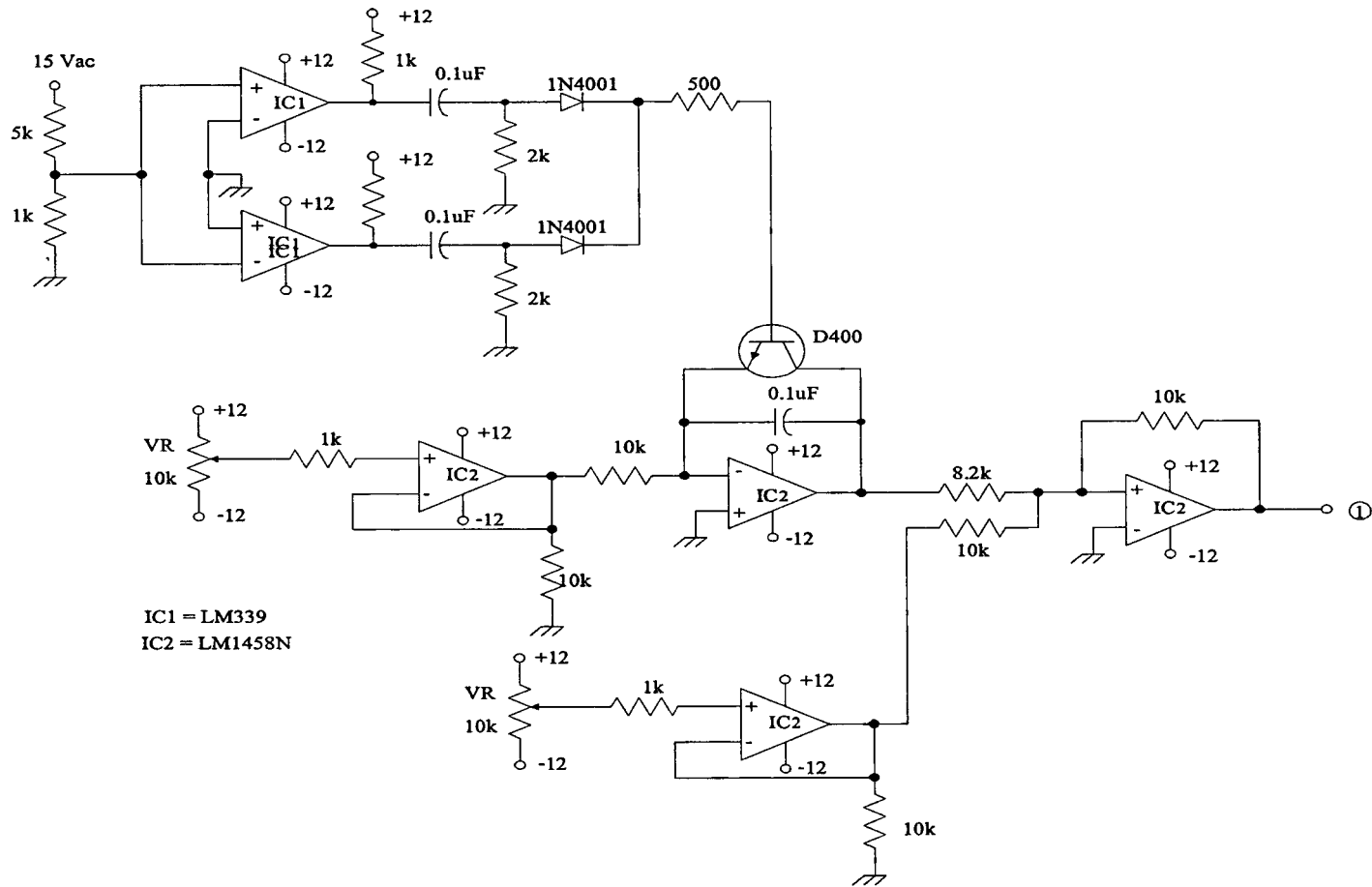


รูปที่ 3.6 แสดงการออกแบบการทำงานของโหมดต่าง ๆ

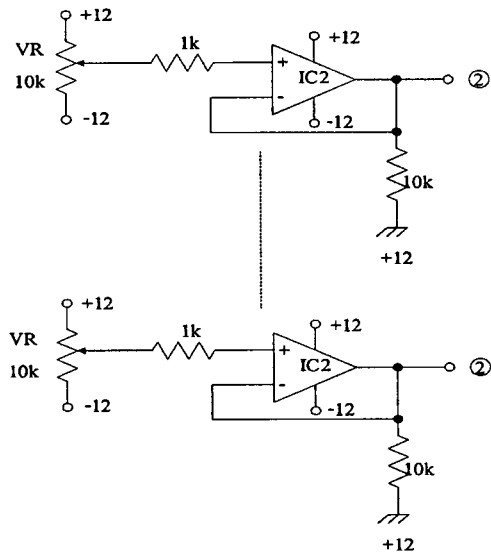
### 3.3 การออกแบบวงจรฮาร์ดแวร์



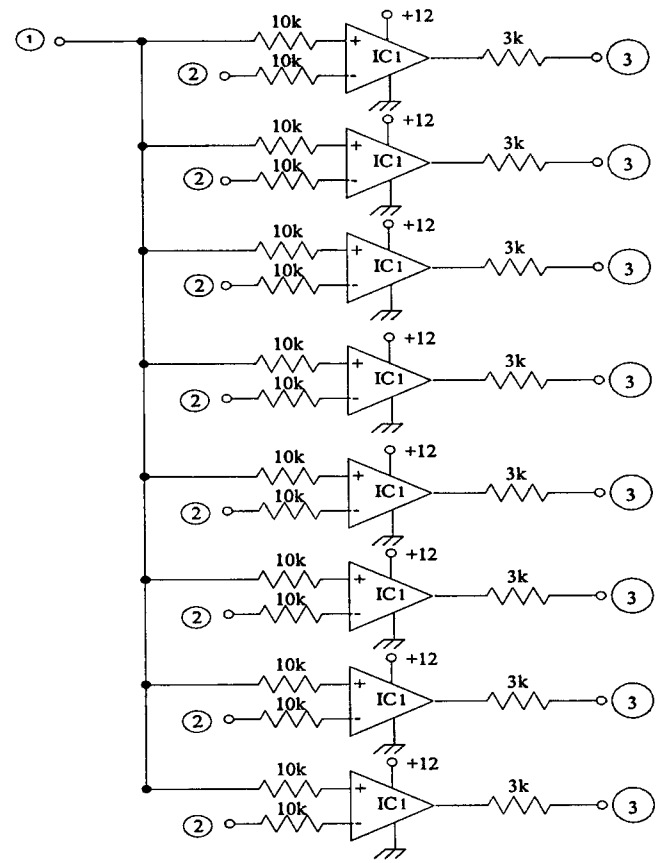
รูปที่ 3.7 BLOCK DIAGRAM 8 CHANNELS PROGRAMABLE LIGHT CONTROL



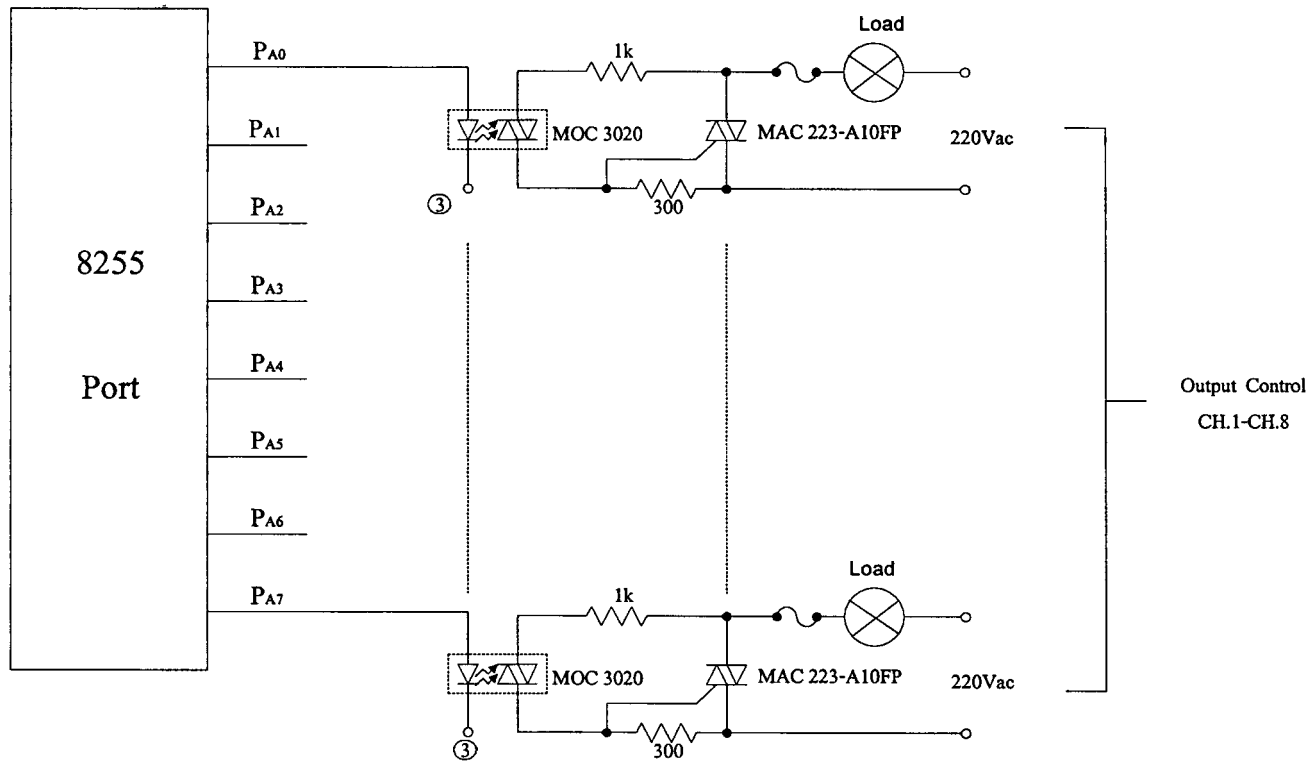
รูปที่ 3.8 วงจรสร้างสัญญาณ Ramp



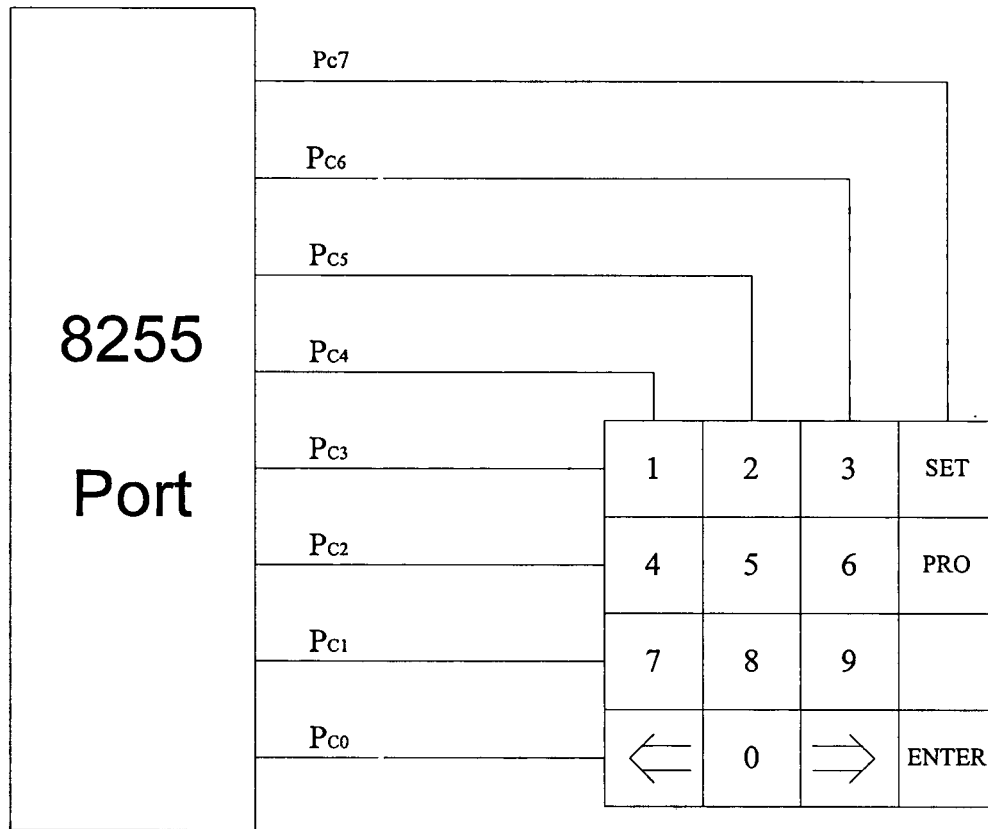
input  
1-8



รูปที่ 3.9 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ Ramp กับ สัญญาณอ้างอิง



รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมโหลดไฟฟ้ากระแสสลับกับ 8255 พอร์ต



รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่อคีย์กับ 8255 พอร์ต

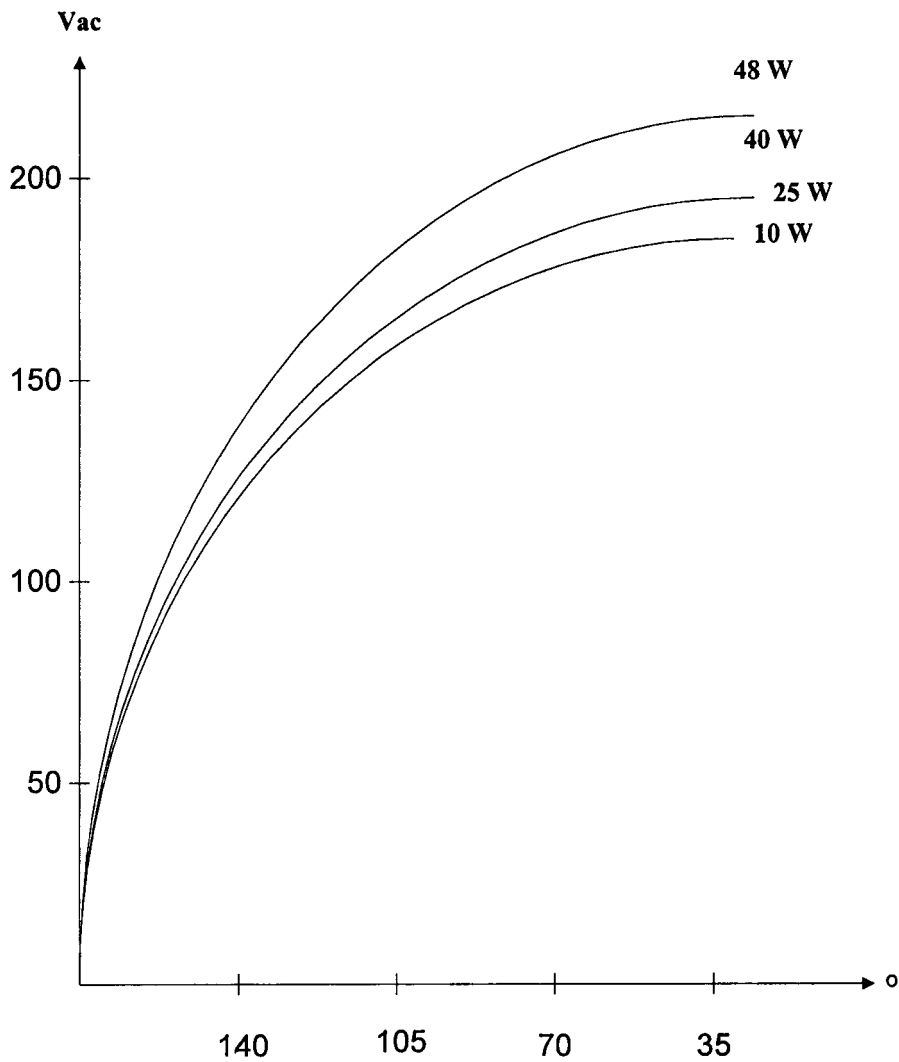
### 3.3.1 หลักการทำงาน

จากรูปที่ 3.8 เป็นวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณเปรียบเทียบ (Ramp) เพื่อใช้เป็นสัญญาณเปรียบเทียบ โดยจะนำสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ 15 โวลต์ มาสร้างสัญญาณทริก เพื่อนำไปทริกทรานซิสเตอร์เบอร์ D400 โดยสัญญาณทริกนี้จะมีค่าความถี่เท่ากับ 100 เฮิรท์ (2 เท่าของสัญญาณไฟบ้าน 50 เฮิรท์) ดังรูปที่ 3.13 สัญญาณรูปบนจะเป็นสัญญาณเปรียบเทียบ (Ramp) ที่สามารถใช้ออสซิลอสโคป วัดได้ที่จุดต่อ [1] ซึ่งมีความถี่เท่ากับ 100 เฮิรท์ และสัญญาณรูปล่างจะเป็นสัญญาณที่ใช้ ทรานซิสเตอร์ D400 ส่วนสัญญาณจากจุดต่อ [1] จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงดังรูปที่ 3.9 โดยมี IC1 (LM339) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบ ส่วนสัญญาณอ้างอิงที่ได้จากจุดต่อ [2] ซึ่งเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถปรับค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 12 โวลต์ โดยปรับที่ VR 10K ดังรูปที่ 3.14 จะเป็นลักษณะของสัญญาณเปรียบเทียบ (Ramp) ที่เปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิง ที่ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงค่าต่างๆ ซึ่งจะให้สัญญาณเอาต์พุตที่จุด [3] ไปขับออปโตคัปเปลอร์ดังรูปที่ 3.10 โดยมีลักษณะของสัญญาณดังรูปที่ 3.15 และใช้ไมโครคอนโทรเลอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานทางซอฟต์แวร์ทั้งหมด พร้อมทั้งทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ออปโตคัปเปลอร์ ซึ่งการควบคุมนี้จะขึ้นอยู่กับการโปรแกรมในส่วนของซอฟต์แวร์ว่าจะให้ปิด-เปิดที่ช่องไหน เวลาไหน ส่วนการต่อคีย์ 4x4 จะแสดงดังรูปที่ 3.11

### 3.4 ผลการทดลอง

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการทดลองที่ภาระค่าต่าง ๆ

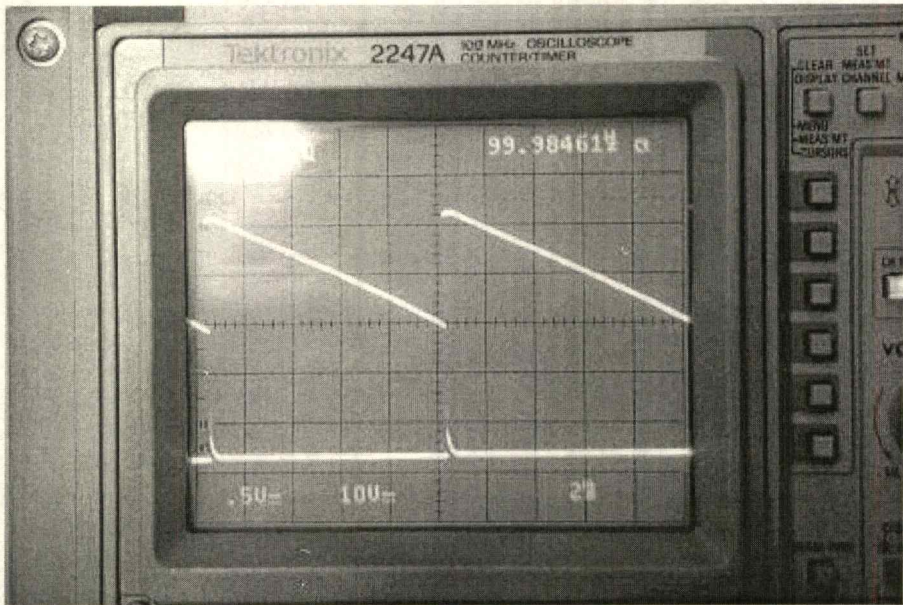
ประเภทของภาระ	กำลังไฟฟ้าของภาระ (วัตต์)	มุมทริก (องศา)	แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่ตกคร่อมภาระ (โวลต์)
ความต้านทาน	7	35	185
		70	127
		105	55
		140	7
ความต้านทาน	25	35	197.8
		70	124.6
		105	55
		140	2.6
ความต้านทาน	40	35	214
		70	182
		105	116
		140	86
ความต้านทาน	48	35	219
		70	201
		105	177
		140	12.5



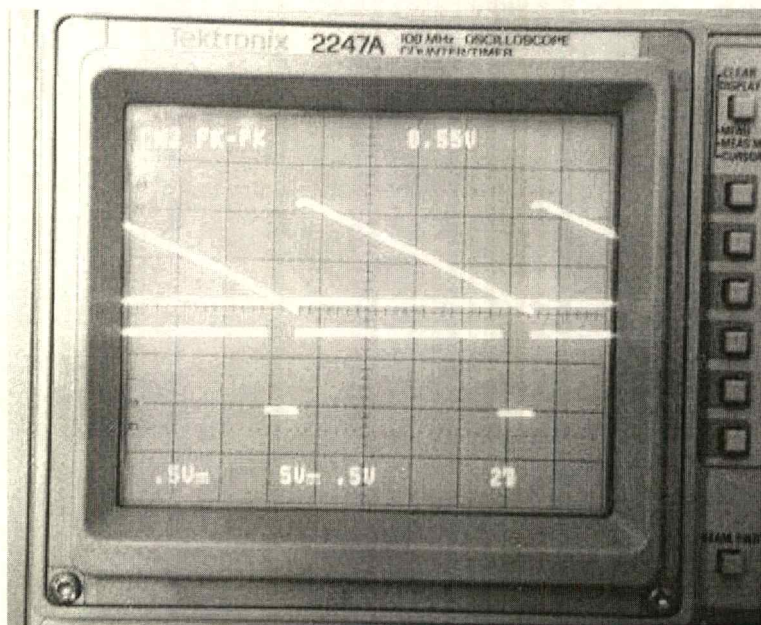
รูปที่ 3.12 แสดงกราฟผลการทดลองดังตารางที่ 3.1

จากกราฟรูปที่ 3.12 จะเห็นได้ว่าเมื่อภาระมีกำลังสูงขึ้นค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ตกคร่อมภาระนั้นจะมีค่าสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ไม่ว่าเราจะทำการทริกให้ไทรแอดทำงานที่มุมไหนก็ตาม

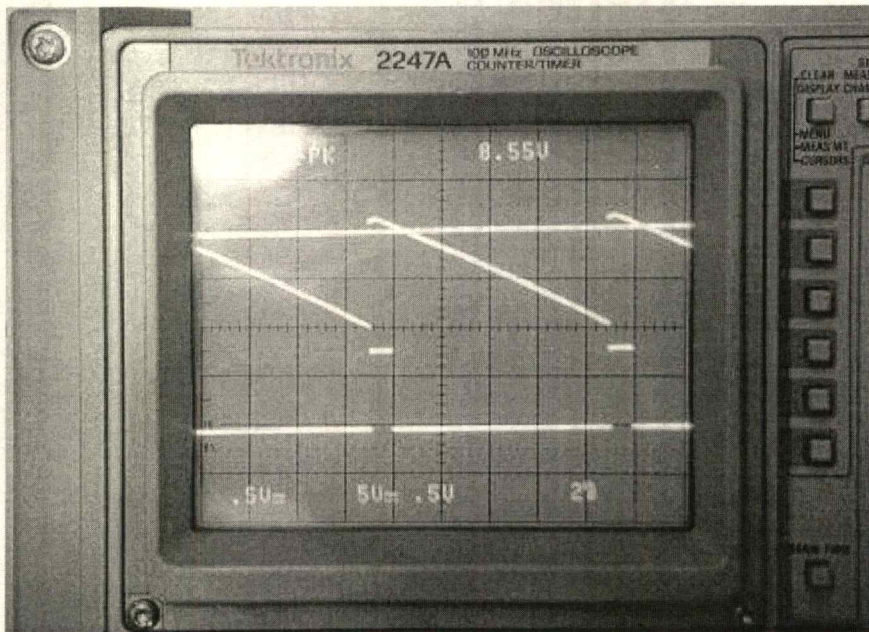
### 3.5 ลักษณะของสัญญาณที่ตำแหน่งต่าง ๆ



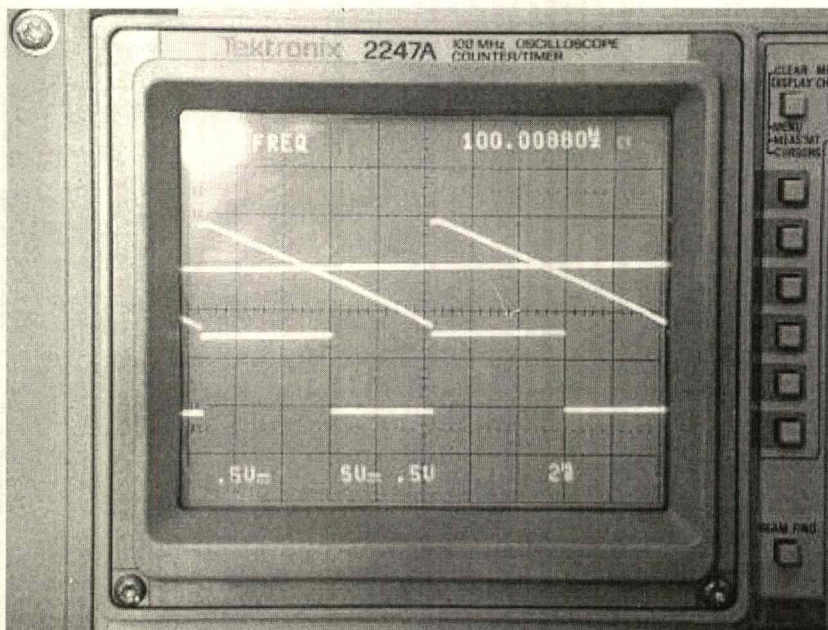
รูปที่ 3.13 ลักษณะของสัญญาณ Ramp



(ก)



( ข )



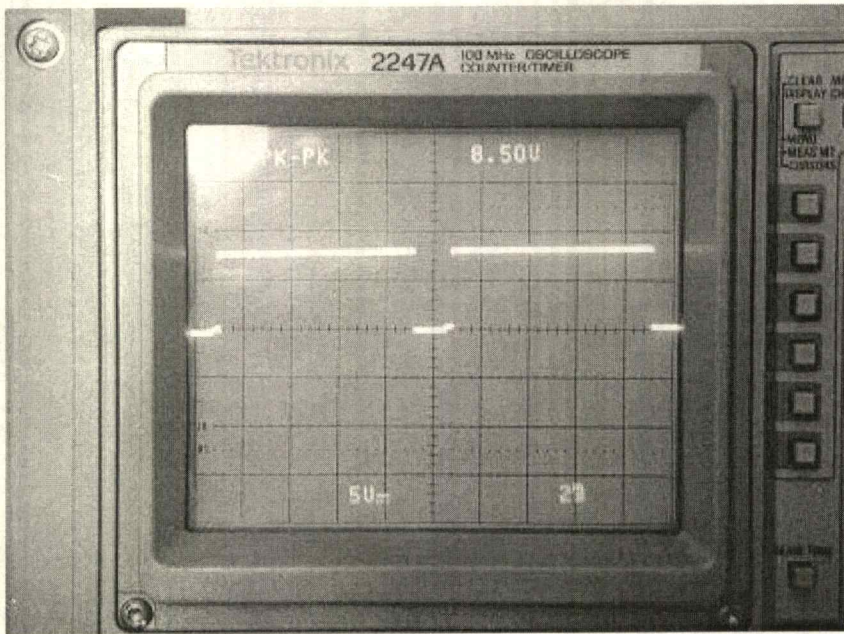
( ค )

รูปที่ 3.11 ลักษณะของสัญญาณที่ใช้ทรานซิสเตอร์ที่มุมค่าต่าง ๆ

(ก) มุม 160 องศา

(ข) มุม 18 องศา

(ค) มุม 108 องศา



รูปที่ 3.15 ลักษณะของสัญญาณพัลส์เอาต์พุต

## บทที่ 4

### สรุปและวิจารณ์

เครื่องควบคุมไฟ 8 ช่องที่โปรแกรมได้นี้ เป็นโครงการที่สร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยสามารถที่จะตั้งเวลาและ ปรับขนาดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งเอาไว้ โดยจากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อภาระมีกำลังสูงขึ้นขนาดของแรงดันที่ตกคร่อมภาระจะเปลี่ยนแปลงไปตามและปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ความเสียหายที่เกิดแก่อุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้ากำลัง เนื่องจากการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้ากำลัง เพราะว่าขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมีค่าสูงจึงควรมีคร่อมกระวังในการเชื่อมต่อ โดยค่าอัตราการทนกระแสและแรงดันของเอาต์พุตแต่ละช่องจะมีค่าอัตราของกระแสเท่ากับ 20 แอมป์ และอัตราทนแรงดัน 600 โวลต์ (คิดที่สเปคของไทรแอกเบอร์ MAC223-A10FP)

#### ประโยชน์

1. สามารถนำไปต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน
2. สามารถนำไปใช้ในโรงงาน ที่ต้องการควบคุมไฟฟ้าหลาย ๆ ช่อง เช่น ควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับในโรงงาน โดยถ้าต้องการควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับที่มีกำลังสูงขอแนะนำให้เปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ควบคุมกำลัง คือ ออปโตคัปเปิลอร์ และ ไทรแอก ที่มีอัตราการทนกำลังสูง เช่น ไทรแอก เบอร์ Q6040C มีค่าทนแรงดันย้อนกลับ 600 โวลต์ และกระแสสูงสุดที่ไหลผ่าน 40 แอมป์

**ภาคผนวก ก.**

CPU"8051.TBL"

HOF"INT8"

ORG`8100H

LCDWRC: EQU 0FA00H

LCDRDC: EQU 0FA01H

LCDWRD: EQU 0FA02H

LCDRDD: EQU 0FA03H

ACC.7: EQU 0E7H

PB: EQU 0F801H

PC: EQU 0F802H

PCL: EQU 0F803H

RTCDAT: EQU 94H ;DS1202 RTC

RTCCLK: EQU 95H

RTCST: EQU 96H

PORTA: EQU 0FC00H ; input data gpib

PORTB: EQU 0FC01H ; not uses

PORTC: EQU 0FC02H ; up-> input, low->output

PORTCL: EQU 0FC03H

R0: EQU 00H

R1: EQU 01H

R2: EQU 02H

R5: EQU 05H

R6: EQU 06H

R7: EQU 07H

DPH: EQU 83H

DPL: EQU 82H

SP: EQU 81H

ACC: EQU 0E0H

ST\_CH1: EQU 08H

ST\_CH2: EQU 09H

ST\_CH3: EQU 0AH

ST\_CH4: EQU 0BH  
ST\_CH5: EQU 0CH  
ST\_CH6: EQU 0DH  
ST\_CH7: EQU 0EH  
ST\_CH8: EQU 0FH  
LCDBUF: EQU 5EH  
TIMBUF: EQU 22H  
SYSSTK: EQU 29H  
DATA\_TIME: EQU 15H  
COUNT\_TIME: EQU 14H  
CHANNEL: EQU 13H  
CH1\_CHECK: EQU 9000H  
CH2\_CHECK: EQU 9010H  
CH3\_CHECK: EQU 9020H  
CH4\_CHECK: EQU 9030H  
CH5\_CHECK: EQU 9040H  
CH6\_CHECK: EQU 9050H  
CH7\_CHECK: EQU 9060H  
CH8\_CHECK: EQU 9070H  
TIME\_CH1: EQU 90FBH  
TIME1\_CH1: EQU 9100H  
TIME\_CH2: EQU 91FBH  
TIME1\_CH2: EQU 9200H  
TIME\_CH3: EQU 92FBH  
TIME1\_CH3: EQU 9300H  
TIME\_CH4: EQU 93FBH  
TIME1\_CH4: EQU 9400H  
TIME\_CH5: EQU 94FBH  
TIME1\_CH5: EQU 9500H  
TIME\_CH6: EQU 95FBH  
TIME1\_CH6: EQU 9600H  
TIME\_CH7: EQU 96FBH  
TIME1\_CH7: EQU 9700H  
TIME\_CH8: EQU 97FBH

```
MOV DPTR,#TIME1_CH1
LCALL CLEAR_CH
MOV DPTR,#TIME1_CH2
LCALL CLEAR_CH
MOV DPTR,#TIME1_CH3
LCALL CLEAR_CH
MOV DPTR,#TIME1_CH4
LCALL CLEAR_CH
MOV DPTR,#TIME1_CH5
LCALL CLEAR_CH
MOV DPTR,#TIME1_CH6
LCALL CLEAR_CH
MOV DPTR,#TIME1_CH7
LCALL CLEAR_CH
MOV DPTR,#TIME1_CH8
LCALL CLEAR_CH
```

```
MOV COUNT_TIME,#30H
MOV CHANNEL,#00
MOV R7,#07H
MOV R0,#08H
MOV A,#00H
```

```
CLR1: MOV @R0,A ; CLEAR STATUS CHANNEL
```

```
INC R0
```

```
DJNZ R7,CLR1
```

```
MAIN: LCALL LCDSET
```

```
MOV DPTR,#DATA_LCD1
```

```
LCALL LCDLD1
```

```
MOV DPTR,#DATA1_LCD1
```

```
LCALL LCDLD2
```

```
LCALL LCDOUT
```

```
MOV R2,#15H
```

```
LCALL DTSEC
```

```
MOV DPTR,#DATA_LCD2
```

```
LCALL LCDLD1
MOV DPTR,#DATA1_LCD2
LCALL LCDLD2
LCALL LCDOUT
MOV R2,#15
LCALL DTSEC
```

```
; ***** ST5 *****
; TEST DS1202,DS1620
```

```
ST5:  MOV DPTR,#DATA_LCD2
      LCALL LCDLD1
      LCALL LCDOUT
ST54: LCALL TIMERD      ;READ TIME
      MOV  A,TIMBUF    ;DISPLAY DDMMYY
      LCALL HTOA

      MOV  A,TIMBUF+3  ;DISPLAY HHMMSS
      LCALL HTOA
      MOV  LCDBUF+20,R2
      MOV  LCDBUF+21,R3
      MOV  LCDBUF+22,#3AH
      MOV  A,TIMBUF+4
      LCALL HTOA
      MOV  LCDBUF+23,R2
      MOV  LCDBUF+24,R3
      MOV  LCDBUF+25,#3AH
      MOV  A,TIMBUF+5
      LCALL HTOA
      MOV  LCDBUF+26,R2
      MOV  LCDBUF+27,R3
      MOV  LCDBUF+28,#20H
      MOV  LCDBUF+29,#20H
      MOV  LCDBUF+30,#20H
```

```
MOV LCDBUF+31,#20H
MOV LCDBUF+32,#20H
```

```
LCALL LCDOUT
```

```
LCALL CLEAR
MOV CHANNEL,#00
```

```
LCALL SCAN_KEY
CJNE R2,#0DH,CH1 ; CHECK KEY SET TIME
```

```
CK1: MOV DPTR,#DATA_LCD11
LCALL LCDLD1
MOV DPTR,#DATA1_LCD2
LCALL LCDLD2
MOV LCDBUF,#20H
MOV LCDBUF+3,#20H
MOV LCDBUF+23,#3AH
LCALL LCDOUT
MOV DPTR,#DATA_LCD11
LCALL SET_TIME ;WAIT KEY PRESS
MOV DPTR,#DATA_LCD2
LCALL LCDLD1
MOV DPTR,#DATA1_LCD2
LCALL LCDLD2
LCALL LCDOUT
MOV TIMBUF+5,#00H
LCALL TIMEWR
LJMP ST54
```

```
CH1: CJNE R2,#31H,CH2
MOV DPTR,#DATA_LCD3
LCALL LCDLD1
LCALL LCDOUT
MOV R2,#05H
```

```

LCALL DTSEC
MOV CHANNEL,#01H
MOV COUNT_TIME,#31H
MOV DPTR,#TIME1_CH1
LCALL LOAD1_TIME
MOV DPTR,#DATA_LCD3
LCALL SET_TIME1
;MOV A,#01H
;CJNE A,12H,CH1_1
;MOV DPTR,#TIME_CH1
;LCALL LOAD_TIME
CH1_1: LCALL DIS1
      LJMP ST54

```

```

LOAD_TIME:MOV R7,#04H
          MOV R0,#DATA_TIME
LOAD1: MOV A,@R0
        MOVX @DPTR,A
        INC R0
        INC DPTR
        DJNZ R7,LOAD1
        RET

```

```

CH2: CJNE R2,#32H,CH3
      MOV DPTR,#DATA_LCD4
      LCALL LCDLD1
      LCALL LCDOUT
      MOV R2,#05H
      LCALL DTSEC
      MOV CHANNEL,#02H
      MOV COUNT_TIME,#31H
      MOV DPTR,#TIME1_CH2
      LCALL LOAD1_TIME
      MOV DPTR,#DATA_LCD4

```

```
LCALL SET_TIME1
;MOV A,#01H
;CJNE A,12H,CH2_1
;MOV DPTR,#TIME_CH2
;LCALL LOAD_TIME
```

```
C 12_1: LCALL DIS1
LJMP ST54
```

```
LOAD1_TIME: MOV 11H,DPH
MOV 10H,DPL
RET
```

```
CH3: CJNE R2,#33H,CH4
MOV DPTR,#DATA_LCD5
LCALL LCDLD1
LCALL LCDOUT
MOV R2,#05H
LCALL DTSEC
MOV CHANNEL,#03H
MOV COUNT_TIME,#31H
MOV DPTR,#TIME1_CH3
LCALL LOAD1_TIME
MOV DPTR,#DATA_LCD5
LCALL SET_TIME1
;MOV A,#01H
;CJNE A,12H,CH3_1
;MOV DPTR,#TIME_CH3
;LCALL LOAD_TIME
```

```
CH3_1: LCALL DIS1
LJMP ST54
```

```
CH4: CJNE R2,#34H,CH5
MOV DPTR,#DATA_LCD6
LCALL LCDLD1
```

```
LCALL LCDOUT
MOV R2,#05H
LCALL DTSEC
MOV CHANNEL,#04H
MOV COUNT_TIME,#31H
MOV DPTR,#TIME1_CH4
LCALL LOAD1_TIME
MOV DPTR,#DATA_LCD6
LCALL SET_TIME1
;MOV A,#01H
;CJNE A,12H,CH4_1
;MOV DPTR,#TIME_CH4
;LCALL LOAD_TIME
CH4_1: LCALL DIS1
      LJMP ST54
```

```
CH5:  CJNE R2,#35H,CH6
      MOV DPTR,#DATA_LCD7
      LCALL LCDLD1
      LCALL LCDOUT
      MOV R2,#05H
      LCALL DTSEC
      MOV CHANNEL,#05H
      MOV COUNT_TIME,#31H
      MOV DPTR,#TIME1_CH5
      LCALL LOAD1_TIME
      MOV DPTR,#DATA_LCD7
      LCALL SET_TIME1
      ;MOV A,#01H
      ;CJNE A,12H,CH5_1
      ;MOV DPTR,#TIME_CH5
      ;LCALL LOAD_TIME
CH5_1: LCALL DIS1
      LJMP ST54
```

```
CH6:  CJNE R2,#36H,CH7
      MOV DPTR,#DATA_LCD8
      LCALL LCDLD1
      LCALL LCDOUT
      MOV R2,#05H
      LCALL DTSEC
      MOV CHANNEL,#06H
      MOV COUNT_TIME,#31H
      MOV DPTR,#TIME1_CH6
      LCALL LOAD1_TIME
      MOV DPTR,#DATA_LCD8
      LCALL SET_TIME1
      ;MOV A,#01H
      ;CJNE A,12H,CH6_1
      ;MOV DPTR,#TIME_CH6
      ;LCALL LOAD_TIME
```

```
CH6_1: LCALL DIS1
      LJMP ST54
```

```
CH7:  CJNE R2,#37H,CH8
      MOV DPTR,#DATA_LCD9
      LCALL LCDLD1
      LCALL LCDOUT
      MOV R2,#05H
      LCALL DTSEC
      MOV CHANNEL,#07H
      MOV COUNT_TIME,#31H
      MOV DPTR,#TIME1_CH7
      LCALL LOAD1_TIME
      MOV DPTR,#DATA_LCD9
      LCALL SET_TIME1
      ;MOV A,#01H
      ;CJNE A,12H,CH7_1
```

```

;MOV DPTR,#TIME_CH7
;LCALL LOAD_TIME
CH7_1: LCALL DIS1
      LJMP ST54

CH8:  CJNE R2,#38H,CHECK_CH1_1
      MOV DPTR,#DATA_LCD10
      LCALL LCDLD1
      LCALL LCDOUT
      MOV R2,#05H
      LCALL DTSEC
      MOV CHANNEL,#08H
      MOV COUNT_TIME,#31H
      MOV DPTR,#TIME1_CH8
      LCALL LOAD1_TIME
      MOV DPTR,#DATA_LCD10
      LCALL SET_TIME1
      ;MOV A,#01H
      ;CJNE A,12H,CH8_1
      ;MOV DPTR,#TIME_CH8
      ;LCALL LOAD_TIME
CH8_1: LCALL DIS1
      LJMP ST54

CHECK_CH1_1:LJMP CHECK_CH1
ST1:  MOV LCDBUF,#20H
      MOV LCDBUF+1,#20H
      LJMP ST54

;*****
CHECK_VALUE: MOV R2,#00
            MOVX A,@DPTR
            MOV R0,A
            INC DPTR
            MOVX A,@DPTR

```

```
MOV R1,A
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
CJNE A,R0,CHECK_VALUE2
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
CJNE A,R1,CHECK_VALUE1
MOV R2,#01
```

```
CHECK_VALUE1:    MOV R0,DPL
```

```
DEC R0
```

```
VALUE1:         DEC R0
```

```
DEC R0
```

```
MOV DPL,R0
```

```
RET
```

```
CHECK_VALUE2:    MOV R0,DPL
```

```
LJMP VALUE1
```

```
CHECK_STATUS1:  INC DPTR
```

```
INC DPTR
```

```
INC DPTR
```

```
INC DPTR
```

```
MOVX A,@DPTR
```

```
MOV 18H,A
```

```
MOV R0,DPL
```

```
DEC R0
```

```
DEC R0
```

```
DEC R0
```

```
DEC R0
```

```
MOV DPL,R0
```

```
RET
```

```
CHECK_STATUS2:  INC DPTR
```

```
INC DPTR
```

```
INC DPTR
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 19H,A
MOV R0,DPL
DEC R0
DEC R0
DEC R0
DEC R0
MOV DPL,R0
RET
```

```
CHECK_STATUS3: INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 1AH,A
MOV R0,DPL
DEC R0
DEC R0
DEC R0
DEC R0
MOV DPL,R0
RET
```

```
CHECK_STATUS4: INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
MOV 1BH,A
MOV R0,DPL
DEC R0
```

```
DEC R0
DEC R0
DEC R0
MOV DPL,R0
RET
```

```
CHECK_STATUS5: INC DPTR
                INC DPTR
                INC DPTR
                INC DPTR
                MOVX A,@DPTR
MOV 1CH,A
                MOV R0,DPL
                DEC R0
                DEC R0
                DEC R0
                DEC R0
                MOV DPL,R0
                RET
```

```
CHECK_STATUS6: INC DPTR
                INC DPTR
                INC DPTR
                INC DPTR
                MOVX A,@DPTR
MOV 1DH,A
                MOV R0,DPL
                DEC R0
                DEC R0
                DEC R0
                DEC R0
                MOV DPL,R0
                RET
```

```
CHECK_STATUS7: INC DPTR
                INC DPTR
                INC DPTR
                INC DPTR
                MOVX A,@DPTR
                MOV 1EH,A
                MOV R0,DPL
                DEC R0
                DEC R0
                DEC R0
                DEC R0
                MOV DPL,R0
                RET
```

```
CHECK_STATUS8: INC DPTR
                INC DPTR
                INC DPTR
                INC DPTR
                MOVX A,@DPTR
                MOV 1FH,A
                MOV R0,DPL
                DEC R0
                DEC R0
                DEC R0
                DEC R0
                MOV DPL,R0
                RET
```

```
*****
```

```
; CHECK TIME
```

```
*****
```

```
CHECK_CH1: MOV R7,#09H
            MOV DPTR,#TIME1_CH1
```

```
CHECK_CH10: LCALL CHECK_VALUE
```

```
CJNE R2,#00H,CHECK_CH12
LCALL CHECK_STATUS1
MOV ST_CH1,18H
MOV A,#00H
CJNE A,18H,CHECK_OFF1      ;CHECK STATUS
MOVX A,@DPTR
CJNE A,TIMBUF+3,CHECK_CH12 ;CHECK HH
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
CJNE A,TIMBUF+4,CHECK_CH131 ;CHECK MM
MOV ST_CH1,#01H
LJMP CHECK_CH13
```

```
CHECK_OFF1: INC DPTR
            INC DPTR
            MOVX A,@DPTR
            CJNE A,TIMBUF+3,CHECK_CH14
            INC DPTR
            MOVX A,@DPTR
            CJNE A,TIMBUF+4,CHECK_CH15
            MOV ST_CH1,#00H
            LJMP CHECK_CH15
```

```
CHECK_CH12: INC DPTR
CHECK_CH131: MOV ST_CH1,#00H
CHECK_CH13:  INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            LJMP CH111
```

```
CHECK_CH14: INC DPTR
CHECK_CH15: INC DPTR
CH111:      MOV A,ST_CH1
            MOVX @DPTR,A
            INC DPTR
```

```

        DJNZ R7,CHECK_CH10
        MOV R0,#00H
        MOV R6,#09H
        MOV DPTR,#TIME1_CH1
CH1_STATUS: INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            MOVX A,@DPTR
            ADD A,R0
            MOV R0,A
            INC DPTR
            DJNZ R6,CH1_STATUS
            MOV A,R0
            CJNE A,#00H,CH1_STA1
            MOV A,#70H
            ANL A,20H
            LJMP CH1_STA2

```

```

CH1_STA1:  MOV A,#80H
           ORL A,20H

```

```

CH1_STA2:  MOV 20H,A
           MOV DPTR,#PB
           MOVX @DPTR,A

```

```

;*****

```

```

; CHECK TIME CHANNEL 2

```

```

CHECK_CH2:  MOV R7,#09H
            MOV DPTR,#TIME1_CH2
CHECK_CH20: LCALL CHECK_VALUE
            CJNE R2,#00,CHECK_CH22
            LCALL CHECK_STATUS2
            MOV ST_CH2,19H
            MOV A,#00H

```

```
CJNE A,19H,CHECK_OFF2      ;CHECK STATUS
MOVX A,@DPTR
CJNE A,TIMBUF+3,CHECK_CH22 ;CHECK HH
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
CJNE A,TIMBUF+4,CHECK_CH23 ;CHECK MM
MOV ST_CH2,#01H
LJMP CHECK_CH23
```

```
CHECK_OFF2: INC DPTR
            INC DPTR
            MOVX A,@DPTR
            CJNE A,TIMBUF+3,CHECK_CH24
            INC DPTR
            MOVX A,@DPTR
            CJNE A,TIMBUF+4,CHECK_CH25
            MOV ST_CH2,#00H
            LJMP CHECK_CH25
```

```
CHECK_CH22: INC DPTR
CHECK_CH232: MOV ST_CH1,#00H
```

```
CHECK_CH23: INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            LJMP CH222
```

```
CHECK_CH24: INC DPTR
```

```
CHECK_CH25: INC DPTR
```

```
CH222:     MOV A,ST_CH2
            MOVX @DPTR,A
            INC DPTR
            DJNZ R7,CHECK_CH20
            MOV R0,#00H
            MOV R6,#09H
            MOV DPTR,#TIME1_CH2
```

```
CH2_STATUS: INC DPTR
```

```
INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,R0
MOV R0,A
INC DPTR
DJNZ R6,CH2_STATUS
MOV A,R0
CJNE A,#00H,CH2_STA1
MOV A,#0B0H
ANL A,20H
LJMP CH2_STA2
```

```
CH2_STA1:  MOV A,#40H
```

```
          ORL A,20H
```

```
CH2_STA2:  MOV 20H,A
```

```
          MOV DPTR,#PB
```

```
          MOVX @DPTR,A
```

```
.....
```

```
; CHECK TIME CHANNEL 3
```

```
CHECK_CH3: MOV R7,#09H
```

```
          MOV DPTR,#TIME1_CH3
```

```
CHECK_CH30: LCALL CHECK_VALUE
```

```
          CJNE R2,#00H,CHECK_CH32
```

```
          LCALL CHECK_STATUS3
```

```
          MOV ST_CH3,1AH
```

```
          MOV A,#00H
```

```
          CJNE A,1AH,CHECK_OFF3      ;CHECK STATUS
```

```
          MOVX A,@DPTR
```

```
          CJNE A,TIMBUF+3,CHECK_CH32 ;CHECK HH
```

```
          INC DPTR
```

```
          MOVX A,@DPTR
```

```

                CJNE A,TIMBUF+4,CHECK_CH333      ;CHECK MM
                MOV ST_CH3,#01H
                LJMP CHECK_CH33
CHECK_OFF3:    INC DPTR
                INC DPTR
                MOVX A,@DPTR
                CJNE A,TIMBUF+3,CHECK_CH34
                INC DPTR
                MOVX A,@DPTR
                CJNE A,TIMBUF+4,CHECK_CH35
                MOV ST_CH3,#00H
                LJMP CHECK_CH35
CHECK_CH32:    INC DPTR
CHECK_CH333:  MOV ST_CH3,#00H
CHECK_CH33:    INC DPTR
                INC DPTR
                INC DPTR
                LJMP CH333
CHECK_CH34:    INC DPTR
CHECK_CH35:    INC DPTR
CH333:         MOV A,ST_CH3
                MOVX @DPTR,A
                INC DPTR
                DJNZ R7,CHECK_CH30
                MOV R0,#00H
                MOV R6,#09H
                MOV DPTR,#TIME1_CH3
CH3_STATUS:   INC DPTR
                INC DPTR
                INC DPTR
                INC DPTR
                MOVX A,@DPTR
                ADD A,R0
                MOV R0,A

```

```
INC DPTR
DJNZ R6,CH3_STATUS
MOV A,R0
CJNE A,#00H,CH3_STA1
MOV A,#0D0H
ANL A,20H
LJMP CH3_STA2
```

```
CH3_STA1:  MOV A,#20H
```

```
ORL A,20H
```

```
CH3_STA2:  MOV 20H,A
```

```
MOV DPTR,#PB
```

```
MOVX @DPTR,A
```

```
-----
; CHECK TIME CHANNEL 4
```

```
CHECK_CH4:  MOV R7,#09H
```

```
MOV DPTR,#TIME1_CH4
```

```
CHECK_CH40: LCALL CHECK_VALUE
```

```
CJNE R2,#00H,CHECK_CH42
```

```
LCALL CHECK_STATUS4
```

```
MOV ST_CH4,1BH
```

```
MOV A,#00H
```

```
CJNE A,1BH,CHECK_OFF4 ;CHECK STATUS
```

```
MOVX A,@DPTR
```

```
CJNE A,TIMBUF+3,CHECK_CH42 ;CHECK HH
```

```
INC DPTR
```

```
MOVX A,@DPTR
```

```
CJNE A,TIMBUF+4,CHECK_CH434 ;CHECK MM
```

```
MOV ST_CH4,#01H
```

```
LJMP CHECK_CH43
```

```
CHECK_OFF4: INC DPTR
```

```
INC DPTR
```

```
MOVX A,@DPTR
```

```
CJNE A,TIMBUF+3,CHECK_CH44
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
CJNE A,TIMBUF+4,CHECK_CH45
MOV ST_CH4,#00H
LJMP CHECK_CH45
```

```
CHECK_CH42: INC DPTR
```

```
CHECK_CH434: MOV ST_CH4,#00H
```

```
CHECK_CH43: INC DPTR
```

```
INC DPTR
```

```
INC DPTR
```

```
LJMP CH444
```

```
CHECK_CH44: INC DPTR
```

```
CHECK_CH45: INC DPTR
```

```
CH444: MOV A,ST_CH4
```

```
MOVX @DPTR,A
```

```
INC DPTR
```

```
DJNZ R7,CHECK_CH40
```

```
MOV R0,#00H
```

```
MOV R6,#09H
```

```
MOV DPTR,#TIME1_CH4
```

```
CH4_STATUS: INC DPTR
```

```
INC DPTR
```

```
INC DPTR
```

```
INC DPTR
```

```
MOVX A,@DPTR
```

```
ADD A,R0
```

```
MOV R0,A
```

```
INC DPTR
```

```
DJNZ R6,CH4_STATUS
```

```
MOV A,R0
```

```
CJNE A,#00H,CH4_STA1
```

```
MOV A,#0E0H
```

```
ANL A,20H
```

LJMP CH4\_STA2

CH4\_STA1: MOV A,#10H

ORL A,20H

CH4\_STA2: MOV 20H,A

MOV DPTR,#PB

MOVX @DPTR,A

.....  
; CHECK TIME CHANNEL 5

CHECK\_CH5: MOV R7,#09H

MOV DPTR,#TIME1\_CH5

CHECK\_CH50: LCALL CHECK\_VALUE

CJNE R2,#00H,CHECK\_CH52

LCALL CHECK\_STATUS5

MOV ST\_CH5,1CH

MOV A,#00H

CJNE A,1CH,CHECK\_OFF5 ;CHECK STATUS

MOVX A,@DPTR

CJNE A,TIMBUF+3,CHECK\_CH52 ;CHECK HH

INC DPTR

MOVX A,@DPTR

CJNE A,TIMBUF+4,CHECK\_CH535 ;CHECK MM

MOV ST\_CH5,#01H

LJMP CHECK\_CH53

CHECK\_OFF5: INC DPTR

INC DPTR

MOVX A,@DPTR

CJNE A,TIMBUF+3,CHECK\_CH54

INC DPTR

MOVX A,@DPTR

CJNE A,TIMBUF+4,CHECK\_CH55

MOV ST\_CH5,#00H

LJMP CHECK\_CH55

```

CHECK_CH52:  INC DPTR
CHECK_CH535: MOV ST_CH5,#00
CHECK_CH53:  INC DPTR
             INC DPTR
             INC DPTR
             LJMP CH555
CHECK_CH54:  INC DPTR
CHECK_CH55:  INC DPTR
CH555:      MOV A,ST_CH5
             MOVX @DPTR,A
             INC DPTR
             DJNZ R7,CHECK_CH50
             MOV R0,#00H
             MOV R6,#09H
             MOV DPTR,#TIME1_CH5
CH5_STATUS: INC DPTR
             INC DPTR
             INC DPTR
             INC DPTR
             MOVX A,@DPTR
             ADD A,R0
             MOV R0,A
             INC DPTR
             DJNZ R6,CH5_STATUS
             MOV A,R0
             CJNE A,#00H,CH5_STA1
             MOV A,#70H
             ANL A,20H
             LJMP CH5_STA2

CH5_STA1:   MOV A,#80H
             ORL A,20H
CH5_STA2:   MOV 20H,A
             MOV DPTR,#PB

```

MOVX @DPTR,A

\*\*\*\*\*

; CHECK TIME CHANNEL 6

CHECK\_CH6: MOV R7,#09H

MOV DPTR,#TIME1\_CH6

CHECK\_CH60: LCALL CHECK\_VALUE

CJNE R2,#00H,CHECK\_CH62

LCALL CHECK\_STATUS6

MOV ST\_CH6,1DH

MOV A,#00H

CJNE A,1DH,CHECK\_OFF6 ;CHECK STATUS

MOVX A,@DPTR

CJNE A,TIMBUF+3,CHECK\_CH62 ;CHECK HH

INC DPTR

MOVX A,@DPTR

CJNE A,TIMBUF+4,CHECK\_CH636 ;CHECK MM

MOV ST\_CH6,#01H

LJMP CHECK\_CH63

CHECK\_OFF6: INC DPTR

INC DPTR

MOVX A,@DPTR

CJNE A,TIMBUF+3,CHECK\_CH64

INC DPTR

MOVX A,@DPTR

CJNE A,TIMBUF+4,CHECK\_CH65

MOV ST\_CH6,#00H

LJMP CHECK\_CH65

CHECK\_CH62: INC DPTR

CHECK\_CH636: MOV ST\_CH6,#00H

CHECK\_CH63: INC DPTR

INC DPTR

INC DPTR

LJMP CH666

```

CHECK_CH64:  INC DPTR
CHECK_CH65:  INC DPTR
CH666:      MOV A,ST_CH6
            MOVX @DPTR,A
            INC DPTR
            DJNZ R7,CHECK_CH60
            MOV R0,#00H
            MOV R6,#09H
            MOV DPTR,#TIME1_CH6
CH6_STATUS: INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            MOVX A,@DPTR
            ADD A,R0
            MOV R0,A
            INC DPTR
            DJNZ R6,CH6_STATUS
            MOV A,R0
            CJNE A,#00H,CH6_STA1
            MOV A,#0B0H
            ANL A,20H
            LJMP CH6_STA2

CH6_STA1:   MOV A,#40H
            ORL A,20H
CH6_STA2:   MOV 20H,A
            MOV DPTR,#PB
            MOVX @DPTR,A

;*****
;      CHECK TIME CHANNEL 7
CHECK_CH7:  MOV R7,#09H
            MOV DPTR,#TIME1_CH7

```

```

CHECK_CH70: LCALL CHECK_VALUE
             CJNE R2,#00H,CHECK_CH72
             LCALL CHECK_STATUS7
             MOV ST_CH7,1EH
             MOV A,#00H
             CJNE A,1EH,CHECK_OFF7      ;CHECK STATUS
             MOVX A,@DPTR
             CJNE A,TIMBUF+3,CHECK_CH72 ;CHECK HH
             INC DPTR
             MOVX A,@DPTR
             CJNE A,TIMBUF+4,CHECK_CH737 ;CHECK MM
             MOV ST_CH7,#01H
             LJMP CHECK_CH73
CHECK_OFF7: INC DPTR
            INC DPTR
            MOVX A,@DPTR
            CJNE A,TIMBUF+3,CHECK_CH74
            INC DPTR
            MOVX A,@DPTR
            CJNE A,TIMBUF+4,CHECK_CH75
            MOV ST_CH7,#00H
            LJMP CHECK_CH75
CHECK_CH72: INC DPTR
CHECK_CH737: MOV ST_CH7,#00
CHECK_CH73:  INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            LJMP CH777
CHECK_CH74:  INC DPTR
CHECK_CH75:  INC DPTR
CH777:      MOV A,ST_CH7
            MOVX @DPTR,A
            INC DPTR
            DJNZ R7,CHECK_CH70

```

```

MOV R0,#00H
MOV R6,#09H
MOV DPTR,#TIME1_CH7
CH7_STATUS: INC DPTR
             INC DPTR
             INC DPTR
             INC DPTR
             MOVX A,@DPTR
             ADD A,R0
             MOV R0,A
             INC DPTR
             DJNZ R6,CH7_STATUS
             MOV A,R0
             CJNE A,#00H,CH7_STA1
             MOV A,#0D0H
             ANL A,20H
             LJMP CH7_STA2

CH7_STA1:   MOV A,#20H
             ORL A,20H

CH7_STA2:   MOV 20H,A
             MOV DPTR,#PB
             MOVX @DPTR,A

```

```

*****

```

```

; CHECK TIME CHANNEL 8

```

```

CHECK_CH8:  MOV R7,#09H
             MOV DPTR,#TIME1_CH8

CHECK_CH80: LCALL CHECK_VALUE
             CJNE R2,#00H,CHECK_CH82
             LCALL CHECK_STATUS8
             MOV ST_CH8,1FH
             MOV A,#00H
             CJNE A,1FH,CHECK_OFF8 ;CHECK STATUS

```

```

MOVX A,@DPTR
CJNE A,TIMBUF+3,CHECK_CH82 ;CHECK HH
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
CJNE A,TIMBUF+4,CHECK_CH83 ;CHECK MM
MOV ST_CH8,#01H
LJMP CHECK_CH83
CHECK_OFF8: INC DPTR
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
CJNE A,TIMBUF+3,CHECK_CH84
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
CJNE A,TIMBUF+4,CHECK_CH85
MOV ST_CH8,#00H
LJMP CHECK_CH85
CHECK_CH82: INC DPTR
CHECK_CH838: MOV ST_CH8,#00H
CHECK_CH83: INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR
LJMP CH888
CHECK_CH84: INC DPTR
CHECK_CH85: INC DPTR
CH888: MOV A,ST_CH8
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
DJNZ R7,CHECK_CH80
MOV R0,#00H
MOV R6,#09H
MOV DPTR,#TIME1_CH8
CH8_STATUS: INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR

```

```
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
ADD A,R0
MOV R0,A
INC DPTR
DJNZ R6,CH8_STATUS
MOV A,R0
CJNE A,#00H,CH8_STA1
MOV A,#0E0H
ANL A,20H
LJMP CH8_STA2
```

```
CH8_STA1:  MOV A,#10H
```

```
ORL A,20H
```

```
CH8_STA2:  MOV 20H,A
```

```
MOV DPTR,#PB
```

```
MOVX @DPTR,A
```

```
CHECK_CH0: LJMP ST1
```

```
*****
DIS1:  MOV DPTR,#DATA_LCD2
      LCALL LCDLD1
      MOV DPTR,#DATA1_LCD2
      LCALL LCDLD2
      LCALL LCDOUT
      MOV R2,#03H
      LCALL DTSEC
      RET
```

```
*****
RD:   MOV A,R6
```

```
LCALL RL
MOV R0,A
MOV A,R7
ANL A,#0FH
ORL A,R0
RET
```

```
RL: SWAP A
    ANL A,#0F0H
    RET
```

```
; ***** HTOA SUB *****
; CONVERT HEX TO ASCII
; IN = A
; OUT = R2,R3
; REG = A,R2,R3
```

```
HTOA: PUSH ACC
      SWAP A
      LCALL HTOAS
      MOV R2,A
      POP ACC
      LCALL HTOAS
      MOV R3,A
      RET
```

```
HTOAS: ANL A,#0FH
       CJNE A,#0AH,$+3
       JNC HTOAS1
       ORL A,#30H
       RET
```

```
HTOAS1: SUBB A,#9
        ORL A,#40H
        RET
```

; \*\*\*\*\* RTCRD SUB \*\*\*\*\*

; READ SINGLE BYTE FROM DS1202

; IN = R2 COMMAND

; OUT = R3 DATA

; REG = A,R2,R3,R4,R5

```
RTCRD: CLR  RTCCLK      ;CLK=0
        LCALL RTCDL
        SETB RTCRST     ;RST=1
        LCALL RTCDL
        MOV  A,R2       ;COMMAND
        LCALL RTCWRC

        MOV  R4,#8      ;READ DATA
        CLR  A

RTCRD1: CLR  RTCCLK
        LCALL RTCDL
        MOV  C,RTCDAT
        RRC  A
        SETB RTCCLK
        LCALL RTCDL
        DJNZ R4,RTCRD1
        MOV  R3,A

        CLR  RTCRST     ;RST=0
        LCALL RTCDL
        RET
```

; \*\*\*\*\* RTCWR SUB \*\*\*\*\*

; WRITE SINGLE BYTE TO DS1202

; IN = R2 COMMAND

; R3 DATA

; REG = A,R2,R3,R4,R5

```

RTCWR: CLR RTCCLK      ;CLK=0
        LCALL RTCDL
        SETB RTCRST    ;RST=1
        LCALL RTCDL
        MOV A,R2       ;COMMAND
        LCALL RTCWRC
        MOV A,R3       ;DATA
        LCALL RTCWRC
        CLR RTCRST     ;RST=0
        LCALL RTCDL
        RET

```

```

RTCWRC: MOV R4,#8      ;WRITE COMMAND/DATA

```

```

RTCWRC1: RRC A
          MOV RTCDAT,C
          SETB RTCCLK   ;RISING EDGE CLOCK
          LCALL RTCDL
          CLR RTCCLK
          LCALL RTCDL
          DJNZ R4,RTCWRC1
          RET

```

```

RTCDL: MOV R5,#4      ;DELAY
        DJNZ R5,$
        RET

```

```

; ***** TIMERD SUB *****

```

```

; READ RTC -> TIMBUF
; OUT = TIMBUF
; REG = A,R2,R3,R4,R5

```

```

TIMERD: MOV R2,#87H   ;DATE
        LCALL RTCRD
        MOV TIMBUF,R3

```

```

MOV R2,#89H      ;MONTH
LCALL RTCRD
MOV TIMBUF+1,R3
MOV R2,#8DH      ;YEAR
LCALL RTCRD
MOV TIMBUF+2,R3
MOV R2,#8BH      ;WEEK-DAY
LCALL RTCRD
MOV TIMBUF+6,R3

MOV R2,#85H      ;HOUR
LCALL RTCRD
MOV TIMBUF+3,R3
MOV R2,#83H      ;MINUTE
LCALL RTCRD
MOV TIMBUF+4,R3
MOV R2,#81H      ;SECOND
LCALL RTCRD
MOV TIMBUF+5,R3
RET

```

```

; ***** TIMEWR SUB *****

```

```

; WRITE TIMBUF -> RTC

```

```

; IN = TIMBUF

```

```

; REG = A,R2,R3,R4,R5

```

```

TIMEWR: MOV R2,#8EH      ;WRITE PROTECT = 0

```

```

MOV R3,#0

```

```

LCALL RTCWR

```

```

MOV R2,#86H      ;DATE

```

```

MOV R3,TIMBUF

```

```

LCALL RTCWR

```

```

MOV R2,#88H      ;MONTH

```

```

MOV R3,TIMBUF+1
LCALL RTCWR
MOV R2,#8CH ;YEAR
MOV R3,TIMBUF+2
LCALL RTCWR
MOV R2,#8AH ;WEEK-DAY
MOV R3,TIMBUF+6
LCALL RTCWR

MOV R2,#84H ;HOUR
MOV R3,TIMBUF+3
LCALL RTCWR
MOV R2,#82H ;MINUTE
MOV R3,TIMBUF+4
LCALL RTCWR
MOV R2,#80H ;SECOND
MOV R3,TIMBUF+5
LCALL RTCWR

MOV R2,#8EH ;WRITE PROTECT = 1
MOV R3,#80H
LCALL RTCWR
RET

```

```

;*****
;

```

```

; Scan keyboard

```

```

; Data output: R2

```

```

;*****
;

```

```

SCAN_KEY:PUSH DPH

```

```

    PUSH DPL

```

```

    PUSH R7

```

```

    PUSH R6

```

```

    PUSH R5

```

```

    PUSH R0

```

```
PUSH R1
MOV DPTR,#PORTC
MOV R5,#00H ; INDEX TABLE_KEY
MOV R7,#04H ; SET COUNTER
MOV R6,#0FEH ; PATTERN_KEY
MOV R2,#00H
MOV A,R6
```

COUNTER: MOVX @DPTR,A ; send pattern to portc 8255(low)

```
LCALL DELAY
MOVX A,@DPTR ; read data portc 8255(up)
ANL A,#0F0H ; mask bit
CJNE A,#0F0H,KEY_0 ;check key press
MOV A,R6
RL A ; rotate data in A
MOV R6,A
INC R5
INC R5
INC R5
INC R5
DJNZ R7,COUNTER
LJMP S;
```

```
KEY_0: LCALL DELAY ; delay
MOVX A,@DPTR ; read keyboard
ANL A,#0F0H
CJNE A,#0F0H,KEY_1 ; check key release
LJMP ST
```

```
KEY_1: MOV DPTR,#DATA_KEY ; load table key
MOV R7,#04H
MOV R1,#00H
MOV R0,A
MOV R3,#0EFH
MOV A,R3
```

```

KEY1:  ANL A,#0F0H
        CJNE A,R0,KEY    ; check key press
        MOV A,R5
        ADD A,R1
        cjne a,#00,key2
        ljmp key0

KEY2:  INC DPTR
        DEC A
        JNZ KEY2

key0:  MOVC A,@A+DPTR    ; load table key
        MOV R2,A
        LCALL DELAY
        MOV DPTR,#PORTC

KEY_CH: MOVX A,@DPTR
        ANL A,#0F0H
        CJNE A,#0F0H,KEY_CH
        LJMP ST

KEY:   MOV A,R3
        RL A
        INC R1
        MOV R3,A
        DJNZ R7,KEY1

ST:   POP R1
        POP R0
        POP R5
        POP R6
        POP R7
        POP DPL
        POP DPH
        RET

```

```

;*****

```

```

SET_TIME: MOV R5,DPH
           MOV R1,DPL

```

```

SET1:  MOV DPH,R5
        MOV DPL,R1
        MOV LCDBUF,#20H
        MOV LCDBUF+1,#20H
        MOV LCDBUF+21,#20H
        MOV LCDBUF+22,#20H
        LCALL LCDOUT
        LCALL SCAN_KEY          ; scankey for character 1
        CJNE R2,#00H,TIME      ; check preeskey (if no goto TEMP1)
        LJMP SET_TIME
TIME:   MOV LCDBUF+21,R2
        MOV R6,R2
        LCALL S1_DIS

TIME4:  LCALL SCAN_KEY
        CJNE R2,#00H,TIME3
        LJMP TIME4
TIME3:  MOV LCDBUF+22,R2
        MOV R7,R2
        LCALL S1_DIS
        LCALL RD
        MOV TIMBUF+3,A
        CJNE A,#24H,TI_1
TI_1:   JNC SET1

TIME5:  MOV LCDBUF,#20H
        MOV LCDBUF+1,#20H
        MOV LCDBUF+24,#20H
        MOV LCDBUF+25,#20H
        LCALL LCDOUT
        LCALL SCAN_KEY
        CJNE R2,#00H,TIME6
        LJMP TIME5
TIME6:  MOV LCDBUF+24,R2

```

```
MOV R6,R2
LCALL S1_DIS
```

```
TIME7: LC/ LL SCAN_KEY
        CJ IE R2,#00H,TIME8
        LJMP TIME7
```

```
TIME8: MOV LCDBUF+25,R2
        MOV R7,R2
        LCALL S1_DIS
        LCALL RD
        MOV TIMBUF+4,A
        CJNE A,#60H,TI_2
```

```
TI_2:   JNC TIME5
```

```
TIME2:  LCALL SCAN_KEY
        CJNE R2,#0EH,TIME2 ; check key 'R'
        MOV R2,#05H
        LCALL DTSEC
        MOV A,#01
        LCALL LCDWI
        RET
```

```
.....
DIS_TIME:  MOV DPH,11H
           MOV DPL,10H
           MOVX A,@DPTR,
           LCALL HTOA
           MOV LCDBUF+19,R2
           MOV LCDBUF+20,R3
           MOV LCDBUF+21,#3AH
           INC DPTR
           MOVX A,@DPTR
           LCALL HTOA
           MOV LCDBUF+22,R2
           MOV LCDBUF+23,R3
```

```

MOV LCDBUF+24,#2DH
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
LCALL HTOA
MOV LCDBUF+25,R2
MOV LCDBUF+26,R3
MOV LCDBUF+27,#3AH
INC DPTR
MOVX A,@DPTR
LCALL HTOA
MOV LCDBUF+28,R2
MOV LCDBUF+29,R3
MOV LCDBUF+1,#20H
MOV LCDBUF+16,COUNT_TIME
MOV DPH,R5
MOV DPL,R1
LCALL LCDLD1
LCALL LCDOUT
RET

```

```

*****
SET_TIME1:  MOV R5,DPH
            MOV R1,DPL
SET0_TIME:  MOV DPH,R5
            MOV DPL,R1
            LCALL LCDLD1
            MOV 12H,#00H ; SET STATUS=0
            MOV DPTR,#DATA1_LCD2
            LCALL LCDLD2
            LCALL LCDOUT
            MOV LCDBUF,#20H
            MOV LCDBUF+1,#20H
            MOV LCDBUF+21,#3AH
            MOV LCDBUF+24,#2DH
            MOV LCDBUF+27,#3AH

```

```

                LCALL LCDOUT
                LCALL DIS_TIME
SS0:            LCALL SCAN_KEY
                CJNE R2,#00H,SS1
                LJMP SS0

SS1:            CJNE R2,#0EH,SS3
                MOV R2,#01H
                LCALL DTSEC
                MOV A,#01
                LCALL LCDWI
                RET

SS3:            CJNE R2,#0BH,SS4
                LCALL CHECK_UP
                LJMP SET0_TIME

SS4:            CJNE R2,#08H,SS2
                LCALL CHECK_DOWN
                LJMP SET0_TIME

SS2:            CJNE R2,#0CH,SS0
                MOV 12H,#01H           ;SET STATUS=1

SET_T1:        MOV DPH,R5
                MOV DPL,R1
                MOV LCDBUF,#20H
                MOV LCDBUF+1,#20H
                MOV LCDBUF+21,#3AH
                MOV LCDBUF+24,#2DH
                MOV LCDBUF+27,#3AH
                LCALL LCDOUT

```

```

S_TIME1:    LCALL SCAN_KEY
            CJNE R2,#00H,S_TIME0
            LJMP S_TIME1

S_TIME0:    MOV LCDBUF+19,R2
            MOV R6,R2
            LCALL S1_DIS

S_TIME2:    LCALL SCAN_KEY
            CJNE R2.#00H,S_TIME3
            LJMP S_TIME2

S_TIME3:    MOV LCDBUF+20,R2
            MOV R7,R2
            LCALL S1_DIS
            LCALL RD
            MOV DATA_TIME,A
            CJNE A,#24H,S1_CK1

S1_CK1:    JNC SET_T1

S_TIME4:    MOV LCDBUF,#20H
            MOV LCDBUF+1,#20H
            MOV LCDBUF+22,#20H
            MOV LCDBUF+23,#20H
            LCALL LCDOUT
            LCALL SCAN_KEY
            CJNE R2,#00H,S_TIME5
            LJMP S_TIME4

S_TIME5:    MOV LCDBUF+22,R2
            MOV R6,R2
            LCALL S1_DIS

S_TIME6:    LCALL SCAN_KEY
            CJNE R2,#00H,S_TIME7
            LJMP S_TIME6

S_TIME7:    MOV LCDBUF+23,R2

```

```

MOV R7,R2
LCALL S1_DIS
LCALL RD
MOV DATA_TIME+1,A
CJNE A,#60H,S1_CK2
S1_CK2:    JNC S_TIME4

S_TIME8:   MOV LCDBUF,#20H
           MOV LCDBUF+1,#20H
           MOV LCDBUF+25,#20H
           MOV LCDBUF+26,#20H
           LCALL LCDOUT
           LCALL SCAN_KEY
           CJNE R2,#00H,S_TIME9
           LJMP S_TIME8

S_TIME9:   MOV LCDBUF+25,R2
           MOV R6,R2
           LCALL S1_DIS

S_TIME10:  LCALL SCAN_KEY
           CJNE R2,#00H,S_TIME11
           LJMP S_TIME10

S_TIME11:  MOV LCDBUF+26,R2
           MOV R7,R2
           LCALL S1_DIS
           LCALL RD
           MOV DATA_TIME+2,A
           CJNE A,#24H,S1_CK3

S1_CK3:    JNC S_TIME8

S_TIME12:  MOV LCDBUF,#20H
           MOV LCDBUF+1,#20H
           MOV LCDBUF+28,#20H
           MOV LCDBUF+29,#20H

```

```

        LCALL LCDOUT
        LCALL SCAN_KEY
        CJNE R2,#00H,S_TIME13
        LJMP S_TIME12
S_TIME13:  MOV LCDBUF+28,R2
           MOV R6,R2
           LCALL S1_DIS

S_TIME14:  LCALL SCAN_KEY
           CJNE R2,#00H,S_TIME15
           LJMP S_TIME14
S_TIME15:  MOV LCDBUF+29,R2
           MOV R7,R2
           LCALL S1_DIS
           LCALL RD
           MOV DATA_TIME+3,A
           CJNE A,#60H,S1_CK4
S1_CK4:   JNC S_TIME12

           MOV A,COUNT_TIME
           ANL A,#0FH
           MOV R7,A
           MOV A,CHANNEL
           CJNE A,#01H,LOAD_CH2
           MOV DPTR,#TIME_CH1
LOAD1_CH1: INC DPTR
           INC DPTR
           INC DPTR
           INC DPTR
           INC DPTR
           DJNZ R7,LOAD1_CH1
           LCALL LOAD_TIME
           LJMP SS0

```

LOAD\_CH2: CJNE A,#02H,LOAD\_CH3  
MOV DPTR,#TIME\_CH2

LOAD2\_CH2: INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
DJNZ R7,LOAD2\_CH2  
LCALL LOAD\_TIME  
LJMP SS0

LOAD\_CH3: CJNE A,#03H,LOAD\_CH4  
MOV DPTR,#TIME\_CH3

LOAD3\_CH3: INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
DJNZ R7,LOAD3\_CH3  
LCALL LOAD\_TIME  
LJMP SS0

LOAD\_CH4: CJNE A,#04H,LOAD\_CH5  
MOV DPTR,#TIME\_CH4

LOAD4\_CH4: INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
DJNZ R7,LOAD4\_CH4  
LCALL LOAD\_TIME  
LJMP SS0

LOAD\_CH5: CJNE A,#05H,LOAD\_CH6

MOV DPTR,#TIME\_CH5

LOAD5\_CH5: INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR

DJNZ R7,LOAD5\_CH5  
LCALL LOAD\_TIME  
LJMP SS0

LOAD\_CH6: CJNE A,#06H,LOAD\_CH7

MOV DPTR,#TIME\_CH6

LOAD6\_CH6: INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR

DJNZ R7,LOAD6\_CH6  
LCALL LOAD\_TIME  
LJMP SS0

LOAD\_CH7: CJNE A,#07H,LOAD\_CH8

MOV DPTR,#TIME\_CH7

LOAD7\_CH7: INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR  
INC DPTR

DJNZ R7,LOAD7\_CH7  
LCALL LOAD\_TIME  
LJMP SS0

LOAD\_CH8: CJNE A,#08H,LOAD\_CH9

MOV DPTR,#TIME\_CH8

```
LOAD8_CH8:  INC DPTR
             INC DPTR
             INC DPTR
             INC DPTR
             INC DPTR
             DJNZ R7,LOAD8_CH8
             LCALL LOAD_TIME
             LJMP SS0
```

```
LOAD_CH9:  LJMP SS0
```

```
.....
S1_DIS:    MOV DPH,R5
           MOV DPL,R1
           LCALL LCDLD1
           LCALL LCDOUT
           MOV R2,#02H
           LCALL DTSEC
           RET
```

```
.....
CHECK_UP:  MOV A,COUNT_TIME
           CJNE A,#39H,CH0_UP
CH0_UP:    JNC CH0_UP0
           INC COUNT_TIME
           MOV A,COUNT_TIME
           ANL A,#0FH
           MOV R7,A
           MOV A,CHANNEL
           CJNE A,#01H,CH2_UP
           MOV DPTR,#TIME_CH1
CH1_UP1:  INC DPTR
           INC DPTR
           INC DPTR
           INC DPTR
```

```

INC DPTR
DJNZ R7,CH1_UP1
MOV 11H,DPH
MOV 10H,DPL
CH0_UP0:  RET

CH2_UP:      CJNE A,#02H,CH3_UP
MOV DPTR,#TIME_CH2
CH2_UP2:    INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            DJNZ R7,CH2_UP2
            MOV 11H,DPH
            MOV 10H,DPL
            RET

CH3_UP:      CJNE A,#03H,CH4_UP
MOV DPTR,#TIME_CH3
CH3_UP3:    INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            DJNZ R7,CH3_UP3
            MOV 11H,DPH
            MOV 10H,DPL
            RET

CH4_UP:      CJNE A,#04H,CH5_UP
MOV DPTR,#TIME_CH4
CH4_UP4:    INC DPTR
            INC DPTR
```

```
INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR
DJNZ R7,CH4_UP4
MOV 11H,DPH
MOV 10H,DPL
RET
```

```
CH5_UP:          CJNE A,#05H,CH6_UP
```

```
MOV DPTR,#TIME_CH5
```

```
CH5_UP5:
```

```
INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR
DJNZ R7,CH5_UP5
MOV 11H,DPH
MOV 10H,DPL
RET
```

```
CH6_UP:          CJNE A,#06H,CH7_UP
```

```
MOV DPTR,#TIME_CH6
```

```
CH6_UP6:
```

```
INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR
DJNZ R7,CH6_UP6
MOV 11H,DPH
MOV 10H,DPL
RET
```

```
CH7_UP:          CJNE A,#07H,CH8_UP
```

```
MOV DPTR,#TIME_CH7
```

```
CH7_UP7:    INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            DJNZ R7,CH7_UP7
            MOV 11H,DPH
            MOV 10H,DPL
            RET
```

```
CH8_UP:          CJNE A,#08H,CH9_UP
```

```
            MOV DPTR,#TIME_CH8
```

```
CH8_UP8:    INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            INC DPTR
            DJNZ R7,CH8_UP8
            MOV 11H,DPH
            MOV 10H,DPL
            RET
```

```
CH9_UP:          RET
```

```
*****
```

```
CHECK_DOWN:  MOV A,COUNT_TIME
            CJNE A,#32H,CH1_DOWN
```

```
CH1_DOWN:    JC CH1_DOWN1
            DEC COUNT_TIME
            MOV A,COUNT_TIME
            ANL A,#0FH
```

```
            MOV A,CHANNEL
```

```
            CJNE A,#01H,CH2_DOWN
```

```
            LCALL DEC_R0
```

```
CH1_DOWN1:   RET
```

CH2\_DOWN: CJNE A,#02H,CH3\_DOWN  
LCALL DEC\_R0  
RET

CH3\_DOWN: CJNE A,#03H,CH4\_DOWN  
LCALL DEC\_R0  
RET

CH4\_DOWN: CJNE A,#04H,CH5\_DOWN  
LCALL DEC\_R0  
RET

CH5\_DOWN: CJNE A,#05H,CH6\_DOWN  
LCALL DEC\_R0  
RET

CH6\_DOWN: CJNE A,#06H,CH7\_DOWN  
LCALL DEC\_R0  
RET

CH7\_DOWN: CJNE A,#07H,CH8\_DOWN  
LCALL DEC\_R0  
RET

CH8\_DOWN: CJNE A,#08H,CH9\_DOWN  
LCALL DEC\_R0  
RET

CH9\_DOWN: RET

\*\*\*\*\*

DEC\_R0: MOV R0,#10H  
DEC @R0  
DEC @R0

```
DEC @R0
DEC @R0
DEC @R0
RET
```

```
.....
DTSEC: MOV R3,#179
```

```
DTSEC1: MOV R4,#0
```

```
DJNZ R4,$
NOP
NOP
DJNZ R3,DTSEC1
DJNZ R2,DTSEC
RET
```

```
DMSEC: MOV R4,#230
```

```
DMSEC1: NOP
```

```
NOP
DJNZ R4,DMSEC1
DJNZ R3,DMSEC
MOV A,R2
CJNE A,#0,DMSEC2
RET
```

```
DMSEC2: DEC R2
```

```
SJMP DMSEC
```

```
LCDWI: PUSH DPH
```

```
PUSH DPL
```

```
MOV DPTR,#LCDWRC
```

```
MOVX @DPTR,A
```

```
MOV DPTR,#LCDRDC
```

```
LCDWI1: MOVX A,@DPTR
```

```
JB ACC.7,LCDWI1
```

```
POP DPL
```

```
POP DPH
```

RET

LCDWD: PUSH DPH

PUSH DPL

MOV DPTR,#LCDWRD

MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#LCDRDC

LCDWD1: MOVX A,@DPTR

JB ACC.7,LCDWD1

POP DPL

POP DPH

RET

LCDSET: MOV A,#00111000B

LCALL LCDWI

MOV A,#00001110B

LCALL LCDWI

MOV A,#01H

LCALL LCDWI

RET

LCDLDX: PUSH R0

MOV R2,#32

MOV R0,#LCDBUF

LCDLDX1: CLR A

MOVC A,@A+DPTR

MOV @R0,A

INC DPTR

INC R0

DJNZ R2,LCDLDX1

POP R0

RET

LCDLD1: PUSH R0

```
MOV R2,#16
MOV R0,#LCDBUF
LJMP LCDLDX1
```

```
LCDLD2: PUSH R0
MOV R2,#16
MOV R0,#LCDEUF+16
LJMP LCDLDX1
```

```
LCDOUT: MOV R0,#LCDBUF
MOV A,#80H
LCALL LCDOUTS
MOV A,#0C0H
LCALL LCDOUTS
RET
```

```
LCDOUTS:LCALL LCDWI
MOV R2,#16
LCDOUTS1:MOV A,@R0
LCALL LCDWD
INC R0
DJNZ R2,LCDOUTS1
RET
```

```
*****
CLEAR: MOV DPTR,#LCDBUF
MOV R7,#32
MOV A,#20H
CL1: MOVX @DPTR,A
INC DPTR
DJNZ R7,CL1
RET
```

```
*****
CLEAR_CH: MOV R7,#09H
CL_CH: INC DPTR
```

```
INC DPTR
INC DPTR
INC DPTR
MOV A,#00
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
DJNZ R7,CL_CH
RET
```

.....

```
DELAY: PUSH R7
      PUSH R6
      MOV R7,#50H
DELAY0: MOV R6,#40H
DELAY1: DJNZ R6,$
      DJNZ R7,DELAY0
      NOP
      POP R6
      POP R7
      RET
```

```
DATA_LCD1: DFB " KMIT'L "
DATA1_LCD1: DFB " ELECTRONIC "
DATA_LCD2: DFB " TIMER CONTROL "
DATA1_LCD2: DFB " "
DATA_LCD3: DFB " CHANNEL 1 "
DATA_LCD4: DFB " CHANNEL 2 "
DATA_LCD5: DFB " CHANNEL 3 "
DATA_LCD6: DFB " CHANNEL 4 "
DATA_LCD7: DFB " CHANNEL 5 "
DATA_LCD8: DFB " CHANNEL 6 "
DATA_LCD9: DFB " CHANNEL 7 "
DATA_LCD10: DFB " CHANNEL 8 "
```

DATA\_LCD11: DFB " SET TIME "

DATA\_KEY: DFB 08H,37H,34H,31H,30H,38H,35H,32H,0BH,39H,36H,33H,0EH,0FH,0DH,0CH

STOP:

END

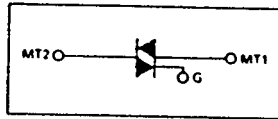
ภาคผนวก ข.

# Triacs

## Silicon Bidirectional Triode Thyristors

... designed primarily for full-wave ac control applications, such as lighting systems, heater controls, motor controls and power supplies; or wherever full-wave silicon-gate-controlled devices are needed.

- Off-State Voltages to 800 Volts
- All Diffused and Glass Passivated Junctions for Parameter Uniformity and Stability
- Small, Rugged Thermowatt Construction for Thermal Resistance and High Heat Dissipation
- Gate Triggering Guaranteed in Three Modes (MAC223FP Series) or Four Modes (MAC223AFP Series)



**MAC223FP  
Series  
MAC223AFP  
Series**

**ISOLATED TRIACS  
THYRISTORS  
25 AMPERES RMS  
200 thru 800 VOLTS**



**CASE 221C-02  
STYLE 3**

### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Repetitive Peak Off-State Voltage, Note 1 ( $T_J = -40$ to $+125^\circ\text{C}$ ) 1/2 Sine Wave 50 to 60 Hz, Gate Open MAC223-4FP, MAC223A4FP MAC223-6FP, MAC223A6FP MAC223-8FP, MAC223A8FP MAC223-10FP, MAC223A10FP	$V_{DRM}$	200 400 600 800	Volts
On-State RMS Current ( $T_C = +80^\circ\text{C}$ ) Full Cycle Sine Wave 50 to 60 Hz, Note 2	$I_T(\text{RMS})$	25	Amps
Peak Nonrepetitive Surge Current (One Full Cycle, 60 Hz, $T_C = 80^\circ\text{C}$ , preceded and followed by rated current)	$I_{TSM}$	250	Amps
Circuit Fusing ( $t = 8.3$ ms)	$I^2t$	260	$\text{A}^2\text{s}$
Peak Gate Power ( $t \leq 2$ $\mu\text{s}$ )	$P_{GM}$	20	Watts
Average Gate Power ( $T_C = +80^\circ\text{C}$ , $t \leq 8.3$ ms)	$P_{G(AV)}$	0.5	Watt
Peak Gate Current ( $t \leq 2$ $\mu\text{s}$ )	$I_{GM}$	2	Amps
Peak Gate Voltage ( $t \leq 2$ $\mu\text{s}$ )	$V_{GM}$	$\pm 10$	Volts
RMS Isolation Voltage ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , Relative Humidity $\leq 20\%$ )	$V_{(ISO)}$	1500	Volts
Operating Junction Temperature	$T_J$	$-40$ to $+125$	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	$-40$ to $+150$	$^\circ\text{C}$
Mounting Torque	—	8	in/lb

Notes: 1. Ratings apply for open gate conditions. Thyristor devices shall not be tested with a constant current source for blocking capability such that the voltage applied exceeds the rated blocking voltage.  
2. The case temperature reference point for all  $T_C$  measurements is a point on the center lead of the package as close as possible to the plastic body.

## MAC223FP Series • MAC223AFP Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_C = 25^\circ\text{C}$  and either polarity of MT2 to MT1 voltage unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Peak Blocking Current, Note 1 ( $V_D = \text{Rated } V_{DRM}, T_J = 125^\circ\text{C}$ )	$I_{DRM}$	—	—	10 2	$\mu\text{A}$ mA
Peak On-State Voltage ( $I_{TM} = 35 \text{ A Peak; Pulse Width} \leq 2 \text{ ms, Duty Cycle} \leq 2\%$ )	$V_{TM}$	—	1.4	1.85	Volts
Gate Trigger Current (Continuous dc) ( $V_D = 12 \text{ V, } R_L = 100 \Omega$ ) MT2(+), G(+); MT2(-), G(-), MT2(+), G(-) MT2(-), G(+) "A" SUFFIX ONLY	$I_{GT}$	—	20 30	50 75	mA
Gate Trigger Voltage (Continuous dc) ( $V_D = 12 \text{ V, } R_L = 100 \Omega$ ) MT2(+), G(+); MT2(-), G(-), MT2(+), G(-) MT2(-), G(+) "A" SUFFIX ONLY ( $V_D = \text{Rated } V_{DRM}, T_J = 125^\circ\text{C, } R_L = 10 \text{ k}$ ) MT2(+), G(+); MT2(-), G(-), MT2(+), G(-) MT2(-), G(+) "A" SUFFIX ONLY	$V_{GT}$	—	1.1 1.3 0.2 0.4	2 2.5 —	Volts
Holding Current ( $V_D = 12 \text{ V, } I_{TM} = 200 \text{ mA, Gate Open}$ )	$I_H$	—	10	50	mA
Gate Controlled Turn-On Time ( $V_D = \text{Rated } V_{DRM}, I_{TM} = 35 \text{ A Peak, } I_G = 200 \text{ mA}$ )	$t_{gt}$	—	1.5	—	$\mu\text{s}$
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage ( $V_D = \text{Rated } V_{DRM}, \text{Exponential Waveform, } T_C = 125^\circ\text{C}$ )	dv/dt	—	40	—	$\text{V}/\mu\text{s}$
Critical Rate of Rise of Commutation Voltage ( $V_D = \text{Rated } V_{DRM}, I_{TM} = 35 \text{ A Peak, Commutating } dI/dt = 13.4 \text{ A/ms, Gate Unenergized, } T_C = 80^\circ\text{C}$ )	dv/dt(c)	—	5	—	$\text{V}/\mu\text{s}$

NOTE 1. Ratings apply for open gate conditions. Devices shall not be tested with a constant current source for blocking voltage such that the voltage applied exceeds the rated blocking voltage.

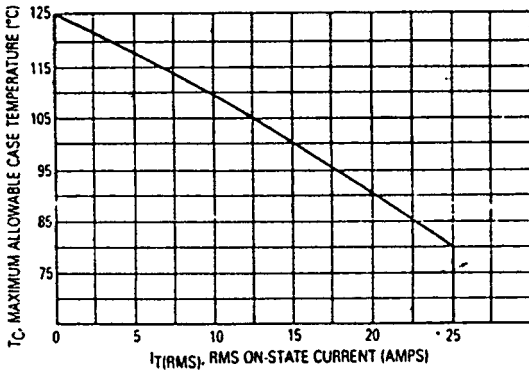


Figure 1. RMS Current: Derating

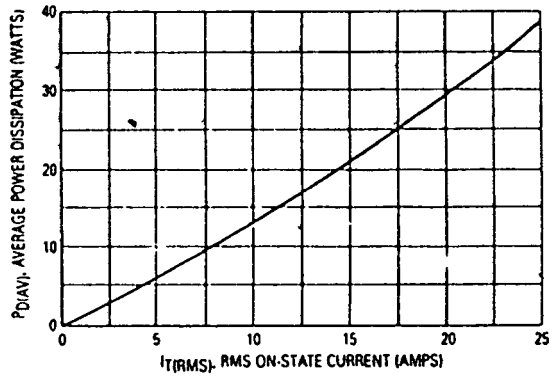


Figure 2. On-State Power Dissipation

MAC223FP Series • MAC223AFP Series

TYPICAL CHARACTERISTICS

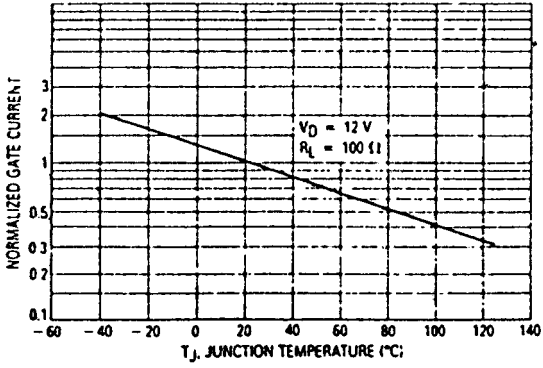


Figure 3. Gate Trigger Current

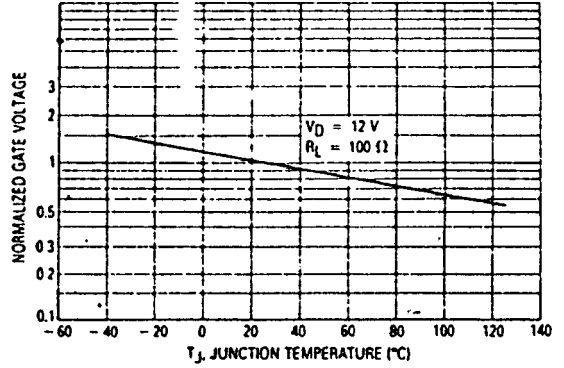


Figure 4. Gate Trigger Voltage

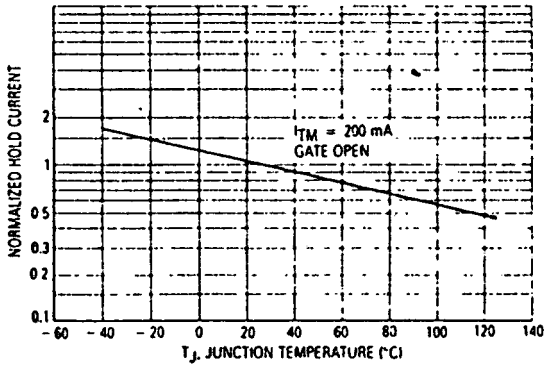


Figure 5. Hold Current

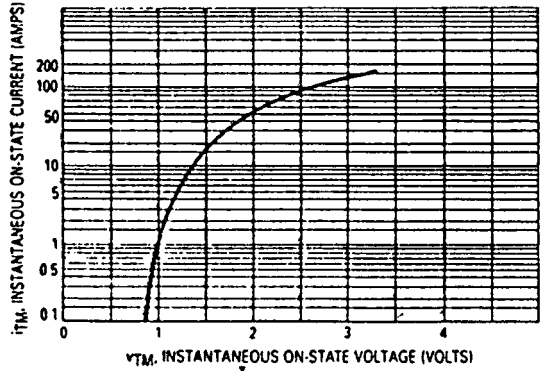


Figure 6. On-State Characteristics

# LM139, LM239, LM339, LM139A LM239A, LM339A, LM2901

## QUAD UPLE DIFFERENTIAL COMPARATORS

D1979, OCTOBER 1979—REVISED APRIL 1988

- Single Supply or Dual Supplies
- Wide Range of Supply Voltage . . . 2 to 36 V
- Low Supply Current Drain Independent of Supply Voltage . . . 0.8 mA Typ
- Low Input Bias Current . . . 25 nA Typ
- Low Input Offset Current . . . 3 nA Typ (LM139)
- Low Input Offset Voltage . . . 2 mV Typ
- Common-Mode Input Voltage Range Includes Ground
- Differential Input Voltage Range Equal to Maximum-Rated Supply Voltage . . .  $\pm 36$  V
- Low Output Saturation Voltage
- Output Compatible with TTL, MOS, and CMOS

### Description

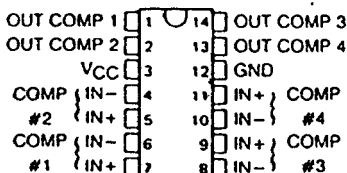
These devices consist of four independent voltage comparators that are designed to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from dual supplies is also possible as long as the difference between the two supplies is 2 V to 36 V and pin 3 is at least 1.5 V more positive than the input common-mode voltage. Current drain is independent of the supply voltage. The outputs can be connected to other open-collector outputs to achieve wired-AND relationships.

### AVAILABLE OPTIONS

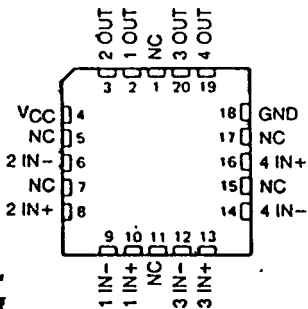
TA	V <sub>IO</sub> MAX at 25°C	PACKAGE			
		SMALL OUTLINE (D)	CERAMIC (FK)	CERAMIC DIP (J)	PLASTIC DIP (N)
0°C to 70°C	5 mV 2 mV	LM339D LM339AD	—	LM339J LM339AJ	LM339N LM339AN
-25°C to 85°C	5 mV 2 mV	LM239D LM239AD	—	LM239J LM239AJ	LM239N LM239AN
-40°C to 125°C	7 mV	LM2901D	—	LM2901J	LM2901N
-55°C to 125°C	5 mV 2 mV	—	LM139FK LM139AFK	LM139J LM139AJ	—

The D package is available taped and reeled. Add the suffix R to the device type when ordering. (e.g., LM339DR)

LM139, LM139A . . . J PACKAGE  
ALL OTHERS . . . D, J, OR N PACKAGE  
(TOP VIEW)

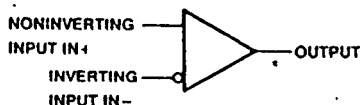


LM139, LM139A  
FK CHIP CARRIER PACKAGE  
(TOP VIEW)



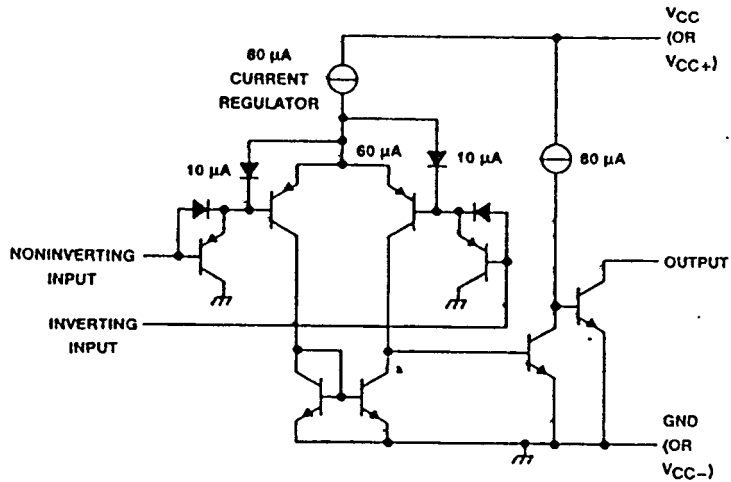
\*NC—No internal connection

symbol (each comparator)



**LM139, LM239, LM339, LM139A  
LM239A, LM339A, LM2901  
QUADRUPLE DIFFERENTIAL COMPARATORS**

schematic : (each comparator)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, $V_{CC}$ (see Note 2)	36 V
Differential input voltage (see Note 3)	36 V
Input voltage range (either input)	-0.3 V to 36 V
Output voltage	36 V
Output current	20 mA
Duration of output short-circuit to ground (see Note 4)	unlimited
Continuous total dissipation	See Dissipation Rating Table
Operating free-air temperature range:	
LM139	-55°C to 125°C
LM239, LM239A	-25°C to 85°C
LM339, LM339A	0°C to 70°C
LM2901	-40°C to 125°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C
Case temperature for 60 seconds: FK package	260°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds: J package	300°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: D or N package	260°C

- NOTES: 2. All voltage values, except differential voltages, are with respect to the network ground terminal.  
3. Differential voltages are at the noninverting input terminal with respect to the inverting input.  
4. Short circuits from outputs to  $V_{CC}$  can cause excessive heating and eventual destruction.

DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$ POWER RATING	DERATING FACTOR	DERATE ABOVE $T_A$	$T_A = 70^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 85^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 125^\circ\text{C}$ POWER RATING
D	900 mW	7.8 mW/°C	31°C	606 mW	494 mW	—
FK	900 mW	11.0 mW/°C	68°C	880 mW	715 mW	275 mW
J (LM139, LM139A)	900 mW	11.0 mW/°C	68°C	880 mW	715 mW	275 mW
J (All others)	900 mW	8.2 mW/°C	40°C	656 mW	533 mW	—
N	900 mW	9.2 mW/°C	52°C	736 mW	558 mW	—

Electrical characteristics at specified free-air temperature,  $V_{CC} = 5\text{ V}$  (unless otherwise noted).

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	LM139			LM139A			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$ Input offset voltage	$V_{CC} = 5\text{ V to } 30\text{ V}$ , $V_{IC} = V_{ICR\text{ min}}$ , $V_O = 1.4\text{ V}$	25°C		2	5	1		mV
		-55°C to 125°C		9		4		
$I_{IO}$ Input offset current	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C		3	25	3		nA
		-55°C to 125°C		100				
$I_{IB}$ Input bias current	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C		-25	-100	-25		nA
		-55°C to 125°C		-300		-300		
$V_{ICR}$ Common-mode input voltage range		25°C		0 to $V_{CC}-1.5$		0 to $V_{CC}-1.5$		V
		-55°C to 125°C		0 to $V_{CC}-2$		0 to $V_{CC}-2$		
$A_{VD}$ Large-signal differential voltage amplification	$V_{CC} = \pm 7.5\text{ V}$ , $V_O = -5\text{ V to } 5\text{ V}$	25°C		200		50	200	V/mV
$I_{OH}$ High-level output current	$V_{IO} = 1\text{ V}$ , $V_{OH} = 5\text{ V}$ $V_{OH} = 30\text{ V}$	25°C		0.1		0.1		nA
		-55°C to 125°C		1		1		$\mu\text{A}$
$V_{OL}$ Low-level output voltage	$V_{IO} = -1\text{ V}$ , $I_{OL} = 4\text{ mA}$	25°C		150	400	150	400	mV
		-55°C to 125°C		700		700		
$I_{OL}$ Low-level output current	$V_{IO} = -1\text{ V}$ , $V_{OL} = 1.5\text{ V}$	25°C		6	16	6	16	mA
$I_{CC}$ Supply current (four comparators)	$V_O = 2.5\text{ V}$ , No load	25°C		0.8	2	0.8	2	mA

† All characteristics are measured with zero common-mode input voltage unless otherwise specified.

switching characteristics,  $V_{CC} = 5\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
Response time	$R_L$ connected to 5 V through 5.1 k $\Omega$ , $C_L = 15\text{ pF}$ ‡ See Note 4	100-mV input step with 5-mV overdrive		1.3		$\mu\text{s}$
		TTL-level input step		0.3		

‡  $C_L$  includes probe and jig capacitance.

NOTE 4: The response time specified is the interval between the input step function and the instant when the output crosses 1.4 V.

LM139, LM139A  
QUADRUPLE DIFFERENTIAL COMPARATORS

electrical characteristics at specified free-air temperature,  $V_{CC} = 5\text{ V}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	LM239, LM339			LM239A, LM339A			LM2901			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$ Input offset voltage	$V_{CC} = 5\text{ V to }30\text{ V}$ , $V_{IC} = V_{ICR}\text{ min.}$ , $V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	2	5	1	2	2	7	mV		
		Full range	9			4				15	
$I_{IO}$ Input offset current	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	5	50	5	50	5	50	nA		
		Full range	150			150				200	
$I_{IB}$ Input bias current	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	-25	-250	-25	-250	-25	-250	nA		
		Full range	-400			-400				-500	
$V_{ICR}$ Common-mode input voltage range		25°C	0 to $V_{CC}-1.5$	0 to $V_{CC}-1.5$	0 to $V_{CC}-1.5$	0 to $V_{CC}-1.5$	0 to $V_{CC}-1.5$	0 to $V_{CC}-1.5$	V		
		Full range	0 to $V_{CC}-2$	0 to $V_{CC}-2$	0 to $V_{CC}-2$	0 to $V_{CC}-2$	0 to $V_{CC}-2$	0 to $V_{CC}-2$			
$A_{VD}$ Large-signal differential voltage amplification	$V_{CC} = 15\text{ V}$ , $V_O = 1.4\text{ V to }11.4\text{ V}$ , $R_L \geq 15\text{ k}\Omega\text{ to }V_{CC}$	25°C	50	200	50	200	25	100	V/mV		
$I_{OH}$ High-level output current	$V_{ID} = 1\text{ V}$ , $V_{OH} = 5\text{ V}$ $V_{OH} = 30\text{ V}$	25°C	0.1	50	0.1	50	0.1	50	nA		
		Full range	1			1				1	
$V_{OL}$ Low-level output voltage	$V_{ID} = -1\text{ V}$ , $I_{OL} = 4\text{ mA}$	25°C	150	400	150	400	150	500	mV		
		Full range	700			700				700	
$I_{OL}$ Low-level output current	$V_{ID} = -1\text{ V}$ , $V_{OL} = 1.5\text{ V}$	25°C	6	16	6	16	6	16	mA		
$I_{CC}$ Supply current (four comparators)	$V_O = 2.5\text{ V}$ , No load $V_{CC} = 30\text{ V}$ , $V_O = 15\text{ V}$ , No load	25°C	0.8	2	0.8	2	0.8	2	mA		
			1			2.5					

† Full range (MIN to MAX) for LM239 and LM239A is  $-25^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ , for LM339 and LM339A is  $0^\circ\text{C}$  to  $70^\circ\text{C}$ , and for LM2901 is  $-40^\circ\text{C}$  to  $125^\circ\text{C}$ . All characteristics are measured with zero common-mode input voltage unless otherwise specified.

switching characteristics,  $V_{CC} = 5\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Response time	$R_L$ connected to 5 V through 5.1 k $\Omega$ , $C_L = 15\text{ pF}$ , See Note 5	100-mV input step with 5-mV overdrive			$\mu\text{s}$
		TTL-level input step			

‡  $C_L$  includes probe and jig capacitance.

NOTE 5: The response time specified is the interval between the input step function and the instant when the output crosses 1.4 V.

LM239, LM339, LM239A, LM339A, LM2901  
QUADRUPLE DIFFERENTIAL COMPARATORS

# LM193, LM293, LM393, LM293A, LM393A, LM2903 DUAL DIFFERENTIAL COMPARATORS

D2232, JUNE 1976—REVISED NOVEMBER 1988

- Single Supply or Dual Supplies
- Wide Range of Supply Voltage ... 2 to 36 V
- Low Supply Current Drain Independent of Supply Voltage ... 0.5 mA Typ
- Low Input Bias Current ... 25 nA Typ
- Low Input Offset Current ... 3 nA Typ (LM139)
- Low Input Offset Voltage ... 2 mV Typ
- Common-Mode Input Voltage Range Includes Ground
- Differential Input Voltage Range Equal to Maximum-Rated Supply Voltage ...  $\pm 36$  V
- Low Output Saturation Voltage
- Output Compatible with TTL, MOS, and CMOS

## Description

These devices consist of two independent voltage comparators that are designed to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from dual supplies is also possible as long as the difference between the two supplies is 2 V to 36 V and pin 8 is at least 1.5 V more positive than the input common-mode voltage. Current drain is independent of the supply voltage. The outputs can be connected to other open-collector outputs to achieve wired-AND relationships.

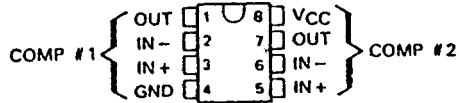
### AVAILABLE OPTIONS

SYMBOLIZATION		OPERATING TEMPERATURE RANGE	V <sub>IO</sub> MAX AT T <sub>A</sub> = 25°C
DEVICE	PACKAGE SUFFIX		
LM193	L, FK, JG	-55°C to 125°C	5 mV
LM293	D, JG, P	-25°C to 85°C	5 mV
LM293A	D, JG, P	-25°C to 85°C	2 mV
LM393	D, JG, P	0°C to 70°C	5 mV
LM393A	D, JG, P	0°C to 70°C	2 mV
LM2903	D, JG, P	-40°C to 125°C	7 mV

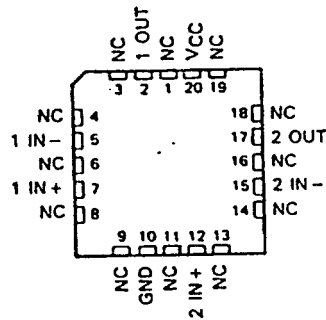
Pin 1 package is available in tape and reel. Add an R suffix when required. (e.g., LM393DR)

LM193 ... JG PACKAGE  
ALL OTHERS ... D, JG, OR P PACKAGE

(TOP VIEW)

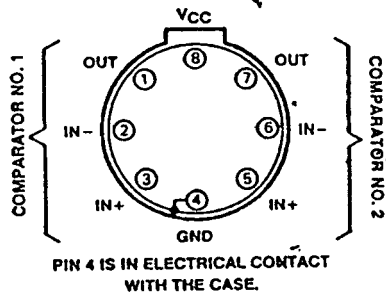


LM193 ... FK PACKAGE  
(TOP VIEW)

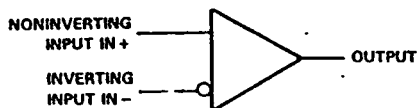


NC—No Internal Connection

LM193 ... L  
PLUG-IN PACKAGE  
(TOP VIEW)



symbol (each comparator)





Electrical characteristics at specified test conditions,  $V_{CC} = 5\text{ V}$  (unless otherwise noted).

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	LM193			LM293, LM393			LM293A, LM393A			LM2903			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$ Input offset voltage	$V_{CC} = 5\text{ V to }30\text{ V}$ , $V_{IC} = V_{ICR}$ , $V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	2	5	2	5	1	2	2	7				mV
		Full range		8		8		4		15				
$I_{IO}$ Input offset current	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	3	25	5	50	5	50	5	50	5	50		nA
		Full range		100		150		150		200				
$I_{IB}$ Input bias current	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	25	100	25	250	25	250	25	250	25	250		nA
		Full range		300		400		400		500				
$V_{ICR}$ Common-mode input voltage range‡		25°C	0 to $V_{CC}-1.5$		0 to $V_{CC}-1.5$		0 to $V_{CC}-1.5$		0 to $V_{CC}-1.5$		0 to $V_{CC}-1.5$			V
		Full range	0 to $V_{CC}-2$		0 to $V_{CC}-2$		0 to $V_{CC}-2$		0 to $V_{CC}-2$		0 to $V_{CC}-2$			
$A_{VD}$ Large-signal differential voltage amplification	$V_{CC} = 15\text{ V}$ , $V_O = 1.4\text{ V to }11.4\text{ V}$ , $R_L \geq 15\text{ k}\Omega$ to $V_{CC}$	25°C	50	200	50	200	50	200	50	200	25	100		V/mV
$I_{OH}$ High-level output current	$V_{OH} = 5\text{ V}$ , $V_{IO} = 1\text{ V}^\S$ , $V_{CH} = 30\text{ V}$ , $V_{IO} = 1\text{ V}$	25°C		0.1	0.1	50	0.1	50	0.1	50	0.1	50		$\mu\text{A}$
		Full range		1		1		1		1		1		
$V_{OL}$ Low-level output voltage	$I_{OL} = 4\text{ mA}$ , $V_{IO} = -1\text{ V}$	25°C		150	400	150	400	150	400	150	400	150	400	mV
		Full range		700		700		700		700		700		
$I_{OL}$ Low-level output current	$V_{OL} = 1.5\text{ V}$ , $V_{IO} = -1\text{ V}$	25°C	6		6		6		6		6			mA
		25°C	0.8	1	0.8	1	0.8	1	0.8	1	0.8	1		mA
$I_{CC}$ Supply current	$R_L = \infty$	$V_{CC} = 5\text{ V}$												
		$V_{CC} = 30\text{ V}$	Full range	2.5		2.5		2.5		2.5		2.5		

† Full range (MIN to MAX) for LM193 is  $-55^\circ\text{C}$  to  $125^\circ\text{C}$ , for LM293 and LM293A is  $25^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ , for the LM393 and LM393A is  $0^\circ\text{C}$  to  $70^\circ\text{C}$ , and for LM2903 is  $-40^\circ\text{C}$  to  $125^\circ\text{C}$ . All characteristics are measured with zero common-mode input voltage unless otherwise specified.

‡ The voltage at either input or common-mode should not be allowed to go negative by more than  $0.3\text{ V}$ . The upper end of the common-mode voltage range is  $V_{CC} + 1.5\text{ V}$ , but either or both inputs can go to  $30\text{ V}$  without damage.

switching characteristics,  $V_{CC} = 5\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
		Response time	$R_L$ connected to $5\text{ V}$ through $5.1\text{ k}\Omega$ , $C_L = 15\text{ pF}$ , See Note 4		
			0.3		

§  $C_L$  includes probe and jig capacitance.

NOTE 4: The response time specified is the interval between the input step function and the instant when the output crosses  $1.4\text{ V}$ .

LM193, LM293, LM393, LM293A, LM393A, LM2903  
DUAL DIFFERENTIAL COMPARATORS

**LM158, LM258, LM358**  
**LM258A, LM358A, LM2904**  
**DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS**  
D2231, JUNE 1976—REVISED AUGUST 1988

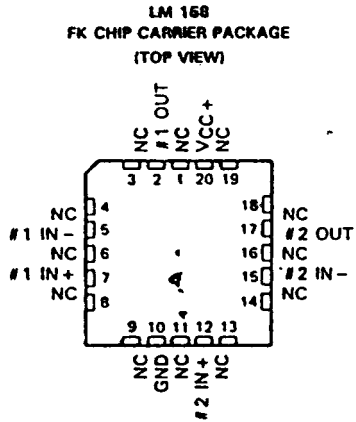
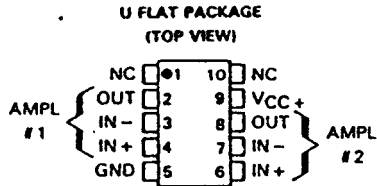
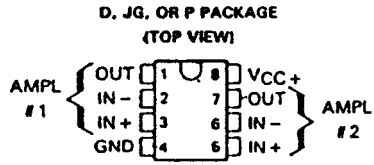
- **Wide Range of Supply Voltages:**  
 Single Supply . . . 3 V to 30 V  
 (LM2904 . . . 3 V to 26 V),  
 or Dual Supplies
- **Low Supply Current Drain Independent of Supply Voltage . . . 0.7 mA Typ**
- **Common-Mode Input Voltage Range**  
 Includes Ground Allowing Direct Sensing near Ground
- **Low Input Bias and Offset Parameters:**  
 Input Offset Voltage . . . 3 mV Typ  
 A Versions . . . 2 mV Typ  
 Input Offset Current . . . 2 nA Typ  
 Input Bias Current . . . 20 nA Typ  
 A Versions . . . 15 nA Typ
- **Differential Input Voltage Range Equal to Maximum-Rated Supply Voltage . . .  $\pm 32$  V**  
 ( $\pm 26$  V for LM2904)
- **Open-Loop Differential Voltage Amplification . . . 100 V/mV Typ**
- **Internal Frequency Compensation**

**description**

These devices consist of two independent, high-gain, frequency-compensated operational amplifiers that were designed specifically to operate from a single supply over a wide range of voltages. Operation from split supplies is also possible so long as the difference between the two supplies is 3 V to 30 V (3 V to 26 V for the LM2904), and the VCC pin is at least 1.5 V more positive than the input common-mode voltage. The low supply current drain is independent of the magnitude of the supply voltage.

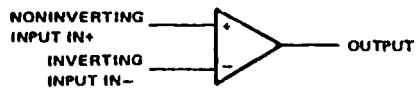
Applications include transducer amplifiers, d-c amplification blocks, and all the conventional operational amplifier circuits that now can be more easily implemented in single-supply-voltage systems. For example, these devices can be operated directly off of the standard 5-V supply that is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring additional  $\pm 15$ -V supplies.

The LM158 is characterized for operation over the full military temperature range of  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $125^{\circ}\text{C}$ . The LM258 and LM258A are characterized for operation from  $-25^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ , the LM358 and LM358A from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $70^{\circ}\text{C}$ , and the LM2904 from  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $105^{\circ}\text{C}$ .



NC—No internal connection

**schematic (each amplifier)**



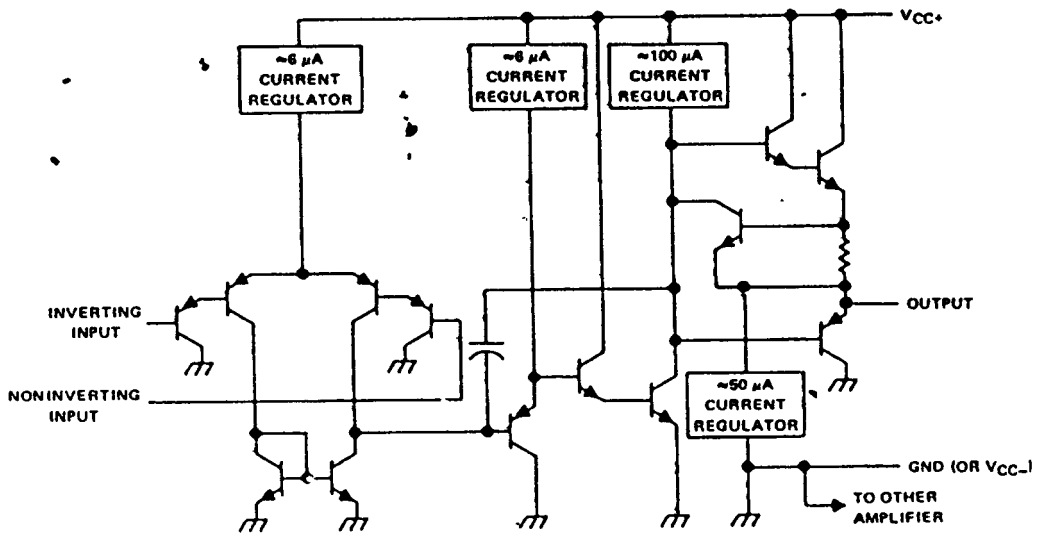
**LM158, LM258, LM358, LM258A, LM358A, LM2904**  
**DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS**

**AVAILABLE OPTIONS**

T <sub>A</sub>	V <sub>IO</sub> MAX AT 25°C	PACKAGE				
		SMALL OUTLINE (D)	CHIP CARRIER (FK)	CERAMIC DIP (JG)	PLASTIC DIP (P)	FLAT PACK (U)
0°C to 70°C	7 mV  3 mV	LM358D  LM358AD	—	LM358JG  LM358AJG	LM358P  LM358AP	—
-25°C to 85°C	5 mV  3 mV	LM258D  LM258AD	—	LM258JG  LM258AJG	LM258P  LM258AP	—
-40°C to 105°C	7 mV	LM2904D	—	LM2904JG	LM2904P	—
-55°C to 125°C	5 mV	—	LM158FK	LM158JG	—	LM158U

The D package is available taped and reeled. Add the suffix R to the device type. (e.g., LM358DR)

schematic (each amplifier)



**LM158, LM258, LM358, LM258A, LM358A, LM2904  
DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS**

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

		LM158, LM258, LM258A LM358, LM358A	LM2904	UNIT
Supply voltage, $V_{CC}$ (see Note 1)		32	28	V
Differential voltage (see Note 2)		$\pm 32$	$\pm 28$	V
Input voltage range (either input)		0.3 to 32	0.3 to 28	V
Duration of output short-circuit (one amplifier) to ground at (or below) 25°C free-air temperature ( $V_{CC} \leq 15$ V) (see Note 3)		unlimited	unlimited	
Continuous total dissipation		See Dissipation Rating Table		
Operating free-air temperature range	LM158	-55 to 125		°C
	LM258, LM258A	-25 to 85		
	LM358, LM358A	0 to 70		
	LM2904		-40 to 105	
Storage temperature range		-65 to 150	-65 to 150	°C
Case temperature for 60 seconds		FK package		260
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds		JG, or U package		300
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds		D or P package		260

- NOTES: 1. All voltage values, except differential voltages, and  $V_{CC}$  specified for measurement of  $I_{OS}$ , are with respect to the network ground terminal.  
 2. Differential voltages are at the noninverting input terminal with respect to the inverting input terminal.  
 3. Short circuits from outputs to  $V_{CC}$  can cause excessive heating and eventual destruction.

DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$ POWER RATING	DERATING FACTOR ABOVE $T_A = 25^\circ\text{C}$	$T_A = 70^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 85^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 125^\circ\text{C}$ POWER RATING
D	725 mW	5.8 mW/°C	464 mW	377 mW	—
FK	1375 mW	11.0 mW/°C	880 mW	715 mW	275 mW
JG (LM158)	1050 mW	8.4 mW/°C	672 mW	546 mW	210 mW
JG (all others)	825 mW	6.6 mW/°C	528 mW	429 mW	—
P	1000 mW	8.0 mW/°C	640 mW	520 mW	—
U	675 mW	5.4 mW/°C	432 mW	351 mW	135 mW

electrical characteristics at specified free-air temperature,  $V_{CC} = 5\text{ V}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS <sup>1</sup>	LM158, LM258			LM358			LM2904			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$ Input offset voltage	$V_{CC} = 5\text{ V to MAX.}$ $V_{IC} = V_{ICR\text{ min.}}$ $V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	3	5	3	7	3	7	mV		
		Full range		7		9		10			
$\alpha_{VIO}$ Average temperature coefficient of input offset voltage		Full range		7		7		7	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$		
$I_{IO}$ Input offset current	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C		2	30	2	50	2	50	nA	
		Full range			100		150		200		
$\alpha_{IIO}$ Average temperature coefficient of input offset current		Full range		10		10		10	$\text{pA}/^\circ\text{C}$		
$I_{IB}$ Input bias current	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C		-20	-150	-20	-250	-20	-250	nA	
		Full range			-300		-500		-500		
$V_{ICR}$ Common-mode input voltage range	$V_{CC} = 5\text{ V to MAX}$	25°C	0 to $V_{CC} - 1.5$		0 to $V_{CC} - 1.5$		0 to $V_{CC} - 1.5$		V		
		Full range	0 to $V_{CC} - 2$		0 to $V_{CC} - 2$		0 to $V_{CC} - 2$				
$V_{OH}$ High-level output voltage	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $V_{CC} = \text{MAX.}$ $R_L = 2\text{ k}\Omega$ $V_{CC} = \text{MAX.}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	25°C	$V_{CC} - 1.5$		$V_{CC} - 1.5$		$V_{CC} - 1.5$		V		
		25°C						$V_{CC} - 1.5$			
		Full range	26		26		22				
		Full range	27	28	27	28	23	24			
$V_{OL}$ Low-level output voltage	$R_L \leq 10\text{ k}\Omega$	Full range		5	20		5	20	mV		

LM158, LM258, LM358, LM2904  
DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS

AVD	Large-signal differential voltage amplification	VCC = 15 V, VO = 1 V to 11 V, RL = ≥ 2 kΩ	25°C	50	100	25	100	100	mV	
			Full range	25		15		15		
CMRR	Common-mode rejection ratio	VCC = 5 V to MAX, VIC = VICR min	25°C	70	80	65	80	50	80	dB
kSVR	Supply voltage rejection ratio (ΔVCC/ΔVIO)	VCC = 5 V to MAX	25°C	65	100	65	100	50	100	dB
VO1/VO2	Crosstalk attenuation	f = 1 kHz to 20 kHz	25°C		120		120		120	dB
IO	Output current	VCC = 15 V, VID = 1 V, VO = 0	25°C	-20	-30	-20	-30	-20	-30	mA
			Full range	-10		-10		-10		
		VCC = 15 V, VID = -1 V, VO = 5 V	25°C	10	20	10	20	10	20	
			Full range	5		5		5		
		VID = -1 V, VO = 200 μV	25°C	12	30	12	30	30	μA	
IOS	Short-circuit output current	VCC at 5 V, GND at -5 V, VO = 0	25°C		±40 ±80		±40 ±60		±40 ±60	mA
ICC	Supply current (two amplifiers)	VO = 2.5 V, No load	Full range		0.7	1.2		0.7	1.2	mA
			VCC = MAX, VO = 0.5 VCC, No load	Full range		1	2		1	

<sup>1</sup> All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode input voltage unless otherwise specified. "MAX" VCC for testing purposes is 26 V for LM2904, 30 V for the others. Full range is -55°C to 125°C for LM158, -25°C to 85°C for LM258, 0°C to 70°C for LM358, and -40°C to 105°C for LM2904.

LM158, LM258, LM358, LM2904  
DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS

LM258A, LM358A  
DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS

electrical characteristics at specified free-air temperature,  $V_{CC} = 5\text{ V}$  (unless otherwise noted)

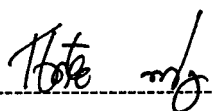
PARAMETER	TEST CONDITIONS <sup>1</sup>	LM258A			LM358A			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$ Input offset voltage	$V_{CC} = 5\text{ V to }30\text{ V}$ $V_{IC} = V_{ICR}\text{ min.}$ $V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	2	3	2	3	mV	
		Full range		4		5		
$\alpha V_{IO}$ Average temperature coefficient of input offset voltage		Full range	7	15	7	20	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
$I_{IO}$ Input offset current	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	2	15	2	30	nA	
		Full range		30		75		
$\alpha I_{IO}$ Average temperature coefficient of input offset current		Full range	10	200	10	300	$\text{pA}/^\circ\text{C}$	
$I_{IB}$ Input bias current	$V_O = 1.4\text{ V}$	25°C	-15	-80	-15	-100	nA	
		Full range		-100		-200		
$V_{ICR}$ Common-mode input voltage range	$V_{CC} = 30\text{ V}$	25°C	0 to $V_{CC} - 1.5$		0 to $V_{CC} - 1.5$		V	
		Full range	0 to $V_{CC} - 2$		0 to $V_{CC} - 2$			
$V_{OH}$ High-level output voltage	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	25°C	$V_{CC} - 1.5$		$V_{CC} - 1.5$		V	
	$V_{CC} = 30\text{ V},$ $R_L = 2\text{ k}\Omega$	Full range	26		26			
	$V_{CC} = 30\text{ V},$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	Full range	27	28	27	28		
$V_{OL}$ Low-level output voltage	$R_L \leq 10\text{ k}\Omega$	Full range		5 20		5 20	mV	

AVD	Large-signal differential voltage amplification	V <sub>CC</sub> = 15 V, V <sub>O</sub> = 1 V to 11 V, R <sub>L</sub> = ≥ 2 kΩ	25°C	50	100	25	100	V/mV		
			Full range	25		15				
CMRR	Common-mode rejection ratio		25°C	70	80	65	80	dB		
kSVR	Supply voltage rejection ratio ( $\Delta V_{CC}/\Delta V_{IO}$ )		25°C	65	100	65	100	dB		
V <sub>O1</sub> /V <sub>O2</sub>	Crosstalk attenuation	f = 1 kHz to 20 kHz	25°C	120		120		dB		
I <sub>O</sub>	Output current	V <sub>CC</sub> = 15 V, V <sub>ID</sub> = 1 V, V <sub>O</sub> = 0	25°C	20	30	60	20	30	60	mA
			Full range	10			10			
		V <sub>CC</sub> = 15 V, V <sub>ID</sub> = -1 V, V <sub>O</sub> = 15 V	25°C	10	20		10	20		μA
			Full range	5			5			
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current	V <sub>CC</sub> at 5 V, GND at -5 V, V <sub>O</sub> = 0	25°C	±40	±60	±40	±60	mA		
I <sub>CC</sub>	Supply current (two amplifiers)	V <sub>O</sub> = 2.5 V, No load	Full range	0.7	1.2	0.7	1.2	mA		
		V <sub>CC</sub> = 30 V, V <sub>O</sub> = 15 V, No load	Full range	1	2		2			

† All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode input voltage unless otherwise specified. Full range is -25°C to 85°C for LM258A and 0°C to 70°C to LM358A.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำตลอดจนความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี จากท่านอาจารย์ ผศ. สุชาติ คุ้มทวีเทพ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และท่านอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษา ตลอดจนเพื่อนร่วมงานที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง และช่วยให้คำแนะนำในการทำรายงาน ซึ่งผู้จัดทำขอขอบคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง



(นายไชยชัย ทองโสภะ)



(นายทรงเดช ทองมูล)

## หนังสืออ้างอิง

1. ยืน ภู่วรวรรณ, “อิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรม”, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อุดมศักดิ์ ชัยปิ่น, “POWER ELETRONICS 1”, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
3. ประดิษฐ์ ประณายนันทน์, ปิยพงศ์ เผ่าวณิช, “คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51”, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , พ.ศ. 2536