

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

Lighting Energy Saver for Fluorescent Lamp



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...104032...
วัน,เดือน,ปี...2.8.ค.ค. 2552

b. 12106094
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

Lighting Energy Saver for Fluorescent Lamp



ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

Lighting Energy Saver for Fluorescent Lamp



โดย
นายนฤคม สกตวิไลกิจเจริญ
นายเอกสิทธิ์ สุริยะรังสี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

Lighting Energy Saver for Fluorescent Lamp



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

Lighting Energy Saver for Fluorescent Lamp

โดย

นายนฤคม สกุลวิไลกิจเจริญ รหัส 48010430

นายเอกสิทธิ์ สุริยะรังสี รหัส 48011155

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.พลผดุง ผดุงกุล

ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

Lighting Energy Saver for Fluorescent Lamp

ผู้จัดทำ 1.นายณฤศม สกุณีวิไลกิจเจริญ รหัส 48010430 ชั้นปีที่ 4C

2.นายเอกสิทธิ์ สุริยะรังสี รหัส 48011155 ชั้นปีที่ 4C

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.พลผดุง ผดุงกุล



รายงานฉบับนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ..........อาจารย์ปรึกษา

(.....)

วันที่...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

นายณฤศม์ สกฤติโลกิจเจริญ รหัส 48010430

นายเอกสิทธิ์ สุริยะรังสี รหัส 48011155

ผศ.พลผดุง ผดุงกุล อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

โปรเจกต์นี้เป็นการออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้า สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการควบคุมการทำงานของสวิตช์ 2 ตัว เพื่อตัดสัญญาณชาน์ไฟ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ เป็นช่วงๆ โดยใช้ ความถี่ 2 กิโลเฮิร์ตซ์ เพื่อลดค่าแรงดันเฉลี่ย โดยการเปลี่ยนค่าของอัตราส่วนคิวตี้ไซเคิลของการตัดสัญญาณ ทำให้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ขับให้แก่หลอดฟลูออเรสเซนต์ลดลง เป็นการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 36 เปอร์เซ็นต์

ในวงจรที่ออกแบบจะมีส่วนที่ใช้ตรวจสอบระดับแรงดันไฟบ้าน เพื่อให้แรงดันที่ใช้งานสุดท้าย มีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามระดับไฟบ้านที่เข้ามา และวงจรตรวจสอบสัญญาณไฟตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lighting Energy Saver for Fluorescent Lamp

Mr.Narukom Sakoonvilaikidcharoen ID.48010430

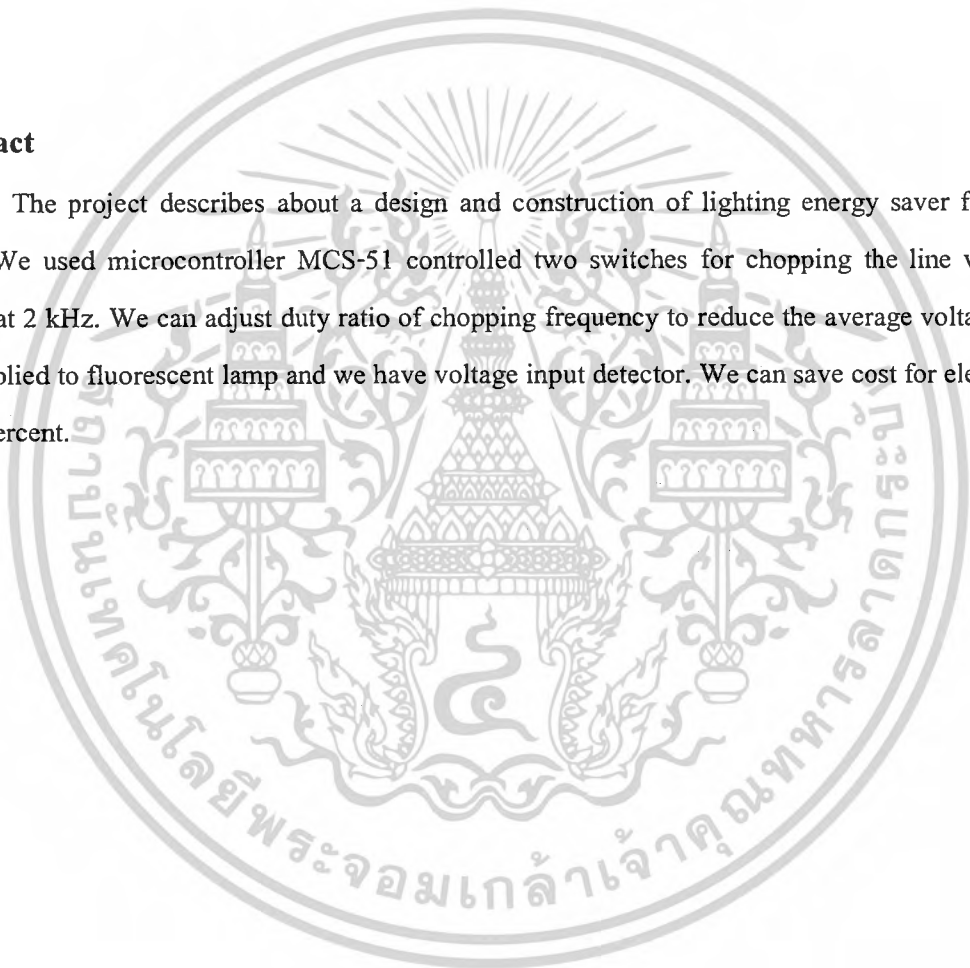
Mr.Ekkasit Suriyarungsee ID.48011155

Assist.Prof.Polpadung Padungkul Advisor

Educational Year 2008

Abstract

The project describes about a design and construction of lighting energy saver for fluorescent lamp. We used microcontroller MCS-51 controlled two switches for chopping the line voltage (220V 50Hz) at 2 kHz. We can adjust duty ratio of chopping frequency to reduce the average voltage and power that applied to fluorescent lamp and we have voltage input detector. We can save cost for electrical energy at 36 percent.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวคิดพื้นฐาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานหลอดเรืองแสงหรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)	2
2.2 หลักการทำงานเบื้องต้นของหลอดฟลูออเรสเซนต์	2
2.3 โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์	3
2.3.1 ด้วหลอด (Glass Tube)	4
2.3.2 ขั้วอิเล็กโทรด (Electrode)	5
2.3.3 ขั้วหลอด (Contact Pins)	5
2.3.4 สารเคลือบเรืองแสง (Phosphor)	5
2.4 สตาร์ทเตอร์ (Starter)	6
2.5 แบลลัสต์ (Ballast)	7
2.6 ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์	7
2.7 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	8
2.7.1 แนะนำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051	8
2.7.2 คุณสมบัติเบื้องต้นของ Microcontroller ในตระกูล MCS-51	9
2.7.3 ลักษณะการจัดขาภายนอกของ MCS-51	9
2.7.4 ขาที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	10
2.7.5 Machine Cycle	12
2.8 ไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ ใน MCS-51	13
2.8.1 ฐานเวลาของไทม์เมอร์	13
2.8.2 ลักษณะโหมดการทำงานของ Timer / Counter	14
2.8.3 โครงสร้างการอินเทอร์รัปต์ MCS-51	14
2.8.4 Interrupt Enable Register (IE Register)	15
2.8.5 Timer/Counter Control Register (TCON)	18
2.9 Reset Operation	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10	วงจรรขยายแบบไม่เชิงเส้น	21
2.10.1	วงจรเปรียบเทียบ	21
2.11	ไอจีบีทีเบื้องต้น (Introduction IGBT)	23
2.11.1	คุณสมบัติที่ดีของ ไอจีบีที	23
2.11.2	โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ ไอจีบีที	23
บทที่ 3	หลักการในการออกแบบวงจร	24
3.1	ส่วนประกอบทางด้านวงจรแสดงเป็นไดอะแกรมได้	24
3.2	หลักการทำงานโดยสังเขป	24
3.3	การหาค่า V_{rms} ของรูปไซน์ที่ถูกตัด	25
3.4	การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับ Hysteresis loop	26
3.5	การออกแบบวงจรภาคขับสวิตช์ IGBT	30
3.6	วงจรถัดแรงดันอินพุท	31
3.7	วงจรถัดสัญญาณขาด (Short Interruption)	33
3.8	อธิบายการทำงานของ Microcontroller ด้วย Flow Chart	34
บทที่ 4	การทดลองและบันทึกค่า	35
4.1	การทดลอง วัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ขณะป้อนแรงดันให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์	35
4.1.1	ผลการทดลอง	35
4.1.2	กราฟความสัมพันธ์ต่างๆ	36
4.2	การทดลอง วัดค่าความสว่าง แรงดัน กระแสที่หลอด กระแสไฟรวม เฟสชิป และอัตราควิดีเรโซ	39
4.3	รูปสัญญาณ จากการป้อนสัญญาณจากหม้อแปลงปรับค่า	40
4.4	ทดสอบรูปสัญญาณ ณ ตำแหน่งต่างๆ เมื่อมีการตัดสัญญาณไฟบ้าน	44
บทที่ 5	วงจรถัดออกแบบ	51
5.1	วงจรถัดโดยรวม	51
5.2	ลายวงจร	52
บทที่ 6	สรุปผลการทดลอง	54
	กิตติกรรมประกาศ	55
	หนังสืออ้างอิง	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

บทที่ 2

รูปที่ 2.1	โครงสร้างภายในของหลอดฟลูออเรสเซนต์	4
รูปที่ 2.2	สตาร์ทเตอร์	6
รูปที่ 2.3	แบลลัสต์	7
รูปที่ 2.4	IC MCS-51 (AT89S51)	9
รูปที่ 2.5	(ก) แสดงตัวอย่างการต่อสัญญาณนาฬิกาโดยตรงจากภายนอก (ข) แสดงการใช้ X-TAL ในการกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้กับ MCU	12
รูปที่ 2.6	แสดงการเปรียบเทียบไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์	14
รูปที่ 2.7	แสดงโครงสร้าง IE Register	15
รูปที่ 2.8	แสดงโครงสร้าง IP Register	16
รูปที่ 2.9	แสดงโครงสร้าง TCON Register	18
รูปที่ 2.10	วงจรรีเซ็ตอัตโนมัติ	19
รูปที่ 2.11	วงจรรีเซ็ตอัตโนมัติพร้อม Switch รีเซ็ต	20
รูปที่ 2.12	Basic Comparator	21
รูปที่ 2.13	วงจร Inverting Comparator	21
รูปที่ 2.14	วงจร Schmitt Trigger	22
รูปที่ 2.15	สัญลักษณ์และการเรียกชื่อขาของไอจีบีที	23

บทที่ 3

รูปที่ 3.1	บล็อกไดอะแกรมวงจรโดยรวม	24
รูปที่ 3.2	Schematic Diagram LM339	27
รูปที่ 3.3ก	Non-Inverting Comparator with Hysteresis	27
รูปที่ 3.3ข	Equivalent Circuit	27
รูปที่ 3.3ค	Non-Inverting Comparator with Hysteresis	28
รูปที่ 3.3ง	Non-Inverting Comparator with Hysteresis	28
รูปที่ 3.4	วงจรภาคขับเคลื่อน IGBT	30
รูปที่ 3.5	วงจรเช็คแรงดันอินพุท	31
รูปที่ 3.6	วงจรเช็คสัญญาณขาด	33
รูปที่ 3.7	Flow Chart แสดงการทำงาน โปรแกรม	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

บทที่ 4

รูปที่ 4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความสว่างกับแรงดันไฟฟ้า	36
รูปที่ 4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันคร่อมหลอดกับแรงดันไฟฟ้า	36
รูปที่ 4.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า	37
รูปที่ 4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มุมเฟสกับแรงดันไฟฟ้า	37
รูปที่ 4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า	38
รูปที่ 4.6	สัญญาณแรงดันไฟบ้าน	40
รูปที่ 4.7	สัญญาณแรงดันคร่อมหลอด	40
รูปที่ 4.8	สัญญาณแรงดันคร่อมบัลลาสต์	41
รูปที่ 4.9	สัญญาณกระแสผ่านหลอด Fluorescent	41
รูปที่ 4.10	เปรียบเทียบแรงดันไฟบ้าน กับ แรงดันคร่อมหลอด	42
รูปที่ 4.11	เปรียบเทียบแรงดันไฟบ้าน กับ กระแสที่ผ่านหลอด	42
รูปที่ 4.12	เปรียบเทียบแรงดันคร่อมหลอด กับ แรงดันคร่อมบัลลาสต์	43
รูปที่ 4.13	สัญญาณที่ไมโครคอนโทรลเลอร์พอร์ต P1.0 และ P1.1	44
รูปที่ 4.14	สัญญาณ Neither output ของ nor gate	44
รูปที่ 4.15	แสดงสัญญาณช่วง Dead Time	45
รูปที่ 4.16	สัญญาณSin ที่ถูกตัด ด้วยความถี่ 2 KHz	45
รูปที่ 4.17	Duty Cycle ของสัญญาณsin ที่ถูกตัด	46
รูปที่ 4.18	สัญญาณแรงดันที่คร่อมหลอด Fluorescent	46
รูปที่ 4.19	สัญญาณกระแสไฟบ้าน	47
รูปที่ 4.20	เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันไฟบ้าน กับสัญญาณกระแสไฟบ้าน	47
รูปที่ 4.21	สัญญาณกระแส ที่ผ่านหลอด Fluorescent	48
รูปที่ 4.22	เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันไฟบ้านที่ถูกตัด กับสัญญาณกระแสที่ผ่านหลอด	48
รูปที่ 4.23	เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันไฟบ้านที่ถูกตัด กับสัญญาณแรงดันคร่อมหลอด	49
รูปที่ 4.24	เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันคร่อมบัลลาสต์ กับสัญญาณแรงดันคร่อมหลอด	49
รูปที่ 4.25	เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันคร่อมหลอด กับสัญญาณกระแสผ่านหลอด	50

บทที่ 5

รูปที่ 5.1	วงจรอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้า	51
รูปที่ 5.2	วงจรอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้า (Top Layer)	52
รูปที่ 5.3	วงจรอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้า (Bottom Layer)	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

บทที่ 2

ตารางที่ 2.1 แสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์และสารเคลือบฟอสฟอรัสที่ใช้เคลือบผิว	6
ตารางที่ 2.2 แสดงหน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต 3 ของไมโครคอนโทรลเลอร์	11
ตารางที่ 2.3 แสดงชื่อสัญญาณอินเทอร์รัพต์	15
ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดการทำงานของ IE Register	16
ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดการทำงานของ IP Register	17
ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียดการทำงานของ TCON Register	18

บทที่ 4

ตารางที่ 4.1 การวัดค่าความสว่างของหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่แรงดันไฟฟ้าค่าต่างๆ	35
ตารางที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการทดลองครั้งที่ 1	39
ตารางที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการทดลองครั้งที่ 2	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดพื้นฐาน

เนื่องจากปัจจุบันมีการใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์อย่างกว้างขวาง ทั้งตามอาคาร บ้านเรือนหรือสำนักงานต่างๆทั่วไป จนถือได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในการดำเนินชีวิต ดังนั้นโครงการนี้จึงได้คิดประดิษฐ์อุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ขึ้นมา เพื่อช่วยในการประหยัดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานไฟฟ้า อีกทั้งยังเป็นทางเลือกในการลดการใช้พลังงานเพื่อช่วยประเทศชาติได้อีกทางหนึ่งด้วย

โดยหลักการทำงานของอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้า จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการควบคุมการทำงานของสวิตช์ (IGBT) 2 ตัว จะทำการตัดสัญญาณขายน้จากไฟบ้าน (220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์) เพื่อลดค่าแรงดันเฉลี่ย ทำให้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ขับให้แก่หลอดฟลูออเรสเซนต์ลดลง เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และสามารถควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าที่ขับให้แก่หลอด โดยการควบคุมค่าอัตราส่วนคิวตีไซเคิลของการตัดสัญญาณ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาต้นแบบของเครื่องประหยัดพลังงานไฟฟ้า สำหรับชุดหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบของเครื่องประหยัดพลังงานไฟฟ้า ที่ใช้สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังแบบนำกระแสได้สองทิศทาง
3. เพื่อออกแบบและพัฒนาส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และซอฟต์แวร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดจากไฟตก

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สร้างสัญญาณพัลส์จาก MCS-51 จำนวน 2 ชุดที่ คอมพลิเมนต์กันมีช่วง Dead time 3-4 ไมโครวินาที และ มีการเปลี่ยนแปลงอัตราคิวตีไซเคิล
2. นำสัญญาณจาก ไมโครฯมาควบคุมสวิตซ์เพื่อตัดสัญญาณไฟบ้าน จนได้แรงดันเฉลี่ยที่ต้องการ
3. ทดลองวัดความสว่างของหลอดไฟเมื่อแรงดันที่ป้อนให้กับหลอดลดลง พร้อมทั้งหารูปสัญญาณแรงดันไฟ, กระแส, ค่าแรงดันไฟเฉลี่ย, ค่ากระแสเฉลี่ย และกำลังไฟที่เกิดขึ้น
4. ทดลองวัดค่าความสว่างของหลอดไฟจากแรงดันที่ตัดเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งหารูปสัญญาณแรงดันไฟ, กระแส, แรงดันไฟเฉลี่ย, กระแสเฉลี่ย และกำลังไฟที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานหลอดเรืองแสงหรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)

ในปัจจุบันสามารถยอมรับได้เลยว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์จัดว่าเป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ได้รับความนิยมกันแพร่หลาย ในการใช้งานตามบ้านเรือนที่พักอาศัย เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างที่สูงพอสมควร และคุณภาพของแสงที่ออกมาที่เหมาะสมสำหรับการให้แสงสว่างทั่วไปจากเหตุผลข้างต้นจึงเป็นเหตุให้ถูกนำไปใช้ทดแทนแหล่งกำเนิดแสงสว่างแบบเดิม คือ หลอดเผาไส้ (Incandescent)

หลอดเรืองแสงหรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) ทำด้วยหลอดแก้วที่สูบน้ำออกจนหมดแล้วบรรจุไอปรอทไว้เล็กน้อย มีไส้ที่ปลายหลอดทั้งสองข้าง หลอดเรืองแสงอาจทำด้วยหลอดตรง หรือโค้งงอกลมก็ได้ ส่วนประกอบและการทำงานของหลอดเรืองแสง มี ดังนี้ ตัวหลอดภายในสูบน้ำออกจนหมดแล้วบรรจุไอปรอทและก๊าซอาร์กอนเล็กน้อย ผิวด้านในของหลอดเรืองแสงฉาบด้วยสารเรืองแสงชนิดต่างๆ แล้วแต่ความต้องการให้เรืองแสงเป็นสีใด เช่น ถ้าต้องการให้เป็นสีเขียว ต้องฉาบด้วยสารซิงค์ซิลิเกต แสงสีขาวแกมฟ้าฉาบด้วยแมกเนเซียมทั้งสเดิน แสงสีชมพูฉาบด้วยแคดเมียมบอเรต เป็นต้น

จากข้อดีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ให้ประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างที่สูงเมื่อเทียบกับพลังงานที่ใช้ และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน จึงทำให้ได้มีการคิดค้น และผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ใหม่ๆ ออกมา ในปัจจุบันมากมายเพื่อที่จะทดแทนข้อเสียเดิมที่มีอยู่แล้ว เช่น ขนาดของหลอดที่ยังจัดได้ว่าค่อนข้างยาว และ เกะกะ โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับหลอดเผาไส้

2.2 หลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์

การทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์อาศัยพลังงานจากแสงอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งเกิดขึ้นจากไอปรอทที่บรรจุเอาไว้ในก๊าซเฉื่อย เช่น พวกก๊าซอาร์กอน คริปตอน หรือ นีออน ที่ความดันต่ำๆ ไอปรอทได้รับพลังงานจากแหล่งปลดปล่อยพลังงาน เพื่อกระตุ้นให้ไอปรอทปลดปล่อยพลังงานออกมา ซึ่งแสงอัลตราไวโอเล็ตที่เปล่งออกจากไอปรอทนี้จะกระทบเข้ากับผิวในของหลอดแก้วซึ่งฉาบไว้ด้วยสารเรืองแสงที่เรียกว่า ฟอสเฟอร์ (Phosphor) ตัวเรืองแสงนี้ก็จะทำหน้าที่เปลี่ยนแสงอัลตราไวโอเล็ตซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ให้กลายเป็นแสงสว่างที่ปรากฏแก่สายตาของมนุษย์

ตัวหลอดไฟนั้น จริงๆ แล้วก็คือ หลอดแก้วที่ภายในฉาบไว้ด้วยสารเรืองแสงจากนั้นก็จะถูกนำไปดูดเอาอากาศออก และปล่อยปรอทจำนวนเล็กน้อย และก๊าซเฉื่อยไว้ภายใน ที่ปลายทั้งสองของหลอดแก้ว จะมีขั้วไฟฟ้าที่เรียกว่า อิเล็กโทรด (Electrode) เมื่อเปิดสวิตซ์ให้กระแสไฟไหลผ่านหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต่อ2อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟลูออเรสเซนซ์ ทางเดินของกระแสผ่านขั้วอิเล็กโทรดจะทำให้ขั้วอิเล็กโทรดร้อน และปล่อยอิเล็กตรอนออกมา ซึ่งอิเล็กตรอนนี้จะออกมาจากสารปล่อยอิเล็กตรอน (Emissive Material) ซึ่งเคลือบไว้บนไส้หลอด นอกเหนือจากอิเล็กตรอนที่ปล่อยออกมาโดยความร้อน ก็ยังมีอิเล็กตรอนที่ถูกปล่อยออกมาเนื่องจากความแตกต่าง ของค่าแรงดัน ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดอีกขั้วหนึ่ง ก่อให้เกิดลำอิเล็กตรอน หรือ อาร์ค ซึ่งเคลื่อนที่ผ่านไอของปรอททำให้ไอของปรอทได้รับพลังงานจากอิเล็กตรอน และทำให้หลอดได้รับความร้อน และเพิ่มค่าแรงดันไอปรอทจนถึงจุดที่หลอดจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด

สภาวะที่เกิดขึ้นภายในหลอดแก้วนี้จะมีคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับค่าความดันของก๊าซที่อยู่ภายใน และค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดทั้งสอง คุณสมบัติที่สำคัญก็คือการก่อให้เกิดแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและอัลตราไวโอเล็ต เมื่ออิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ชนกับอะตอมของไอปรอท และทำให้อิเล็กตรอนของไอปรอทกระเด็นออกจากวงโคจรของมัน อิเล็กตรอนที่หลุดกระเด็นออกมาเหล่านี้พยายามที่จะกลับคืนเข้าสู่วงโคจรเดิม ดังนั้นมันจะปล่อยพลังงานที่มันได้รับออกมาก่อนที่จะเข้าสู่สถานะเดิม พลังงานที่มันปลดปล่อยออกมาส่วนใหญ่แล้วจะเป็นแสงอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่น 253.7 nm

แสงอัลตราไวโอเล็ตนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นแสงที่ตาสามารถมองเห็นได้โดยสารเรืองแสง ซึ่งจะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตเอาไว้และปล่อยแสงซึ่งมีความยาวคลื่นมากกว่าตามนุษย์เห็นได้ออกมา หรืออาจกล่าวได้ว่า ตัวสารเรืองแสงนี้จะถูกกระตุ้นให้เปล่งแสงออกมา โดยแสงอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่นที่เหมาะสม สีของแสงที่ได้จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของสารที่ใช้ภายในของหลอดแก้ว

2.3 โครงสร้างของหลอดฟลูออเรสเซนซ์

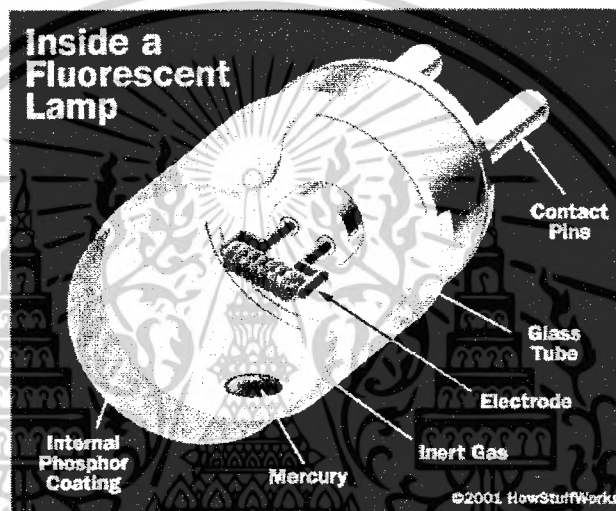
หลอดฟลูออเรสเซนซ์เป็นหลอดที่ผนึกไว้อย่างดี ภายในบรรจุด้วยปรอท และก๊าซเฉื่อยความดันต่ำ ปกติใช้ ก๊าซอาร์กอน ภายในหลอดเคลือบด้วยฟอสฟอรัส มีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าสลับ

เมื่อกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านเข้าไปในขั้วหลอด มีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นระหว่างขั้วหลอด พลังงานไฟฟ้าจะเปลี่ยนสถานะของปรอทจากของเหลวเป็นก๊าซ กระแสของอิเล็กตรอนชนเข้ากับอะตอมของปรอท กระตุ้นให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนจากวงโคจรต่ำไปสู่วงโคจรสูงชั่วคราว มันจะเปลี่ยนระดับพลังงานเข้าสู่วงโคจรเดิม ปล่อยเป็นแสงออกมา

ลักษณะการจัดเรียงอิเล็กตรอนของปรอท ทำให้ปล่อยแสงในช่วงอัลตราไวโอเล็ต ตาของเราไม่สามารถมองเห็นได้ เป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ต้องฉาบฟอสฟอรัสไว้ อะตอมของฟอสฟอรัสเมื่อถูกแสงอัลตราไวโอเล็ตกระตุ้น อิเล็กตรอนจะกระโดดเข้าสู่ชั้นพลังงานสูง และตกลงสู่วงโคจรเดิม ปล่อยเป็นแสงออกมา ให้แสงสีขาว สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ผู้ผลิตบางรายผสมสีให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต่อ3ข้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสฟอรัส ทำให้ได้แสงสีอื่น หลอดไฟมีไส้ ให้แสงในย่านอัลตราไวโอเล็ต ออกมามาก แต่ไม่มีตัวเปลี่ยนความยาวคลื่น ทำให้สูญเสียไปกลับความร้อน ส่วนหลอดฟลูออเรสเซนต์มีฟอสฟอรัส ช่วยเปลี่ยนเป็นแสงที่ตามองเห็น ด้วยเหตุผลนี้หลอดฟลูออเรสเซนต์จึงมีประสิทธิภาพมากกว่า

แม้ว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีหลายขนาดและหลายรูปร่าง แต่รูปร่างที่พบบันมากที่สุดก็คือหลอดท่อกลมที่มีขั้วหลอดและฐานขั้วหลอดอยู่ที่ปลายทั้งสองข้างของหลอด ภายในหลอดจะบรรจุไว้ด้วยปรอทจำนวนเล็กน้อย และก๊าซเฉื่อย ซึ่งส่วนมากจะเป็นก๊าซอาร์กอน หรือส่วนประกอบ ก๊าซอื่นๆ และสารเคลือบเรืองแสง ส่วนประกอบอื่นๆ ของหลอดมีดังนี้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในของหลอดฟลูออเรสเซนต์

2.3.1 ตัวหลอด (Glass Tube)

ขนาดและรูปร่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะได้รับการกำหนดโดยรหัสที่ประกอบด้วยตัว T (ซึ่งหมายความว่าหลอดท่อกลม คือ T มาจากคำว่า Tubular) จากนั้นจะตามด้วยตัวเลขซึ่งแสดงเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดเป็นเศษส่วน 8 ของ 1 นิ้ว หลอดจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกันไป ตั้งแต่หลอด T5 (เศษ 5 ส่วน 8 นิ้ว) จนถึง T17 (2 เศษ 1 ส่วน 8 นิ้ว) สำหรับขนาดความยาวโดยทั่วไปจะมีแตกต่างกันตั้งแต่ 6 นิ้วไปจนถึง 96 นิ้ว ซึ่งจะวัดตั้งแต่ขาหรือ หลอดข้างหนึ่งไปยังขาอีกข้างหนึ่ง

2.3.2 ขั้วอิเล็กโทรด (Electrode)

ขั้วอิเล็กโทรดที่ตอนปลายของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะเป็นขดลวดทั้งสแตนท์ที่นำมาขดซ้อนๆ กัน และฉาบไว้ด้วยสารชนิดที่จะปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมาซึ่งอาจจะได้แก่ แบเรียม, สตรอนเทียม และแคลเซียมออกไซด์ สารที่กล่าวมานี้จะปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมาเมื่อได้รับความร้อนถึงจุดทำงานของมันที่จะตกประมาณ 950 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมินี้อิเล็กตรอนจะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างอิสระโดยมีจำนวนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่สูญเสียไปที่แคโทด การปลดปล่อยอิเล็กตรอนออกมานี้เรียกว่า Thermionic Emission เนื่องจากความร้อนเป็นตัวที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอนมากกว่า แรงดันไฟฟ้าแคโทดชนิดนี้ เราเรียกว่า แคโทดร้อน (Hot Cathode) ซึ่งต้องการแรงดันไฟฟ้าที่ก่อให้เกิด ล้ออิเล็กตรอนภายในหลอดไม่มากนัก

2.3.3 ขั้วหลอด (Contact Pins)

ขั้วของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะแตกต่างกันตามชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เช่น สำหรับ ชนิด Preheat และ Rapid Start จะต้องการขั้วสองขั้วที่แต่ละข้างของหลอด ดังนั้นตัวรับขั้วหลอดจึงต้องเป็นชนิดสองขั้วด้วย ซึ่งมีอยู่ 3 ขนาด คือ ขนาดจิ๋วสำหรับหลอด T-5, ขนาดกลางสำหรับหลอด T-8 และ F-12 และชนิดใหญ่สำหรับหลอด T-17 ส่วนหลอดชนิดวงกลมนั้น ตัวหลอดจะมาบรรจบกันเป็นวงกลม ดังนั้นจะมีส่วนหนึ่งซึ่งเป็นขั้วหลอด ซึ่งมีขาอยู่ 4 ขา ส่วนหลอดชนิด High output และ Very high output จะมีขั้วชนิดยุบลงไป (Recessed double contact) ส่วนหลอดชนิด Slimline หรือ Instant Start นั้นจะต้องการขั้วไฟฟ้าเพียงสองขั้วเท่านั้นคือ ที่ปลายแต่ละข้างเพียงขั้วเดียว และตัวรับขั้วหลอดก็เป็น ชนิดขั้วเดียว ส่วนหลอดชนิด Sign line จะมีขั้วที่เป็นขาชนิดเดียว (Shrouded single pin: SSP)

2.3.4 สารเคลือบเรืองแสง (Phosphor)

สีของแสงสว่างที่เปล่งออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทางเคมีของ สารเรืองแสงที่ใช้ฉาบภายในของหลอดฟลูออเรสเซนต์ การใช้ส่วนผสมที่แตกต่างกันไป จะทำให้ หลอดฟลูออเรสเซนต์มีสีแตกต่างกัน ซึ่งหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีอยู่หลายสี เช่น สีขาว สีน้ำเงิน สีเขียว สีทอง สีชมพู และสีแดง เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ได้รับการฉาบสารเรืองแสงนี้ เพื่อให้ได้แสงที่เหมาะสมต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช หรือให้แสงสีชนิดพิเศษอื่นๆ อีกด้วย

สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้สีแตกต่างกัน กันนี้ เมื่อยังไม่เปิดสวิตซ์ไฟจะยังคงมีสี ขาวขุ่นๆ หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดสีน้ำเงินเข้ม สีทอง สีแดง และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่ใช้แสงเหมือนกับหลอดไส้ (Incandescent Fluorescent Lamp) ซึ่งหลอดเหล่านี้จะฉาบเม็ดสีขาวเอาไว้ภายในหลอดแก้วก่อนที่จะเคลือบสารเรืองแสงทับลงไป ส่วนชนิดที่ให้สีน้ำเงินออกไปทางดำ (Black

Light Blue) จะเป็นหลอดชนิดพิเศษที่กรองแสงสีที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าออกไป ซึ่งการใช้สารเคลือบเรืองแสงชนิดที่แตกต่างกันภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีผลทำให้เกิดสีดังแสดงในตารางที่ 2.1

สารฟอสฟอรัสที่ใช้	สีที่ได้จากหลอด
1. แคดเมียมบอไรต์ (Cadmium Borate)	ชมพู
2. แคลเซียมฮาโลฟอสเฟต (Calcium Halophosphate)	ขาว
3. แคลเซียมซิลิเกต (Calcium Silicate)	ส้ม
4. แคลเซียมทังสเตต (Calcium Tungstate)	น้ำเงิน
5. แมกนีเซียมเจอร์มาเนต (Magnesium Germanate)	แดง
6. แมกนีเซียมทังสเตต (Magnesium Tungstate)	ขาวน้ำเงิน
7. สตรอนเทียมแฮโลฟอสเฟต (Strontium Halophosphate)	เขียวอ่อน
8. ซิงกซิลิเกต (Zinc Silicate)	เขียว

ตารางที่ 2.1 แสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์สีและสารเคลือบฟอสฟอรัสที่ใช้เคลือบผิว

2.4 สตาร์ทเตอร์ (Starter)

ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไฟฟ้าอัตโนมัติของวงจร โดยต่อขนานกับหลอด ด้วยหลอดแก้วภายในบรรจุก๊าซนีออนและแผ่นโลหะคู่ที่งอตัวได้ เมื่อได้รับความร้อน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านก๊าซนีออน ก๊าซนีออนจะติดไฟเกิดความร้อนขึ้น ทำให้แผ่นโลหะคู่งอจนแตะติดกันทำให้กลายเป็นวงจรปิดทำให้กระแสไฟฟ้าผ่านแผ่นโลหะได้ครบวงจร ก๊าซนีออนที่ติดไฟอยู่จะดับและเย็นลง แผ่นโลหะคู่จะแยกออกจากกัน ทำให้เกิดความต้านทานสูงขึ้นอย่างทันทีซึ่งขณะเดียวกันกระแสไฟฟ้าจะผ่านไส้หลอดได้มากขึ้นทำให้ไส้หลอด ร้อนขึ้นมาก ปรอทก็จะเป็นไอมากขึ้นจนพอที่นำกระแสไฟฟ้าได้

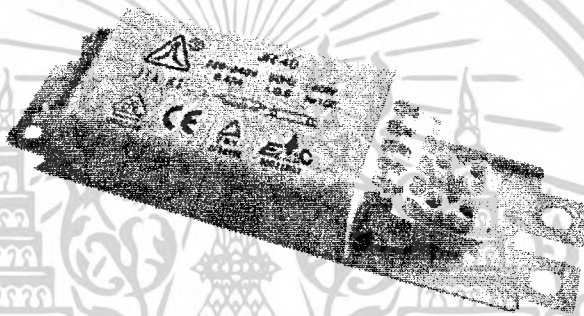


รูปที่ 2.2 สตาร์ทเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต่อ6อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 แบลลัสต์ (Ballast)

เป็นขดลวดที่พันอยู่บนแกนเหล็ก ขณะกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะเกิดการเหนี่ยวนำ แม่เหล็กไฟฟ้าทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น เมื่อแผ่น โลหะคู่ในสตาร์ทเตอร์แยกตัวออกจากกันนั้นจะเกิดวงจรเปิดชั่วขณะ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในแบลลัสต์จึงทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างไส้หลอดทั้งสองข้างสูงขึ้นเพียงพอ ที่จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไอปรอทจากไส้หลอดข้างหนึ่งไปยังไส้หลอดอีกข้างหนึ่งได้ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดจากแบลลัสต์นั้นจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลสวนทางกับกระแสไฟฟ้า จากขาน ทำให้กระแสไฟฟ้าที่วงจรไฟฟ้าในบ้าน ทำให้กระแสไฟฟ้าที่เข้าสู่วงจรของหลอดเรืองแสงลดลง



รูปที่ 2.3 แบลลัสต์

2.6 ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์

สามารถจำแนกหลอดฟลูออเรสเซนต์ตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ชนิดคือ ชนิดที่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ (Starter) และชนิดที่ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ ชนิดที่ใช้สตาร์ทเตอร์หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Preheat start จะใช้สตาร์ทเตอร์ทำหน้าที่อุ่นขั้วหลอดให้ร้อนประมาณ 2-3 วินาที แล้วจึงเปิดวงจร ซึ่งทำให้มีความต่างศักย์สูงที่ขั้วหลอด ทำให้ก๊าซที่บรรจุภายใน Discharge เกิดรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งทำให้ผงหรือฝุ่นฟลูออเรสเซนต์ที่เคลือบอยู่เรืองแสงขึ้นมา เมื่อไฟสว่างแล้วตัวบัลลาสต์จะเป็นตัวควบคุมความต่างศักย์ภายในให้สม่ำเสมอ ส่วนหลอดอีกชนิดเป็นชนิดที่ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ซึ่งมี 2 แบบ เรียกว่าชนิด Rapid start และชนิด Instant Start ซึ่งขบวนการก็คล้ายกับแบบใช้สตาร์ทเตอร์ แต่ไม่มีอุปกรณ์ที่ใช้แทนสตาร์ทเตอร์บรรจุอยู่ในขั้วหลอดเลย การจุดติดจะเร็วกว่าแบบใช้สตาร์ทเตอร์

2.7 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.7.1 แนะนำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051

ในอดีตงานควบคุมระบบต่างๆ ได้นำไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในงานควบคุม โดยในการใช้งานนั้น ต้องมีการต่อยอดกับอุปกรณ์ภายนอก จำพวกพอร์ต I/O หน่วยความจำข้อมูล (RAM) หน่วยความจำโปรแกรม (ROM) ทั้งยังมีชิปจำพวก UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) เพื่อให้ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยมีหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลจากรูปแบบขนาน (Parallel) ไปเป็นข้อมูลในรูปแบบอนุกรม (Series) สำหรับทำการส่งชุดข้อมูล และแปลงข้อมูลจากรูปแบบอนุกรมกลับเป็นรูปแบบขนานในขั้นตอนการรับข้อมูล ซึ่งจะเห็นว่าถ้าจะนำไมโครโปรเซสเซอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ดังกล่าวมาใช้ในระบบควบคุมโดยเฉพาะนั้น จะค่อนข้างยุ่งยากสิ้นเปลืองอุปกรณ์ร่วมต่างๆ เพื่อที่จะให้ครอบคลุมการใช้งานควบคุมที่มีประสิทธิภาพ ฉะนั้นจากปัญหาต่างๆที่ผ่านมา จึงทำให้มีบริษัทผู้ผลิตชิปไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ดังกล่าวได้ทำการพัฒนา และผลิตชิปที่มีการรวมคุณสมบัติต่างๆ เอาไว้ครบเพื่องานควบคุมโดยเฉพาะ

โดยในชิปจะประกอบไปด้วย ไมโครโปรเซสเซอร์, พอร์ต, I/O, หน่วยความจำข้อมูลขนาดเล็ก ตลอดจนอาจจะมีพอร์ตใช้งานในการรับส่งข้อมูล (UART) และหน่วยความจำโปรแกรม (ROM) เข้าไปด้วยภายในชิปเพื่อใช้ในระบบควบคุมอย่างเต็มประสิทธิภาพสามารถประยุกต์ใช้งานง่ายและประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอุปกรณ์เสริมต่างๆ ชิปที่รวมคุณสมบัติต่างๆดังกล่าวมาข้างต้นจึงถูกเรียกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller Unit; MCU) โดยบริษัทผู้ผลิตได้ผลิต MCU ออกมาหลายรูปแบบ ซึ่งจะมีคุณสมบัติและความสามารถที่แตกต่างกันเพื่อให้เหมาะสมกับงานในรูปแบบต่างๆ จึงทำให้มีการแยกประเภทของ MCU ออกเป็นตระกูลๆ หรือเบอร์ต่างๆ โดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของ MCU นั้นและบริษัทผู้ผลิตเอง โดยตระกูลที่ได้รับความนิยมและเป็นที่ยอมรับกันกว้างขวางคือไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ได้มีการผลิตครั้งแรกโดยบริษัท Intel และใช้ชื่อว่า MCS-51 ซึ่งปรากฏว่านิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 16 บิตต่อมาได้มีหลายบริษัทที่รับลิขสิทธิ์จากบริษัท Intel ให้มีการนำ MCS-51 ไปผลิตเพื่อจำหน่าย ทำให้เกิด 8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์ CHIP หลาย SERIES จำนวนมากขึ้นมาซึ่งผู้บริโภคสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสม ของลักษณะงาน

2.7.2 คุณสมบัติเบื้องต้นของ Microcontroller ในตระกูล MCS-51

1. มี Core CPU ที่เป็น 8-Bit และชุดคำสั่งที่เหมาะสมในงานควบคุม และสามารถประมวลผลทาง Logic กับข้อมูลในระดับ BIT ได้
2. มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (RAM) 128 Bytes ภายใน และรองรับการใช้งานของหน่วยความจำ ข้อมูล ได้ถึง 64K
3. มีหน่วยความจำโปรแกรม 4K ภายใน และรองรับการใช้งานของหน่วยความจำ โปรแกรม ได้ถึง 64K
4. มี Port ที่เป็นได้ทั้ง I/O ทั้งหมด 4 port และสามารถใช้งานได้ในระดับ BIT
5. มีส่วน Timer / Counter ขนาด 16 Bit สองชุด สำหรับใช้ในการจับเวลา หรือนับจำนวน
6. มีพอร์ตควบคุมการสื่อสารอนุกรมแบบ Full Duplex UART สำหรับใช้ รับ/ส่ง ข้อมูลแบบอนุกรม
7. วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายใน
8. รับ Interrupt ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยมี 5 ตำแหน่งของ ISR และการ Interrupt โดยสามารถจัดระดับความสำคัญได้ 2 ระดับ
9. ตัวเลขทางคณิตศาสตร์ใช้ได้ทั้งระบบฐานสอง และฐานสิบหก

2.7.3 ลักษณะการจัดขาภายนอกของ MCS-51

P1.0	1	40	VCC
P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
(MOSI) P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	EA/VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

รูปที่ 2.4 IC MCS-51 (AT89S51)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต่อ 9 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 แสดงการจัดขาตามลักษณะภายนอกของชิป MCS-51 (AT89S51) ซึ่งจะมีการแบ่งกลุ่มจัดขาของ MCS-51 มีอยู่ 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มขาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง และสัญญาณนาฬิกา
2. กลุ่มขาสำหรับอ้างอิงแอดเดรสและรับส่งข้อมูล
3. กลุ่มขาที่ใช้ในการควบคุม
4. กลุ่มขาพอร์ตใช้งานแบบขนานและอนุกรมพอร์ตใช้งานบางพอร์ตจะทำหน้าที่ได้

กลุ่มขาพอร์ตแบบขนาน I/O ปกติในกรณี MCU ตัวนั้นมี EPROM ภายในตัวเป็นต้น รายละเอียดการทำงานตลอดจนโครงสร้างภายใน Microcontroller MCS-51 สามารถศึกษาได้จากคู่มือ หรือ Data Sheet การใช้งาน Microcontroller MCS-51

2.7.4 ขาที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1. ขา VCC เป็นขารับแรงดันไฟกระแสตรง +5 Vdc
2. ขา GND เป็นขากาวด์
3. พอร์ต 0 (Port 0) มี 8 บิต ได้แก่บิต P0.0 – P0.7 เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็น อินพุตพอร์ตต้องทำการเช็ตค่า 1 ไปยังพอร์ตเมื่อต้องการใช้งาน พอร์ตนั้นทั้งพอร์ตเป็นอินพุตในระดับบิต ก็สามารถกระทำได้โดยการเช็ตค่า 1 ไปยังแต่ละบิตที่ต้องการ ใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตในระดับ เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ตหรือแต่ละบิตเหล่านั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่นำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพีแดนซ์สูงได้ นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ต อินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก (EPROM, RAM) ได้อีกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์ค่า (A0-A7) ซึ่งจะใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์ สำหรับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต (D0-D7)
4. พอร์ต 1 (Port 1) มี 8 บิต ได้แก่บิต P1.0-P1.7 เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตหรืออินพุตในระดับบิต สามารถกระทำได้โดยวิธี เช่นเดียวกันกับพอร์ต 0 ข้างต้น
5. พอร์ต 2 (Port 2) มี 8 บิต ได้แก่ บิต P2.0-P2.7) เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตหรืออินพุตในระดับบิต สามารถกระทำได้ เช่นเดียวกันกับพอร์ต 0 ข้างต้น เช่นเดียวกันกับพอร์ต 0 นอกจากใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้ว มันยังถูกใช้งาน ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก (EPROM, RAM) ได้อีกด้วย โดยทำหน้าที่ในการอ้างตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูง (A8-A15)
6. พอร์ต (Port 3) มี 8 บิต ได้แก่บิต P3.0-P3.7 เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับ ใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตหรืออินพุตในระดับบิต สามารถกระทำได้เช่นเดียวกันกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตี 10 ำงอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต 0 ข้างต้น นอกจากจะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษต่างๆ ดังตารางที่ 2.2

7. ขารีสต (RST) ใช้สำหรับการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซ็ตต้องคงสถานะ high อย่างน้อยนาน 2 Machine cycle ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่

8. ขา ALE / PROG เป็นขาสัญญาณเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแล็ช (Latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (Address Latch Enable) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่เป็นอินพุตรับพัลส์ในการโปรแกรม (Program Pulse Input) ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็น EPROM

Pin Port	Discription
P3.0	RXD (Serial Input Port)
P3.1	TXD (Serial Output Port)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (External Interrupt 0)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (External Interrupt 1)
P3.4	T0 (Timer 0 External Input)
P3.5	T1 (Timer 1 External Input)
P3.6	$\overline{\text{RW}}$ (External Data Memory Write Strobe)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (External Data Memory Read Strobe)

ตารางที่ 2.2 แสดงหน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต 3 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

9. ขา PSEN (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบจำนวน 2 ครั้ง ในแต่ละ Machine Cycle แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะไม่มี การส่งสัญญาณ Strobe แต่อย่างใด

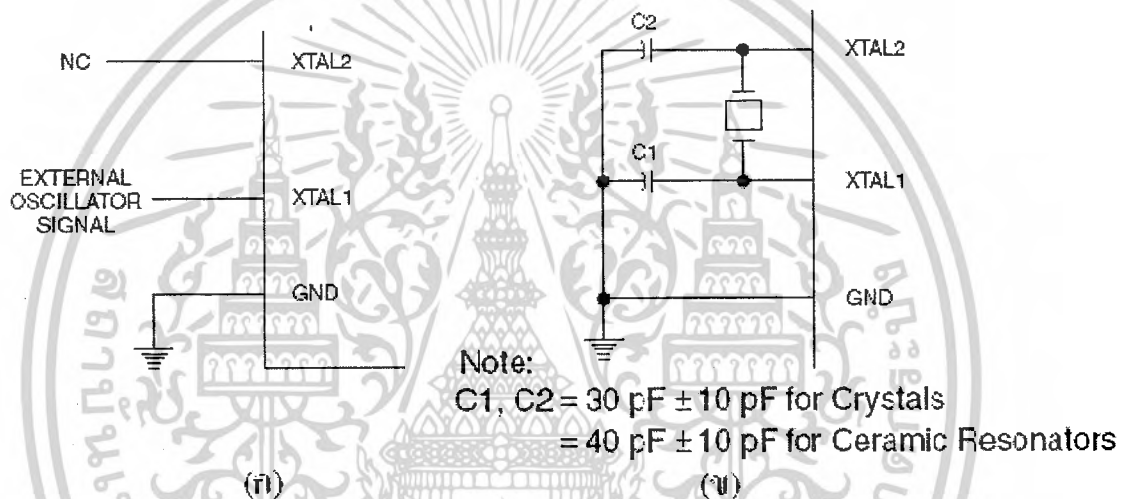
10. ขา EA/Vcc (External Access Enable/Vcc) เป็นขาสำหรับการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือจากภายนอก โดยมีสถานะเป็น 0 หรือ 1 จะหมายถึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก และภายในตามลำดับ อย่างไรก็ตามถ้าบิตป้องกัน (Security Bit) ในหน่วยความจำ EPROM ถูกโปรแกรมไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกเลย นอกจากนี้ ขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (Vcc) ขนาด 12 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรมหน่วยความจำโปรแกรม (EPROM) ภายในตัว MCU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้นฉบับอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ขา XTAL1 และขา XTAL2 เป็นขาใช้งานของวงจรรีจิสเตอร์ออสซิลเลเตอร์แอมพลิ-ไฟเออร์ (Inverting Oscillator Amplifier) สำหรับใช้ต่อร่วมกับคริสตอลภายนอก

2.7.5 Machine Cycle

ในการทำงานของ MCU นั้นจะถูกกำหนดความเร็วในการทำงานหรือการประมวลผลต่างๆ ด้วยสัญญาณนาฬิกา (Clock) ที่ป้อนให้กับ MCU ไม่ว่าจะเป็นการต่อสัญญาณนาฬิกาโดยตรง ซึ่งวิธีการนี้จะต้องคำนึงถึงชนิดหรือประเภทของ MCU นั้นๆ ด้วยว่าเป็น CMOS, CHMOS หรือ HMOS โดยแต่ละชนิดประเภทจะมีการต่อสัญญาณนาฬิกาโดยตรงที่แตกต่างกันไป



รูปที่ 2.5 (ก) แสดงตัวอย่างการต่อสัญญาณนาฬิกาโดยตรงจากภายนอก
 (ข) แสดงการใช้ X-TAL ในการกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้กับ MCU

จากรูปที่ 2.5 (ก) นั้นจะเป็นตัวอย่างการต่อสัญญาณนาฬิกาโดยตรงจากภายนอกสำหรับ MCU ชนิดประเภท CMOS, CHMOS โดยวิธีการต่อสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกวิธีนี้ออกจะยุ่งยาก และต้องระมัดระวังในการต่อใช้งาน วิธีที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 2.5 (ข) จะเป็นการใช้ X-TAL ในการกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้กับ MCU ซึ่งจะมีความแน่นอนและมีวงจรการใช้งานที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าวิธีแรก ควรคำนึงถึงการเลือกใช้ความถี่ของ X-TAL ให้เหมาะสมกับประเภทและชนิดของงาน เนื่องจาก X-TAL นั้นยังมีความถี่มากก็จะเป็นตัวกำเนิดสัญญาณรบกวนมากเช่นกัน (การแก้ไขสัญญาณรบกวนในเบื้องต้นนั้นให้ทำการ ชีลด์ (Shield) หรือ ต่อตัวถัง X-TAL ลงกราวด์ก็จะแก้ปัญหาสัญญาณรบกวนได้บ้าง) สัญญาณนาฬิกาจะเป็นตัวควบคุมการทำงาน การประมวลผลคำสั่งต่างๆ ของ MCU โดยในการประมวลผลคำสั่งของ MCS-51 จะทำงานเป็นรอบวัฏจักรของภาษาเครื่อง เรียกว่า Machine Cycle โดย 1 Machine Cycle จะใช้ช่วงเวลาในการทำงานเท่ากับคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาจำนวน 12 ลูก (12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้นฉบับอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oscillator period) จากคุณสมบัติข้างต้น สามารถคำนวณเวลาการทำงานใน 1 Machine Cycle ของ MCS-51 จากความถี่ของ X-TAL ที่เลือกนำมาใช้งานได้จากสมการ

$$1 \text{ Machine Cycle} = \frac{12}{X - TAL} \text{ oscillator (Second)} \dots \dots \dots (2.1)$$

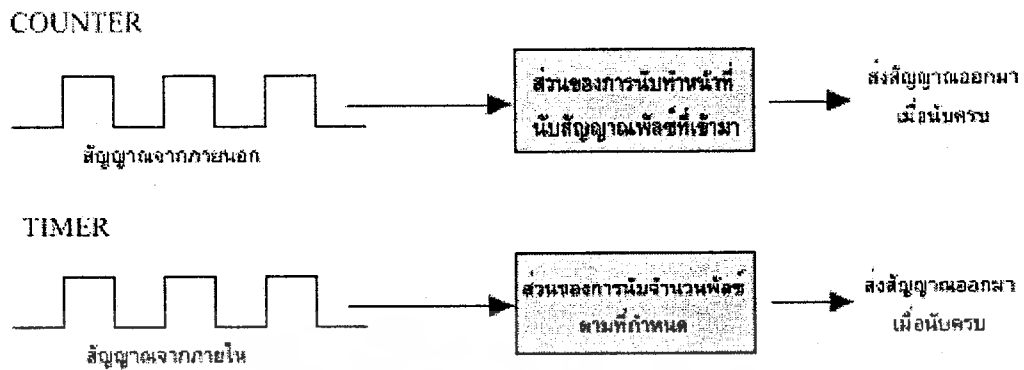
โดยเมื่อรู้ระยะเวลาในการทำงานใน 1 Machine Cycle ของ CPU แล้วจะช่วยให้สามารถประมาณช่วงเวลาในการทำงานของคำสั่งแต่ละคำสั่งในการเขียนโปรแกรมได้ ซึ่งคำสั่งแต่ละคำสั่งจะถูกกำหนดการทำงานเป็น Machine Cycle เช่นกัน

2.8 ไทเมอร์และเคาน์เตอร์ ใน MCS-51

ไทเมอร์และเคาน์เตอร์ ใน MCS-51 มี 2 ชุดคือ Timer/Counter0 และ Timer/Counter1 ทั้ง 2 นี้ใช้งานโดยเป็นอิสระต่อกัน ไม่เกี่ยวข้องกัน แต่เมื่อเราได้ใช้งาน Timer1 แล้วจะไม่สามารถใช้ Counter1 ได้ในทำนองเดียวกัน ถ้าเราใช้ Timer0 ไปแล้วจะไม่สามารถใช้งาน Counter0 ได้ สัญญาณพัลส์ที่มาจากภายใน MCS-51 เพื่อให้เกิดการนับของไทเมอร์นั้นจะได้จากออสซิลเลเตอร์ของ CPU ผ่านวงจรหาร 12 ถ้า CPU นั้นใช้คริสตัลความถี่ 12 MHz ฉะนั้นความถี่ หรือสัญญาณพัลส์ ที่จะป้อนให้ไทเมอร์จะมีค่า 12 MHz/12 เท่ากับ 1 MHz จะได้คาบเวลาเท่ากับ 1/1MHz เท่ากับ 1 ไมโครวินาที

2.8.1 ฐานเวลาของไทเมอร์

ไทเมอร์จะคล้ายกับนาฬิกาปลุก ฐานเวลาของนาฬิกาปลุกก็คือการที่เข็มวินาทีกระดิกไป 1 ช่องซึ่งหมายถึง 1 วินาทีนั่นเอง เพราะฉะนั้นในไทเมอร์ก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกัน ฐานเวลาของไทเมอร์ก็คือคาบเวลาของสัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้ไทเมอร์นั่นเอง เช่น ถ้าใช้ Crystal 12 MHz ฐานเวลาของไทเมอร์จะเป็น 1 ไมโครวินาที ซึ่งก็คือไทเมอร์นับ 1 ครั้งเท่ากับ 1 ไมโครวินาที ถ้าเราต้องการหน่วงเวลา 5 ไมโครวินาที ไทเมอร์ก็ต้องนับ 5 ครั้ง โดยไทเมอร์จะเป็นตัวตั้งเวลาเงื่อนไขเมื่อถึงเวลาที่กำหนดจะแสดงผลออกมาให้รู้



รูปที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์

เมื่อเปรียบเทียบกับ MCS-51 ในกรณีที่เป็นการนับเคาน์เตอร์ สัญญาณพัลส์ที่ได้รับมาจากภายนอกจะเข้ามาทางขา TO และ T1 ในกรณีที่เป็นการนับไทม์เมอร์ สัญญาณที่ส่งออกมาเพื่อแสดงผลเมื่อไทม์เมอร์นับครบค่าของการนับที่ตั้งไว้ จะถือจากการเปลี่ยนแปลงของแฟล็ก TF0 และ TF1 ภายใน Special Function Register (SFR) ที่ตัว TCON

2.8.2 ลักษณะโหมดการทำงานของ Timer / Counter

ลักษณะโหมดการทำงานของ Timer / Counter ใน 8051 เราสามารถกำหนด โหมดการทำงานของของมันด้วย Register TMOD โดยไปกำหนดที่บิต M1 และ M0 จะมีทั้งหมด 4 โหมดคือ 0-4 ดังนี้

โหมด 0 จะเป็นไทม์เมอร์ขนาด 13 บิต สามารถนับได้ 8192 ครั้ง

โหมด 1 จะเป็นไทม์เมอร์ขนาด 16 บิต สามารถนับได้ 65536 ครั้ง

โหมด 2 จะเป็นไทม์เมอร์ขนาด 8 บิต (auto reload) สามารถนับได้ 256 ครั้ง

โหมด 3 นั้นเป็นไทม์เมอร์แบบใช้งานอิสระ

โดยหากเราใช้ไทม์เมอร์โหมด 0, 1 เราจะต้องใช้ทั้ง THX และ TLX (X คือ 0 หรือ 1) เป็นตัวกำหนดค่าเริ่มต้นของการนับ แต่ถ้าเราใช้โหมด 2 ซึ่งเป็นไทม์เมอร์ 8 บิต เราจะใช้แค่ THX เท่านั้นซึ่งเราต้องพิจารณาในจุดนี้ด้วย

2.8.3 โครงสร้างการอินเทอร์รัปต์ MCS-51

การอินเทอร์รัปต์ คือ การขัดจังหวะโปรแกรมชั่วคราวเพื่อมาทำโปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์ (Interrupt Service Routine: ISR) การตรวจสอบสัญญาณการร้องขออินเทอร์รัปต์จะตรวจทุกๆ Machine Cycle เมื่อพบแล้วในช่วง Machine Cycle ที่ 2 จะเป็นการตรวจสอบว่าเป็นของอุปกรณ์ใด Machine Cycle ที่ 3 จะกระโดดไปทำบริการอินเทอร์รัปต์ ดังแสดงค่าเวกเตอร์ดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัว 14 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 อินเทอร์เน็ตของ MCS-51 ได้มาจาก 6 แหล่งแต่มีเพียง 5 เวกเตอร์

ลำดับ	ชื่อสัญญาณอินเทอร์เน็ต	ตำแหน่ง เวกเตอร์	Priority
1	IE0 (จากขา INT0)	0003H	สูงสุด
2	TF0 (ไทม์เมอร์ / เคา์เตอร์ 0)	000BH	
3	IE1 (จากขา INT1)	0013H	
4	TF1 (ไทม์เมอร์ / เคา์เตอร์ 1)	001BH	
5	TI + RI (จากพอร์ตอนุกรม)	0023H	
6	TF2 + EXF2 (ไทม์เมอร์ / เคา์เตอร์ 2)	002BH	ต่ำสุด

ตารางที่ 2.3 แสดงชื่อสัญญาณอินเทอร์เน็ต

2.8.4 Interrupt Enable Register (IE Register)

ใช้ควบคุมอินเทอร์เน็ต 6 แหล่ง 5 เวกเตอร์ ก็จาก (TI, RI), TF0, TF1, IE0, IE1 เราสามารถสั่งห้ามหรือไม่ให้เกิดการอินเทอร์เน็ตได้จากการตั้งค่ารีจิสเตอร์ชุดนี้ รายละเอียดมีดังนี้

EA	X	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
----	---	-----	----	-----	-----	-----	-----

รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้าง IE Register

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษร 15 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต	ชื่อบิต	การทำงาน
IE.7	EA	= 1 ยอมให้เลือกการทำอินเทอร์รัพต์จากแหล่งต่างๆ ได้ = 0 ไม่ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์จากแหล่งใดๆทั้งสิ้น
IE.6	X	ไม่ใช้งาน
IE.5	ET2	= 1 ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์เมื่อ TF2 เกิด Overflow = 0 ไม่ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์เมื่อ TF2 เกิด Overflow
IE.4	ES	= 1 ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์จากพอร์ตสื่อสารอนุกรมได้ = 0 ไม่ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์จากพอร์ตสื่อสารอนุกรมได้

IE.3	ET1	= 1 ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์เมื่อ TF1 เกิด Overflow = 0 ไม่ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์เมื่อ TF1 เกิด Overflow
IE.2	EX1	= 1 ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์จากสัญญาณภายนอกหมายเลข 1 = 0 ไม่ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์จากสัญญาณภายนอกหมายเลข 1
IE.1	ET0	= 1 ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์เมื่อ TF0 เกิด Overflow = 0 ไม่ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์เมื่อ TF0 เกิด Overflow
IE.0	EX0	= 1 ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์จากสัญญาณภายนอกได้ (ขา INTO) = 0 ไม่ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์จากสัญญาณภายนอก (ขา INTO)

ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดการทำงานของ IE Register

การอินเทอร์รัพต์ภายใน MCS-51 ได้จาก Timer0, Timer1 โดยตรวจสอบที่ TF0 และ TF1 และอินเทอร์รัพต์จากพอร์ตอนุกรม โดยตรวจสอบที่ TI และ RI ส่วนขา INTO และ INT1 เมื่อทำอินเทอร์รัพต์จะเป็นขาอินพุตของอินเทอร์รัพต์ภายนอก เมื่อไม่ทำอินเทอร์รัพต์จะใช้เริ่ม ไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์ หรือที่เราเรียกว่า Hardware Start การขัดจังหวะของการอินเทอร์รัพต์เราสามารถกำหนดลำดับความสำคัญได้จาก Interrupt Priority Register (IP Register) ดังรูป 2.8

PCT	X	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0
-----	---	-----	----	-----	-----	-----	-----

รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้าง IP Register

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บิต	ชื่อบิต	การทำงาน
IP.7	PCT*	= 1 ยอมให้มีการจัดลำดับความสำคัญของการอินเทอร์เน็ต (Priority) = 0 ไม่ยอมให้มีการจัดลำดับความสำคัญของการอินเทอร์เน็ต * มีในชิปเบอร์ 83C154/83C154D เท่านั้น
IP.6	X	ไม่ใช้งาน
IP.5	PT2	= 1 ไทม์เมอร์ 2 มีลำดับความสำคัญสูงสุด = 0 ไทม์เมอร์ 2 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
IP.4	PS	= 1 ยอมให้ทำอินเทอร์เน็ตจากพอร์ตสื่อสารอนุกรมได้ = 0 ไม่ยอมให้ทำอินเทอร์เน็ตจากพอร์ตสื่อสารอนุกรม
IP.3	PT1	= 1 ไทม์เมอร์ 1 มีลำดับความสำคัญสูงสุด = 0 ไทม์เมอร์ 1 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
IP.2	PX1	= 1 อินเทอร์เน็ตภายนอกชนิด 1 มีลำดับความสำคัญสูงสุด = 0 อินเทอร์เน็ตภายนอกชนิด 1 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
IP.1	PT0	= 1 ไทม์เมอร์ 0 มีลำดับความสำคัญสูงสุด = 0 ไทม์เมอร์ 0 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
IP.0	PX0	= 1 อินเทอร์เน็ตภายนอกชนิด 0 มีลำดับความสำคัญสูงสุด = 0 อินเทอร์เน็ตภายนอกชนิด 0 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด

ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดการทำงานของ IP Register

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

104032

2.8.5 Timer/Counter Control Register (TCON)

TCON อยู่ใน SFR ตำแหน่งที่ 088H ใช้ทำงานหลายหน้าที่คือ

- TFX ใช้เป็นที่เก็บ Flag ของ ไทเมอร์ 0,1
- TRx ใช้เริ่มไทม์เมอร์ / เคา์เตอร์ 0,1
- IEx ใช้เป็นที่เก็บ Flag ของสัญญาณอินเตอร์รัพต์
- ITx ใช้เลือกลักษณะของการทริกที่ขา x INT

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้าง TCON Register

บิต	ชื่อบิต	การทำงาน
TCON.7	TF1	Timer Overflow Flag แสดงการเกิด Overflow ของไทม์เมอร์ / เคา์เตอร์ 1 จะเป็น 1 เมื่อเกิด Overflow และจะถูกเคลียร์เมื่อ CPU ย้ายการทำงานไปที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพต์
TCON.6	TR1	บิตควบคุมการนับของไทม์เมอร์ 1 ควบคุมจากโปรแกรม ถ้าเป็น 1 ไทม์เมอร์ / เคา์เตอร์ 1 เริ่มทำงานต่อ ถ้าเป็น 0 ไทม์เมอร์ / เคา์เตอร์ 1 หยุดทำงาน
TCON.5	TF0	Timer Overflow Flag แสดงการเกิด Overflow ของ ไทม์เมอร์ / เคา์เตอร์ 0 จะเป็น 1 เมื่อเกิด Overflow และจะถูกเคลียร์เมื่อ CPU ย้ายการทำงานไปที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพต์
TCON.4	TR0	บิตควบคุมการนับของไทม์เมอร์ 0 ควบคุมจากโปรแกรม ถ้าเป็น 1 ไทม์เมอร์ / เคา์เตอร์ 0 เริ่มทำงานต่อ ถ้าเป็น 0 ไทม์เมอร์ / เคา์เตอร์ 0 หยุดทำงาน
TCON.3	IE1	บิตแสดงสัญญาณอินเตอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 1 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพต์เข้ามาที่ขา INT1 และถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ที่อยู่ในโปรแกรมส่วนบริการอินเตอร์รัพต์
TCON.2	IT1	บิตเลือกประเภทการตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัพต์ที่ขา INT1 ถ้าเป็น 1 จะตรวจสอบการเปลี่ยนระดับสัญญาณจาก 1 เป็น 0 ที่ INT1 ถ้าเป็น 0 จะตรวจสอบระดับ 0 ของสัญญาณที่ INT1
TCON.1	IE0	บิตแสดงสัญญาณอินเตอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 0 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพต์เข้ามาที่ขา INT0 และถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ที่อยู่ในโปรแกรมส่วนบริการอินเตอร์รัพต์
TCON.0	IT0	บิตเลือกประเภทการตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัพต์ที่ขา INT0 ถ้าเป็น 1 จะตรวจสอบการเปลี่ยนระดับสัญญาณจาก 1 เป็น 0 ที่ INT0 ถ้าเป็น 0 จะตรวจสอบระดับ 0 ของสัญญาณที่ขา INT0

ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียดการทำงานของ TCON Register

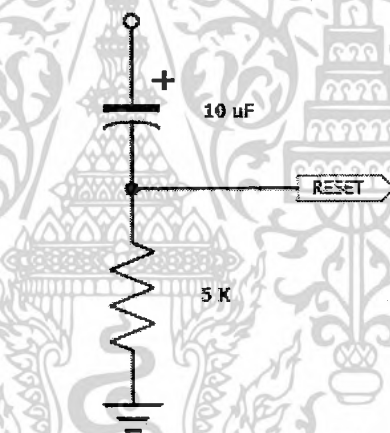
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษรอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกประการหนึ่งในการนำ MCU ไปใช้งานนั้นก็คือขั้นตอนในการรีเซ็ตตัว MCU เพื่อให้ MCU ทำงานได้ถูกต้อง ไม่เกิดความผิดพลาด หรือเมื่อเกิดสิ่งผิดปกติก็สามารถทำการรีเซ็ต MCU ให้เริ่มต้นการทำงานต่อไปใหม่ได้

2.9 Reset Operation

ในการรีเซ็ต ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นั้นจะต้องทำให้สถานะที่ขา RST ของตัว MCU อยู่ในสถานะ High ที่ค่าเวลาที่เหมาะสมโดยตลอดคลุมช่วงเวลา 2 Machine Cycle ของการทำงานเป็นอย่างน้อย แล้วกลับสู่สถานะ Low โดย Timing Diagram ต่างๆ โดยสามารถศึกษาได้จาก Data Sheet ของ MCU นั้นๆ โดยการรีเซ็ต MCU ที่นิยมใช้มีด้วยกัน 2 วิธี วิธีแรกก็คือ การใช้อุปกรณ์ R, C ในการรีเซ็ต MCU แต่โดยส่วนมากจะนิยมใช้วิธีที่ 2 คือการใช้อุปกรณ์ Semiconductor หรือ IC ในการรีเซ็ต MCU ซึ่งจะมีความแน่นอน และใช้งานง่ายกว่าวิธีแรกมาก

วิธีที่ 1 R, C Reset



รูปที่ 2.10 วงจรรีเซ็ตอัตโนมัติ

จากรูปที่ 2.10 นั้นจะเป็นการต่อวงจร R, C ใช้ในการรีเซ็ตอัตโนมัติให้กับ MCS-51 โดยการทำงานของวงจรมัน เมื่อมีการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับระบบวงจรจะกำเนิดสัญญาณ Active High เพื่อทำการรีเซ็ต MCS-51 โดยอัตโนมัติ จากวงจรมันขา RST ของ MCU ต่อผ่าน R-5K ลงกราวด์ ทั้งยังมี C ต่อขึ้นระหว่างขา RST และ Vcc อีก จะทำให้ขา RST ของ MCU มีสถานะ High ได้อย่างไร ด้วยคุณสมบัติของ C ก็จะทำให้ที่ Block กระแสตรงไม่ให้ผ่าน ฉะนั้นเพื่อแก้ไขข้อสงสัยจากวงจรในรูปที่ 2.5 ขา RST ของตัว MCU ก็จะมีสถานะ Low ตลอดเวลา ซึ่งอธิบายการทำงานเบื้องต้นของวงจรมัน

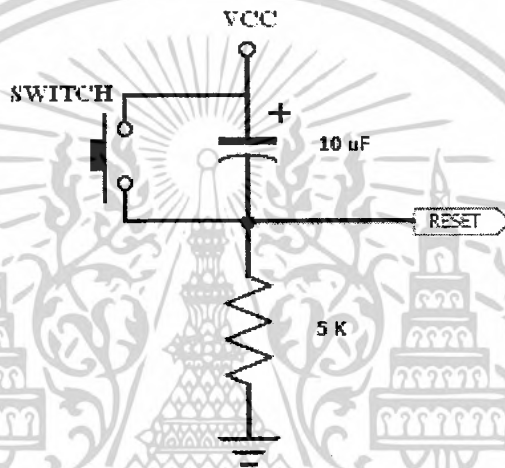
จากวงจรรูปที่ 2.10 ที่สถานะปกติยังไม่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับระบบ การต่อวงจรดังรูปจะทำให้ C รักษาสถานะเป็นกลาง คือ C จะถูก Discharge ประจุออกจนหมด จากนั้นเมื่อเริ่มจ่ายไฟให้กับระบบ จะ

ทำให้มีกระแสไหลผ่าน C ได้ในช่วงเวลาหนึ่ง (Initial State) โดยขึ้นอยู่กับค่าความจุของ C นั่นคือ ยิ่ง C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษรอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่ามากช่วงเวลาในการไหลของกระแสผ่าน C ก็จะมีค่ามาก (เป็นคุณสมบัติของ C) ฉะนั้น ขณะที่มีการไหลผ่าน C กระแสก็จะไหลผ่าน R ซึ่งก็จะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม R ขึ้น เป็นผลให้สถานะที่ขารีเซ็ตของ MCU มีสถานะ High จนกระทั่งกระแสหยุดไหลผ่าน C (เมื่อ C ถูก Charge ประจุเต็มที่แล้ว , Steady State) ก็จะทำให้แรงดันที่ตกคร่อม R มีค่าเป็นศูนย์ เป็นผลให้ขารีเซ็ตของ MCU เปลี่ยนสถานะจาก High เป็น Low ในที่สุดเสมือนเป็นการส่งสัญญาณ Active High ให้กับขา RST ของ MCU ทำให้ MCU กลับมาเริ่มต้นการทำงานต่อไป โดยจากวิธีนี้จะเห็นว่าระยะเวลาสถานะ High ของขา RST นั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของ C และ R โดยถ้า C และ R มีค่าที่ไม่สัมพันธ์กัน ก็จะทำให้สถานะของขา RST นั้นผิดเพี้ยน อาจส่งผลให้ตัว MCU ทำงานผิดพลาด



รูปที่ 2.11 วงจรรีเซ็ตอัตโนมัติพร้อม Switch รีเซ็ต

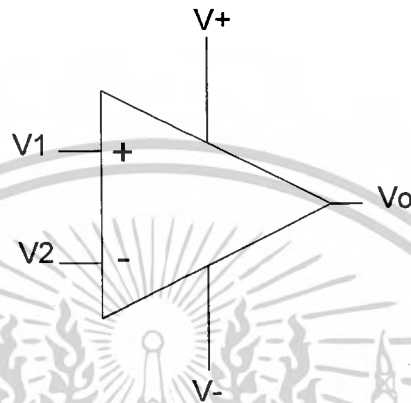
จากวงจรในรูปที่ 2.11 นั้นยังจัดอยู่ในรูปแบบการรีเซ็ตแบบเดียวกับวิธีแรก แต่จะต่อสวิตช์ตามวงจรเพื่อทำการรีเซ็ต MCU แบบ Manual Reset กรณี MCU เกิดการทำงานผิดพลาดในระบบแล้วไม่ต้องการเปิด/ปิด การจ่ายไฟให้แก่ระบบใหม่

จากวงจรในรูปที่ 2.11 เมื่อทำการกดสวิตช์จะทำให้มีแรงดันตกคร่อม R จึงเกิดสถานะ High ขึ้นที่ขารีเซ็ต โดยระยะเวลาที่จะขึ้นกับช่วงเวลาการกดสวิตช์ ถ้าใช้วิธีนี้คงจะให้ความแน่นอนน้อยกว่าวิธีแรกแต่ก็สามารถรีเซ็ต MCU ได้เช่นกัน จากที่กล่าวมาแล้วสถานะ High ที่ขารีเซ็ต นั้นอาจจะนานเกินได้แต่ห้าน้อยกว่าช่วงเวลาการรีเซ็ต นั่นก็คือการกดสวิตช์ด้วยมือในช่วงเวลาจะเกินช่วงเวลาที่ทำให้ MCU รู้ว่าถูกรีเซ็ตแน่นอน จึงไม่มีปัญหาอะไรสำหรับวงจรนี้

2.10 วงจรขยายแบบไม่เชิงเส้น

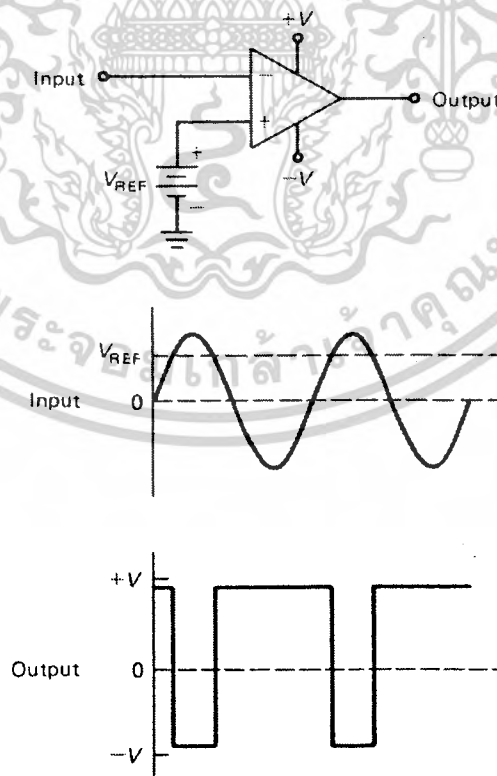
2.10.1 วงจรเปรียบเทียบ

วงจรที่เราใช้ในการตรวจสอบ Voltage ของ Input หนึ่งว่ามีขนาดสูงหรือต่ำกว่าอีก Input หนึ่ง ดังรูปที่ 1 แสดงพื้นฐานของวงจร Comparator โดยการใช้ Op-Amp



รูปที่ 2.12 Basic Comparator

เช่นสัญญาณอินพุตอาจจะเป็นรูปไซน์แต่เมื่อผ่านเข้าไปในวงจรเปรียบเทียบ (Comparator) แล้วสัญญาณเอาต์พุตจะเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมหรือเป็นระดับแรงดันลอจิกเป็นต้น



รูปที่ 2.13 วงจร Inverting Comparator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษรอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

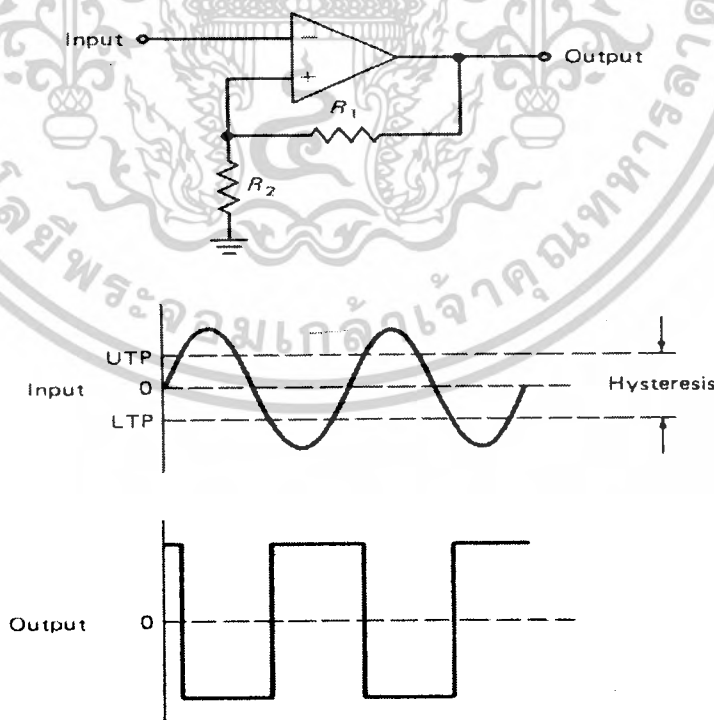
ในรูปที่ 2.13 แสดงวงจรเปรียบเทียบจะเห็นว่าการทำงานของวงจรถูกกล่าวจะต้องมีแรงดันอ้างอิง (VREF) ในกรณีที่สัญญาณอินพุตมีระดับแรงดันมากกว่าแรงดันอ้างอิงสัญญาณเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับแรงดันสูงสุดของไฟลอปและถ้าแรงดันอินพุตมีค่าแรงดันน้อยกว่าแรงดันอ้างอิง สัญญาณที่เอาต์พุตก็จะมีค่าแรงดันสูงสุดของแรงดันไฟบวก วงจรที่กลายถึงนี้เป็นวงจรเปรียบเทียบแบบกลับสัญญาณหรือที่เรียกว่า Inverting Comparator และในทำนองเดียวกันถ้าต้องการให้สัญญาณเอาต์พุตมีลักษณะสอดคล้องกลับแรงดันอินพุตคือเมื่อแรงดันอินพุตมีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิงให้มีค่าเอาต์พุตเป็นบวกจะต้องใช้วงจรเปรียบเทียบที่เรียกว่า Non-inverting Comparator

วงจรรขยายแบบไม่เชิงเส้นที่มีลักษณะการทำงานแบบเดียวกับวงจรเปรียบเทียบอีกประเภทหนึ่งเรียกว่า Schmitt Trigger ซึ่งมีวงจรถูกแสดงในรูปที่ 2.14 ซึ่งจะเห็นวงเอาต์ที่ได้จกวงจรมีลักษณะแบบเดียวกับวงจร Inverter Comparator แต่มีข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดคือมีการป้อนกลับของสัญญาณเป็นแบบบวก (Positive Feedback) ซึ่งจะมีจุดการอ้างอิงระดับแรงดันของสัญญาณ 2 จุดคือเรียกว่า Upper Threshold Point (UTP) และ Lower Threshold Point (LTP) สามารถคำนวณระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับการเปรียบเทียบได้จาก

$$UTP = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times (+V_{SAT}) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$LTP = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times (-V_{SAT}) \dots \dots \dots (2.3)$$

โดยเราจะเรียกช่วงที่เกิดจาก LTP และ UTP ว่า "Hysteresis"



รูปที่ 2.14 วงจร Schmitt Trigger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษรอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

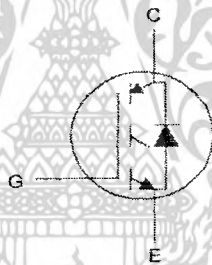
2.11 ไอจีบีทีเบื้องต้น (Introduction IGBT)

2.11.1 คุณสมบัติที่ดีของไอจีบีที

1. ให้ค่า V_{CE} (SAT) ที่ต่ำกว่ามอสเฟต
2. ให้ค่า อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) ที่มีค่าสูงพอ ๆ กับมอสเฟต
3. อินพุตคาปาซิแตนซ์ ต่ำกว่า มอสเฟต
4. ความเร็วในการสวิตช์ทำงานในขณะนำกระแสและหยุดนำกระแสทำได้เร็วกว่าทรานซิสเตอร์
5. เหมาะสมที่ใช้งานใน อินเวอร์เตอร์, ยูพีเอส
6. ถ้าไม่มีไดโอดที่ภาคเอาต์พุตใช้ไดโอดแบบฟาสรีคฟเวอร์รี่ (Fast Recovery) ต่อภายนอกได้

2.11.2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไอจีบีที

มีสัญลักษณ์แทนตัวไอจีบีทีอยู่หลายรูปแบบด้วยกัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.15 ซึ่งเป็นสัญลักษณ์และชื่อเรียกขาต่าง ๆ ของไอจีบีที ชนิดเอ็นชาแนล



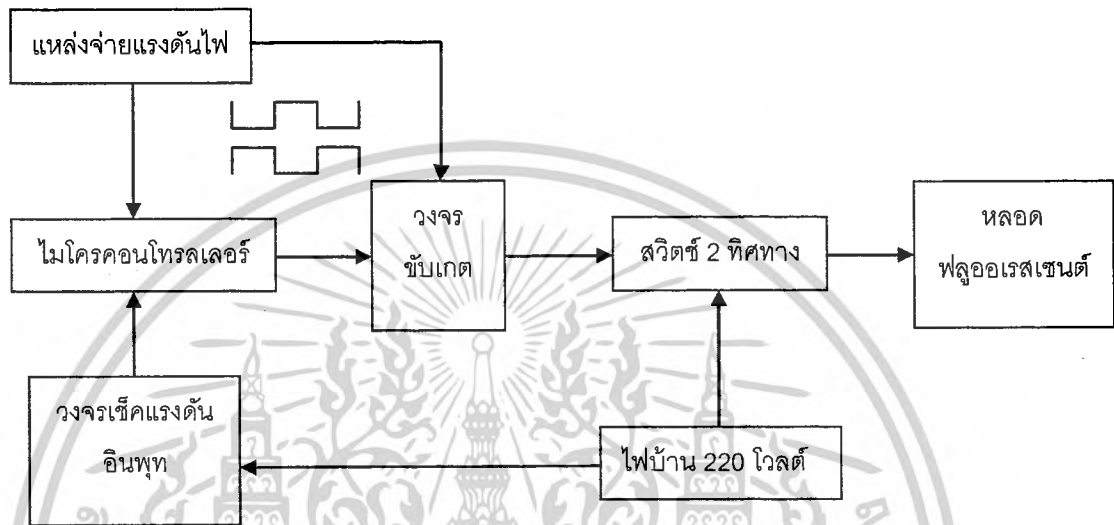
รูปที่ 2.15 สัญลักษณ์และการเรียกชื่อขาของไอจีบีที

จากรูปที่ 2.15 จะเห็นว่า มีลักษณะคล้ายกับสัญลักษณ์ของมอสเฟตมาก เพียงแต่ว่าสัญลักษณ์ของ ไอจีบีที นั้น จะมีลูกศรเพิ่มขึ้นมาตรงขาคอลเล็กเตอร์ ซึ่งชี้เข้าหาตัว ซึ่งในการกล่าวถึงไอจีบีที ในที่นี้ จะใช้สัญลักษณ์ในรูปที่ 2.15

บทที่ 3

หลักการในการออกแบบวงจร

3.1 ส่วนประกอบทางด้านวงจรแสดงเป็นไดอะแกรมได้ ดังนี้



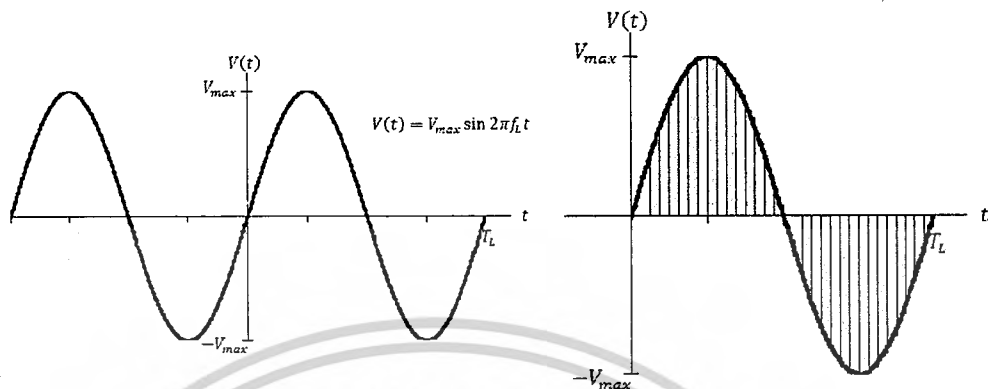
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมวงจรโดยรวม

3.2 หลักการทำงานโดยสังเขป

ในช่วงแรกหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์จะได้รับไฟบ้าน 220 โวลต์ ในการจุดติดหลอด ซึ่งจะสว่างตามปกติ แต่หลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 9 วินาที ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ 2 kHz ที่มีอัตราเดิวตี้ไซเคิล ตั้งแต่ 98% โดยลดลงทีละ 1% ซึ่งเป็นการลดแรงดันที่ป้อนให้กับตัวหลอดทำให้ความสว่างมีค่าลดลง โดยการลดจะเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้สังเกตเห็นถึงความแตกต่างของความสว่างที่ค่อยๆเปลี่ยนแปลงไป จนถึงที่สุดที่อัตราเดิวตี้ไซเคิล 90% โดยจะทำให้แรงดันเฉลี่ยคร่อมหลอดประมาณ 198 โวลต์ เสมอในกรณีที่แรงดันไฟบ้านที่เข้ามาจะไม่ใช่ 220 โวลต์ โดยจะมีวงจรเช็คไฟอินพุตคอยตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของไฟบ้านที่เข้ามา

สัญญาณที่ออกจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะส่งไปยัง วงจรอินเวอร์ตติ้ง เพื่อให้ทำงานแบบแอกทีฟโวล และเข้าสู่วงจรตัวขับที่เป็นออปโตไอโซเลท และเข้าขับเกตเพื่อควบคุม IGBT ในการตัดสัญญาณไฟบ้าน 220 โวลต์ ที่ไปเลี้ยงหลอดไฟ โดยสัญญาณออกจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งออกไป 2 ชุด โดยแต่ละชุดจะให้สวิตซ์สลับการทำงานกัน และระหว่างการเปลี่ยนสถานะจากต่ำไปสูง และ สูงไปต่ำจะต้องเป็นสัญญาณไฟต่ำทั้งคู่โดยมีช่วงเวลาประมาณ 3-4 ไมโครวินาที เพื่อป้องกันการทำงานพร้อมกันของสวิตซ์ทั้ง 2 ตัว เนื่องจากการ on และ off ของสวิตซ์นั้นจะมีช่วง Delay

3.3 การหาค่า V_{rms} ของรูปไซน์ที่ถูกตัด



รูป ก. สัญญาณไฟฟ้าบ้าน

รูป ข. สัญญาณไฟฟ้าบ้านที่ถูกตัด

กำหนดให้

$$T_m = \text{คาบของสัญญาณที่จะนำมาตัด}, f_m = \frac{1}{T_m}$$

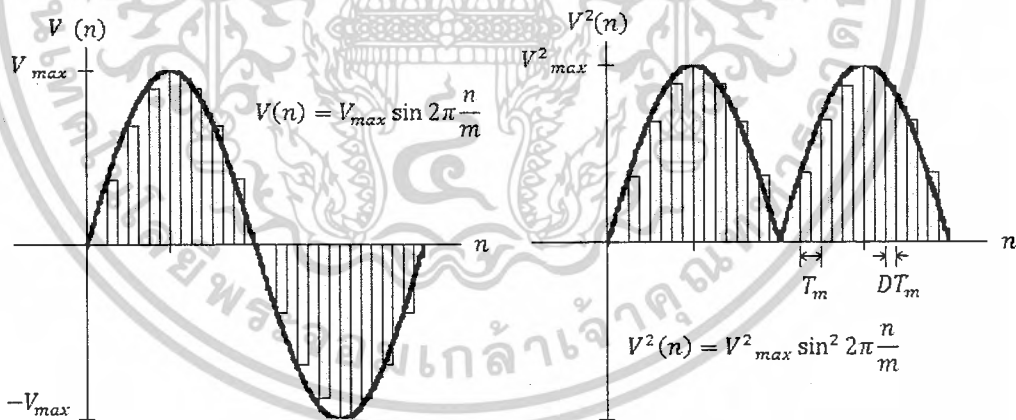
$$T_L = \text{คาบของสัญญาณไฟฟ้าบ้าน 220 Volt}, f_L = \frac{1}{T_L}$$

$$m = \text{จำนวนลูกคลื่นในสัญญาณไฟฟ้าบ้าน}$$

สามารถหาค่า V_{rms} จากรูป ข. ได้โดยสมการ

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt} \dots \dots \dots (3.1)$$

แต่เนื่องจาก สัญญาณไซน์ที่ถูกตัดมีความไม่ต่อเนื่องกัน ถ้าเราใช้สมการที่ (4.1) จะมีความยุ่งยากเพื่อให้ง่ายขึ้น สามารถประมาณค่าได้โดยพิจารณาจากรูป ก. และ รูป ง.



รูป ค.

รูป ง.

$$V'_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{n=0}^m V^2(n) \Delta t}$$

$$= \sqrt{\frac{2}{T_L} \sum_{n=0}^{\frac{m}{2}} V_{max}^2 \sin^2 2\pi \frac{n}{m} DT_m}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษร 255 อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

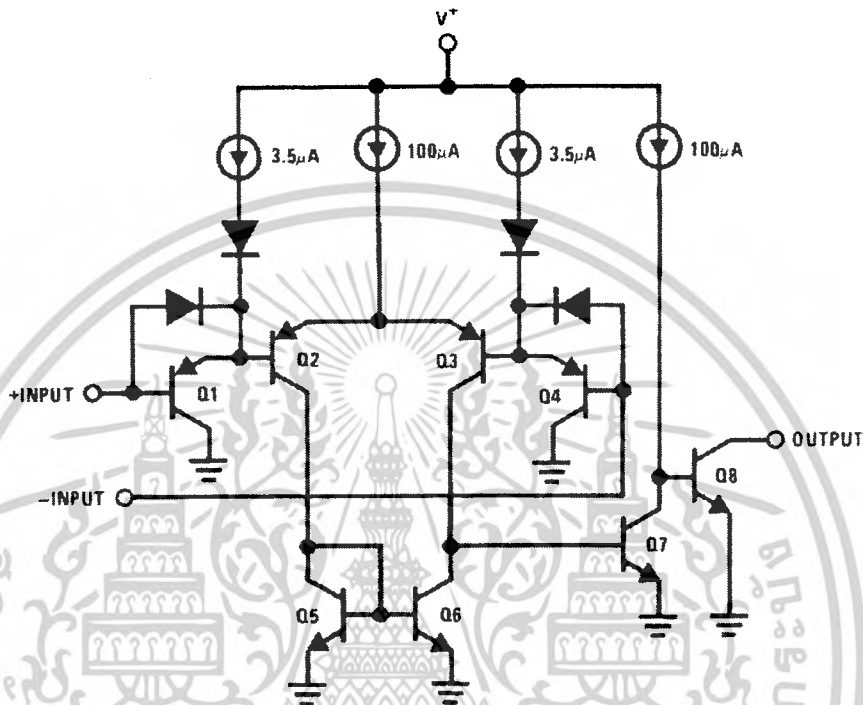
$$\begin{aligned}
&= V_{max} \sqrt{\frac{2DT_m}{T_L} \sum_{n=0}^{\frac{m}{2}} \sin 2\pi \frac{n}{m}} \\
&= V_{max} \sqrt{\frac{2D}{m} \sum_{n=0}^{\frac{m}{2}} \sin 2\pi \frac{n}{m}} \\
&= V_{max} \sqrt{\frac{2D}{m} \left(\frac{m}{4}\right)} \\
&= V_{rms} \sqrt{D} \dots\dots\dots(3.2)
\end{aligned}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัว 26 อย่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

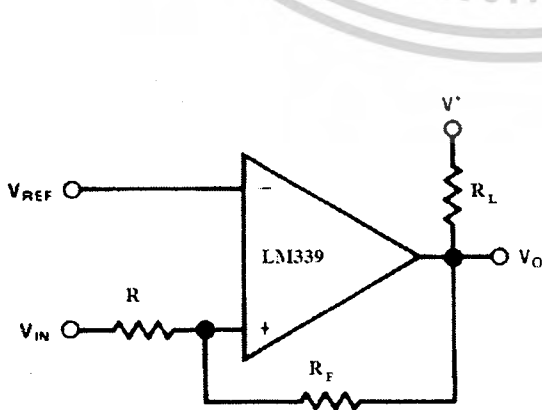
3.4 การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับ Hysteresis loop

ในที่นี้ใช้คอมพาราเตอร์ LM339 ในการเปรียบเทียบแรงดันเมื่อพิจารณาโครงสร้างภายใน

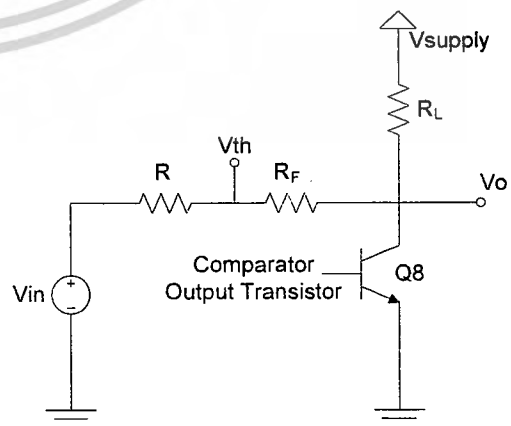


รูปที่ 3.2 Schematic Diagram LM339

จะเห็นได้ว่าที่เอาท์พุทของ LM339 นี้จะเป็น Open Collector ในการใช้งาน ใช้วงจรดังรูปที่ 1 จะต้องใส่ตัวต้านทานเข้ากับแรงดันที่ ต้องการให้ออก ในที่นี้เราจะใส่ขึ้นเท่ากับไฟ ลีจวงจร 5 โวลต์ แรงดันที่เอาท์พุทของวงจรเราจะเป็นได้ 2 แบบ คือ High (5Volt) ทรานซิสเตอร์ OFF, Low (0 Volt) ทรานซิสเตอร์ ON ซึ่งสามารถอธิบายและคำนวณได้ดังรูปที่ 3.3ข

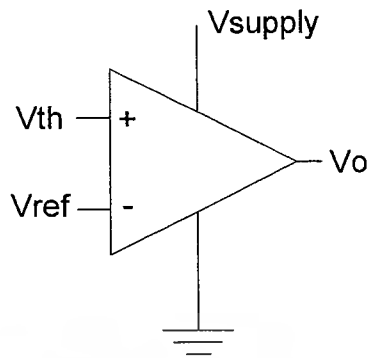


รูปที่ 3.3ก Non-Inverting Comparator with Hysteresis

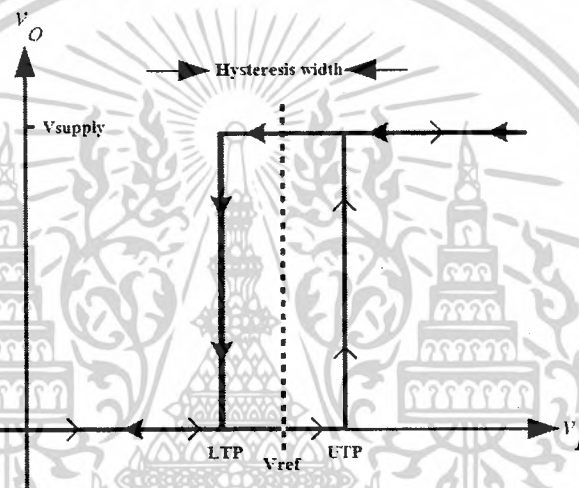


รูปที่ 3.3ข Equivalent Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษรอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3ค Non-Inverting Comparator with Hysteresis



รูปที่ 3.3ง Non-Inverting Comparator with Hysteresis

เมื่อทรานซิสเตอร์ OFF - ON (เส้นทางเดินบาง รูปที่ 4)

$$V_{th} = (V_{Supply} - V_{in}) \frac{R}{R+R_F+R_L} + V_{in} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$V_{th} = \frac{RV_{Supply} + (R_F+R_L)V_{in}}{R+R_F+R_L} \dots\dots\dots(3.4)$$

เมื่อเราพิจารณารูปที่ 3.3ค แรงดันเอาต์พุตของ LM339 จะ ออกเป็น High ได้ก็ต่อเมื่อ $V_{th} > V_{ref}$
 เพราะฉะนั้นจาก สมการ 3.4 จะ ได้ค่า $V_{in}(UTP)$

$$UTP = \frac{(R+R_F+R_L)V_{ref} - RV_{Supply}}{R_F+R_L} \dots\dots\dots(3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัว 28 อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทรานซิสเตอร์ ON – OFF (เส้นทางเดินหนา)

$$V_{th} = \frac{R_F V_{in}}{R + R_F} \dots \dots \dots (3.6)$$

เมื่อเราพิจารณารูปที่ 3.3ค แรงดันเอาต์พุทของ LM339 จะ ออกเป็น Low ได้ก็ต่อเมื่อ $V_{th} < V_{ref}$

เพราะฉะนั้นจาก สมการ 3.6 เราจะได้ค่า $V_{in(LTP)}$

$$LTP = \frac{(R + R_F) V_{ref}}{R_F} \dots \dots \dots (3.7)$$

จาก Hysteresis width = UTP – ULP

กำหนดให้ $R_F \gg R_L$ และ $R \times V_{supply} \gg R_L \times V_{ref}$

ฉะนั้น จะได้ว่า

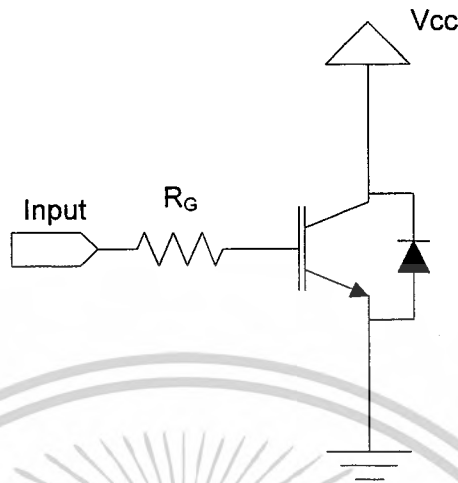
$$\text{Hysteresis width} \approx \frac{R}{R_F} V_{Supply} \dots \dots \dots (3.8)$$

ต้องการ Hysteresis width = 50m โวลต์, แรงดัน Supply ที่ใช้คือ 5 โวลต์

ฉะนั้นจะได้ $\frac{R}{R_F}$ เท่ากับ 1/100

ฉะนั้นเลือกให้ $R = 10k\Omega, R_F = 1M\Omega$

3.5 การออกแบบวงจรภาคขับสวิตช์ IGBT



รูปที่ 3.4 วงจรภาคขับสวิตช์ IGBT

จากรูปที่ 3.4 จะใช้ค่าอยู่ระหว่าง 10Ω ถึง 100Ω เพื่อป้องกันการเกิดการแกว่งของสัญญาณที่ขาเกตของ IGBT ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่า $R_G = 10\Omega$ ซึ่งการแกว่งของสัญญาณเกิดจากตัวเก็บประจุที่ขาเกตของ IGBT มีค่า 1800 pF หากมองจากเอาต์พุต ของ TLP250 จะประกอบไปด้วยตัวเหนี่ยวนำแฝงที่เกิดจากสายวงจร และตัวเก็บประจุที่ขาเกต ของ IGBT เป็นวงจร LC ซึ่งจะทำให้เกิดความถี่แกว่ง (damping frequency) เนื่องจากสัญญาณที่เอาต์พุตของ TLP250 เป็นสัญญาณพัลส์ PWM ที่ประกอบด้วยฮาร์มอนิกของสัญญาณไซน์ หลายความถี่ ซึ่งอาจทำให้เกิดการออสซิลเลท ได้จึงจำเป็นต้องใส่ตัวต้านทาน R_G เพื่อควบคุม ไม่ให้เกิดการแกว่งของสัญญาณโดยจะทำให้ผลของ L ในสายวงจรถดลงจะมีผลของ R และ C เท่านั้นโดยการเพิ่มขึ้นของแรงดัน และลดลงของระดับแรงดันพัลส์ของสัญญาณ PWM จะขึ้นกับค่า เวลาคงตัวของ R_G และ C ที่ขาเกตของ IGBT โดยมีค่าที่ $\tau = 18\text{ ns}$

$$\tau = R \cdot C \dots \dots \dots (3.9)$$

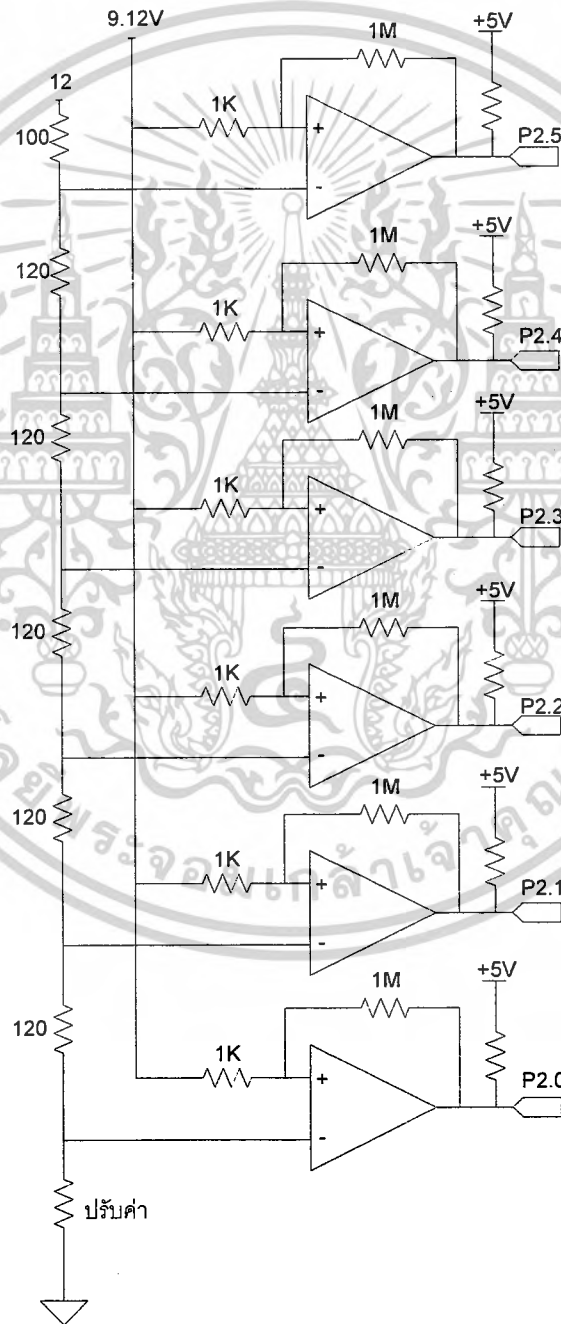
τ = ค่าเวลาคงตัว

R_G = ค่าตัวต้านทาน

C_{GATE} = ค่าตัวเก็บประจุที่ขาเกตของ IGBT

3.6 วงจรเช็คแรงดันอินพุท

แรงดันไฟจากการไฟฟ้าที่ส่งให้แต่ละบ้านคือ 220V แต่ในบางแห่งแรงดันที่การไฟฟ้าป้อนให้อาจจะไม่ใช่ 220V เสมอไปอาจจะขึ้น หรือ ลง ก็แล้วแต่ว่าสถานที่แต่ละแห่งมีการใช้งานไฟฟ้าอย่างไร เช่น บ้านที่อาศัยอยู่ใกล้กับโรงงานในตอนกลางวันและตอนกลางคืน ระดับแรงดันไฟไม่เท่ากัน ฉะนั้นแรงดันที่ป้อนเข้ามาให้กับวงจรของ ก็จะไม่ใช่ 220V เสมอไป จึงต้องมีวงจรเช็คแรงดันที่อินพุทเพื่อตรวจสอบว่าแรงดันในขณะนั้นอยู่ในช่วงใด เพื่อที่จะสามารถสั่งงาน MCS-51 ให้ลดอัตราแรงดันได้อย่างถูกต้อง เพราะระดับแรงดันสุดท้ายที่ต้องการ อยู่ที่ 250Vp หรือ ประมาณ 170 Vrms



รูปที่ 3.5 วงจรเช็คแรงดันอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตี 31 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการต่อตัวต้านทานดังรูป เรากำหนดให้ช่วงการตรวจจับอยู่ระหว่าง 380 Vp ถึง 250 Vp โดยให้ช่วงการเปลี่ยนแปลงแรงดันสูงสุดอยู่ที่ 11V ดังนั้นช่วงกึ่งกลางคือ $11 \times \frac{380+250}{380} = 9.12$ และช่วงแรงดันที่ต่ำสุดคือ $11 \times \frac{250}{380} = 7.24$

แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน 120Ω ทั้ง 5 ตัว จึงเท่ากับ $11-7.24 = 3.76 \text{ V}$
เมื่อคำนวณค่ากระแสไหลทิ้งจะได้

จาก

$$\begin{aligned} \text{กระแสไหลทิ้ง} &= \text{แรงดันคร่อมตัวต้านทานทั้งหมด} / \text{ตัวต้านทานทั้งหมด} \\ &= 3.76 \text{ V} / 120 + 120 + 120 + 120 + 120 \Omega \\ &= 6.27 \text{ mA} \end{aligned}$$

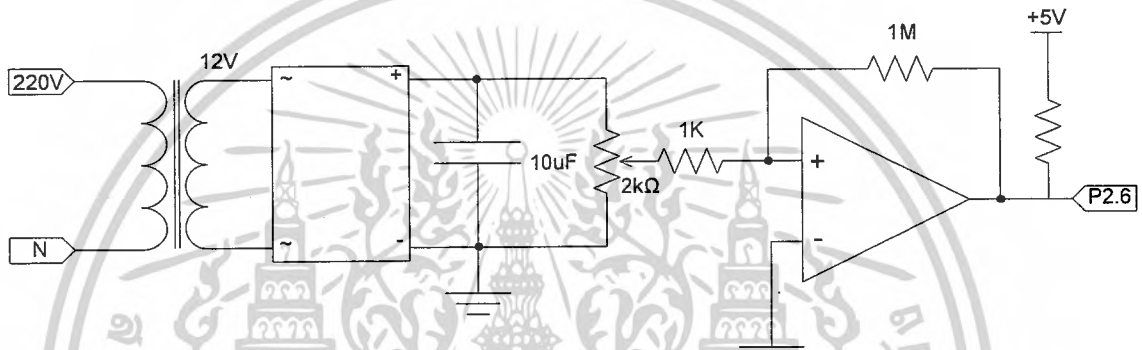
แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน 100Ω จึงเท่ากับ $6.27 \text{ mA} \times 100 \Omega = 0.63 \text{ V}$

เพราะฉะนั้นต้องปรับตัวต้านทานตัวล่างสุดให้ได้ค่าเท่ากับ $12 - 3.76 + 0.63 \text{ V} = 7.61 \text{ V}$



3.7 วงจรเช็คสัญญาณขาด (Short Interruption)

ในขณะที่ป้อนสัญญาณเข้าสู่วงจร ในบางช่วง เวลาแรงดันไฟที่การไฟฟ้าส่งมาอาจ ขาดตอนได้ เมื่อเกิดเหตุการณ์นี้ขึ้น แรงดันที่ป้อนใส่ในส่วนของ Regulator จะมี Cfilter ซึ่งมีขนาดใหญ่ฉะนั้น ถ้าสัญญาณขาดหายไป ส่วนของเรกกูเรเตอร์ตรงนี้ก็ยังสามารถป้อนให้กับส่วนต่างๆของวงจร ได้แต่ที่หลอดไฟนั้น ในช่วงที่เราลดอัตราแรงดันลงและเกิดไฟขาดตอน หลอดไฟก็อาจจะดับและไม่ติดต่อไป เพราะตัว MCS-51 ยังทำงานโดยที่ไม่รู้ว่าหลอดไฟข้างหน้านั้นดับไปแล้ว เราจึงมีส่วนของวงจรเช็คสัญญาณขาด (Short Interruption) เพื่อส่งสัญญาณให้กับ MCS-51 เพื่อสัญญาณที่ออกไปขับไคร้เวอ์แบบเต็มร้อยแล้วค่อยเช็คว่าสัญญาณทางเข้านั้นเพื่อกำหนดอัตราแรงดันที่กำหนดไว้



รูปที่ 3.6 วงจรเช็คสัญญาณขาด

กำหนดให้ขณะที่เกิด สัญญาณขาดนานสุดใช้เวลา 100ms จึงประมาณว่าใช้เวลา 5 Time

Constant เท่ากับ 100ms

ฉะนั้น

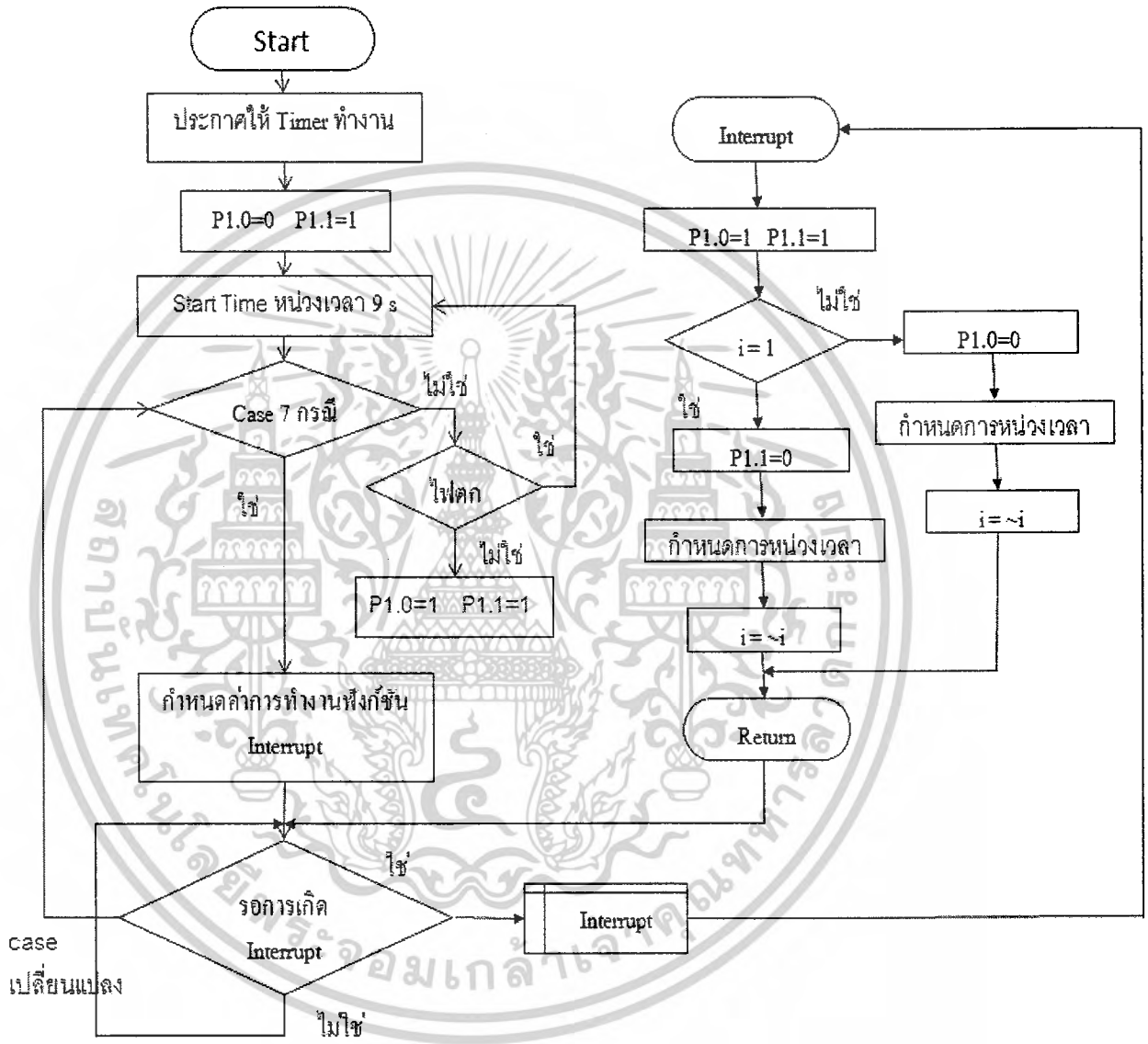
$$\begin{aligned} \text{Time Constant} &= 20\text{ms} \\ RC &= 20\text{ms} \end{aligned}$$

ถ้าหากใช้ $R = 2\text{k}\Omega, C = 10\mu\text{F}$

เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned} \text{Time Constant} &= 20\text{ms} \\ 5 \times 20\text{ms} &= 100\text{ms} \end{aligned}$$

3.8 อธิบายการทำงานของ Microcontroller ด้วย Flow Chart



รูปที่ 3.7 Flow Chart แสดงการทำงานโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัว 34 อย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและบันทึกค่า

4.1 การทดลอง วัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ขณะป้อนแรงดันให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์

ยี่ห้อ Toshiba: 36w

ระยะวัดแสง: 10 เซนติเมตรจากแหล่งกำเนิด

เครื่องมือวัด: Light meter Digicon LX-70, Probe100x, Current Probe, Oscilloscope

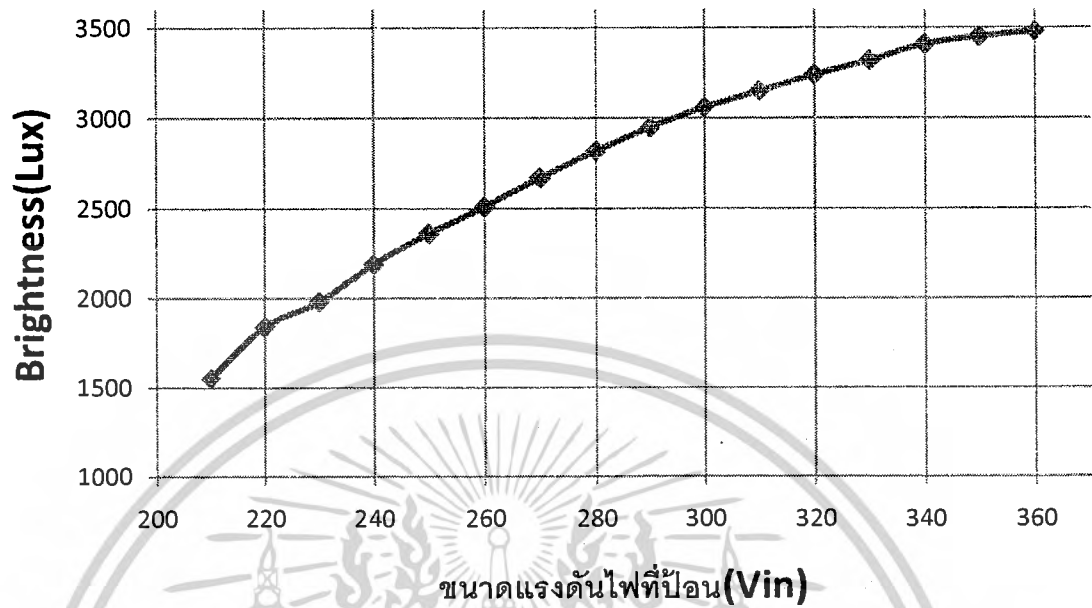
ทำการวัดโดยเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอด (V_{rms}) แล้วบันทึกค่า กระแสที่ไหลผ่านหลอด (I_{rms}) แรงดันที่ตกคร่อมหลอด ($V_{fluorescent}$) ความสว่างของหลอด (LUX) นำค่าในตารางมาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ต่างๆดังนี้

4.1.1 ผลการทดลอง

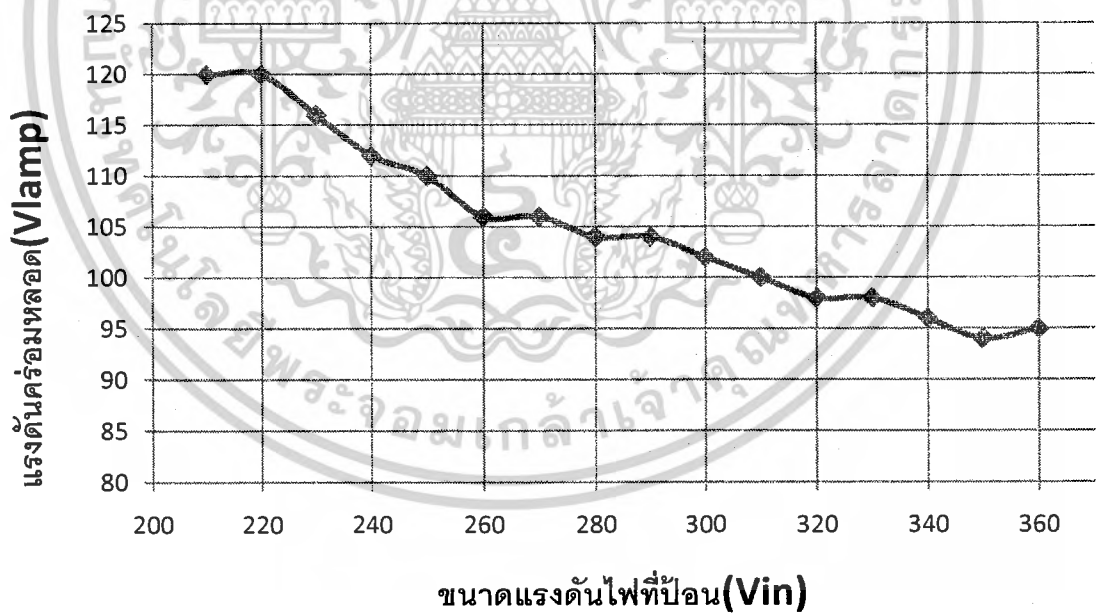
Vin		Vlamp	Ilamp		Phaseshift	กำลังไฟฟ้า ณ แรงดันไฟฟ้าบนและกระแสหลอด	Brightness	
Vp	Vrms	Vp	Ap	Arms	Degree	P=IV cosθ (watt)	Lux	
360	254.56	95	0.90	0.64	57.6	75.02	3480	
350	247.49	94	0.82	0.58	57.6	68.35	3450	
340	240.42	96	0.76	0.54	55.8	66.45	3410	
330	233.35	98	0.72	0.51	54.0	65.84	3320	
320	226.27	98	0.68	0.48	54.0	62.18	3240	
310	219.20	100	0.66	0.47	54.0	60.35	3150	
300	212.13	102	0.62	0.44	50.4	61.48	3060	
290	205.06	104	0.56	0.40	48.6	57.61	2950	
280	197.99	104	0.54	0.38	46.8	57.50	2820	
270	190.92	106	0.50	0.35	45.0	55.00	2670	
260	183.85	106	0.48	0.34	43.2	54.43	2510	
250	176.78	110	0.42	0.30	39.6	50.34	2360	
240	169.71	112	0.38	0.27	36.0	47.82	2190	
230	162.63	116	0.34	0.24	32.4	44.66	1980	
220	155.56	120	0.30	0.21	27.0	41.58	1841	
210	148.49	120	0.24	0.17	23.4	34.26	1551	
200	141.42	หลอดดับ						

ตารางที่ 4.1 การวัดค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่แรงดันไฟฟ้าค่าต่างๆ

4.1.2 กราฟความสัมพันธ์ต่างๆ

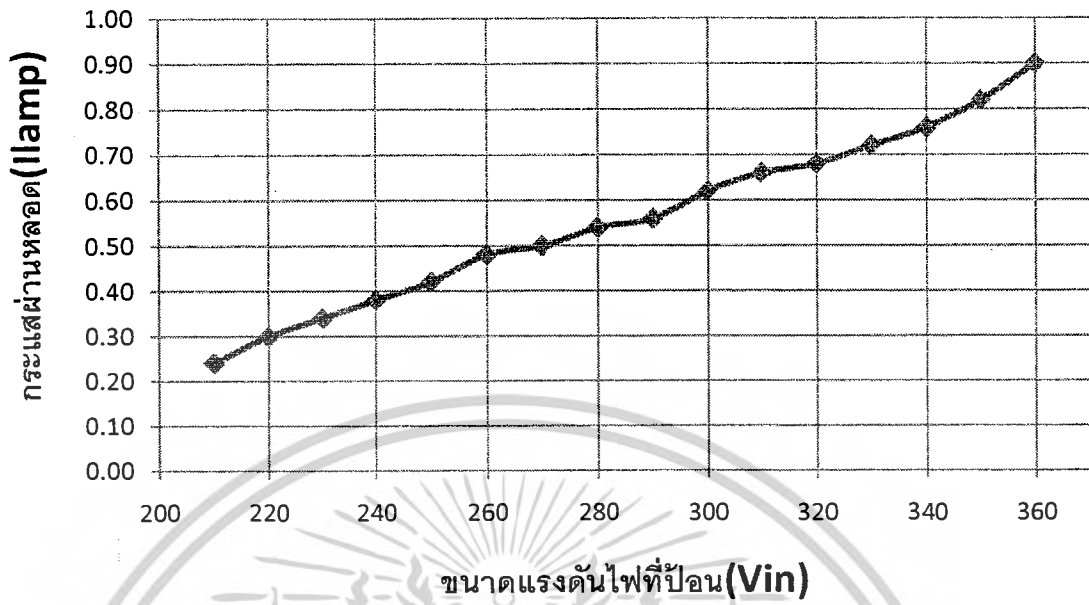


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความสว่างกับแรงดันไฟฟ้า

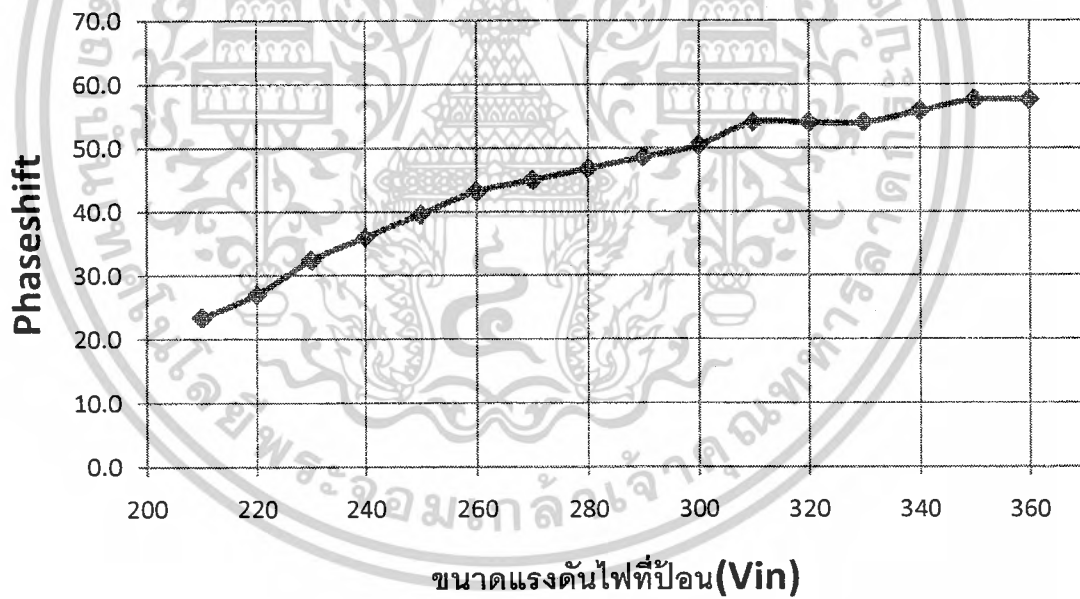


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันคร่อมหลอดฟลูออเรสเซนต์กับแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัว 36 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

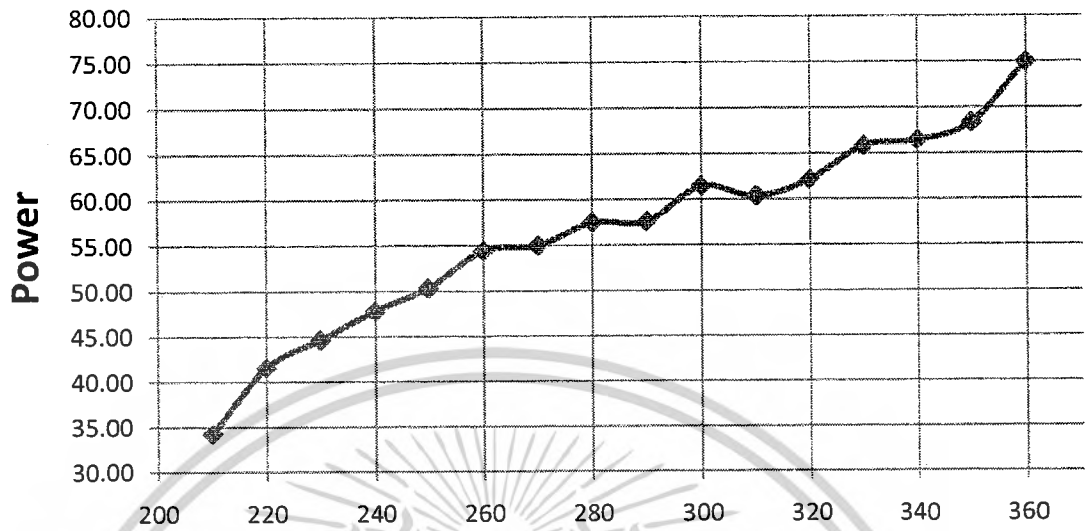


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า



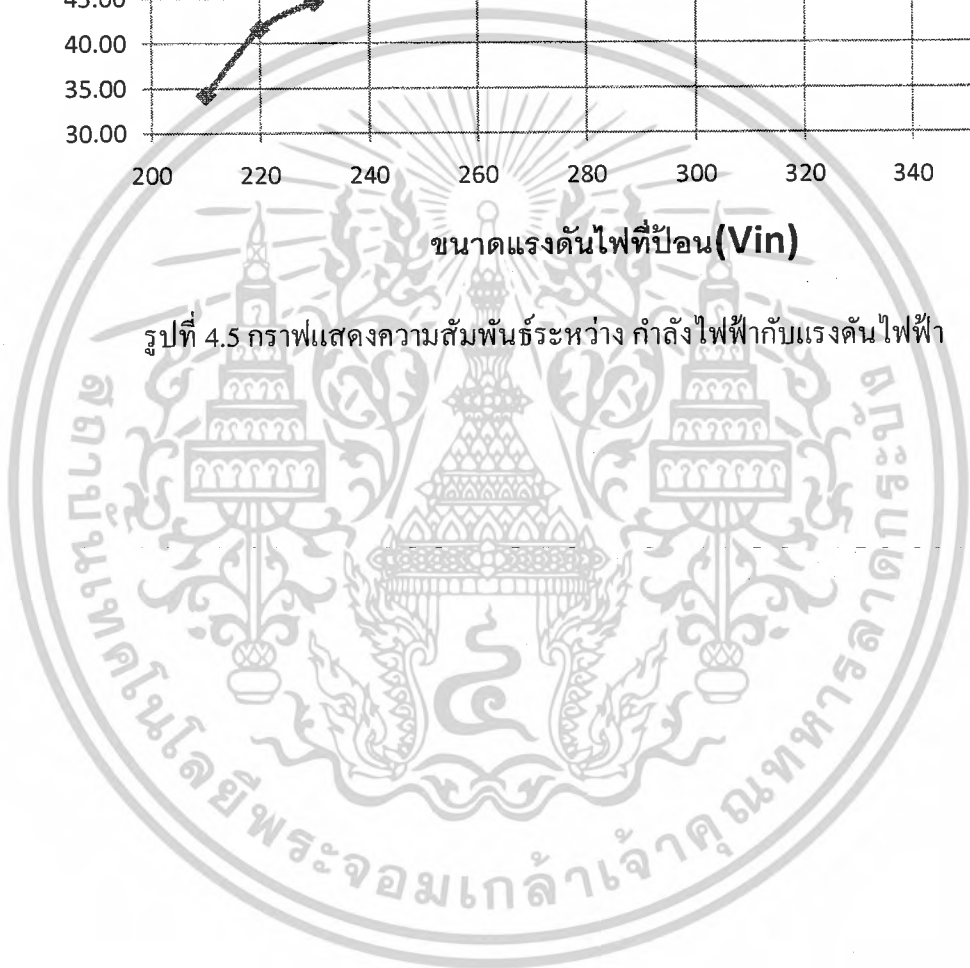
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มุมเฟสกับแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวอย่างอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ขนาดแรงดันไฟที่ป้อน(Vin)

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษรอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองวัดค่าความสว่าง แรงดัน กระแสที่โหลด กระแสไฟรวม เฟสชิป และอัตราดิวิตีเรโซ

ยี่ห้อ Toshiba: 36w

ระยะวัดแสง: 10 เซนติเมตรจากแหล่งกำเนิด

เครื่องมือวัด: Light meter Digicon LX-70, Probe100x, Current Probe, Oscilloscope

ครั้งที่ 1 จุดมุ่งหมาย: เพื่อต้องการลดแรงดันไฟบ้านสุดท้ายเหลือ 240 Vp

วัดสัญญาณที่ป้อนและสัญญาณที่สนใจ และใช้ Light Meter วัดความสว่าง โดยห่างจากหลอด 10 cm

Vline	ton	toff	Duty	Vlamp	Vin		Iline		Ilamp		Phaseshift	Brightness
Vrms	ms	ms		Vp	Vp	Vrms	Ap	Arms	Ap	Arms	Degree	Lux
220	0.34	0.16	0.68	110	256.56	181.42	0.23	0.16	0.26	0.18	27	1071

กำลังไฟฟ้าทั้งหมด	กำลังไฟฟ้าของชุดหลอด	กำลังของตัวรับพลังงาน	เปอร์เซ็นต์ที่ลดลงจากระดับไฟบ้านปกติ	
Watt	Watt	Watt	กำลังไฟฟ้า	ความสว่าง
31.88	29.71	2.17	47.17	66

ตารางที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการทดลองครั้งที่ 1

ครั้งที่ 2 จุดมุ่งหมาย: เพื่อต้องการลดแรงดันไฟบ้านสุดท้ายเหลือ 260 Vp

วัดสัญญาณที่ป้อนและสัญญาณที่สนใจ และใช้ Light Meter วัดความสว่าง โดยห่างจากหลอด 10 cm

Vline	ton	toff	Duty	Vlamp	Vin		Iline		Ilamp		Phaseshift	Brightness
Vrms	ms	ms		Vp	Vp	Vrms	Ap	Arms	Ap	Arms	Degree	Lux
220	0.4	0.12	0.77	92	273.01	193.05	0.33	0.24	0.36	0.25	41.4	1520

กำลังไฟฟ้าทั้งหมด	กำลังไฟฟ้าของชุดหลอด	กำลังของตัวรับพลังงาน	เปอร์เซ็นต์ที่ลดลงจากระดับไฟบ้านปกติ	
Watt	Watt	Watt	กำลังไฟฟ้า	ความสว่าง
38.51	36.86	1.65	36.19	51.75

ตารางที่ 4.3 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการทดลองครั้งที่ 2

หมายเหตุ:

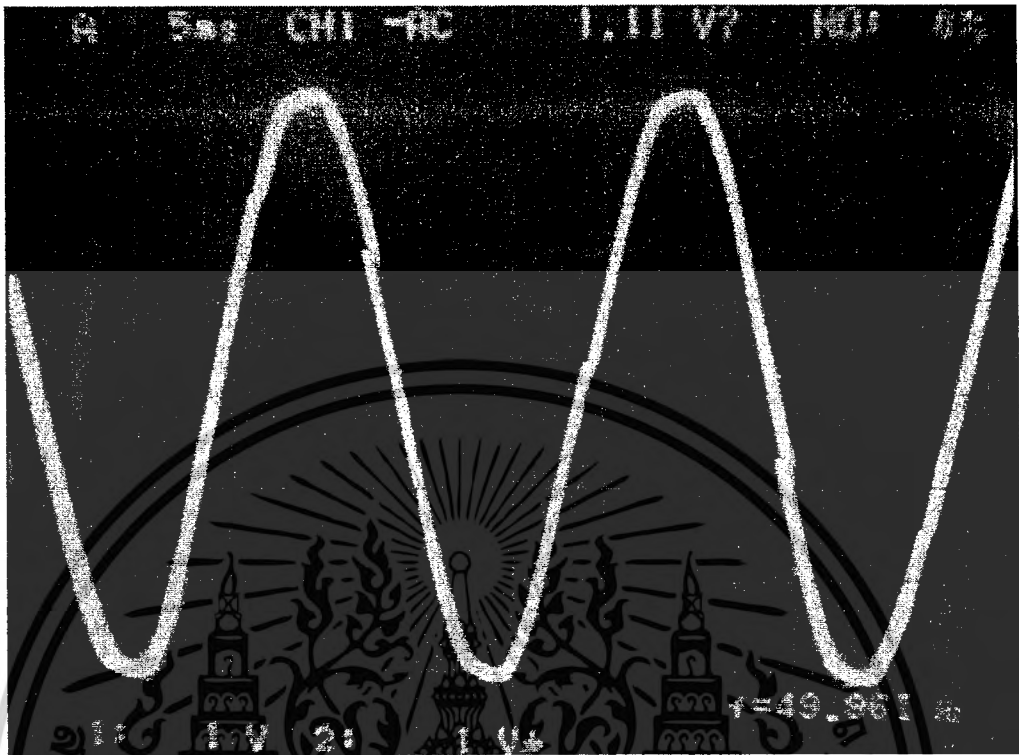
$$\text{กำลังไฟฟ้าทั้งหมด} = 220 \times I_{\text{line}} \times \cos\theta$$

$$\text{กำลังไฟฟ้าของชุดหลอด} = V_{\text{in}} \times I_{\text{lamp}} \times \cos\theta$$

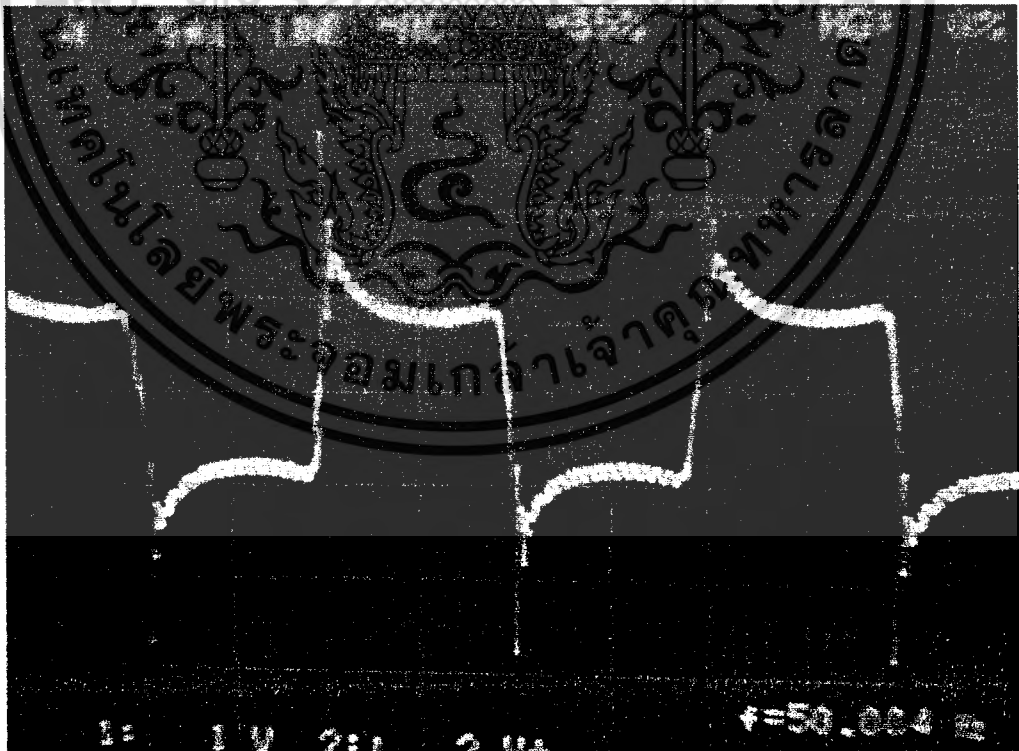
$$\text{กำลังของตัวรับพลังงาน} = \text{กำลังไฟฟ้าทั้งหมด} - \text{กำลังไฟฟ้าของชุดหลอด}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตี 39 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 รูปสัญญาณ จากการป้อนสัญญาณจากหม้อแปลงปรับค่า

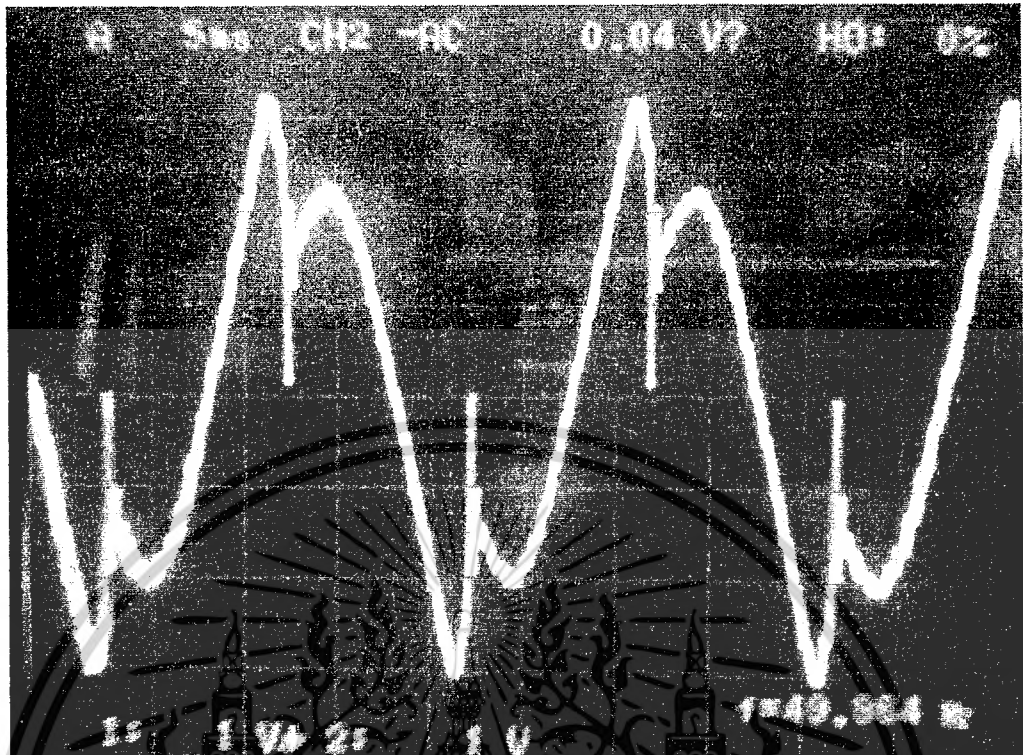


รูปที่ 4.6 สัญญาณแรงดันไฟบ้าน



รูปที่ 4.7 สัญญาณแรงดันคร่อมหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต่อ40อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

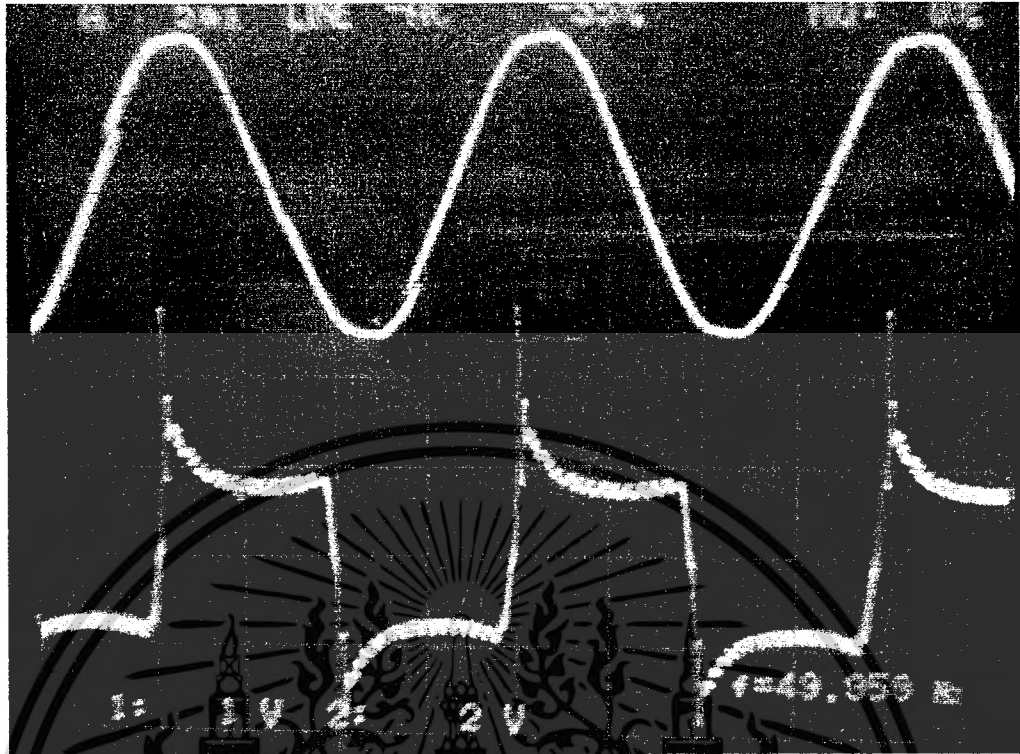


รูปที่ 4.8 สัญญาณแรงดันคร่อมบัลลาสต์

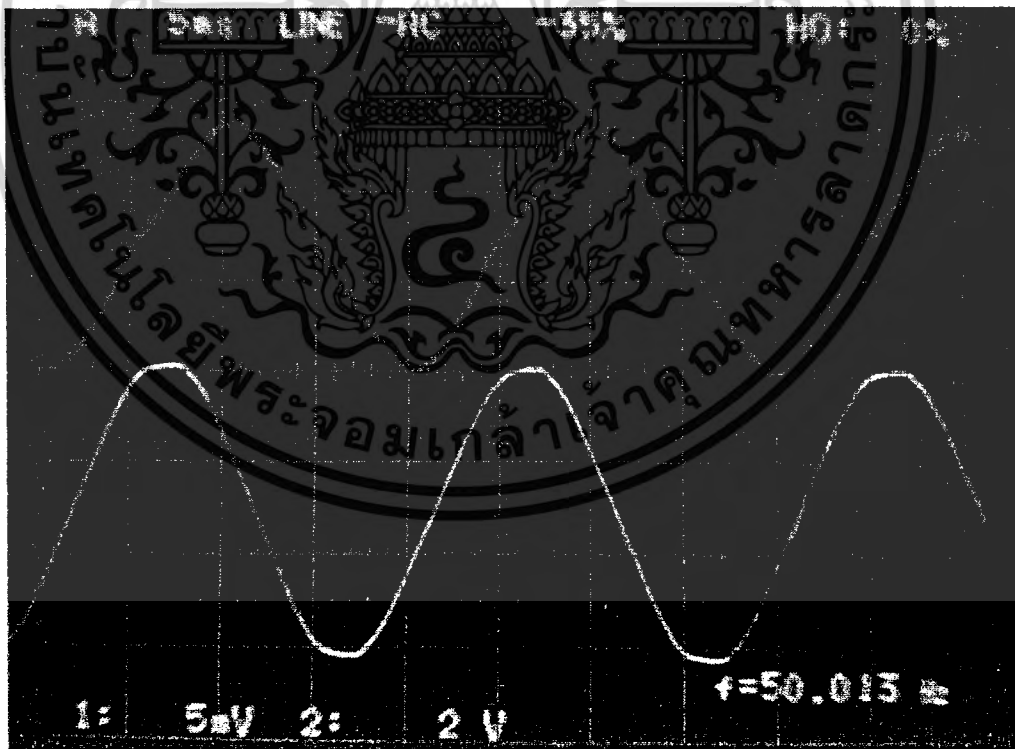


รูปที่ 4.9 สัญญาณกระแสผ่านหลอด Fluorescent

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษรอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

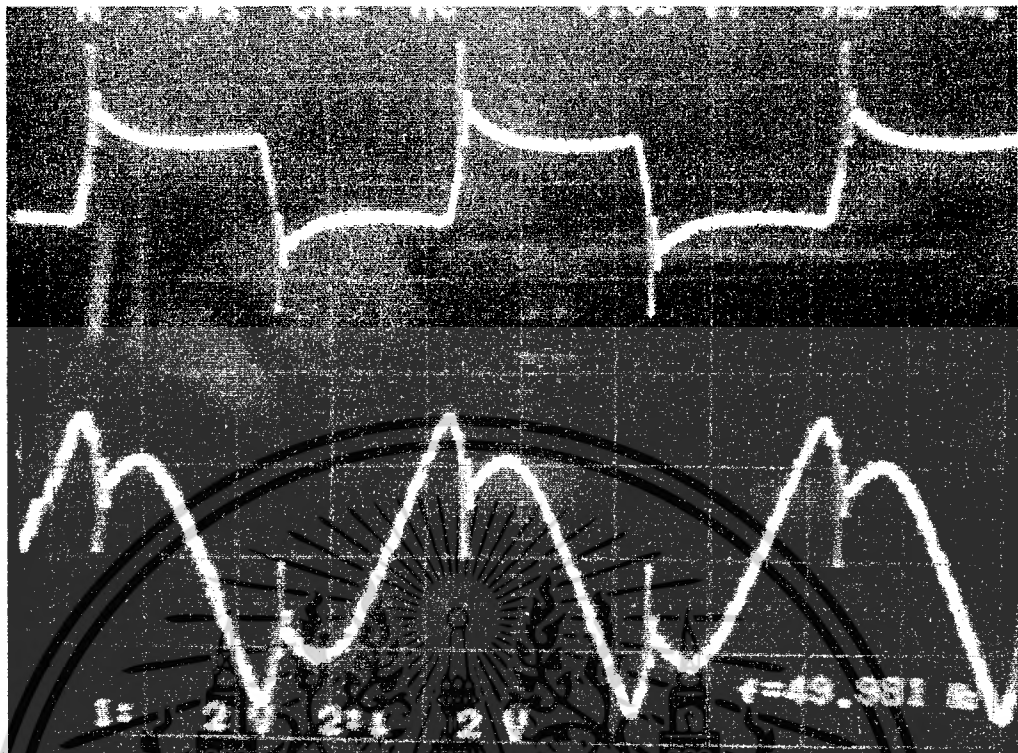


รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบแรงดันไฟบ้าน กับ แรงดันคร่อมหลอด



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบแรงดันไฟบ้าน กับ กระแสที่ผ่านหลอด

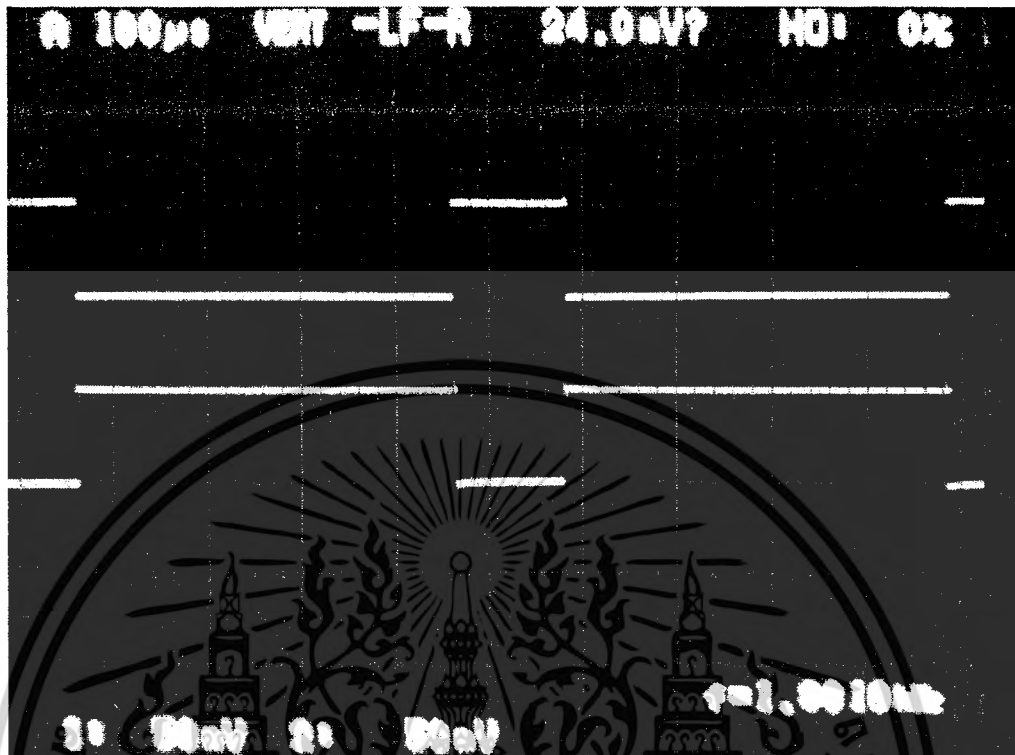
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษรอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบแรงดันคร่อมหลอด กับ แรงดันคร่อมบัลลาสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและตัว 43 อย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

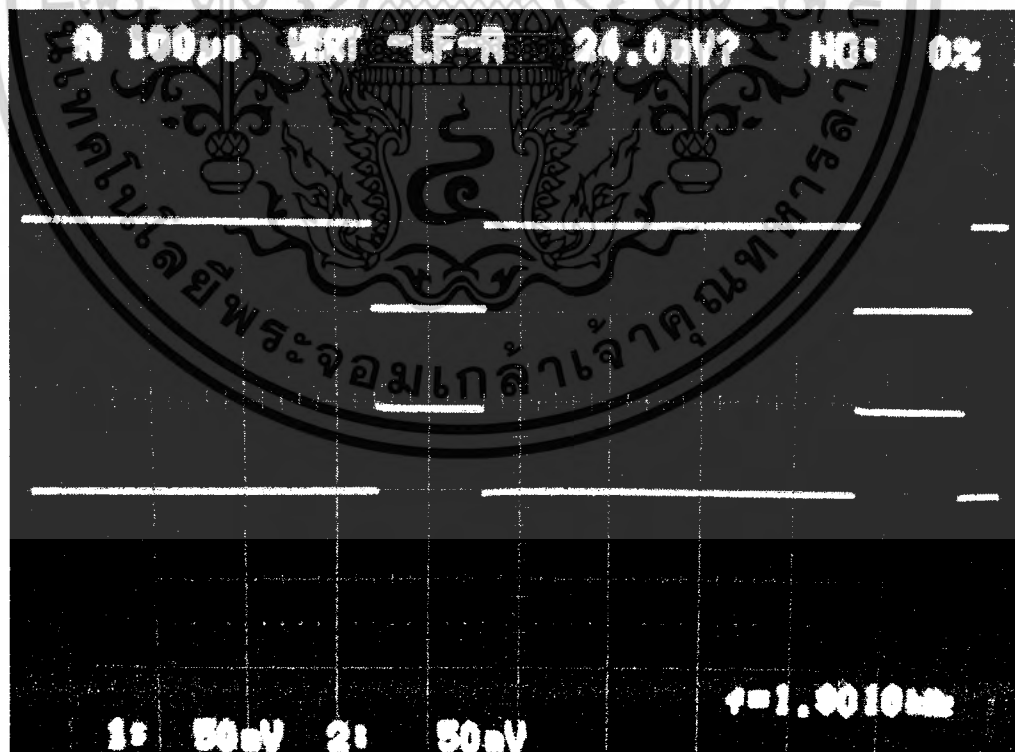
4.4 ทดสอบรูปสัญญาณ ณ ตำแหน่งต่างๆ เมื่อมีการตัดสัญญาณไฟบ้าน



P1.0

P1.1

รูปที่ 4.13 สัญญาณที่ไมโครคอนโทรลเลอร์พอร์ต P1.0 และ P1.1

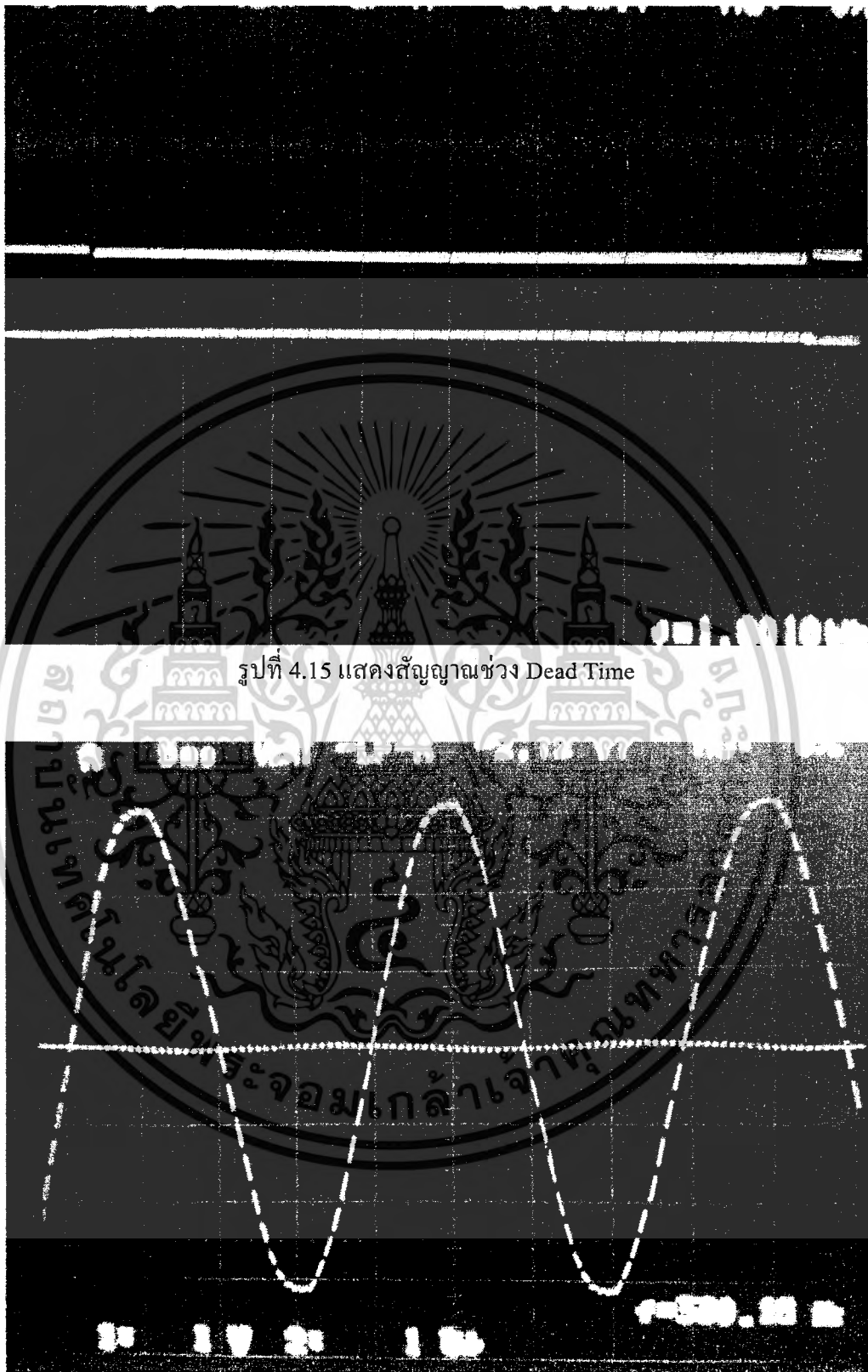


Pin13

Pin10

รูปที่ 4.14 สัญญาณ Output ของ nor gate

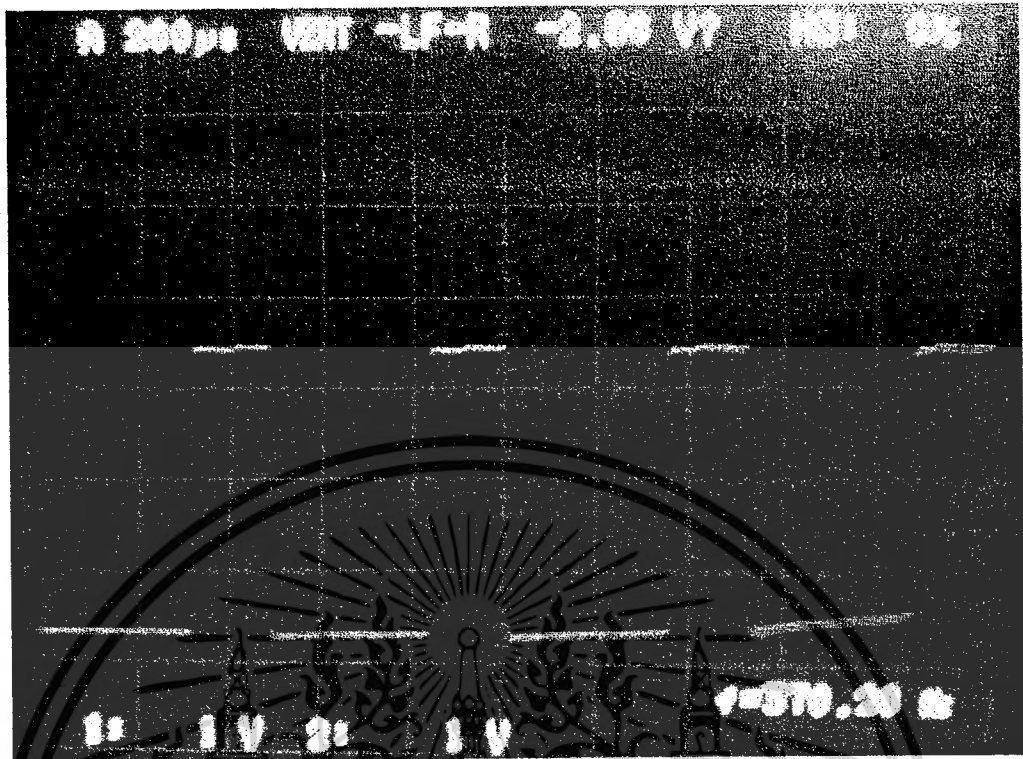
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ 44 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



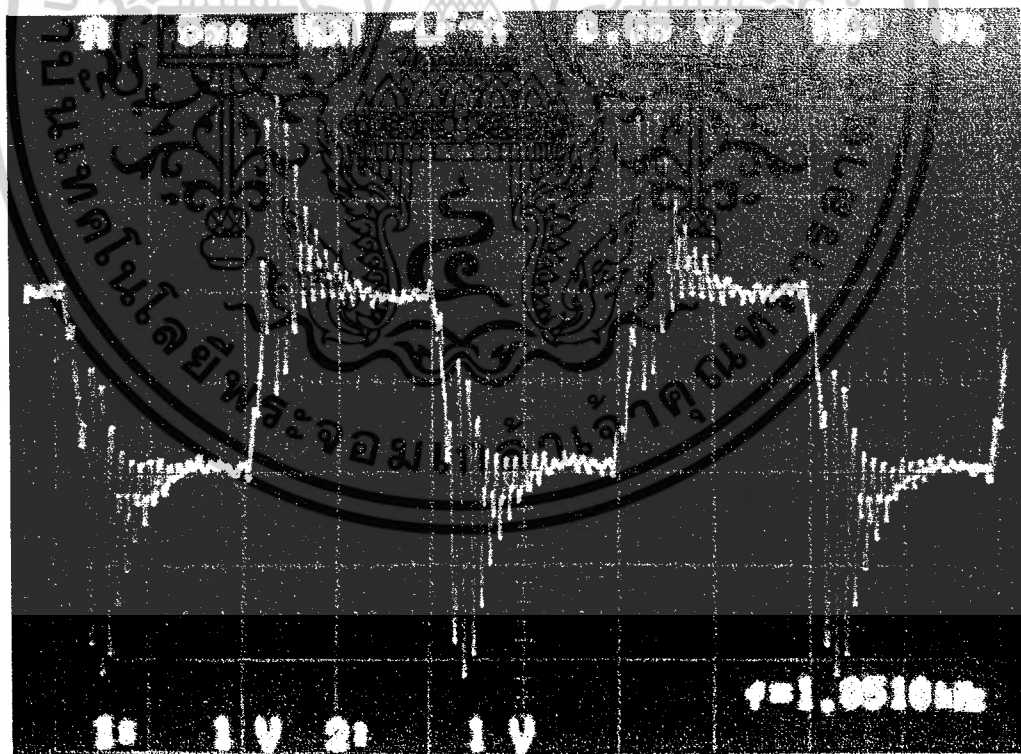
รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณช่วง Dead Time

รูปที่ 4.16 สัญญาณSin ที่ถูกตัด ด้วยความถี่ 2 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษรอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

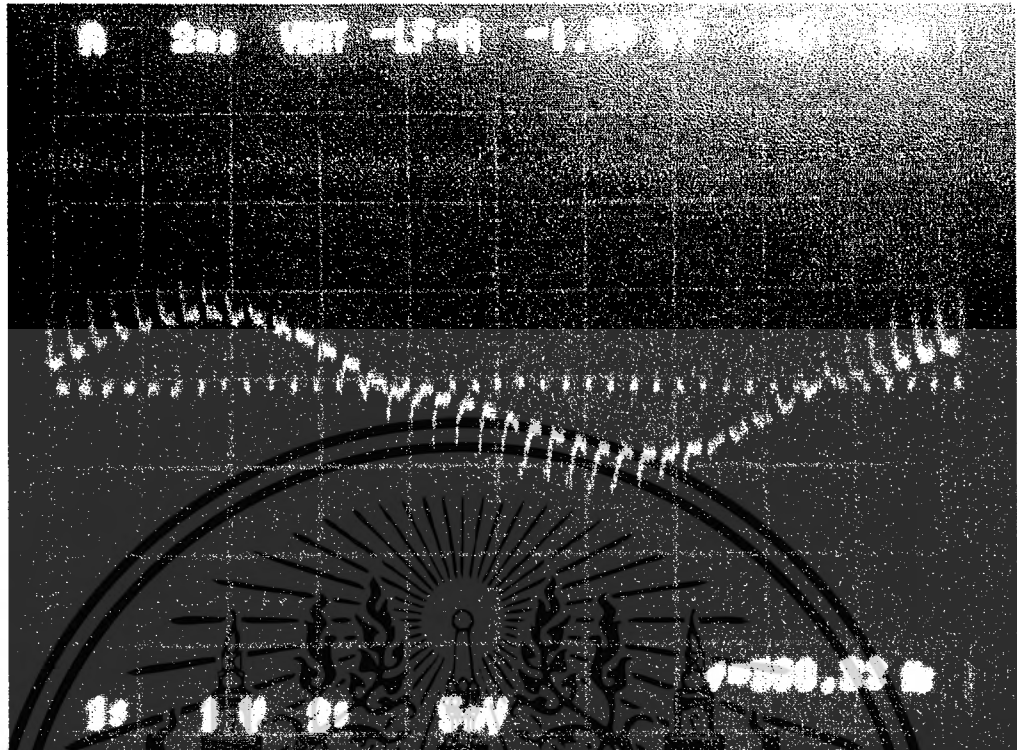


รูปที่ 4.17 Duty Cycle ของสัญญาณsin ที่ถูกตัด

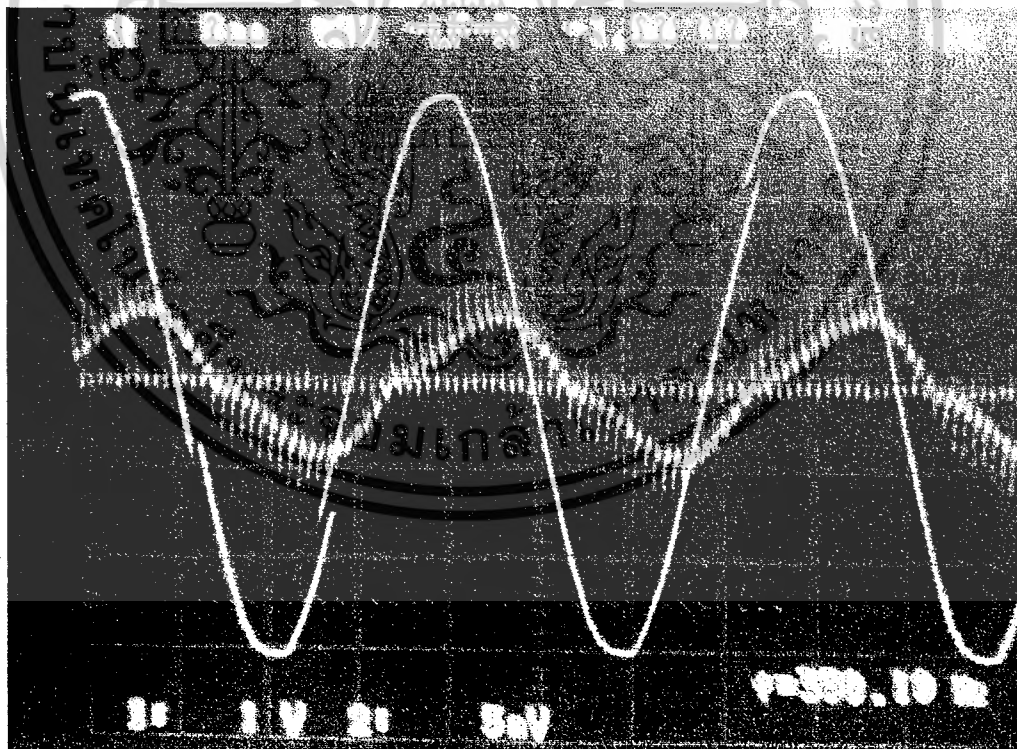


รูปที่ 4.18 สัญญาณแรงดันที่คร่อมหลอด Fluorescent

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตั้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

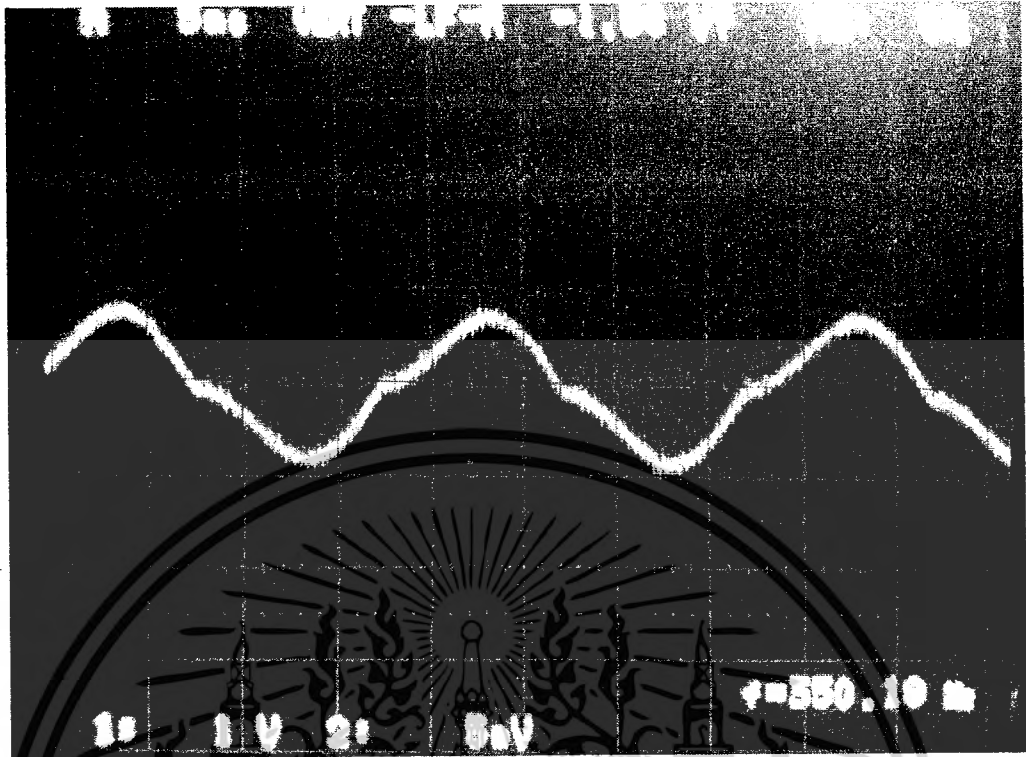


รูปที่ 4.19 สัญญาณกระแสไฟบ้าน

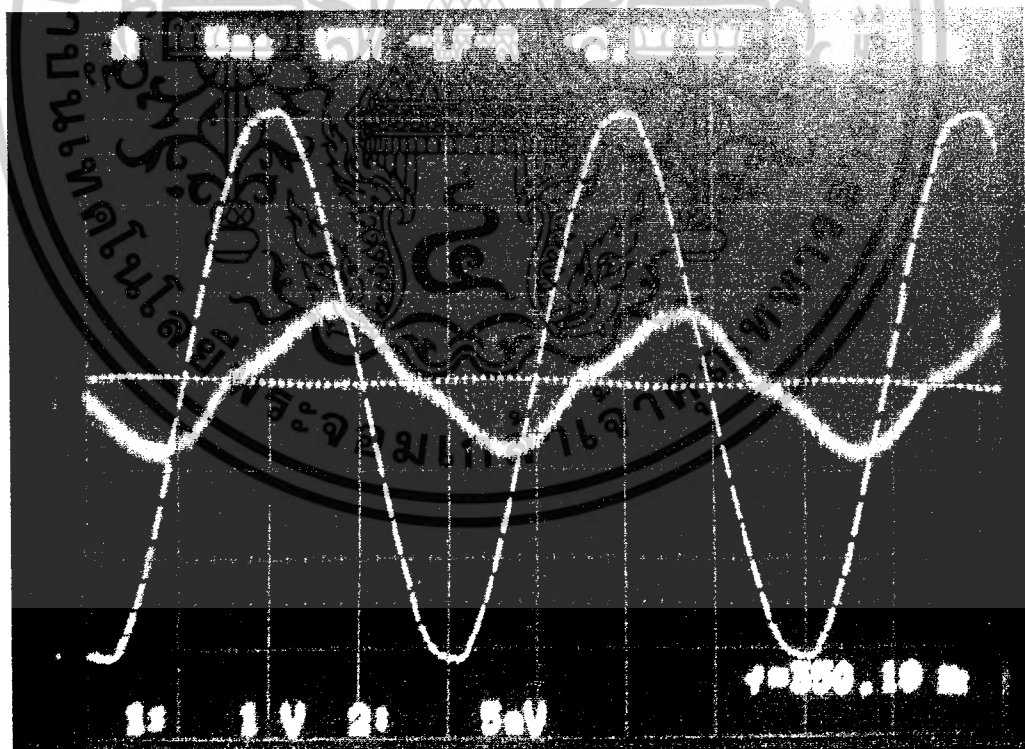


รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบสัญญาณแรงดัน ไฟบ้าน กับสัญญาณกระแสไฟบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ 47 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

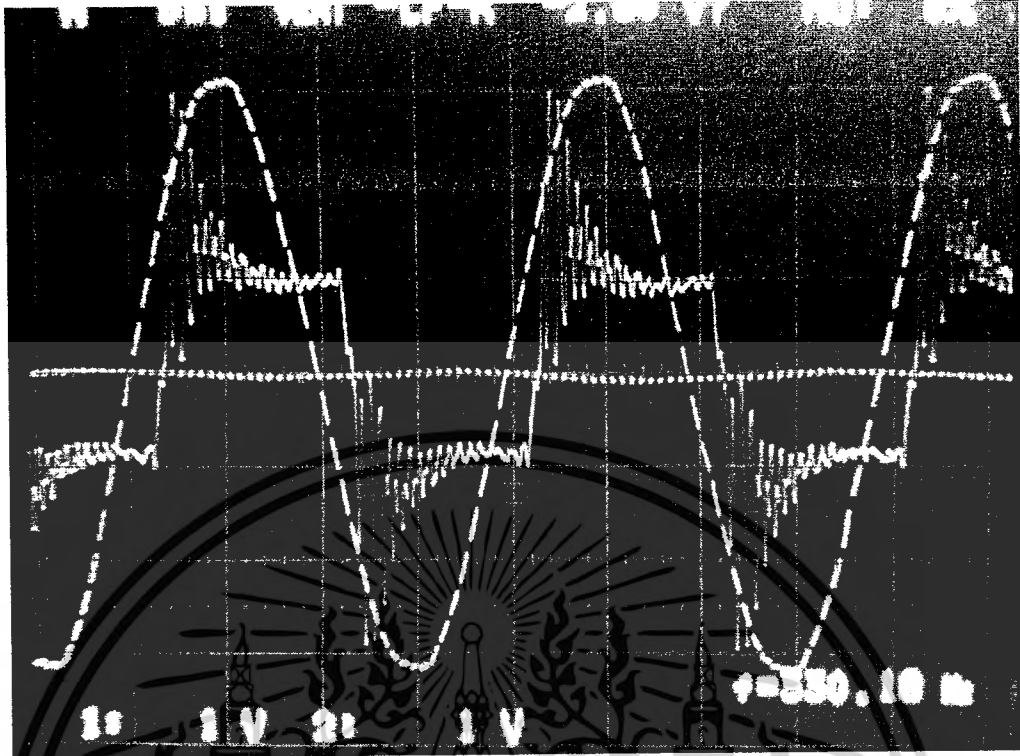


รูปที่ 4.21 สัญญาณกระแส ที่ผ่านหลอด Fluorescent

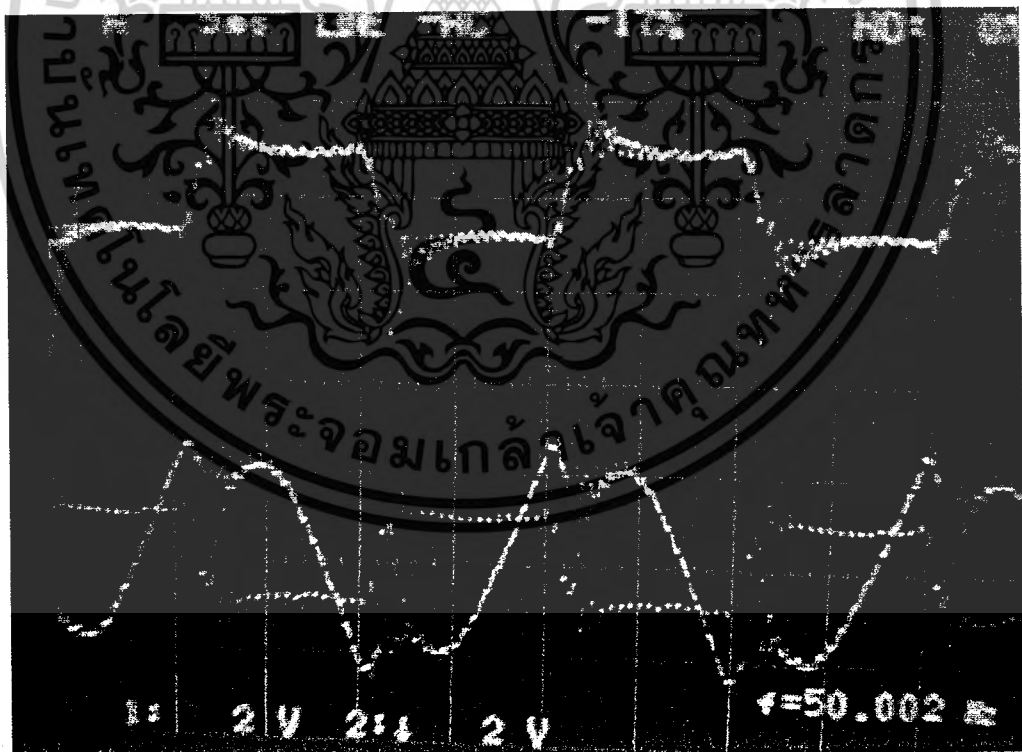


รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันไฟฟ้าบ้านที่ถูกตัด กับสัญญาณกระแสที่ผ่านหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ⁴⁸อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

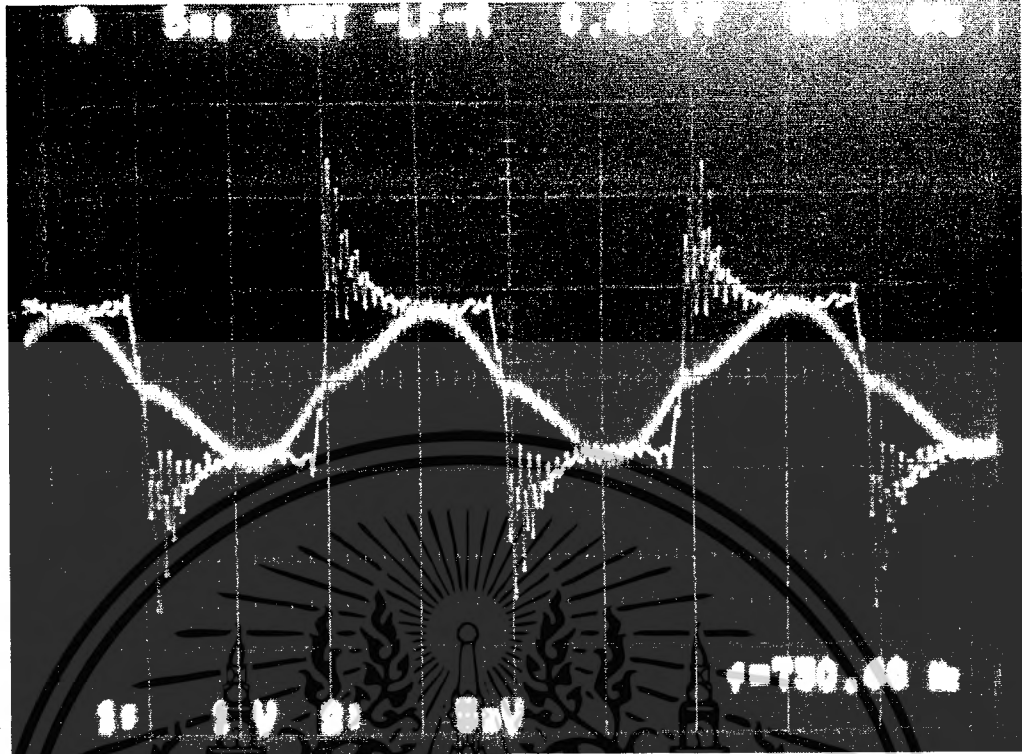


รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันไฟฟ้าบ้านที่ถูกตัด กับสัญญาณแรงดันคร่อมหลอด



รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันคร่อมบัลลาสต์ กับสัญญาณแรงดันคร่อมหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตั้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

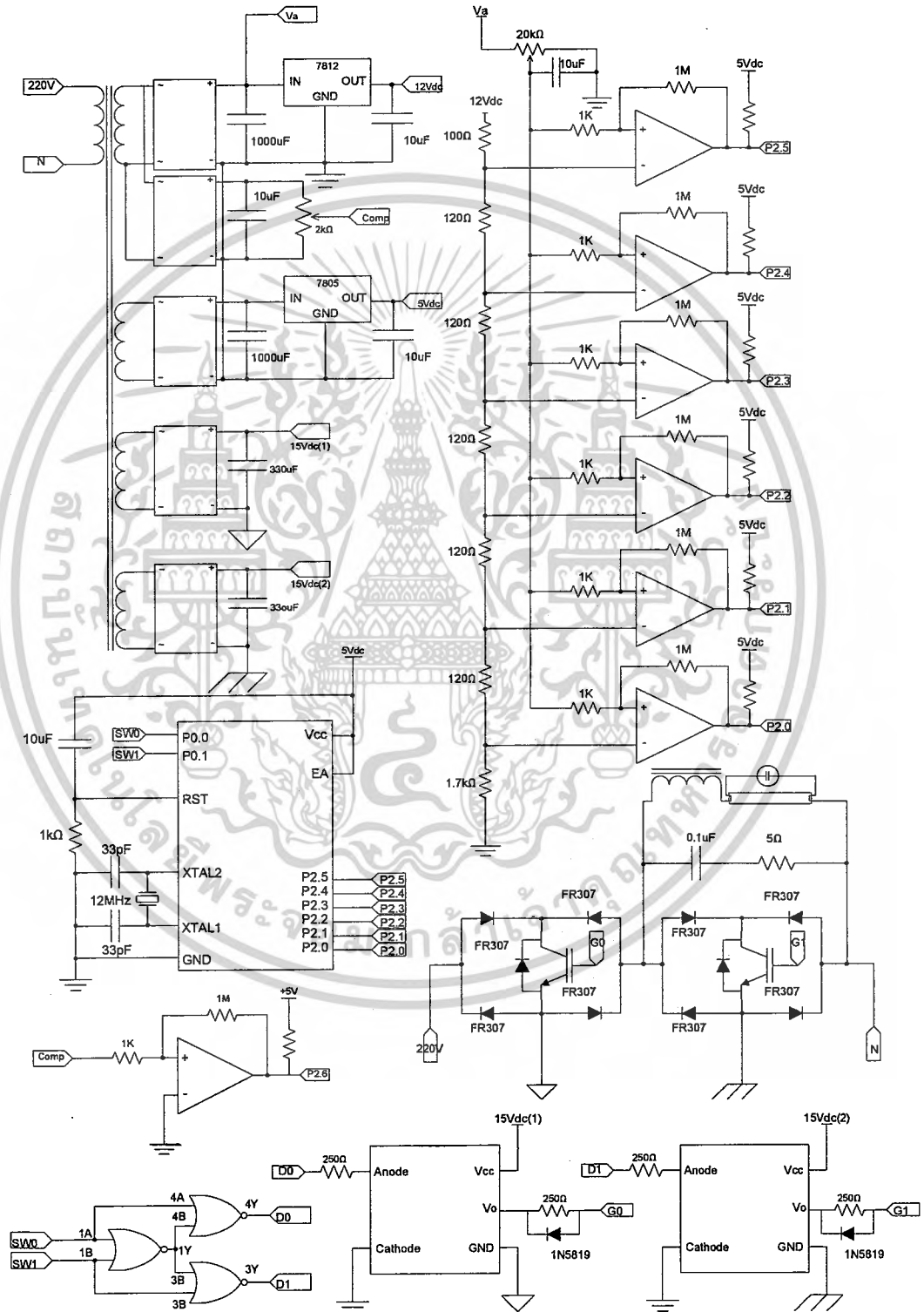


รูปที่ 4.25 เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันคร่อมหลอด กับสัญญาณกระแสผ่านหลอด



บทที่ 5 วงจรที่ออกแบบ

5.1 วงจรโดยรวม



รูปที่ 5.1 วงจรอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและรูปร่างอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองเราได้ทำการทดลองทั้งหมด 2 แบบ โดยการป้อนแรงดันไฟบ้านเข้าผ่านไปยังหม้อแปลงปรับค่าได้แล้วดูผล กับการป้อนแรงดันไฟบ้านที่ถูกตัดเข้าไป

จากตารางการทดลอง จะพบว่าเมื่อเราตัดสัญญาณไฟบ้านให้เหลือแรงดันเฉลี่ยที่ 181.42 Vrms ค่ากำลังที่ต้องเสียค่าไฟนั้นแตกต่างกันมากซึ่งได้ไม่เท่ากับค่าแรงดันที่เราลองปรับลดลงมาจากหม้อแปลงปรับค่าได้ และเมื่อพิจารณาจากกำลังที่ลดลงไปจากปกติพบว่าลดลงประมาณ 47.17% ความเข้มแสงลดลงถึง 66% จึงปรับค่าแรงดันเฉลี่ยใหม่อีกครั้งหนึ่ง โดยลดลงไปที่ 193.05 Vrms ซึ่งได้ผลออกมาคือ กำลังลดลงมาจากปกติประมาณ 36.19% ความเข้มแสงลดลง 51.75% ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้ออกมาจากการที่ไม่ตัดสัญญาณแต่หมุนหม้อแปลงปรับค่า กับการตัดสัญญาณไม่เท่ากันนั้นน่าจะมาจากผลของค่าความต้านทานเหนี่ยวนำ ในบัลลาสต์ เพราะการตัดสัญญาณไฟบ้านเรานั้นใช้ค่า ความถี่ที่ 2kHz ทำให้ค่ากระแสที่ผ่านหลอดนั้นน้อยกว่าขณะที่ไม่ได้ตัดจึงทำให้ค่ากำลังที่ออกมาต่างกัน

ในส่วนตัวรับพลังงาน ค่ากำลังสูญเสียที่แรงดันเฉลี่ยที่สูง ควรมากกว่าที่แรงดันเฉลี่ยที่ต่ำ แต่จากการทดลองค่าที่ได้จะพบว่าที่แรงดันเฉลี่ยที่สูงจะมีค่ากำลังตกคร่อมที่น้อยกว่า เนื่องมาจากความละเอียดของการวัดและสัญญาณที่ออกมาจากแกการวัดมากจึงอาจเกิดความผิดพลาดจากการวัด

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้กว่าที่จะสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ต้องพบอุปสรรคมากมายในการดำเนินการในแต่ละขั้นตอน แต่ก็สามารถที่จะจัดทำให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณา คำแนะนำ และคำปรึกษาที่ดี จาก ผศ. พลผดุง ผดุงกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้จัดทำได้มีความทราบซึ่งในความอนุเคราะห์จากทุกท่าน และขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณพี่ๆ พี่โอ และพี่เอ็กซ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือ และหัวหน้าห้องโปรเจก เพื่อน โก๊ เพื่อนพิชญ์ จนทำให้โครงการสามารถที่จะเสร็จสมบูรณ์ลงได้ คุณค่าและประโยชน์ที่ปรากฏในรายงานฉบับนี้ ผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ณ ที่นี้



นายนฤตม สกวลวิไลกิจเจริญ

นายเอกสิทธิ์ สุริยะรังสี

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ประจัน พลังสันติกุล, ชัยวัฒน์ ลีมพรจิตรวิไล, “ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับKeil C51”, อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์, 367 หน้า
2. ประภาพร ช่างไม้, “คู่มือการเขียนโปรแกรม ภาษา C ฉบับผู้เริ่มต้น”, ไอดีซี, 324 หน้า, 2545
3. อุดม รานอก, “ภาษา C สำหรับงานควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51”, อินโฟเพรส, 284หน้า, 2548



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ 56 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS[®]-51 Products
- 4K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
 - Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 4.0V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag
- Fast Programming Time
- Flexible ISP Programming (Byte and Page Mode)

Description

The AT89S51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 4K bytes of In-System Programmable Flash memory. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with In-System Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S51 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, two 16-bit timer/counters, a five-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next external interrupt or hardware reset.



**8-bit
Microcontroller
with 4K Bytes
In-System
Programmable
Flash**

AT89S51

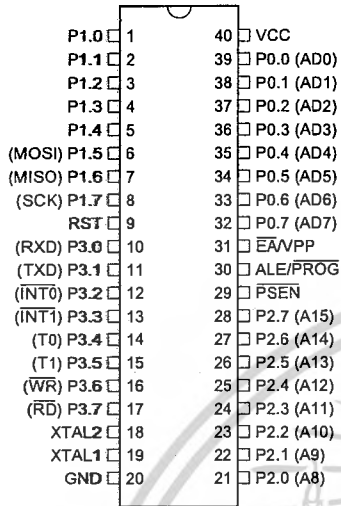
2487B-MICRO-12/03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลง  อย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

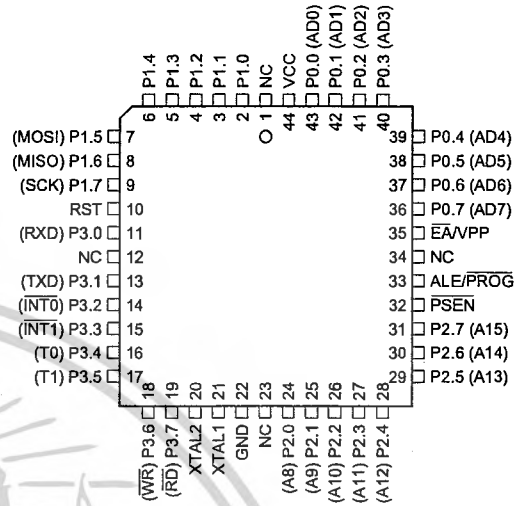


Pin Configurations

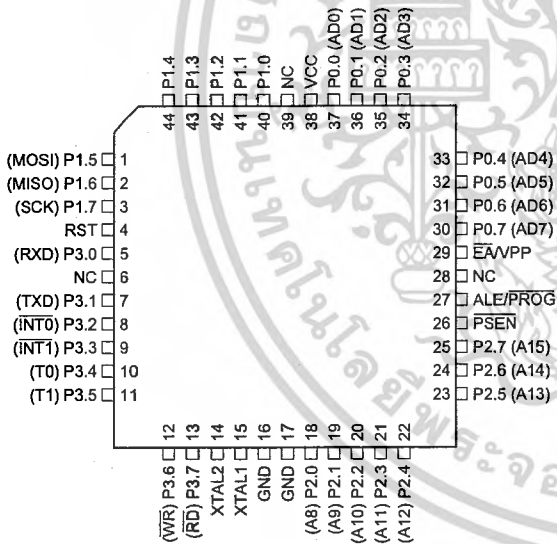
PDIP



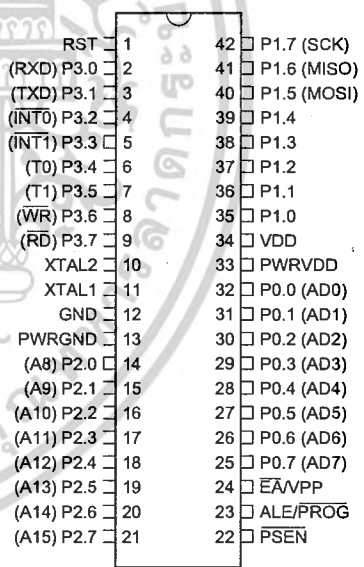
PLCC



TQFP



PDIP

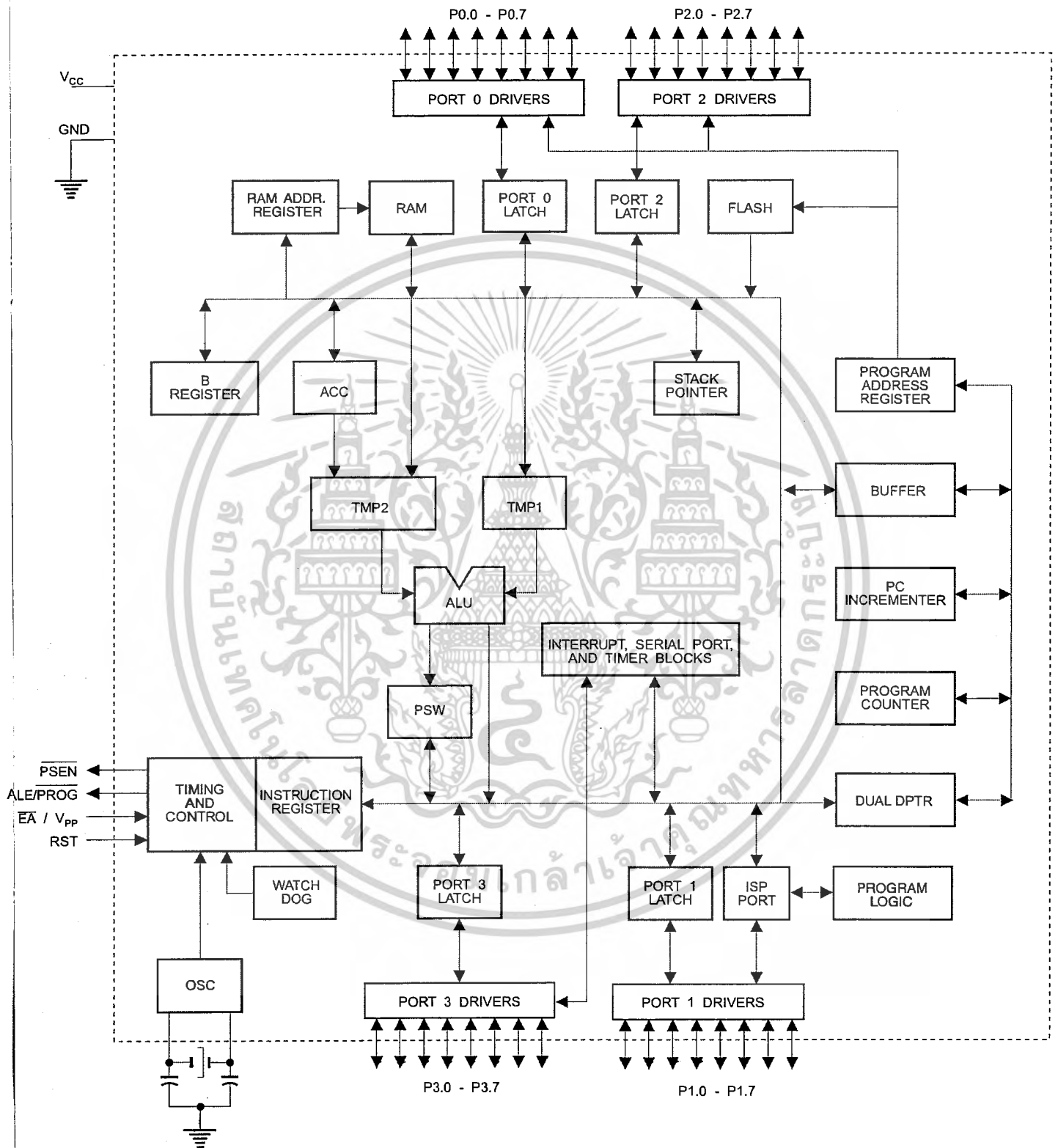


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

AT89S51

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกพิมพ์ใหม่เพื่อตอบสนองความต้องการของเอกสารทุกครั้งที่มีการแก้ไข

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ควรสืบหาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ในวารณใดๆ ทั้งสิ้น ออกกฎหมายเด็ดขาด
 อย่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





Pin Description

VCC Supply voltage (all packages except 42-PDIP).

GND Ground (all packages except 42-PDIP; for 42-PDIP GND connects only the logic core and the embedded program memory).

VDD Supply voltage for the 42-PDIP which connects only the logic core and the embedded program memory.

PWRVDD Supply voltage for the 42-PDIP which connects only the I/O Pad Drivers. The application board **MUST** connect both VDD and PWRVDD to the board supply voltage.

PWRGND Ground for the 42-PDIP which connects only the I/O Pad Drivers. PWRGND and GND are weakly connected through the common silicon substrate, but not through any metal link. The application board **MUST** connect both GND and PWRGND to the board ground.

Port 0 Port 0 is an 8-bit open drain bi-directional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pull-ups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. **External pull-ups are required during program verification.**

Port 1 Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pull-ups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.5	MOSI (used for In-System Programming)
P1.6	MISO (used for In-System Programming)
P1.7	SCK (used for In-System Programming)

Port 2 Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pull-ups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pull-ups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pull-ups.

Port 3 receives some control signals for Flash programming and verification.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S51, as shown in the following table.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	\overline{WR} (external data memory write strobe)
P3.7	\overline{RD} (external data memory read strobe)

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device. This pin drives High for 98 oscillator periods after the Watchdog times out. The DISRTO bit in SFR AUXR (address 8EH) can be used to disable this feature. In the default state of bit DISRTO, the RESET HIGH out feature is enabled.

ALE/PROG

Address Latch Enable (ALE) is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (\overline{PROG}) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

PSEN

Program Store Enable (\overline{PSEN}) is the read strobe to external program memory.

When the AT89S51 is executing code from external program memory, \overline{PSEN} is activated twice each machine cycle, except that two \overline{PSEN} activations are skipped during each access to external data memory.

EA/VPP

External Access Enable. \overline{EA} must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, \overline{EA} will be internally latched on reset.

\overline{EA} should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทงสน ออกกฎหมายเด็ดขาดสง  อย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

Table 1. AT89S51 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H								0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XX000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000							0AFH
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXX0				WDRST XXXXXXX	0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXX0XX0	8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	PCON 0XXX0000	87H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

AT89S51

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

2487B-MICRO-12/03

Serial Programming Characteristics

Figure 9. Serial Programming Timing

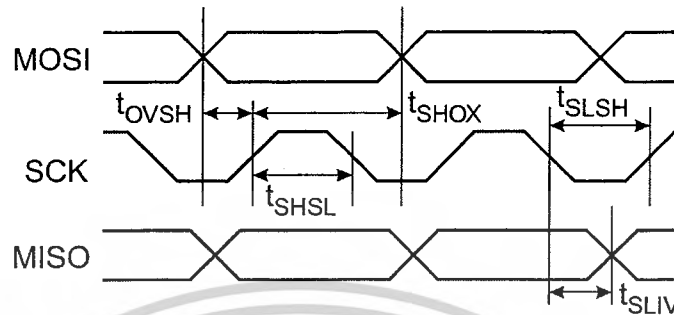


Table 9. Serial Programming Characteristics, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 4.0 - 5.5\text{V}$ (Unless Otherwise Noted)

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$1/t_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency	3		33	MHz
t_{CLCL}	Oscillator Period	30			ns
t_{SHSL}	SCK Pulse Width High	$8 t_{\text{CLCL}}$			ns
t_{SLSH}	SCK Pulse Width Low	$8 t_{\text{CLCL}}$			ns
t_{OVSH}	MOSI Setup to SCK High	t_{CLCL}			ns
t_{SHOX}	MOSI Hold after SCK High	$2 t_{\text{CLCL}}$			ns
t_{SLIV}	SCK Low to MISO Valid	10	16	32	ns
t_{ERASE}	Chip Erase Instruction Cycle Time			500	ms
t_{SWC}	Serial Byte Write Cycle Time			$64 t_{\text{CLCL}} + 400$	μs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ใดๆ ทั้งสิ้น ออกกฎหมายหมดเขตแปลง
 อย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.6V
DC Output Current.....	15.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC Characteristics

The values shown in this table are valid for $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C and $V_{CC} = 4.0\text{V}$ to 5.5V , unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except \overline{EA})	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IL1}	Input Low Voltage (\overline{EA})		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, \overline{EA})	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 5.5\text{V}$		50	μA

- Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
 Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
 Maximum I_{OL} per 8-bit port:
 Port 0: 26 mA Ports 1, 2, 3: 15 mA
 Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
 If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

AT89S51

ไม่ว่ากรณีใดๆ ฟิงส์น อีทิงห้ามมเหตดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งทมีการนาไป

2487B-MICRO-12/03

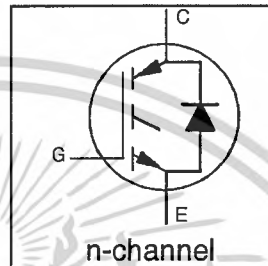
IRG4PH40UD

INSULATED GATE BIPOLAR TRANSISTOR WITH
ULTRAFAST SOFT RECOVERY DIODE

UltraFast CoPack IGBT

Features

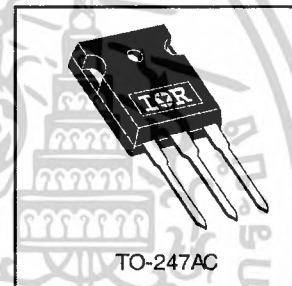
- UltraFast: Optimized for high operating frequencies up to 40 kHz in hard switching, >200 kHz in resonant mode
- New IGBT design provides tighter parameter distribution and higher efficiency than previous generations
- IGBT co-packaged with HEXFRED™ ultrafast, ultra-soft-recovery anti-parallel diodes for use in bridge configurations
- Industry standard TO-247AC package



$V_{CES} = 1200V$
$V_{CE(on)} \text{ typ.} = 2.43V$
@ $V_{GE} = 15V, I_C = 21A$

Benefits

- Higher switching frequency capability than competitive IGBTs
- Highest efficiency available
- HEXFRED diodes optimized for performance with IGBT's. Minimized recovery characteristics require less/no snubbing



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Max.	Units
V_{CES} Collector-to-Emitter Breakdown Voltage	1200	V
$I_C @ T_C = 25^\circ C$ Continuous Collector Current	41	A
$I_C @ T_C = 100^\circ C$ Continuous Collector Current	21	
I_{CM} Pulsed Collector Current $\text{\textcircled{O}}$	82	
I_{LM} Clamped Inductive Load Current $\text{\textcircled{O}}$	82	
$I_F @ T_C = 100^\circ C$ Diode Continuous Forward Current	8.0	
I_{FM} Diode Maximum Forward Current	130	V
V_{GE} Gate-to-Emitter Voltage	± 20	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$ Maximum Power Dissipation	160	W
$P_D @ T_C = 100^\circ C$ Maximum Power Dissipation	65	
T_J Operating Junction and T_{STG} Storage Temperature Range	-55 to + 150	°C
Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (0.063 in. (1.6mm) from case)	
Mounting torque, 6-32 or M3 screw.	10 lbf·in (1.1N·m)	

Thermal Resistance

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$ Junction-to-Case - IGBT	—	—	0.77	°C/W
$R_{\theta JC}$ Junction-to-Case - Diode	—	—	1.7	
$R_{\theta CS}$ Case-to-Sink, flat, greased surface	—	0.24	—	
$R_{\theta JA}$ Junction-to-Ambient, typical socket mount	—	—	40	
Wt	—	6 (0.21)	—	g (oz)

IRG4PH40UD

International
IR Rectifier

Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)CES}$	Collector-to-Emitter Breakdown Voltage ^③	1200	—	—	V	$V_{GE} = 0V, I_C = 250\mu A$
$\Delta V_{(BR)CES}/\Delta T_J$	Temperature Coeff. of Breakdown Voltage	—	0.43	—	V/°C	$V_{GE} = 0V, I_C = 1.0mA$
$V_{CE(on)}$	Collector-to-Emitter Saturation Voltage	—	2.43	3.1	V	$I_C = 21A$ $I_C = 41A$ $I_C = 21A, T_J = 150^\circ\text{C}$
		—	2.97	—		
		—	2.47	—		
$V_{GE(th)}$	Gate Threshold Voltage	3.0	—	6.0		$V_{CE} = V_{GE}, I_C = 250\mu A$
$\Delta V_{GE(th)}/\Delta T_J$	Temperature Coeff. of Threshold Voltage	—	-11	—	mV/°C	$V_{CE} = V_{GE}, I_C = 250\mu A$
g_{fe}	Forward Transconductance ^④	16	24	—	S	$V_{CE} = 100V, I_C = 21A$
I_{CES}	Zero Gate Voltage Collector Current	—	—	250	μA	$V_{GE} = 0V, V_{CE} = 1200V$ $V_{GE} = 0V, V_{CE} = 1200V, T_J = 150^\circ\text{C}$
		—	—	5000		
V_{FM}	Diode Forward Voltage Drop	—	2.6	3.3	V	$I_C = 8.0A$ $I_C = 8.0A, T_J = 125^\circ\text{C}$
		—	2.4	3.1		
I_{GES}	Gate-to-Emitter Leakage Current	—	—	± 100	nA	$V_{GE} = \pm 20V$

Switching Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Q_g	Total Gate Charge (turn-on)	—	86	130	nC	$I_C = 21A$ $V_{CC} = 400V$ $V_{GE} = 15V$
Q_{ge}	Gate - Emitter Charge (turn-on)	—	13	20		
Q_{gc}	Gate - Collector Charge (turn-on)	—	29	44		
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	46	—	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $I_C = 21A, V_{CC} = 800V$ $V_{GE} = 15V, R_G = 10\Omega$ Energy losses include "tail" and diode reverse recovery.
t_r	Rise Time	—	35	—		
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	97	150		
t_f	Fall Time	—	240	360		
E_{on}	Turn-On Switching Loss	—	1.80	—		
E_{off}	Turn-Off Switching Loss	—	1.93	—		
E_{ts}	Total Switching Loss	—	3.73	4.6		
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	42	—		
t_r	Rise Time	—	32	—		
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	240	—		
t_f	Fall Time	—	510	—		
E_{ts}	Total Switching Loss	—	7.04	—	mJ	See Fig. 9, 10, 18
L_E	Internal Emitter Inductance	—	13	—	nH	Measured 5mm from package
C_{ies}	Input Capacitance	—	1800	—	pF	$V_{GE} = 0V$ $V_{CC} = 30V$ $f = 1.0MHz$
C_{oes}	Output Capacitance	—	120	—		
C_{res}	Reverse Transfer Capacitance	—	18	—		
t_{rr}	Diode Reverse Recovery Time	—	63	95	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}$ See Fig. 14 $T_J = 125^\circ\text{C}$ 14
		—	106	160		
I_{rr}	Diode Peak Reverse Recovery Current	—	4.5	8.0	A	$T_J = 25^\circ\text{C}$ See Fig. 15 $T_J = 125^\circ\text{C}$ 15
		—	6.2	11		
Q_{rr}	Diode Reverse Recovery Charge	—	140	380	nC	$T_J = 25^\circ\text{C}$ See Fig. 16 $T_J = 125^\circ\text{C}$ 16
		—	335	880		
$di_{(rec)M}/dt$	Diode Peak Rate of Fall of Recovery During t_b	—	133	—	A/ μs	$T_J = 25^\circ\text{C}$ See Fig. 17 $T_J = 125^\circ\text{C}$ 17
		—	85	—		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

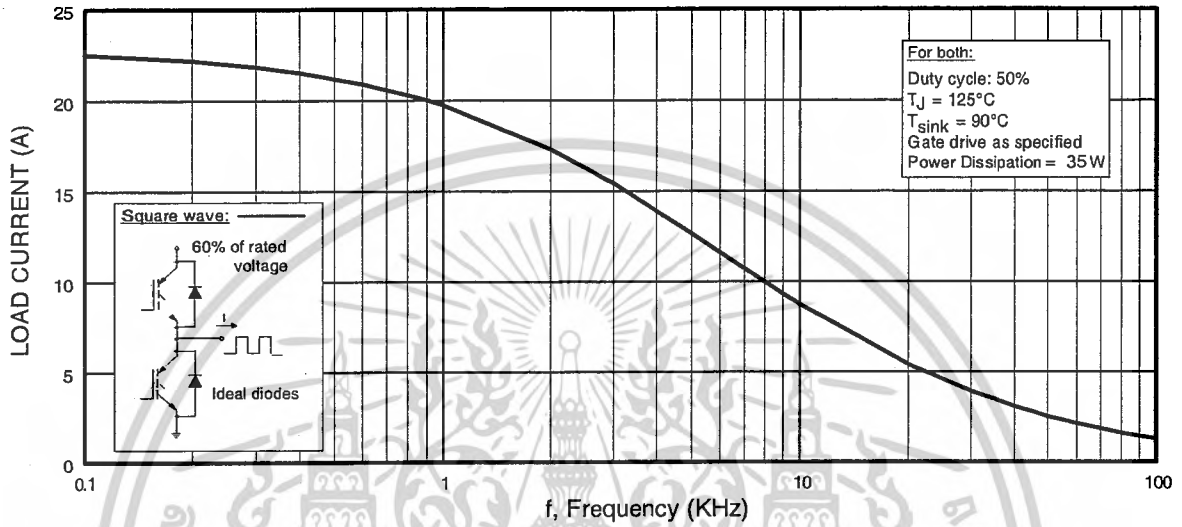


Fig. 1 - Typical Load Current vs. Frequency
(Load Current = I_{RMS} of fundamental)

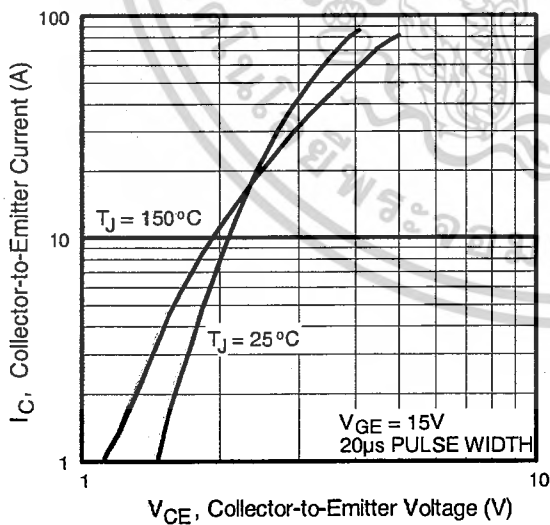


Fig. 2 - Typical Output Characteristics
www.irf.com

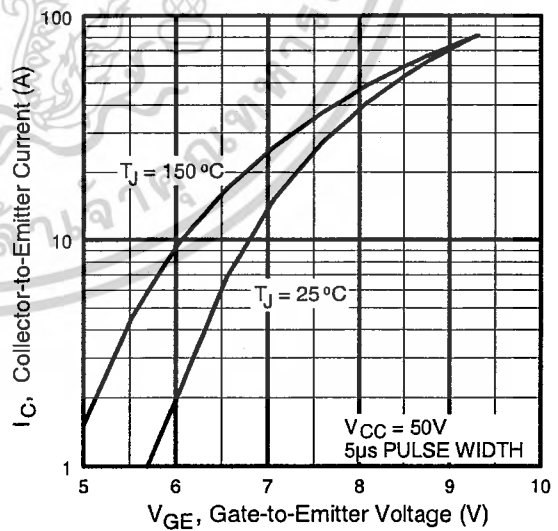


Fig. 3 - Typical Transfer Characteristics

IRG4PH40UD

International
IR Rectifier

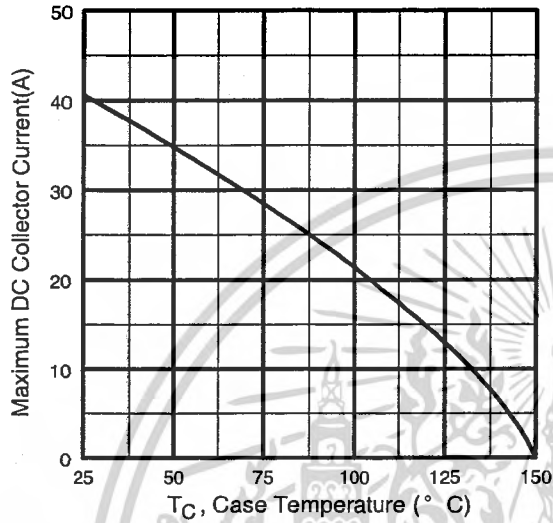


Fig. 4 - Maximum Collector Current vs. Case Temperature

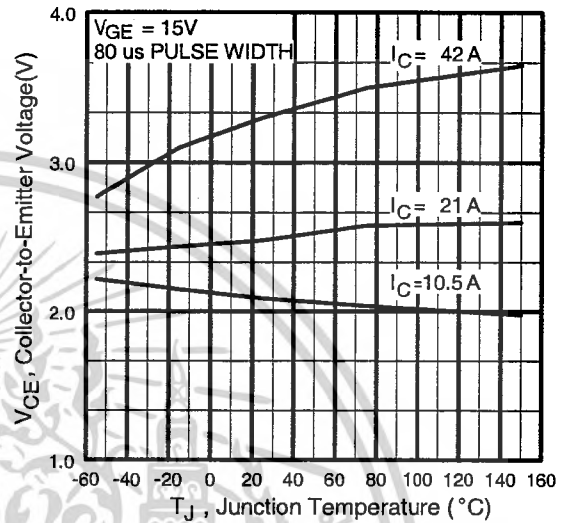


Fig. 5 - Typical Collector-to-Emitter Voltage vs. Junction Temperature

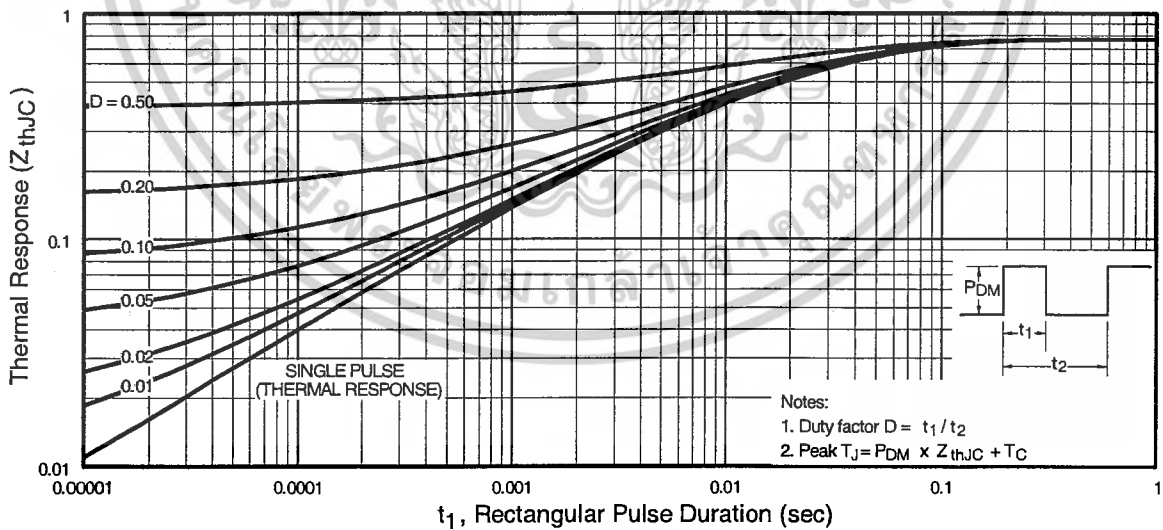


Fig. 6 - Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

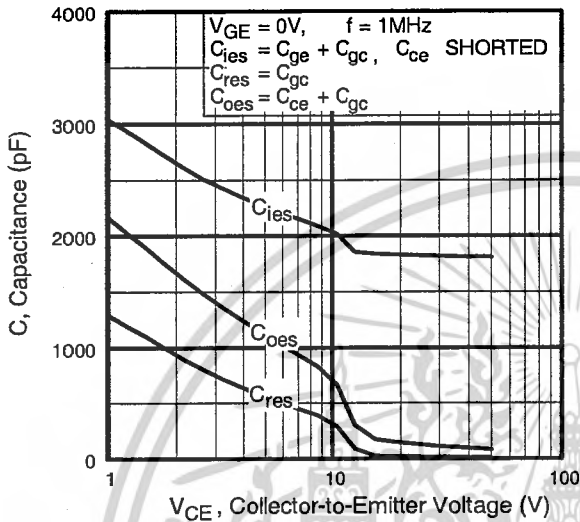


Fig. 7 - Typical Capacitance vs. Collector-to-Emitter Voltage

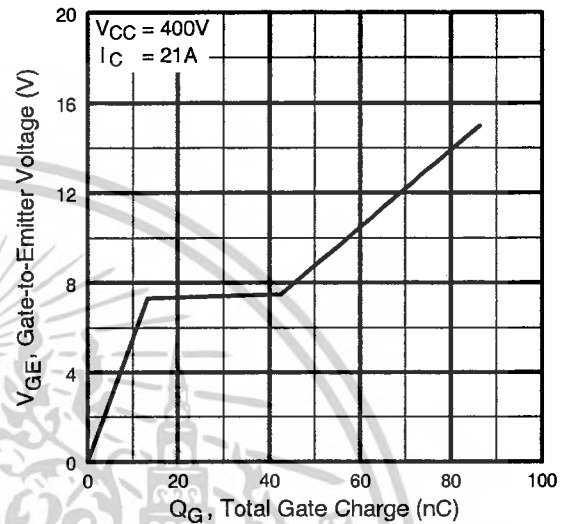


Fig. 8 - Typical Gate Charge vs. Gate-to-Emitter Voltage

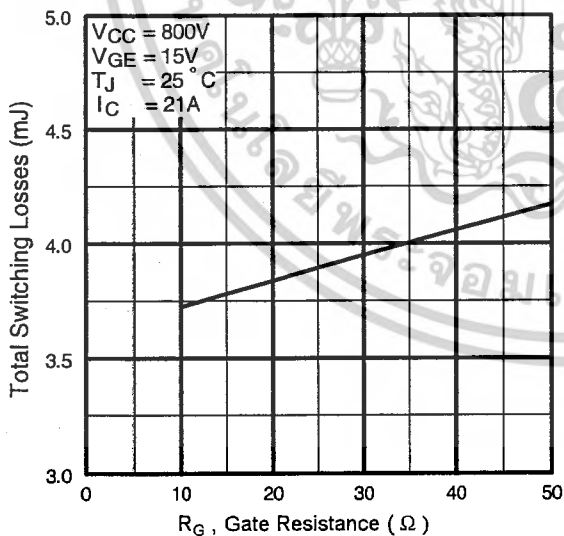


Fig. 9 - Typical Switching Losses vs. Gate Resistance

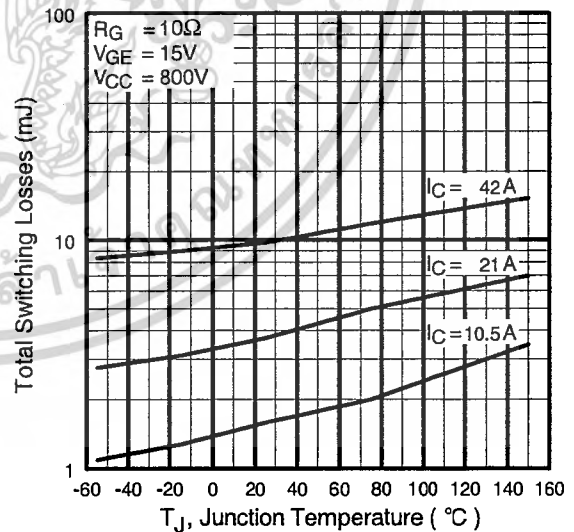


Fig. 10 - Typical Switching Losses vs. Junction Temperature

IRG4PH40UD

International
IR Rectifier

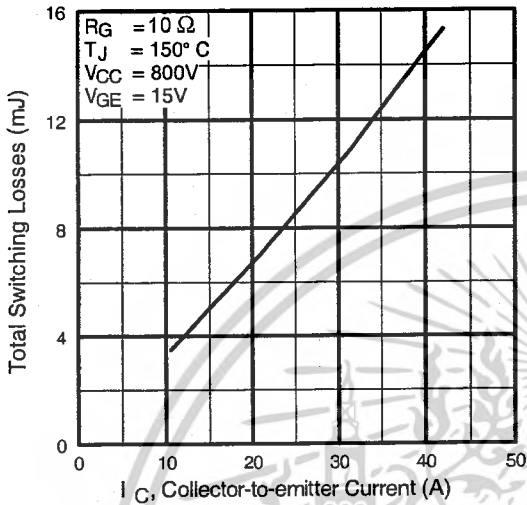


Fig. 11 - Typical Switching Losses vs. Collector-to-Emitter Current

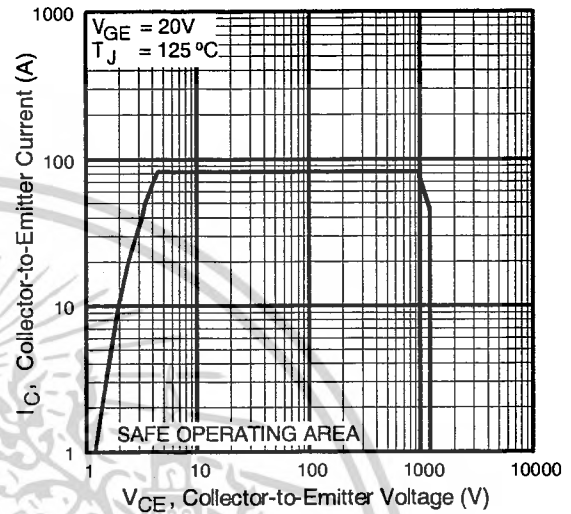


Fig. 12 - Turn-Off SOA

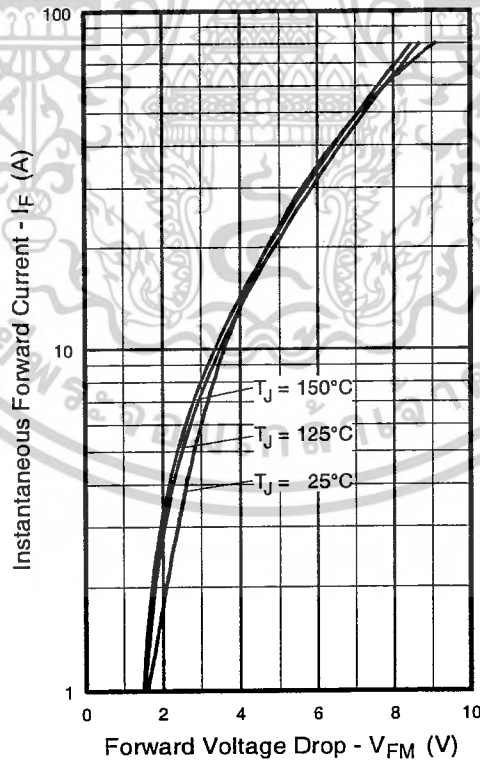


Fig. 13 - Maximum Forward Voltage Drop vs. Instantaneous Forward Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

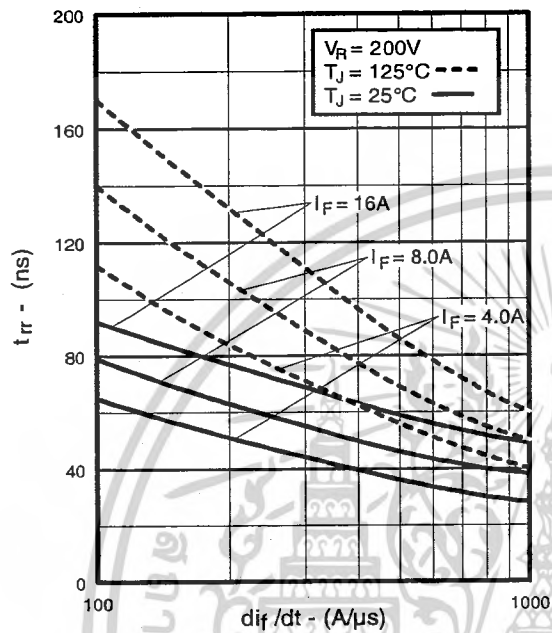


Fig. 14 - Typical Reverse Recovery vs. di_f/dt

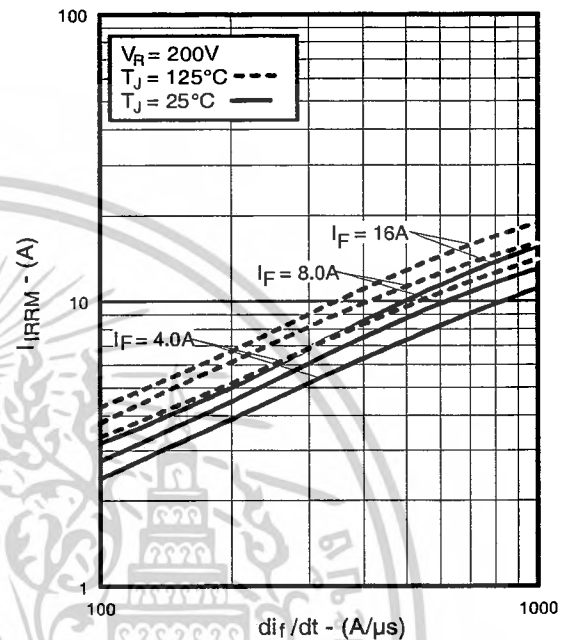


Fig. 15 - Typical Recovery Current vs. di_f/dt

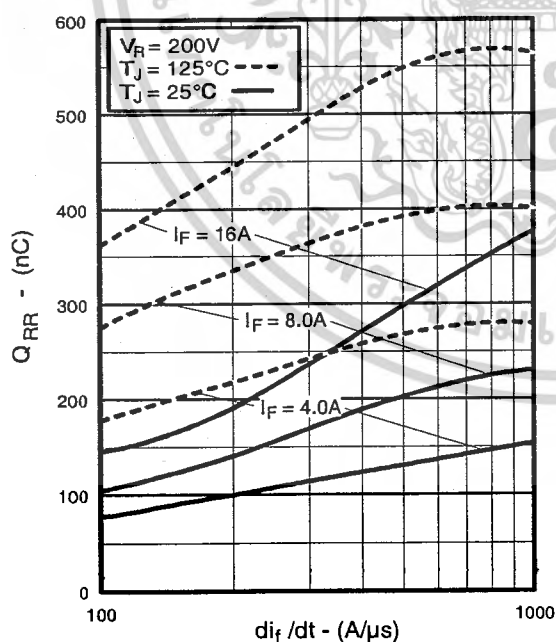


Fig. 16 - Typical Stored Charge vs. di_f/dt

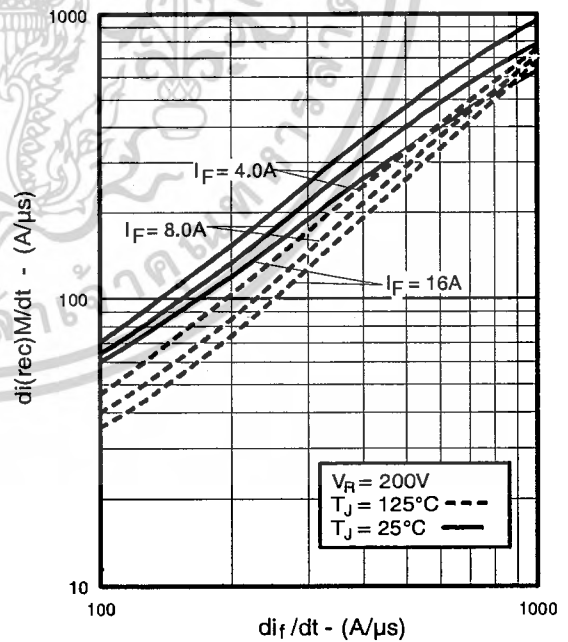


Fig. 17 - Typical $di_{(rec)M}/dt$ vs. di_f/dt

IRG4PH40UD

International
IR Rectifier

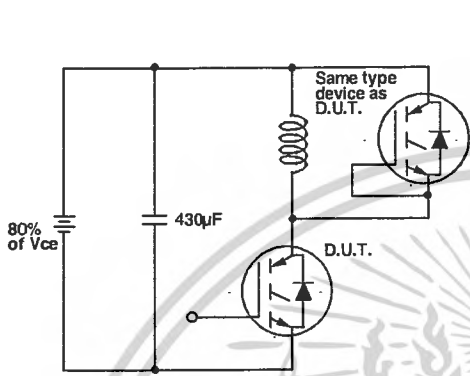


Fig. 18a - Test Circuit for Measurement of I_{LM} , E_{on} , $E_{off(diode)}$, t_{rr} , Q_{rr} , I_{rr} , $t_{d(on)}$, t_r , $t_{d(off)}$, t_f

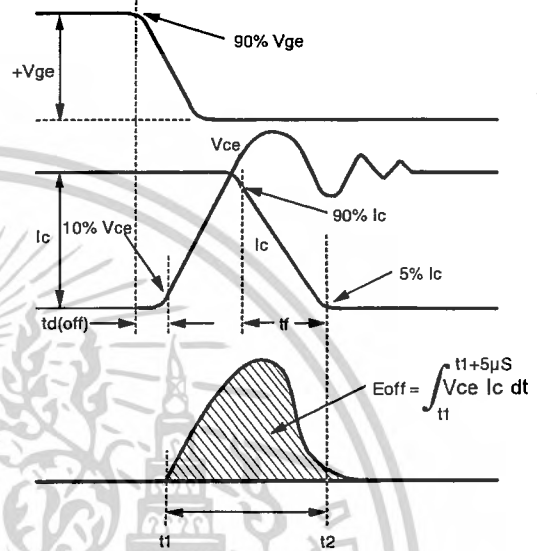


Fig. 18b - Test Waveforms for Circuit of Fig. 18a, Defining E_{off} , $t_{d(off)}$, t_f

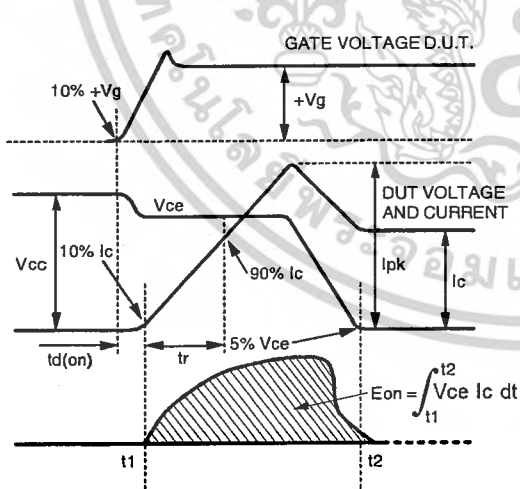


Fig. 18c - Test Waveforms for Circuit of Fig. 18a, Defining E_{on} , $t_{d(on)}$, t_r

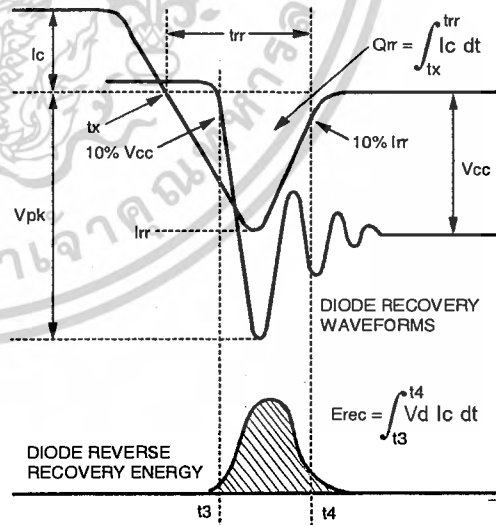


Fig. 18d - Test Waveforms for Circuit of Fig. 18a, Defining E_{rec} , t_{rr} , Q_{rr} , I_{rr}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

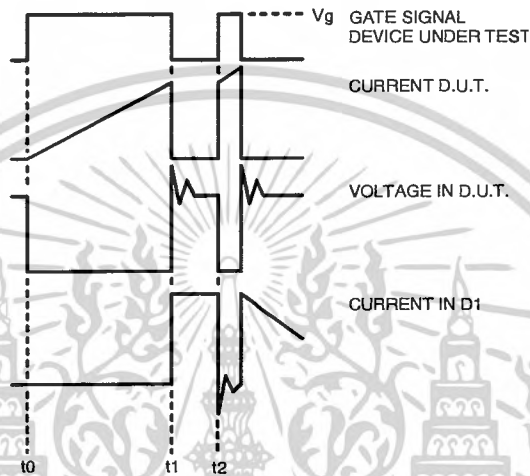


Figure 18e. Macro Waveforms for Figure 18a's Test Circuit

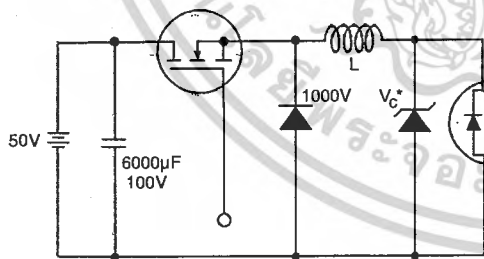


Figure 19. Clamped Inductive Load Test Circuit

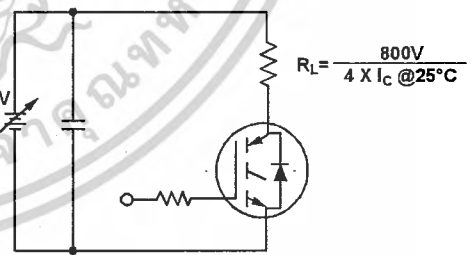


Figure 20. Pulsed Collector Current Test Circuit

IRG4PH40UD

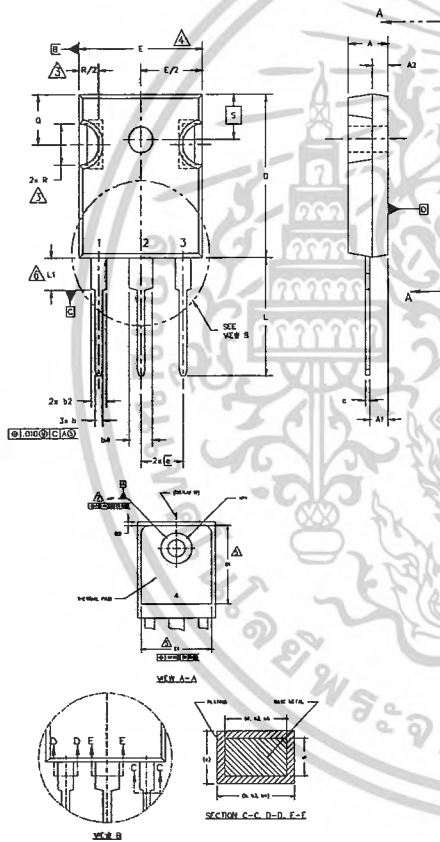
International
IR Rectifier

Notes:

- ① Repetitive rating: $V_{GE}=20V$; pulse width limited by maximum junction temperature (figure 20)
- ② $V_{CC}=80\%(V_{CES})$, $V_{GE}=20V$, $L=10\mu H$, $R_G=10\Omega$ (figure 19)
- ③ Pulse width $\leq 80\mu s$; duty factor $\leq 0.1\%$.
- ④ Pulse width $5.0\mu s$, single shot.

TO-247AC Package Outline

Dimensions are shown in millimeters (inches)



NOTES:

- 1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M 1994.
- 2. DIMENSIONS ARE SHOWN IN INCHES [MILLIMETERS]
- 3. CONTOUR OF SLOT OPTIONAL.
- 4. DIMENSION D & E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH SHALL NOT EXCEED .005" (0.127) PER SIDE. THESE DIMENSIONS ARE MEASURED AT THE OUTERMOST EXTREMES OF THE PLASTIC BODY.
- 5. THERMAL PAD CONTOUR OPTIONAL WITHIN DIMENSIONS D1 & E1.
- 6. LEAD FINISH UNCONTROLLED IN L1.
- 7. pP TO HAVE A MAXIMUM DRAFT ANGLE OF 1.5° TO THE TOP OF THE PART WITH A MAXIMUM HOLE DIAMETER OF .154" [3.91].
- 8. OUTLINE CONFORMS TO JEDEC OUTLINE TO-247 WITH THE EXCEPTION OF DIMENSION c.

SYMBOL	DIMENSIONS				NOTES
	INCHES		MILLIMETERS		
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
A	.183	.209	4.65	5.31	
A1	.087	.102	2.21	2.59	
A2	.059	.098	1.50	2.49	
b	.039	.055	0.99	1.40	
b1	.039	.053	0.99	1.35	
b2	.065	.094	1.65	2.39	
b3	.065	.092	1.65	2.37	
b4	.102	.135	2.59	3.43	
b5	.102	.133	2.59	3.38	
c	.015	.034	0.38	0.86	
cl	.015	.030	0.38	0.76	
D	.776	.815	19.71	20.70	4
D1	.515	—	13.08	—	5
D2	.020	.030	0.51	0.76	
E	.602	.625	15.29	15.87	4
E1	.540	—	15.72	—	
e	.215 BSC		5.46 BSC		
eP	.010		2.54		
L	.559	.634	14.20	16.10	
L1	.146	.169	3.71	4.29	
N	3		7.62 BSC		
pP	.140	.144	3.56	3.66	
pPI	—	.275	—	6.98	
O	.209	.224	5.31	5.69	
R	.178	.216	4.52	5.49	
S	.217 BSC		5.51 BSC		

LEAD ASSIGNMENTS

HEXFEE

- 1.- GATE
- 2.- DRAIN
- 3.- SOURCE
- 4.- DRAIN

IGBTs, CoPACK

- 1.- GATE
- 2.- COLLECTOR
- 3.- EMITTER
- 4.- COLLECTOR

DIODES

- 1.- ANODE/OPEN
- 2.- CATHODE
- 3.- ANODE

TO-247AC package is not recommended for Surface Mount Application.

International
IR Rectifier

IR WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245, USA Tel: (310) 252-7105
TAC Fax: (310) 252-7903

Visit us at www.irf.com for sales contact information. 01/06

www.irf.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FR301 THRU FR307

3.0 AMPS. Fast Recovery Rectifiers

Voltage Range
50 to 1000 Volts
Current
3.0 Amperes

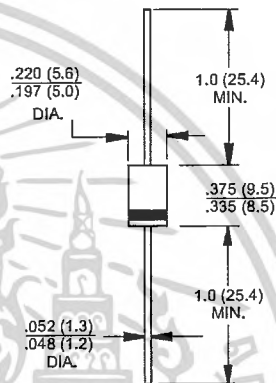
Features

- ◇ Low forward voltage drop
- ◇ High current capability
- ◇ High reliability
- ◇ High surge current capability

Mechanical Data

- ◇ Cases: Molded plastic
- ◇ Epoxy: UL 94V-0 rate flame retardant
- ◇ Lead: Axial leads, solderable per MIL-STD-202, Method 208 guaranteed
- ◇ Polarity: Color band denotes cathode end
- ◇ High temperature soldering guaranteed: 260°C/10 seconds/.375", (9.5mm) lead lengths at 5 lbs., (2.3kg) tension
- ◇ Weight: 1.2 grams

DO-201AD



Dimensions in inches and (millimeters)

Maximum Ratings and Electrical Characteristics

Rating at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.
Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%

Type Number	Symbol	FR 301	FR 302	FR 303	FR 304	FR 305	FR 306	FR 307	Units
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	V_{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current .375" (9.5mm) Lead Length @ $T_A = 55^\circ\text{C}$	$I_{(AV)}$	3.0							A
Peak Forward Surge Current, 8.3 ms Single Half Sine-wave Superimposed on Rated Load (JEDEC method)	I_{FSM}	150							A
Maximum Instantaneous Forward Voltage @ 3.0A	V_F	1.2							V
Maximum DC Reverse Current @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ at Rated DC Blocking Voltage @ $T_A = 100^\circ\text{C}$	I_R	5 100							uA uA
Maximum Reverse Recovery Time (Note 1)	T_{rr}	150			250	500			nS
Typical Junction Capacitance (Note 2)	C_j	60							pF
Typical Thermal Resistance (Note 3)	$R_{\theta JA}$	40							°C/W
Operating Temperature Range	T_J	-65 to +150							°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 to +150							°C

- Notes: 1. Reverse Recovery Test Conditions: $I_F = 0.5A$, $I_R = 1.0A$, $I_{RR} = 0.25A$
 2. Measured at 1 MHz and Applied Reverse Voltage of 4.0 Volts D.C.
 3. Mount on Cu-Pad Size 16mm x 16mm on P.C.B.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RATINGS AND CHARACTERISTIC CURVES (FR301 THRU FR307)

FIG.1- MAXIMUM FORWARD CURRENT DERATING CURVE

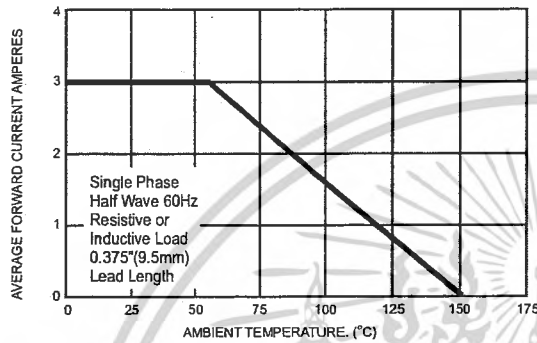


FIG.2- MAXIMUM NON-REPETITIVE PEAK FORWARD SURGE CURRENT

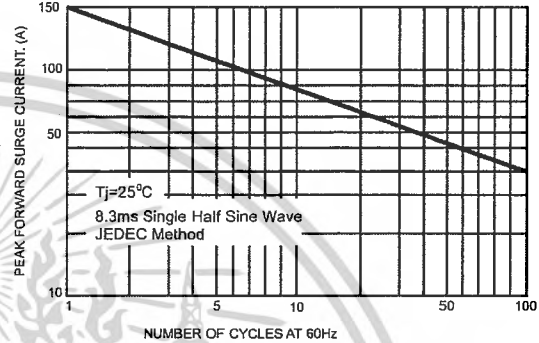


FIG.3- TYPICAL FORWARD CHARACTERISTICS

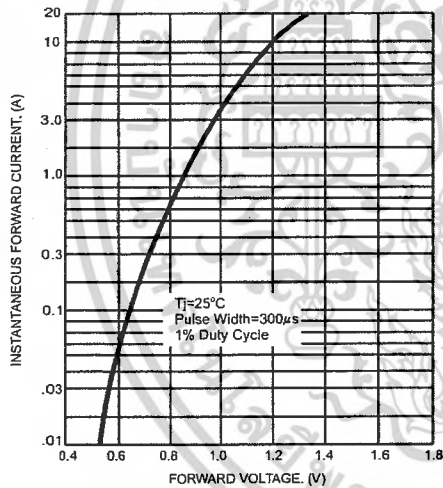


FIG.4- TYPICAL JUNCTION CAPACITANCE

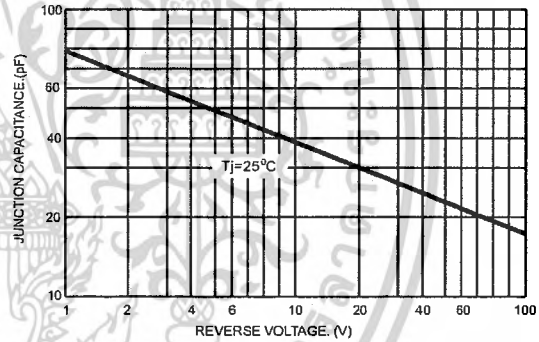
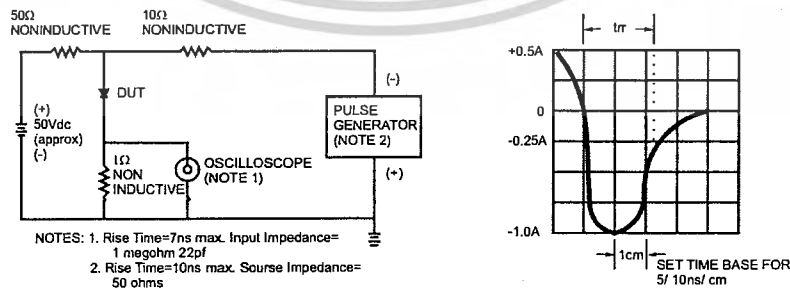


FIG.5- REVERSE RECOVERY TIME CHARACTERISTIC AND TEST CIRCUIT DIAGRAM



TLP250

- Transistor Inverter
- Inverter For Air Conditionor
- IGBT Gate Drive
- Power MOS FET Gate Drive

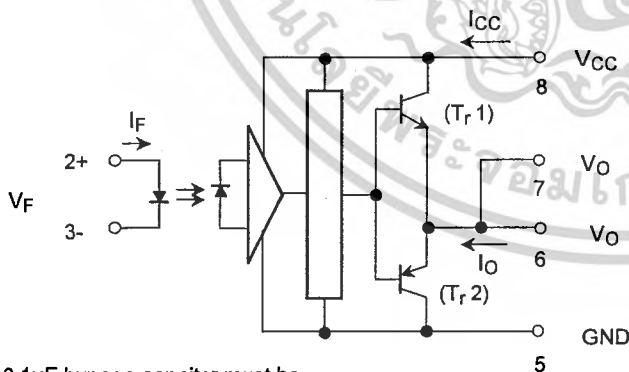
The TOSHIBA TLP250 consists of a GaAlAs light emitting diode and a integrated photodetector.
 This unit is 8-lead DIP package.
 TLP250 is suitable for gate driving circuit of IGBT or power MOS FET.

- Input threshold current: $I_F=5\text{mA}(\text{max.})$
- Supply current (I_{CC}): $11\text{mA}(\text{max.})$
- Supply voltage (V_{CC}): 10-35V
- Output current (I_O): $\pm 1.5\text{A}(\text{max.})$
- Switching time (t_{pLH}/t_{pHL}): $1.5\mu\text{s}(\text{max.})$
- Isolation voltage: $2500\text{V}_{\text{rms}}(\text{min.})$
- UL recognized: UL1577, file No.E67349
- Option (D4) type
 - VDE approved: DIN VDE0884/06.92, certificate No.76823
 - Maximum operating insulation voltage: 630V_{PK}
 - Highest permissible over voltage: 4000V_{PK}

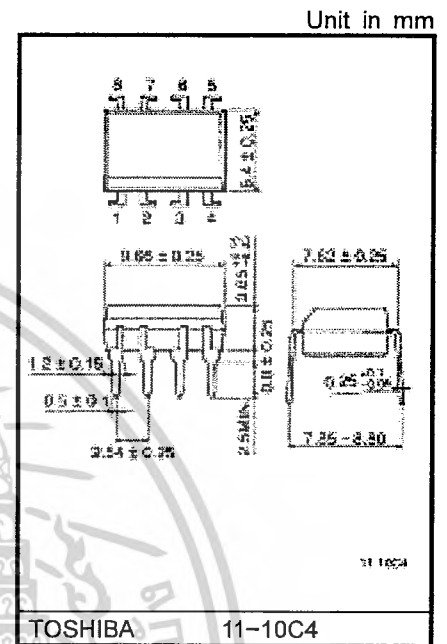
(Note) When a VDE0884 approved type is needed, please designate the "option (D4)"

- Creepage distance: 6.4mm(min.)
- Clearance: 6.4mm(min.)

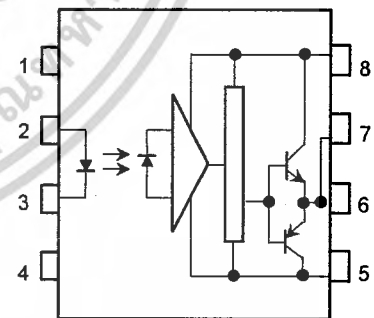
Schmatic



A 0.1µF bypass capacitor must be connected between pin 8 and 5 (See Note 5).



Pin Configuration (top view)



- 1 : N.C.
- 2 : Anode
- 3 : Cathode
- 4 : N.C.
- 5 : GND
- 6 : V_O (Output)
- 7 : V_O
- 8 : V_{CC}

Truth Table

Input LED	Tr1	Tr2
On	On	Off
Off	Off	On

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ในวารสารใดๆ หรือสิ่งพิมพ์ใดๆ มิใช่ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Characteristic		Symbol	Rating	Unit	
LED	Forward current	I _F	20	mA	
	Forward current derating (Ta ≥ 70°C)	ΔI _F / ΔTa	-0.36	mA / °C	
	Peak transient forward current (Note 1)	I _{FPT}	1	A	
	Reverse voltage	V _R	5	V	
	Junction temperature	T _J	125	°C	
Detector	"H" peak output current (P _W ≤ 2.5μs, f ≤ 15kHz) (Note 2)	I _{OPH}	-1.5	A	
	"L" peak output current (P _W ≤ 2.5μs, f ≤ 15kHz) (Note 2)	I _{OPL}	+1.5	A	
	Output voltage	V _O	(Ta ≤ 70°C)	35	V
			(Ta = 85°C)	24	
	Supply voltage	V _{CC}	(Ta ≤ 70°C)	35	V
			(Ta = 85°C)	24	
	Output voltage derating (Ta ≥ 70°C)	ΔV _O / ΔTa	-0.73	V / °C	
	Supply voltage derating (Ta ≥ 70°C)	ΔV _{CC} / ΔTa	-0.73	V / °C	
Junction temperature	T _J	125	°C		
Operating frequency (Note 3)	f	25	kHz		
Operating temperature range	T _{opr}	-20~85	°C		
Storage temperature range	T _{stg}	-55~125	°C		
Lead soldering temperature (10 s) (Note 4)	T _{sol}	260	°C		
Isolation voltage (AC, 1 min., R.H. ≤ 60%) (Note 5)	BV _S	2500	V _{rms}		

Note 1: Pulse width P_W ≤ 1μs, 300pps

Note 2: Exponential waveform

Note 3: Exponential waveform, I_{OPH} ≤ -1.0A (≤ 2.5μs), I_{OPL} ≤ +1.0A (≤ 2.5μs)

Note 4: It is 2 mm or more from a lead root.

Note 5: Device considered a two terminal device: Pins 1, 2, 3 and 4 shorted together, and pins 5, 6, 7 and 8 shorted together.

Note 6: A ceramic capacitor(0.1μF) should be connected from pin 8 to pin 5 to stabilize the operation of the high gain linear amplifier. Failure to provide the bypassing may impair the switching property. The total lead length between capacitor and coupler should not exceed 1cm.

Recommended Operating Conditions

Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input current, on (Note 7)	I _{F(ON)}	7	8	10	mA
Input voltage, off	V _{F(OFF)}	0	—	0.8	V
Supply voltage	V _{CC}	15	—	30 20	V
Peak output current	I _{OPH} /I _{OPL}	—	—	±0.5	A
Operating temperature	T _{opr}	-20	25	70 85	°C

Note 7: Input signal rise time (fall time) < 0.5 μs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Ta = -20~70°C, unless otherwise specified)

Characteristic		Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min.	Typ.*	Max.	Unit
Input forward voltage		V _F	—	I _F = 10 mA, Ta = 25°C		1.6	1.8	V
Temperature coefficient of forward voltage		ΔV _F / ΔTa	—	I _F = 10 mA	—	-2.0	—	mV / °C
Input reverse current		I _R	—	V _R = 5V, Ta = 25°C		—	10	μA
Input capacitance		C _T	—	V = 0, f = 1MHz, Ta = 25°C	—	45	250	pF
Output current	"H" level	I _{OPH}	3	V _{CC} = 30V (*1) I _F = 10 mA V ₈₋₆ = 4V	-0.5	-1.5	—	A
	"L" level	I _{OPL}	2		I _F = 0 V ₆₋₅ = 2.5V	0.5	2	
Output voltage	"H" level	V _{OH}	4	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, I _F = 5mA	11	12.8	—	V
	"L" level	V _{OL}	5	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _F = 0.8V	—	-14.2	-12.5	
Supply current	"H" level	I _{CCH}	—	V _{CC} = 30V, I _F = 10mA Ta = 25°C	—	7	—	mA
				V _{CC} = 30V, I _F = 10mA	—	—	11	
	"L" level	I _{CCL}	—	V _{CC} = 30V, I _F = 0mA Ta = 25°C	—	7.5	—	
				V _{CC} = 30V, I _F = 0mA	—	—	11	
Threshold input current	"Output L→H"	I _{FLH}	—	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _O > 0V	—	1.2	5	mA
Threshold input voltage	"Output H→L"	I _{FHL}	—	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _O < 0V	0.8	—	—	V
Supply voltage		V _{CC}	—		10	—	35	V
Capacitance (input-output)		C _S	—	V _S = 0, f = 1MHz Ta = 25°C	—	1.0	2.0	pF
Resistance(input-output)		R _S	—	V _S = 500V, Ta = 25°C R.H. ≤ 60%	1×10 ¹²	10 ¹⁴	—	Ω

* All typical values are at Ta = 25°C (*1): Duration of I_O time ≤ 50μs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Switching Characteristics (Ta = -20~70°C , unless otherwise specified)

Characteristic	Symbol	Test Cir-cuit	Test Condition	Min.	Typ.*	Max.	Unit
Propagation delay time	L→H	t _{pLH}	6 I _F = 8mA (Note 7) V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω	—	0.15	0.5	μs
	H→L	t _{pHL}		—	0.15	0.5	
Output rise time	t _r	—		—	—	—	
Output fall time	t _f	—		—	—	—	
Common mode transient immunity at high level output	C _{MH}	7	V _{CM} = 600V, I _F = 8mA V _{CC} = 30V, Ta = 25°C	-5000	—	—	V / μs
Common mode transient immunity at low level output	C _{ML}	7	V _{CM} = 600V, I _F = 0mA V _{CC} = 30V, Ta = 25°C	5000	—	—	V / μs

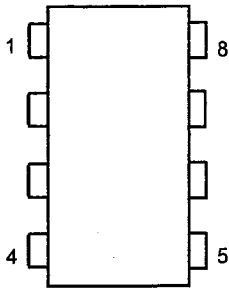
* All typical values are at Ta = 25°C

Note 7: Input signal rise time (fall time) < 0.5 μs.

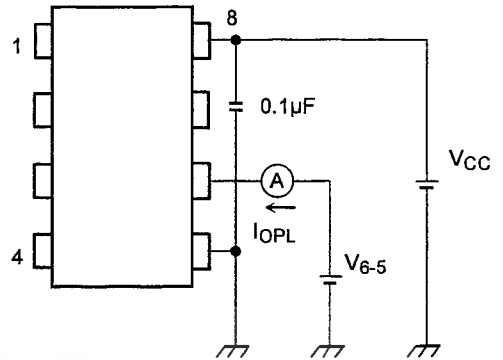


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

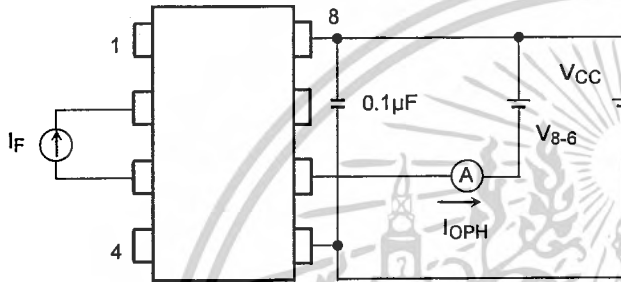
Test Circuit 1 :



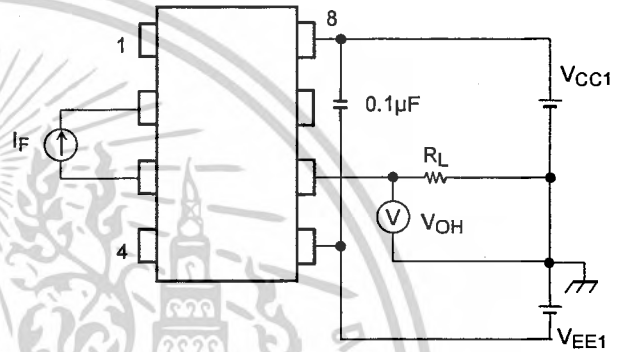
Test Circuit 2 : IOPL



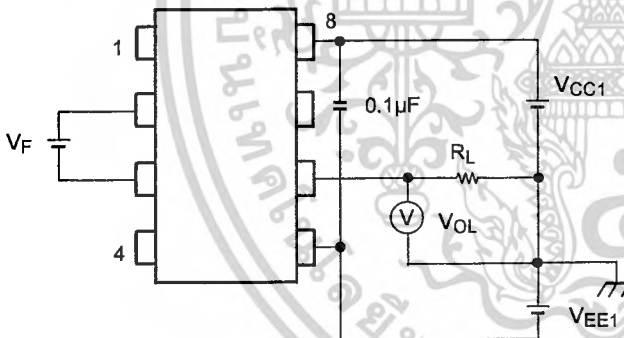
Test Circuit 3 : IOPH



Test Circuit 4 : VOH

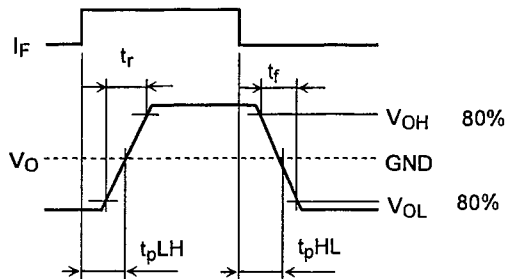
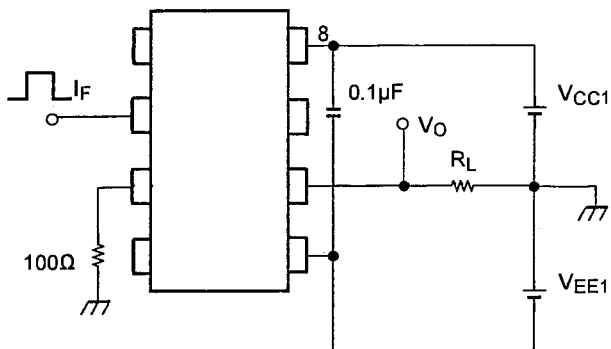


Test Circuit 5 : VOL

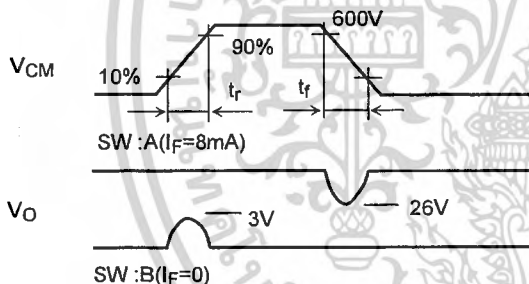
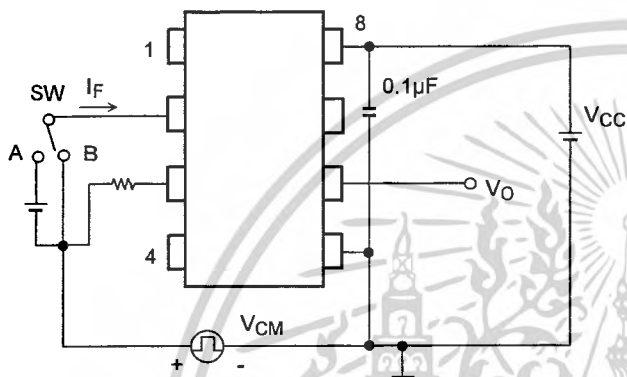


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuit 6: t_{pLH} , t_{pHL} , t_r , t_f



Test Circuit 7: C_{MH} , C_{ML}

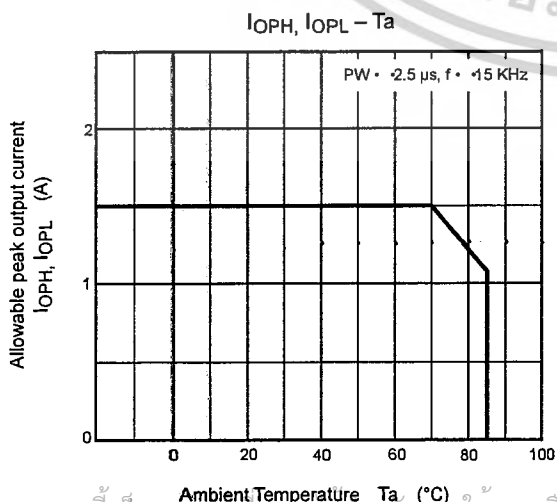
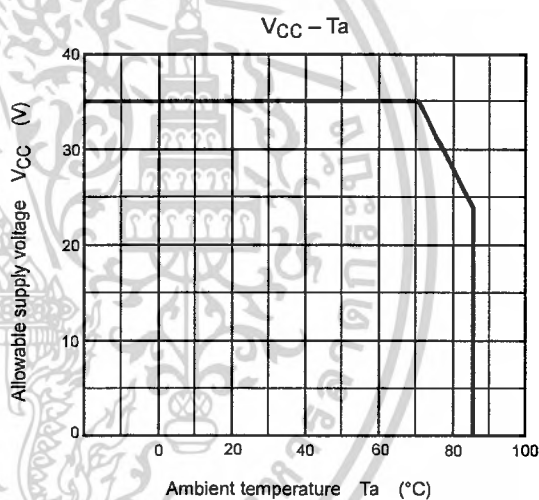
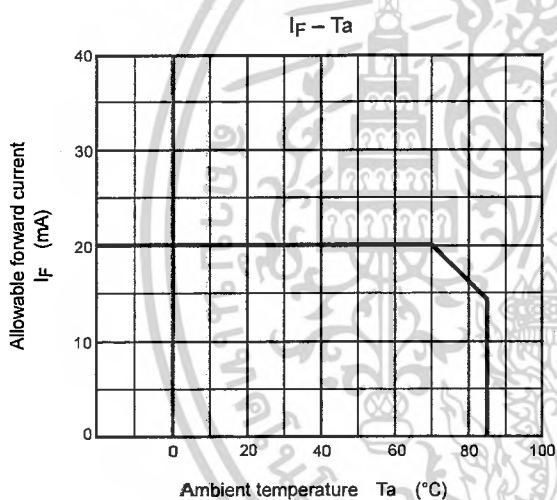
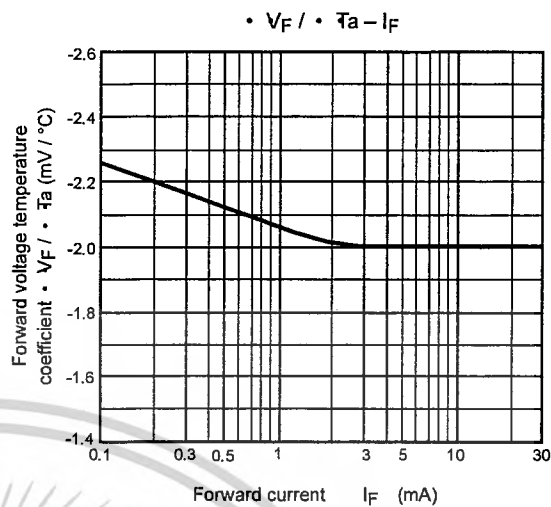
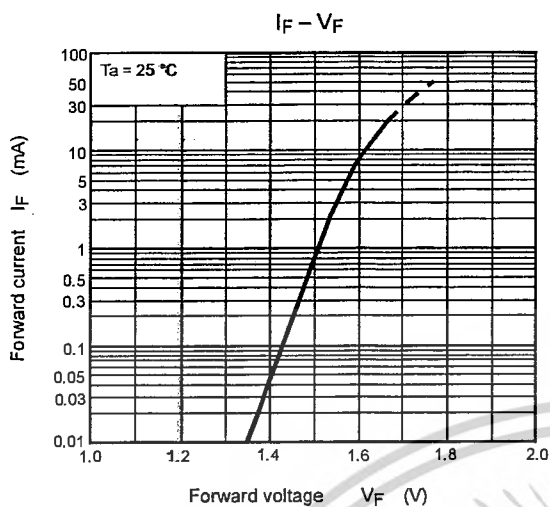


$$C_{ML} = \frac{480 \text{ (V)}}{t_r \text{ (}\mu\text{s)}}$$

$$C_{MH} = \frac{480 \text{ (V)}}{t_f \text{ (}\mu\text{s)}}$$

$C_{ML}(C_{MH})$ is the maximum rate of rise (fall) of the common mode voltage that can be sustained with the output voltage in the low (high) state.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM139/LM239/LM339/LM2901/LM3302

Low Power Low Offset Voltage Quad Comparators

General Description

The LM139 series consists of four independent precision voltage comparators with an offset voltage specification as low as 2 mV max for all four comparators. These were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. These comparators also have a unique characteristic in that the input common-mode voltage range includes ground, even though operated from a single power supply voltage.

Application areas include limit comparators, simple analog to digital converters; pulse, squarewave and time delay generators; wide range VCO; MOS clock timers; multivibrators and high voltage digital logic gates. The LM139 series was designed to directly interface with TTL and CMOS. When operated from both plus and minus power supplies, they will directly interface with MOS logic — where the low power drain of the LM339 is a distinct advantage over standard comparators.

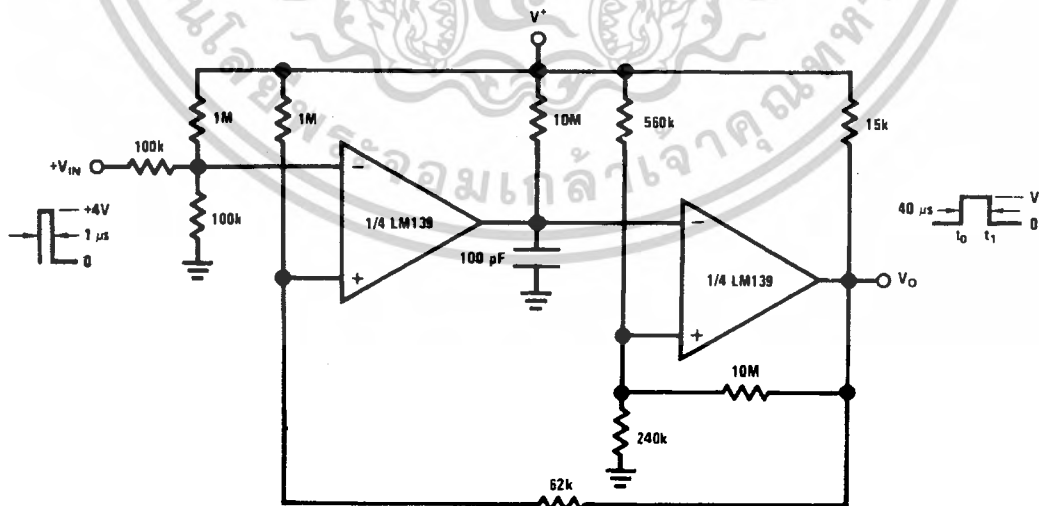
Features

- Wide supply voltage range
- LM139/139A Series 2 to 36 V_{DC} or ±1 to ±18 V_{DC}
- LM2901: 2 to 36 V_{DC} or ±1 to ±18 V_{DC}
- LM3302: 2 to 28 V_{DC} or ±1 to ±14 V_{DC}
- Very low supply current drain (0.8 mA) — independent of supply voltage
- Low input biasing current: 25 nA
- Low input offset current: ±5 nA
- Offset voltage: ±3 mV
- Input common-mode voltage range includes GND
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Low output saturation voltage: 250 mV at 4 mA
- Output voltage compatible with TTL, DTL, ECL, MOS and CMOS logic systems

Advantages

- High precision comparators
- Reduced V_{OS} drift over temperature
- Eliminates need for dual supplies
- Allows sensing near GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

One-Shot Multivibrator with Input Lock Out



00570612

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required,
please contact the National Semiconductor Sales Office/

Distributors for availability and specifications.

	LM139/LM239/LM339 LM139A/LM239A/LM339A LM2901	LM3302
Supply Voltage, V^+	36 V_{DC} or $\pm 18 V_{DC}$	28 V_{DC} or $\pm 14 V_{DC}$
Differential Input Voltage (Note 8)	36 V_{DC}	28 V_{DC}
Input Voltage	-0.3 V_{DC} to +36 V_{DC}	-0.3 V_{DC} to +28 V_{DC}
Input Current ($V_{IN} < -0.3 V_{DC}$), (Note 3)	50 mA	50 mA
Power Dissipation (Note 1)		
Molded DIP	1050 mW	1050 mW
Cavity DIP	1190 mW	
Small Outline Package	760 mW	
Output Short-Circuit to GND, (Note 2)	Continuous	Continuous
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Operating Temperature Range		-40°C to +85°C
LM339/LM339A	0°C to +70°C	
LM239/LM239A	-25°C to +85°C	
LM2901	-40°C to +85°C	
LM139/LM139A	-55°C to +125°C	
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD rating (1.5 k Ω in series with 100 pF)	600V	600V

Electrical Characteristics

($V^+ = 5 V_{DC}$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise stated)

Parameter	Conditions	LM139A			LM239A, LM339A			LM139			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 9)		1.0	2.0		1.0	2.0		2.0	5.0	mV $_{DC}$
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with Output in Linear Range, (Note 5), $V_{CM} = 0V$		25	100		25	250		25	100	nA $_{DC}$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$		3.0	25		5.0	50		3.0	25	nA $_{DC}$
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30 V_{DC}$ (LM3302), $V^+ = 28 V_{DC}$ (Note 6)		0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$	V_{DC}
Supply Current	$R_L = \infty$ on all Comparators, $R_L = \infty$, $V^+ = 36V$, (LM3302, $V^+ = 28 V_{DC}$)		0.8	2.0		0.8	2.0		0.8	2.0	mA $_{DC}$
						1.0	2.5		1.0	2.5	mA $_{DC}$
Voltage Gain	$R_L \geq 15 k\Omega$, $V^+ = 15 V_{DC}$ $V_O = 1 V_{DC}$ to $11 V_{DC}$		50	200		50	200		50	200	V/mV
Large Signal Response Time	$V_{IN} =$ TTL Logic Swing, $V_{REF} = 1.4 V_{DC}$, $V_{RL} = 5 V_{DC}$		300			300			300		ns

Electrical Characteristics (Continued) $(V^+ = 5.0 V_{DC}, \text{ (Note 4)})$

Parameter	Conditions	LM139A		LM239A, LM339A		LM139		Units		
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		Min	Typ
Saturation Voltage	$V_{IN(-)} = 1 V_{DC}, V_{IN(+)} = 0,$ $I_{SINK} \leq 4 \text{ mA}$			700			700			mV_{DC}
Output Leakage Current	$V_{IN(+)} = 1 V_{DC}, V_{IN(-)} = 0,$ $V_O = 30 V_{DC}, \text{ (LM3302,}$ $V_O = 28 V_{DC})$			1.0			1.0			μA_{DC}
Differential Input Voltage	Keep all V_{IN} 's $\geq 0 V_{DC}$ (or V^- , if used), (Note 8)			36			36			V_{DC}

Electrical Characteristics $(V^+ = 5.0 V_{DC}, \text{ (Note 4)})$

Parameter	Conditions	LM239, LM339		LM2901		LM3302		Units		
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		Min	Typ
Input Offset Voltage	(Note 9)			9.0		9	15		40	mV_{DC}
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V$			150		50	200		300	nA_{DC}
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with Output in Linear Range, $V_{CM} = 0V$ (Note 5)			400		200	500		1000	nA_{DC}
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30 V_{DC}$ (LM3302, $V^+ = 28 V_{DC}$) (Note 6)			$V^+ - 2.0$	0	$V^+ - 2.0$	0		$V^+ - 2.0$	V_{DC}
Saturation Voltage	$V_{IN(-)} = 1 V_{DC}, V_{IN(+)} = 0,$ $I_{SINK} \leq 4 \text{ mA}$			700		400	700		700	mV_{DC}
Output Leakage Current	$V_{IN(+)} = 1 V_{DC}, V_{IN(-)} = 0,$ $V_O = 30 V_{DC}, \text{ (LM3302, } V_O = 28 V_{DC})$			1.0			1.0		1.0	μA_{DC}
Differential Input Voltage	Keep all V_{IN} 's $\geq 0 V_{DC}$ (or V^- , if used), (Note 8)			36			36		28	V_{DC}

Note 1: For operating at high temperatures, the LM339/LM339A, LM2901, LM3302 must be derated based on a 125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 95°C/W which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM239 and LM139 must be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The low bias dissipation and the "ON-OFF" characteristic of the outputs keeps the chip dissipation very small ($P_D \leq 100 \text{ mW}$), provided the output transistors are allowed to saturate.

Note 2: Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 20 mA independent of the magnitude of V^+ .

Note 3: This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the comparators to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3 V_{DC}$ (at 25°C).

Note 4: These specifications are limited to $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$, for the LM139/LM139A. With the LM239/LM239A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$, the LM339/LM339A temperature specifications are limited to $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$, and the LM2901, LM3302 temperature range is $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$.

Note 5: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the reference or input lines.

Note 6: The input common-mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5V$ at 25°C, but either or both inputs can go to $+30 V_{DC}$ without damage (25V for LM3302), independent of the magnitude of V^+ .

Note 7: The response time specified is a 100 mV input step with 5 mV overdrive. For larger overdrive signals 300 ns can be obtained, see typical performance characteristics section.

Note 8: Positive excursions of input voltage may exceed the power supply level. As long as the other voltage remains within the common-mode range, the comparator will provide a proper output state. The low input voltage state must not be less than $-0.3 V_{DC}$ (or $0.3 V_{DC}$ below the magnitude of the negative power supply, if used) (at 25°C).

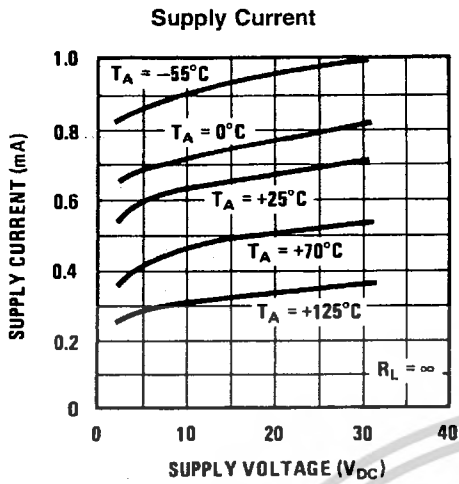
Note 9: At output switch point, $V_O = 1.4 V_{DC}$, $R_S = 0\Omega$ with V^+ from 5 V_{DC} to 30 V_{DC} ; and over the full input common-mode range (0 V_{DC} to $V^+ - 1.5 V_{DC}$), at 25°C. For LM3302, V^+ from 5 V_{DC} to 28 V_{DC} .

Note 10: Refer to RETS139AX for LM139A military specifications and to RETS139X for LM139 military specifications.

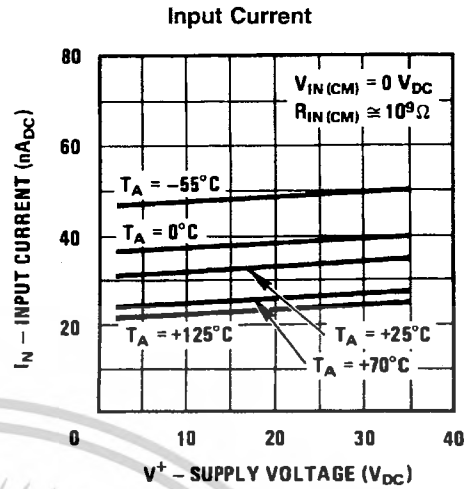
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Typical Performance Characteristics LM139/LM239/LM339, LM139A/LM239A/LM339A, LM3302

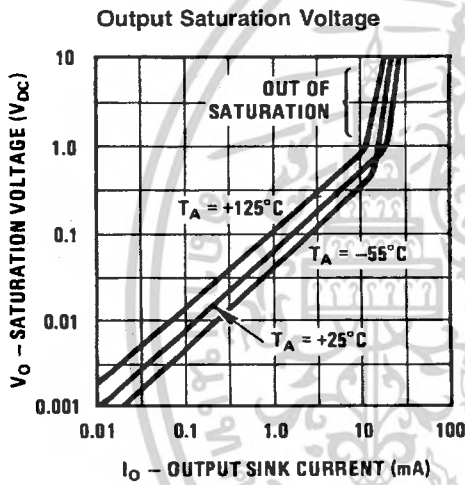
LM139/LM239/LM339/LM2901/LM3302



00570634

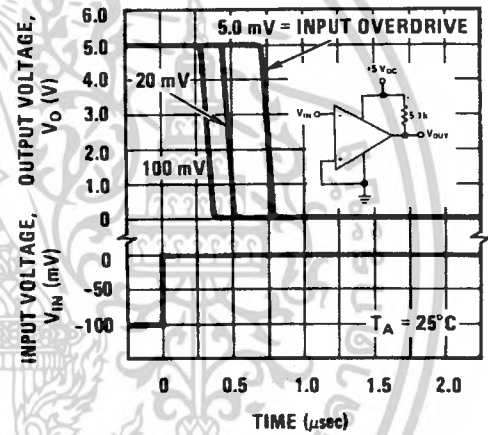


00570635



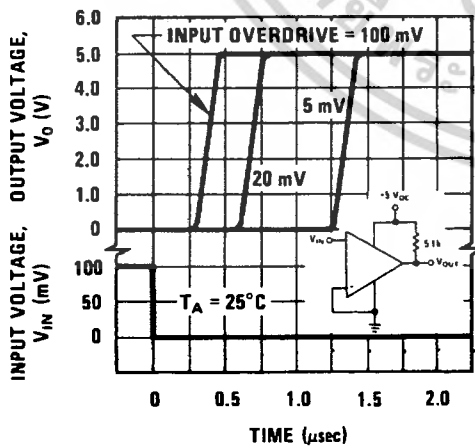
00570636

Response Time for Various Input Overdrives — Negative Transition



00570637

Response Time for Various Input Overdrives — Positive Transition



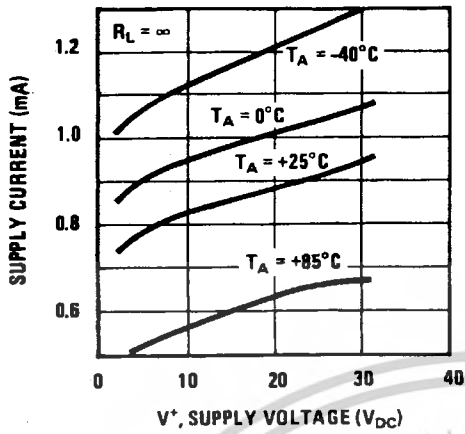
00570638

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปตีพิมพ์ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

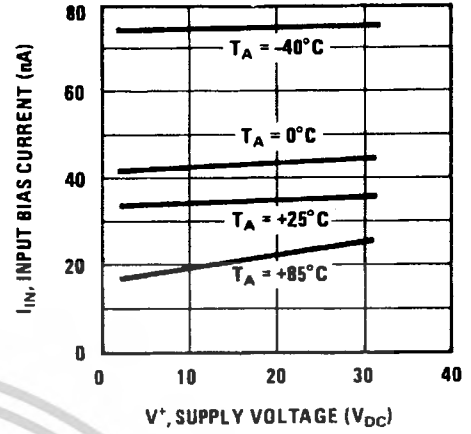
Typical Performance Characteristics LM2901

Supply Current



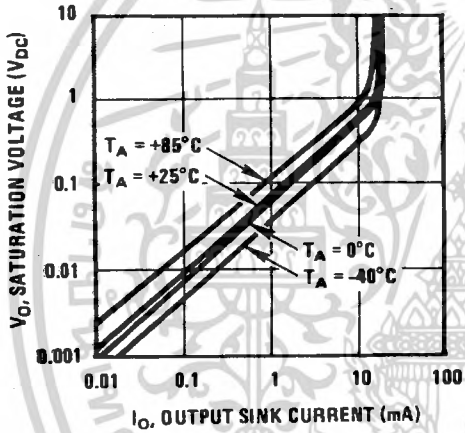
00570639

Input Current



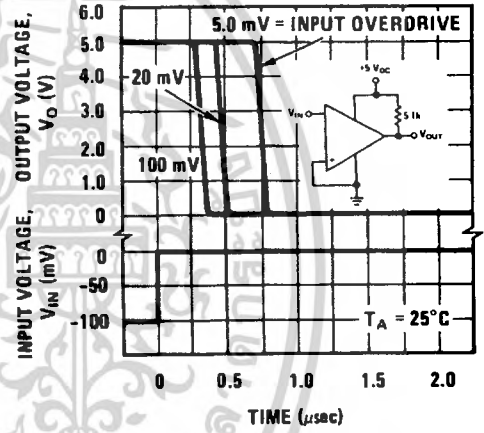
00570640

Output Saturation Voltage



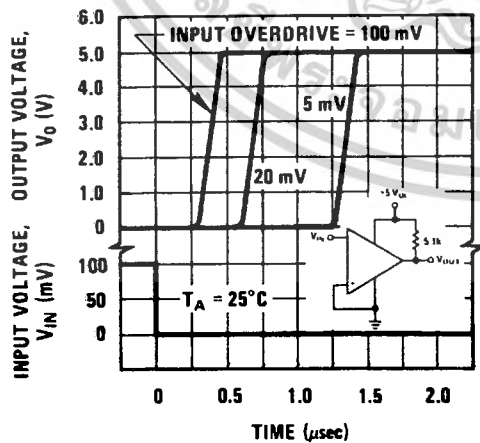
00570641

Response Time for Various Input Overdrives — Negative Transition



00570642

Response Time for Various Input Overdrives — Positive Transition



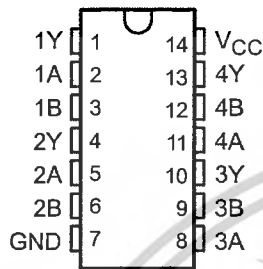
00570643

SN54HC02, SN74HC02 QUADRUPLE 2-INPUT POSITIVE-NOR GATES

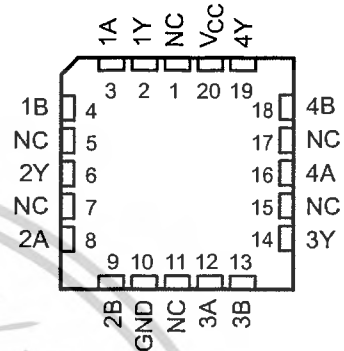
SCLS076E – DECEMBER 1982 – REVISED AUGUST 2003

- Wide Operating Voltage Range of 2 V to 6 V
- Outputs Can Drive Up To 10 LSTTL Loads
- Low Power Consumption, 20- μ A Max I_{CC}
- Typical $t_{pd} = 8$ ns
- ± 4 -mA Output Drive at 5 V
- Low Input Current of 1 μ A Max

SN54HC02 . . . J OR W PACKAGE
SN74HC02 . . . D, DB, N, NS, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



SN54HC02 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC – No internal connection

description/ordering information

The 'HC02 devices contain four independent 2-input NOR gates. They perform the Boolean function $Y = A + B$ or $Y = A \cdot B$ in positive logic.

ORDERING INFORMATION

TA	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
-40°C to 85°C	PDIP – N	Tube of 25	SN74HC02N	SN74HC02N
		Tube of 50	SN74HC02D	HC02
	SOIC – D	Reel of 2500	SN74HC02DR	
		Reel of 250	SN74HC02DT	
		SOP – NS	Reel of 2000	SN74HC02NSR
	SSOP – DB	Reel of 2000	SN74HC02DBR	HC02
	TSSOP – PW	Tube of 90	SN74HC02PW	HC02
Reel of 2000		SN74HC02PWR		
Reel of 250		SN74HC02PWT		
-55°C to 125°C	CDIP – J	Tube of 25	SNJ54HC02J	SNJ54HC02J
	CFF – W	Tube of 150	SNJ54HC02W	SNJ54HC02W
	LCCC – FK	Tube of 55	SNJ54HC02FK	SNJ54HC02FK

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



TEXAS
INSTRUMENTS

Copyright © 2003, Texas Instruments Incorporated
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาไปใช้

Electrical Characteristics (Continued) $(V^+ = 5 V_{DC}, T_A = 25^\circ C, \text{ unless otherwise stated})$

Parameter	Conditions	LM139A			LM239A, LM339A			LM139			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
	$R_L = 5.1 \text{ k}\Omega$										
Response Time	$V_{RL} = 5 V_{DC}, R_L = 5.1 \text{ k}\Omega,$ (Note 7)		1.3			1.3			1.3		μs
Output Sink Current	$V_{IN(-)} = 1 V_{DC}, V_{IN(+)} = 0,$ $V_O \leq 1.5 V_{DC}$	6.0	16		6.0	16		6.0	16		mA_{DC}
Saturation Voltage	$V_{IN(-)} = 1 V_{DC}, V_{IN(+)} = 0,$ $I_{SINK} \leq 4 \text{ mA}$	250	400		250	400		250	400		mV_{DC}
Output Leakage Current	$V_{IN(+)} = 1 V_{DC}, V_{IN(-)} = 0,$ $V_O = 5 V_{DC}$		0.1			0.1			0.1		nA_{DC}

Electrical Characteristics $(V^+ = 5 V_{DC}, T_A = 25^\circ C, \text{ unless otherwise stated})$

Parameter	Conditions	LM239, LM339			LM2901			LM3302			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 9)		2.0	5.0		2.0	7.0		3	20	mV_{DC}
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with Output in Linear Range, (Note 5), $V_{CM} = 0V$		25	250		25	250		25	500	nA_{DC}
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V$		5.0	50		5	50		3	100	nA_{DC}
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30 V_{DC}$ (LM3302, $V^+ = 28 V_{DC}$) (Note 6)	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	V_{DC}
Supply Current	$R_L = \infty$ on all Comparators, $R_L = \infty, V^+ = 36V,$ (LM3302, $V^+ = 28 V_{DC}$)		0.8	2.0		0.8	2.0		0.8	2.0	mA_{DC}
			1.0	2.5		1.0	2.5		1.0	2.5	mA_{DC}
Voltage Gain	$R_L \geq 15 \text{ k}\Omega, V^+ = 15 V_{DC}$ $V_O = 1 V_{DC}$ to $11 V_{DC}$	50	200		25	100		2	30		V/mV
Large Signal Response Time	$V_{IN} = \text{TTL Logic Swing}, V_{REF} =$ $1.4 V_{DC}, V_{RL} = 5 V_{DC},$ $R_L = 5.1 \text{ k}\Omega,$		300			300			300		ns
Response Time	$V_{RL} = 5 V_{DC}, R_L = 5.1 \text{ k}\Omega,$ (Note 7)		1.3			1.3			1.3		μs
Output Sink Current	$V_{IN(-)} = 1 V_{DC}, V_{IN(+)} = 0,$ $V_O \leq 1.5 V_{DC}$	6.0	16		6.0	16		6.0	16		mA_{DC}
Saturation Voltage	$V_{IN(-)} = 1 V_{DC}, V_{IN(+)} = 0,$ $I_{SINK} \leq 4 \text{ mA}$		250	400		250	400		250	500	mV_{DC}
Output Leakage Current	$V_{IN(+)} = 1 V_{DC}, V_{IN(-)} = 0,$ $V_O = 5 V_{DC}$		0.1			0.1			0.1		nA_{DC}

Electrical Characteristics $(V^+ = 5.0 V_{DC}, \text{ (Note 4)})$

Parameter	Conditions	LM139A			LM239A, LM339A			LM139			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 9)			4.0			4.0			9.0	mV_{DC}
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V$			100			150			100	nA_{DC}
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with Output in Linear Range, $V_{CM} = 0V$ (Note 5)			300			400			300	nA_{DC}
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30 V_{DC}$ (LM3302, $V^+ = 28 V_{DC}$) (Note 6)	0		$V^+ - 2.0$	0		$V^+ - 2.0$	0		$V^+ - 2.0$	V_{DC}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54HC02, SN74HC02 QUADRUPLE 2-INPUT POSITIVE-NOR GATES

SCLS076E – DECEMBER 1982 – REVISED AUGUST 2003

FUNCTION TABLE
(each gate)

INPUTS		OUTPUT
A	B	Y
H	X	L
X	H	L
L	L	H

Logic diagram (positive logic)



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

Supply voltage range, V_{CC}	-0.5 V to 7 V
Input clamp current, I_{IK} ($V_I < 0$ or $V_I > V_{CC}$) (see Note 1)	± 20 mA
Output clamp current, I_{OK} ($V_O < 0$ or $V_O > V_{CC}$) (see Note 1)	± 20 mA
Continuous output current, I_O ($V_O = 0$ to V_{CC})	± 25 mA
Continuous current through V_{CC} or GND	± 50 mA
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2):	
D package	86°C/W
DB package	96°C/W
N package	80°C/W
NS package	76°C/W
PW package	113°C/W
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES: 1. The input and output voltage ratings may be exceeded if the input and output current ratings are observed.
2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions (see Note 3)

		SN54HC02			SN74HC02			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V_{CC}	Supply voltage	2	5	6	2	5	6	V
V_{IH}	High-level input voltage	$V_{CC} = 2$ V	1.5		1.5			V
		$V_{CC} = 4.5$ V	3.15		3.15			
		$V_{CC} = 6$ V	4.2		4.2			
V_{IL}	Low-level input voltage	$V_{CC} = 2$ V		0.5		0.5		V
		$V_{CC} = 4.5$ V		1.35		1.35		
		$V_{CC} = 6$ V		1.8		1.8		
V_I	Input voltage	0		V_{CC}	0		V_{CC}	V
V_O	Output voltage	0		V_{CC}	0		V_{CC}	V
$\Delta t/\Delta v$	Input transition rise/fall time	$V_{CC} = 2$ V		1000		1000		ns
		$V_{CC} = 4.5$ V		500		500		
		$V_{CC} = 6$ V		400		400		
T_A	Operating free-air temperature	-55		125	-40		85	°C

NOTE 3: All unused inputs of the device must be held at V_{CC} or GND to ensure proper device operation. Refer to the TI application report, *Implications of Slow or Floating CMOS Inputs*, literature number SCBA004.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่เฉพาะเจาะจงเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัด INSTRUMENTS ออกจากเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

SN54HC02, SN74HC02 QUADRUPLE 2-INPUT POSITIVE-NOR GATES

SCLS076E – DECEMBER 1982 – REVISED AUGUST 2003

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS		V _{CC}	T _A = 25°C			SN54HC02		SN74HC02		UNIT	
				MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX		
V _{OH}	V _I = V _{IH} or V _{IL}	I _{OH} = -20 μA	2 V	1.9	1.998		1.9		1.9	V		
			4.5 V	4.4	4.499		4.4		4.4			
			6 V	5.9	5.999		5.9		5.9			
		I _{OH} = -4 mA	4.5 V	3.98	4.3		3.7		3.84			
			6 V	5.48	5.8		5.2		5.34			
V _{OL}	V _I = V _{IH} or V _{IL}	I _{OL} = 20 μA	2 V		0.002	0.1		0.1		V		
			4.5 V		0.001	0.1		0.1			0.1	
			6 V		0.001	0.1		0.1			0.1	
		I _{OL} = 4 mA	4.5 V		0.17	0.26		0.4			0.33	
			6 V		0.15	0.26		0.4			0.33	
I _I	V _I = V _{CC} or 0		6 V		±0.1	±100		±1000		±1000	nA	
I _{CC}	V _I = V _{CC} or 0, I _O = 0		6 V					2		40	20	μA
C _i			2 V to 6 V			3		10		10	10	pF

switching characteristics over recommended operating free-air temperature range, C_L = 50 pF (unless otherwise noted) (see Figure 1)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	V _{CC}	T _A = 25°C			SN54HC02		SN74HC02		UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
t _{pd}	A or B	Y	2 V		45	90		135		115	ns
			4.5 V		9	18		27		23	
			6 V		8	15		23		20	
t _t		Y	2 V		38	75		110		95	ns
			4.5 V		8	15		22		19	
			6 V		6	13		19		16	

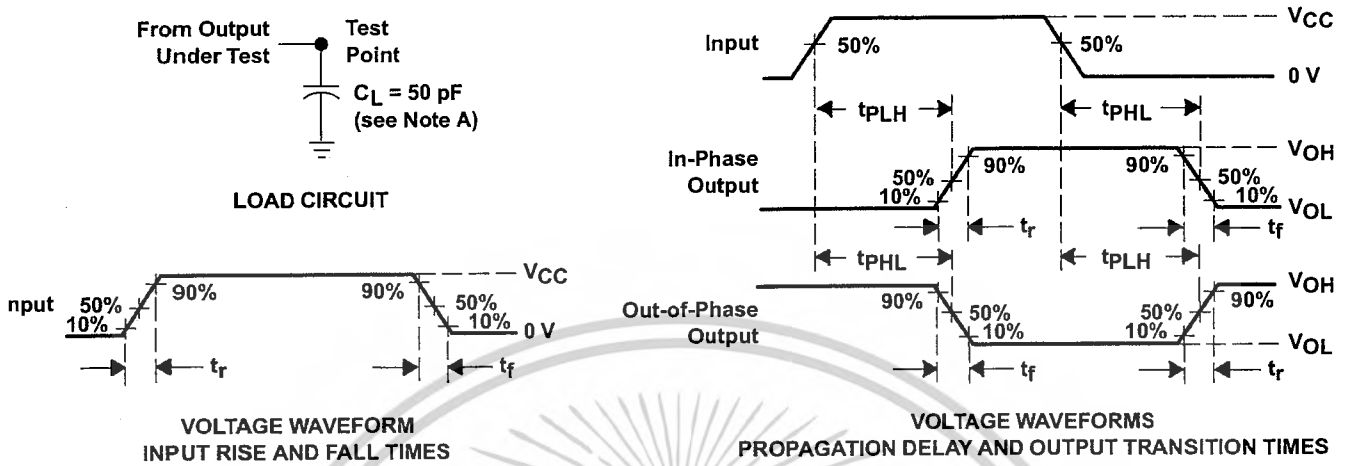
operating characteristics, T_A = 25°C

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TYP	UNIT
C _{pd} Power dissipation capacitance per gate	No load	22	pF

N54HC02, SN74HC02 QUADRUPLE 2-INPUT POSITIVE-NOR GATES

LS076E – DECEMBER 1982 – REVISED AUGUST 2003

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



- NOTES:
- A. C_L includes probe and test-fixture capacitance.
 - B. Phase relationships between waveforms were chosen arbitrarily. All input pulses are supplied by generators having the following characteristics: $PRR \leq 1 \text{ MHz}$, $Z_O = 50 \Omega$, $t_r = 6 \text{ ns}$, $t_f = 6 \text{ ns}$.
 - C. The outputs are measured one at a time with one input transition per measurement.
 - D. t_{PLH} and t_{PHL} are the same as t_{pd} .

Figure 1. Load Circuit and Voltage Waveforms

1N5817 - 1N5819 Schottky Barrier Rectifier

- 1.0 A operation at $T_A = 90^\circ\text{C}$ with no thermal runaway.
- For use in low voltage, high frequency inverters free wheeling, and polarity protection applications.



DO-41 Glass case
COLOR BAND DENOTES CATHODE

Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value			Units
		1N5817	1N5818	1N5819	
V_{RRM}	Maximum Repetitive Reverse Voltage	20	30	40	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current .375" lead length @ $T_A = 90^\circ\text{C}$	1.0			A
I_{FSM}	Non-repetitive Peak Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine Wave	25			A
T_J, T_{STG}	Operating Junction and Storage Temperature	-65 to +125			$^\circ\text{C}$

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
P_D	Power Dissipation	1.25	W
$R_{\theta JA}$	Maximum Thermal Resistance, Junction to Ambient	100	$^\circ\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta JC}$	Maximum Thermal Resistance, Junction to Case	45	$^\circ\text{C}/\text{W}$

* Mounted on Cu-pad Size 5mm x 5mm on PCB

Electrical Characteristics (per diode)

Symbol	Parameter	Value			Units
		1N5817	1N5818	1N5819	
V_F	Forward Voltage @ 1.0 A @ 3.0 A	450 750	550 875	600 900	mV
I_R	Reverse Current @ rated V_R $T_C = 25^\circ\text{C}$ $T_C = 100^\circ\text{C}$	0.5 10			mA
C_T	Total Capacitance $V_R = 4.0\text{ V}, f = 1.0\text{ MHz}$	110			pF

* Pulse Test: Pulse Width=300 μs , Duty Cycle=2%

Typical Performance Characteristics

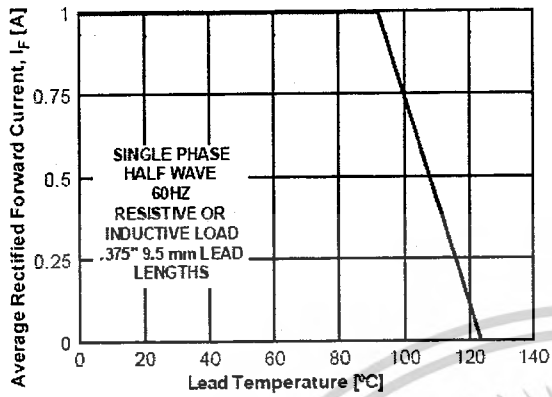


Figure 1. Forward Current Derating Curve

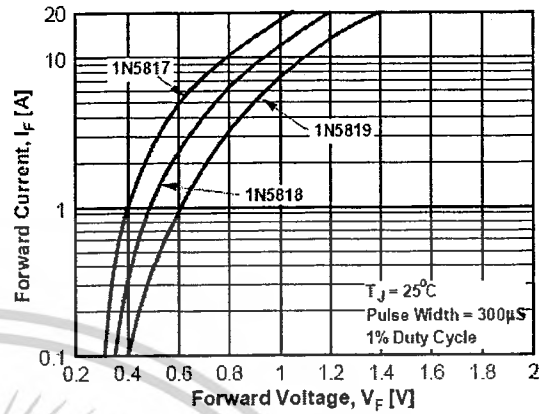


Figure 2. Forward Voltage Characteristics

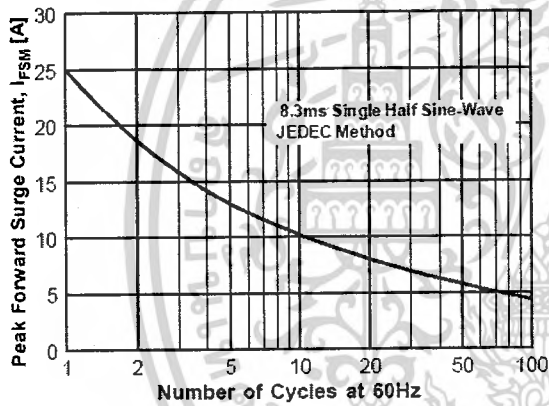


Figure 3. Non-Repetitive Surge Current

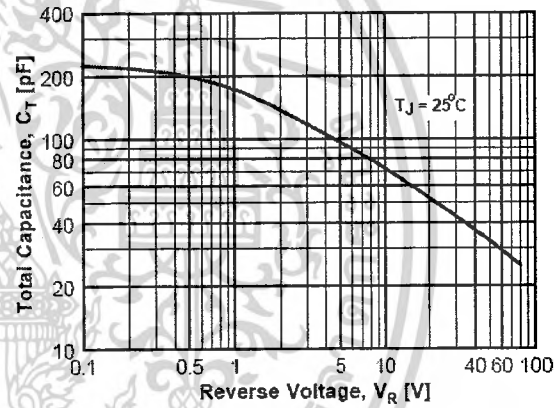
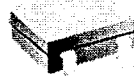


Figure 4. Total Capacitance



DB101G THRU DB107G

Single Phase 1.0 AMP. Glass Passivated Bridge Rectifiers



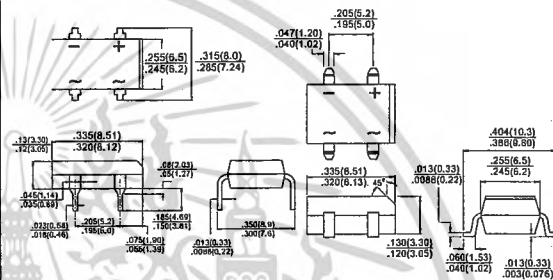
Voltage Range
50 to 1000 Volts
Current
1.0 Ampere

Features

- ✦ UL Recognized File # E-96005
- ✦ Ideal for printed circuit board
- ✦ Reliable low cost construction utilizing molded plastic technique
- ✦ High temperature soldering guaranteed: 250°C / 10 seconds / 0.375" (9.5mm) lead length at 5 lbs., (2.3 kg) tension
- ✦ Small size, simple installation
- ✦ Leads solderable per MIL-STD-202, Method 208
- ✦ High surge current capability

DB

DBS



Dimensions in inches and (millimeters)

Maximum Ratings and Electrical Characteristics

Rating at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.
Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%

Type Number	DB101G	DB102G	DB103G	DB104G	DB105G	DB106G	DB107G	Units
	DBS 101G	DBS 102G	DBS 103G	DBS 104G	DBS 105G	DBS 106G	DBS 107G	
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current @ T _A = 40°C	1.0							A
Peak Forward Surge Current, 8.3 ms Single Half Sine-wave Superimposed on Rated Load (JEDEC method)	50							A
Maximum Instantaneous Forward Voltage @ 1.0A	1.1							V
Maximum DC Reverse Current @ T _A =25°C at Rated DC Blocking Voltage @ T _A =125°C	10							µA
	500							µA
Operating Temperature Range T _J	-55 to +150							°C
Storage Temperature Range T _{STG}	-55 to +150							°C

Note: DBS for Surface Mount Package.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RATINGS AND CHARACTERISTIC CURVES (DB101G THRU DB107G)

FIG.1- MAXIMUM DERATING CURVE FOR OUTPUT RECTIFIED CURRENT

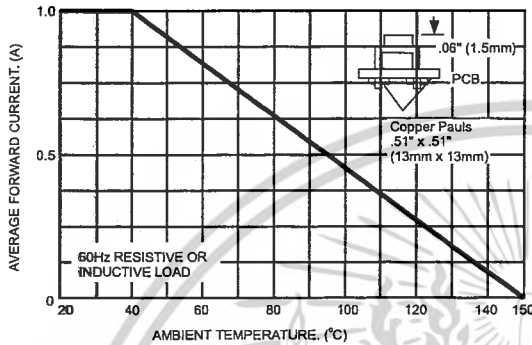


FIG.2- MAXIMUM NON-REPETITIVE PEAK FORWARD SURGE CURRENT

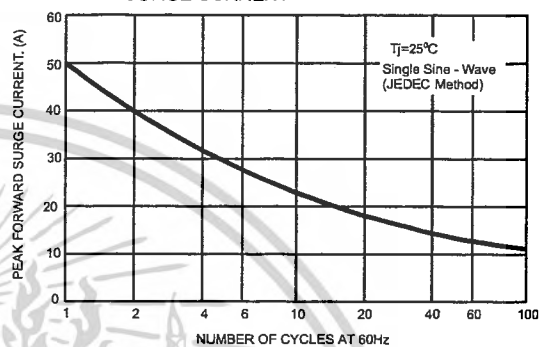


FIG.3- TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS PER BRIDGE ELEMENT

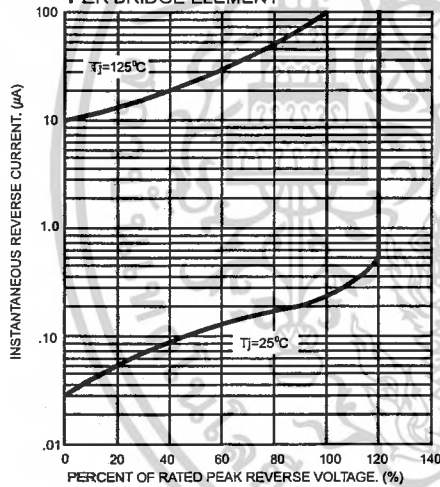


FIG.4- TYPICAL FORWARD CHARACTERISTICS PER BRIDGE ELEMENT

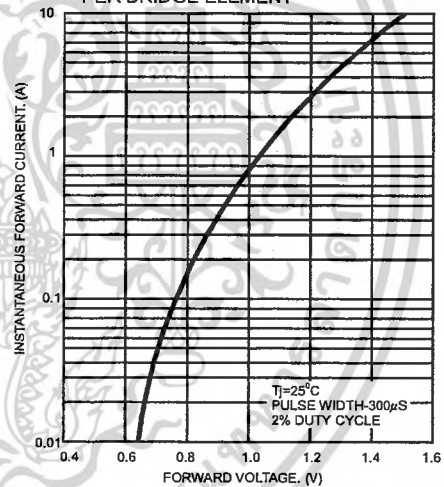
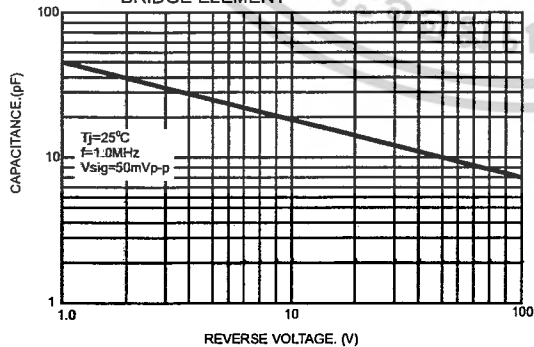


FIG.5- TYPICAL JUNCTION CAPACITANCE PER BRIDGE ELEMENT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้