

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง

UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY



นายจิรพัฒน์ เพียงพิมพ์
นายไชยกร เจริญวิทย์
นายฐานันท์วีร์ บุญวงศ์
นายณวรา ชนยุทธ

๑/พ.
๑ 496๗
๒๕๖๑

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72728
วัน,เดือน,ปี 22 ส.ย. 2550

b. 11๖๖1๑๑๑
i.....

ปริญญาโทนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง
UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY

โดย

นายจิรพัฒน์ เพียงพิมพ์
นายไชยกร เจริญวิทย์
นายฐานันวีร์ บุญวงษ์
นายณวรา ชนยุท

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ
อ. ชัยทัต มณีอินทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ **ปีการศึกษา 2549** มีอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา2549

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง

UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY

ผู้จัดทำ

1. นายจิรพัฒน์ เพียงพิมพ์
2. นายไชยกร เจริญวิทย์
3. นายฐานันท์ บุญวงษ์
4. นายณวรา ชนยุทธ



[Handwritten Signature]

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร. วิจิตร กิณเรศ)

[Handwritten Signature]

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อ.ชัยทัต มณีอินทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง

นายจิรพัฒน์ เพียงพิมพ์
 นายไชยกร เจริญวิทย์
 นายฐานันท์ บุญวงษ์
 นายณวรา ชนยุท
 รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ อาจารย์ที่ปรึกษา
 อ. ชัยทัต มณีอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่องหรือยูพีเอสเป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อจ่ายไฟให้กับโหลดในขณะที่มีมลภาวะทางไฟฟ้าอันเกิดมาจากเหตุผลต่างๆซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อโหลดได้ โดยจะยูพีเอสจะทำให้โหลดสามารถทำงานได้ต่อเนื่องได้ในช่วงเวลาหนึ่ง โดยแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองในโครงการนี้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองในโหมดออฟไลน์ จ่ายไฟชนิด 1 เฟส คลื่นไซน์ สี่เหลี่ยมขนาดพิกัดที่ 500VA สามารถจ่ายไฟให้โหลดที่เป็นคอมพิวเตอร์ ได้นานประมาณ 10-15 นาทีโดยขึ้นอยู่กับขนาดของโหลดในขณะที่เกิดมลภาวะทางไฟฟ้า ควบคุมการทำงานยูพีเอสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีวงจรตรวจสอบแรงดันในขณะที่โหลดเปลี่ยนแปลงเพื่อรักษาระดับแรงดัน ทำการสวิตช์ด้วยสแตติกสวิตช์ ออกแบบแผงวงจรและขนาดของยูพีเอสให้เล็กกะทัดรัด สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY

Jiraphat	Piengpim
Chaiyakorn	Jaraunvit
Thawee	Boonwong
Nawara	Chonyuth

Assoc.Prof.Dr. Vijit Kinnares	Advisor
Mr. Chaitouch Manee-in	Advisor

ABSTRACT

Uninterruptible Power Supply or UPS, is designed for reserve electrical energy while loading when it occurs electrical- pollution. Because of these, it may cause dangerous to load. However, UPS could solve that problem by backup energy to that computer can continue working in a while. This power supply will automatically use in Offline mode, 1phase power supply , square wave rated 500 VA. The capacity of putting the electrical is depending on size of loading when it's occurs the electrical pollution, mostly 10-15 minutes. Control the capacity of USP by Micro controller. It has feedback control for keep voltage stable. We switched by using Static switch and designing the circuit and size of UPS for the user's convenience.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้จะไม่สามารถประสบความสำเร็จได้ถ้าปราศจากอาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ และ อาจารย์ ชัยทัต มณีอินทร์ ผู้ซึ่งคอยให้คำปรึกษาและคอยเสนอแนะอย่าง
เอาใจใส่ รวมทั้งขอขอบคุณพี่ปริญญาโททุกคนที่ช่วยแก้ปัญหาด่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขอขอบคุณ เพื่อนและ
พี่ภาคไฟฟ้ากำลังทุกคนสำหรับน้ำใจที่มีให้อย่างไม่ขาด ขอขอบคุณครอบครัวที่คอยสนับสนุนทั้งเรื่อง
เงินทุนและความรัก และที่สำคัญที่สุดขอขอบคุณ สถาบันอันเป็นที่รักยิ่งของเรา สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	i
ABSTRACT.....	ii
สารบัญรูป.....	iii
สารบัญตาราง.....	iv
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน.....	4
2.1 ลักษณะและชนิดของยูพีเอส.....	4
2.2 ส่วนประกอบของยูพีเอสที่ใช้ในโครงการ.....	4
2.2.1 อินเวอร์เตอร์ (Inverter).....	4
2.2.2 มอสเฟตกำลัง (Power mosfet).....	10
2.2.3 การอัดประจุแบตเตอรี่ (Battery charge).....	15
2.2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC16F877).....	20
2.2.5 ไตรแอก (Triac).....	43
บทที่ 3 การคำนวณและการออกแบบยูพีเอส.....	45
3.1 ชุดอินเวอร์เตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877.....	46
3.2 ชุดอัดประจุแบตเตอรี่.....	47
3.3 การออกแบบวงจรตรวจสอบสถานะการทำงาน.....	52
3.4 การออกแบบวงจรป้อนกลับ (Feedback).....	56
3.5 ชุดสวิตช์สับเปลี่ยน.....	58
3.6 วงจรขับและแสดงผลการทำงาน.....	63
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	65
4.1 ผลการทดลองในส่วนของการอัดประจุแบตเตอรี่.....	66
4.2 ผลการทดลองในส่วนของการสำรองไฟฟ้า (Back up).....	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลของโครงการ.....	79
5.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงการ.....	79

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วงจรการทำงานแบบพุช-พูล อินเวอร์เตอร์.....	5
2.2 สัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC16F877).....	6
สำหรับขับมอเตอร์ 2 ชุด แบบพุช-พูล อินเวอร์เตอร์	
2.3 แสดงการกำหนดการเพื่อ t_D ให้กับมอเตอร์.....	8
2.4 แสดงการหน่วงของช่วงเวลานำกระแสของอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งเนื่องจากประจุสะสม.....	8
2.5 แสดงรูปร่างภายนอกของมอเตอร์.....	10
2.6 แสดงโครงสร้างของมอเตอร์แบบ N และ P ชนิดดีฟลีชั่น.....	11
2.7 แสดงโครงสร้างของมอเตอร์แบบ N และ P ชนิดเอนฮานท์เมนต์.....	12
2.8 แสดงกราฟคุณลักษณะในการถ่ายโอนของมอเตอร์แบบแกนแนล N และ.....	13
คุณลักษณะเอาต์พุตของมอเตอร์แบบแกนแนล N	
2.9 แสดงรูปคลื่นแรงดันในการสวิตซ์ของแรงดันเกท.....	14
2.10 รูปร่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 16F877).....	20
2.11 แสดงบล็อกไดอะแกรมโครงสร้างและสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์.....	21
(PIC 16F877)	
2.12 แสดงการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877.....	25
2.13 แสดงกลไกการทำงานของโปรแกรมเมอร์ (PC).....	31
2.14 แสดงกลไกการทำงานของสแต็กอย่างง่าย.....	32
2.15 โครงสร้างขา RA4 ของพอร์ต A ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877.....	34
2.16 โครงสร้างขา RA5 ของพอร์ต A ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877.....	35
2.17 (ก) โครงสร้างของขาพอร์ต B ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877.....	37
ขา RB0-RB3	
2.17 (ข) โครงสร้างของขาพอร์ต B ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877.....	37
ขา RB4-RB7	
2.18 โครงสร้างขา RC0-RC2,RC5-RC7 ของพอร์ต C ในไมโครคอนโทรลเลอร์.....	39
PIC16F877	
2.19 โครงสร้างขา RC3 และ RC4 ของพอร์ต C ในไมโครคอนโทรลเลอร์.....	39
PIC16F877	
2.20 โครงสร้างของพอร์ต D ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877.....	40
2.21 โครงสร้างของพอร์ต E ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877.....	41
2.22 โครงสร้างภายในและสัญลักษณ์ของไทรแอด.....	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.23	คุณลักษณะของแรงดันและกระแสของไทรแอก.....	44
3.1	บล็อกไดอะแกรมแสดงวงจรการทำงานรวมของระบบ UPS.....	45
3.2	วงจรการทำงานแบบ พุช-พูล อินเวอร์เตอร์สร้างสัญญาณขับด้วย PIC16F877.....	46
3.3	แสดงบล็อกไดอะแกรม วงจร Rectifier/Charger.....	49
3.4	แสดงวงจรเรียงกระแสและอัดประจุแบตเตอรี่.....	51
3.5	แสดงวงจรตรวจสอบแรงดันไฟตกและแรงดันไฟเกินของระบบ.....	53
3.6	แสดงวงจรตรวจสอบแรงดันอัดประจุแบตเตอรี่.....	54
3.7	แสดงวงจรตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่.....	55
3.8	แสดงวงจรป้องกันกลับ.....	57
3.9	แสดงบล็อกไดอะแกรม ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองเมื่อระบบอยู่ในสภาวะปกติ.....	58
3.10	แสดงบล็อกไดอะแกรม ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองเมื่อระบบอยู่ในสภาวะผิดปกติ.....	59
3.11	แสดงวงจรสวิตช์สับเปลี่ยน (static switches).....	62
3.12	แสดงวงจรขับ Power Mosfet.....	63
3.13	แสดงวงจรแสดงผลการทำงาน.....	64
4.1	กราฟแสดงแรงดันในการอัดประจุเทียบกับระยะเวลา.....	67
4.2	กราฟแสดงกระแสในการอัดประจุเทียบกับระยะเวลา.....	67
4.3	แสดงสัญญาณขับมอสเฟทขณะไม่มีภาระที่ไม่มี การป้องกันกลับ.....	68
4.4	แสดงสัญญาณขับมอสเฟทขณะไม่มีภาระที่มีการป้องกันกลับ.....	68
4.5	แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะไม่มีภาระที่ไม่มี การป้องกันกลับ.....	69
4.6	แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะไม่มีภาระที่มีการป้องกันกลับ.....	69
4.7	แสดงสัญญาณขับมอสเฟทขณะจ่ายภาระที่ 100 VA PF. 1.0 ที่ไม่มี การป้องกันกลับ.....	70
4.8	แสดงสัญญาณขับมอสเฟทขณะจ่ายภาระที่ 100 VA PF. 1.0 ที่มีการป้องกันกลับ.....	70
4.9	แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระที่ 100 VA PF. 1.0.....	71
	ที่ไม่มี การป้องกันกลับ	
4.10	แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระที่ 100 VA PF. 1.0.....	71
	ที่มีการป้องกันกลับ	
4.11	แสดงสัญญาณขับมอสเฟทขณะจ่ายภาระที่ 200 VA PF. 1.0 ที่ไม่มี การป้องกันกลับ.....	72
4.12	แสดงสัญญาณขับมอสเฟทขณะจ่ายภาระที่ 200 VA PF. 1.0 ที่มีการป้องกันกลับ.....	72
4.13	แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระที่ 200 VA PF. 1.0.....	73
	ที่ไม่มี การป้องกันกลับ	
4.14	แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระที่ 200 VA PF. 1.0.....	73
	ที่มีการป้องกันกลับ	
4.15	แสดงสัญญาณขับมอสเฟทขณะจ่ายภาระที่ 300 VA PF. 1.0 ที่ไม่มี การป้องกันกลับ.....	74
4.16	แสดงสัญญาณขับมอสเฟทขณะจ่ายภาระที่ 300 VA PF. 1.0 ที่มีการป้องกันกลับ.....	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4.17 แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระที่ 300 VA PF. 1.0.....75
ที่ไม่มีภาระป้อนกลับ
- 4.18 แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระที่ 300 VA PF. 1.0.....75
ที่มีการป้อนกลับ
- 4.19 แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระคอมพิวเตอรื.....76
- 4.20 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเมื่อเปลี่ยนสภาวะจากระบบไฟฟ้า.....76
มาเป็นอินเวอร์เตอร์ที่ภาระคอมพิวเตอรื
- 4.21 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเมื่อเปลี่ยนสภาวะจากอินเวอร์เตอร์.....77
มาเป็นระบบไฟฟ้าที่ภาระคอมพิวเตอรื
- 4.22 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า VA ของภาระกับแรงดันที่ตกคร่อมภาระ.....78



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงค่าต่างๆของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด.....	19
2.2 อัตราส่วนของปริสเกลเลอร์.....	28
4.1 ผลการทดลองในส่วนของการอัดประจุแบตเตอรี่.....	66



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้การแก้ไขปัญหาผิดปกติที่เกิดจากระบบจ่ายไฟฟ้า ซึ่งปัญหาทางไฟฟ้าหรือเรียกว่ามลภาวะทางไฟฟ้า (Electrical Pollution) สามารถแยกออกตามลักษณะที่เกิดขึ้นดังต่อไปนี้คือ

1. ไฟเกิน (Over Voltage)

สาเหตุเกิดจากการอยู่ใกล้แหล่งจ่ายไฟฟ้าหรือเกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอื่นผลกระทบ จะทำให้อุปกรณ์เสื่อมคุณภาพ ลดอายุการใช้งานสั้นลง

2. ไฟตก (Under Voltage)

สาเหตุเกิดจากความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามีมากหรืออยู่ช่วงปลายของแหล่งไฟฟ้าผลกระทบอุปกรณ์จะทำงานหนักขึ้น จอภาพ จะสั้นไหวอายุการใช้งานสั้นลง

3. ไฟกระชาก (Surge)

สาเหตุ มักเกิดจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่นฟ้าผ่าเข้ามาในระบบสายส่ง ผลกระทบถ้ามีความรุนแรงมาก มักจะทำให้อุปกรณ์เสียหายทันที

4. ไฟตกชั่วขณะ (Sags)

สาเหตุ มักเกิดขึ้นเนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ๆ ในขณะหนึ่งผลกระทบ อาจทำให้คอมพิวเตอร์หยุดทำงาน (Hang) และอายุการใช้งานลดลง

5. ไฟเกินชั่วขณะ (Over Shoot)

สาเหตุ มักเกิดขึ้นเนื่องจากการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากมาน้อยแบบทันที ผลกระทบอุปกรณ์ภายในเครื่องอาจได้รับความเสียหายหรือ มีอายุใช้งานสั้นลง

6. ไฟกระพริบ (Short Interruption)

สาเหตุ เกิดจากการขาดหายของพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาสั้น ๆ ผลกระทบ อาจทำให้คอมพิวเตอร์หยุดทำงาน (Hang) และอายุการใช้งานลดลง

7. มีสัญญาณรบกวน (Noise)

สาเหตุ เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กหรือคลื่นวิทยุผลกระทบ ก่อให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผล หรือการสื่อสารข้อมูล

8. ไฟดับ (Blackout)

สาเหตุ เกิดจากแหล่งจ่ายพลังงานได้รับความเสียหาย หรือสายส่งไฟฟ้าเสียหาย ผลกระทบ อุปกรณ์หยุดทำงานทันที ข้อมูลในคอมพิวเตอร์อาจสูญหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งปัญหาเหล่านี้สามารถทำได้โดยใช้ UPS (Uninterruptible Power Supply) เข้ามาช่วย คือแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง และให้พลังงานไฟฟ้า ที่มีคุณภาพและเสถียรภาพ โดยปราศจากปัญหาทางไฟฟ้า ในสภาวะที่จะต้องรักษาเสถียรภาพของระบบคอมพิวเตอร์ให้มีเสถียรภาพการทำงานอยู่ตลอดเวลาในช่วงระยะเวลาที่ใช้งานนั้นจึงมีความสำคัญมากเพราะสามารถที่จะรักษาข้อมูลของระบบและรักษาอุปกรณ์ภายในที่สำคัญๆของคอมพิวเตอร์ เช่น ฮาร์ดดิสก์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะต้องรักษาความมีเสถียรภาพของคอมพิวเตอร์ ซึ่งแม้กระทั่งระบบไฟฟ้าขัดข้องไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้หรือภาวะที่ระบบไฟฟ้าตกหรือระบบไฟฟ้าเกิน สิ่งเหล่านี้จะเป็นปัญหาสำคัญของคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมาก ฉะนั้นจึงต้องมีการสร้างอุปกรณ์ที่เรียกว่า แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง ขึ้นมาเพื่อรักษาสถานะภาพของคอมพิวเตอร์เพื่อให้ทำงานได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น และทำการจัดการกับระบบข้อมูลของคอมพิวเตอร์ก่อนที่จะทำการปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาวงจรและระบบการทำงานของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่องชนิดออฟไลน์(Off-Line UPS)
2. เพื่อทำการพัฒนายูพีเอสให้มีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพโดยนำเทคโนโลยีด้านไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการทำงาน พร้อมทั้งมีขนาดและรูปร่างที่กะทัดรัดมากขึ้น
3. เพื่อที่สามารถจ่ายภาระได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่คำนึงถึงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตของแหล่งจ่ายกำลังต่อเนื่อง ดังนั้นรูปคลื่นเอาต์พุตที่ได้จึงไม่เป็นรูปคลื่นไซน์อย่างแท้จริง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่องขนาดพิกัด 500 VA
2. รับไฟฟ้ากระแสสลับแบบลูกคลื่นไซน์เวฟ 220-230 V ที่ความถี่ 50 Hz
3. จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแบบลูกคลื่นสี่เหลี่ยม 220 V
4. สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าในภาวะระบบไฟฟ้าขัดข้องได้ไม่น้อยกว่า 10 นาทีเมื่อมีโหลดเป็นคอมพิวเตอร์
5. ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 V แบบแห้งในการอัดประจุภายในเครื่อง

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ทำการศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของโครงการ และทำการเจาะลึกในรายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆของยูพีเอส พร้อมทั้งศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC16F877)
2. ทำการสร้างชุดทดลองในส่วนต่างๆของ UPS ซึ่งจะประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.1 ชุดอินเวอร์เตอร์
- 2.2 ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมวงจรขับและแสดงผลการทำงาน
- 2.3 ชุดอัดประจุแบตเตอรี่
- 2.4 ชุดสวิตช์สับเปลี่ยน
- 2.5 ชุดวงจรตรวจสอบสถานะการทำงาน
- 2.6 ชุดวงจรป้องกันกลับ
3. ทำการรวบรวมส่วนประกอบทุกๆส่วนเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างชุดต้นแบบออกมา
4. ทำการสร้าง UPS ที่สมบูรณ์ออกมาพร้อมทั้งทำการทดลองและบันทึกผล พร้อมทั้งแก้ไข ปัญหาที่เกิดขึ้นและหาข้อสรุป
5. เรียบเรียงเนื้อหาข้อมูลทั้งหมดเพื่อการทำปริญญานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถเข้าใจหลักการการทำงานของเครื่องแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่องได้มากขึ้น
2. ได้รู้จักการทำงานร่วมกันและรู้จักการแก้ปัญหาต่างๆ
3. มีการนำความรู้ที่ได้เรียนมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่และเกิดประโยชน์มากที่สุด
4. สามารถนำความรู้ที่ได้มาเผยแพร่ให้แก่ผู้สนใจให้ได้ความรู้เต็มที่
5. ทำให้มีความกระตือรือร้นในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ลักษณะและชนิดของยูพีเอส

ยูพีเอสที่ใช้ในโครงงานนี้จะเป็นระบบการทำงานในโหมดออฟไลน์(Off Line Mode) ซึ่งเมื่ออยู่ในภาวะปกติยูพีเอสในโหมดการทำงานนี้จะได้รับไฟจากการไฟฟ้าโดยตรงและในขณะเดียวกันก็จะมีการอัดประจุใส่แบตเตอรี่ด้วย แต่เมื่อเกิดภาวะผิดปกติขึ้น เช่น ไฟตก ไฟเกิน ก็จะทำให้สวิตช์สับเปลี่ยนมาอยู่ในโหมดที่รับไฟจากแบตเตอรี่ซึ่งจ่ายให้กับชุดอินเวอร์เตอร์และปรับแรงดันขึ้นโดยผ่านหม้อแปลงและจ่ายไปยังโหลดต่อไป

2.2 ส่วนประกอบของยูพีเอสที่ใช้ในโครงงาน

ส่วนประกอบสำคัญที่ใช้ในยูพีเอสในโหมดออฟไลน์นี้สามารถแบ่งการอธิบายต่างๆได้ในทางทฤษฎีได้ดังต่อไปนี้

2.2.1 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

อินเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนกระแสไฟฟ้ากระแสตรงมาเป็นไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งจะมีทั้งขนาด 1 เฟส และขนาด 3 เฟส โดยส่วนใหญ่แล้วรูปคลื่นที่ออกจากอินเวอร์เตอร์จะประกอบไปด้วยความถี่หลักมูลกับฮาร์โมนิกที่มีความถี่เป็นจำนวนเท่าของความถี่หลักมูลทำให้สัญญาณที่ได้ออกมาไม่เป็นรูปไซน์ ทำให้ต้องมีวงจรกรองความถี่ (low pass filter) เพื่อให้ได้รูปคลื่นไซน์ออกมาแต่ในโครงงานนี้ เราต้องการสัญญาณเป็น square wave ทำให้ไม่ต้องใช้วงจรกรองความถี่ ซึ่งการประยุกต์ใช้งานนั้นสามารถนำไปใช้ได้หลายด้าน เช่น ใช้ในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์จากแรงดันกระแสตรงที่โซลาเซลล์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับจากอินเวอร์เตอร์ หรือใช้ในการควบคุมอินตักชันมอเตอร์ โดยใช้อินเวอร์เตอร์ 3 เฟส เพื่อควบคุมความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ได้

วงจรอินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้ในโครงงานนี้ คือ พูช-พูล อินเวอร์เตอร์ (Push-pull Inverter) ซึ่งมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับโครงงานนี้คือ

1. สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงถึง 500 วัตต์ขึ้นไป ซึ่งเหมาะสมกับพิกัดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง
2. แรงดันที่ใช้ในการสวิตชิงของอุปกรณ์มีค่าต่ำ
3. วงจรมีอุปกรณ์น้อยในการสร้างอินเวอร์เตอร์ จึงทำให้มีราคาถูก
4. ไม่คำนึงรูปคลื่นเท่าใดนัก ทำให้ไม่ต้องสร้างฟิลเตอร์ในการกรองรูปคลื่น และสามารถควบคุมได้ง่ายด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เพราะสัญญาณที่ใช้ในการขับเป็นรูปสี่เหลี่ยมความถี่ 50Hz
5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการสวิตชิงไม่จำเป็นต้องตอบสนองเร็วมาก เพราะสัญญาณที่ได้ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

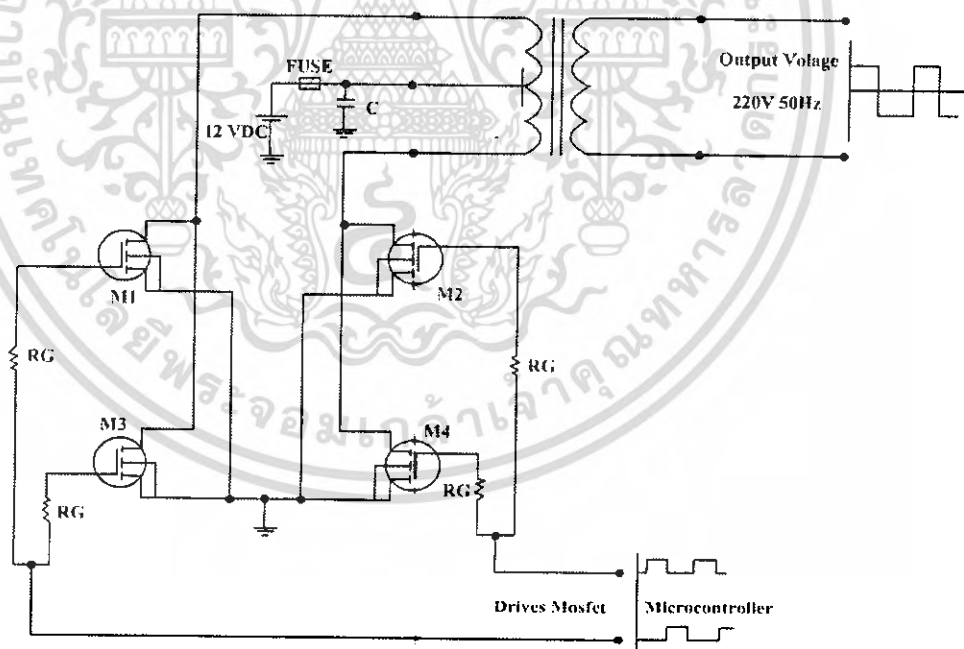
จ่ายโหลด มีความถี่ 50 Hz

6. การออกแบบวงจรทำได้ง่าย เนื่องจากใช้งานที่ความถี่ต่ำ จึงไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องของสไปค์ (Spike) จากการใช้หม้อแปลงความถี่สูง หรือผลจากค่าเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าไม่เท่ากัน
7. ประหยัดเพราะไม่ได้ใช้หม้อแปลงแกนเฟอร์ไรท์ที่ความถี่สูงซึ่งลักษณะของวงจรพุช-พูล

อินเวอร์เตอร์สำหรับโครงการนี้จะมีลักษณะดังนี้

1. วงจรอินเวอร์เตอร์จะใช้อุปกรณ์สวิตชิง คือ มอสเฟต 4 ตัว โดยแบ่งเป็นกิ่งละ 2 ตัว
2. จะใช้รูปคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square wave signal) จำนวน 2 สัญญาณแต่กลับเฟสกัน โดยมีความถี่ 50 Hz
3. แรงดันไฟตรงจากแบตเตอรี่ขนาด 12 V ที่ใช้ขับมอสเฟต
4. หม้อแปลงขนาดความถี่ 50 Hz

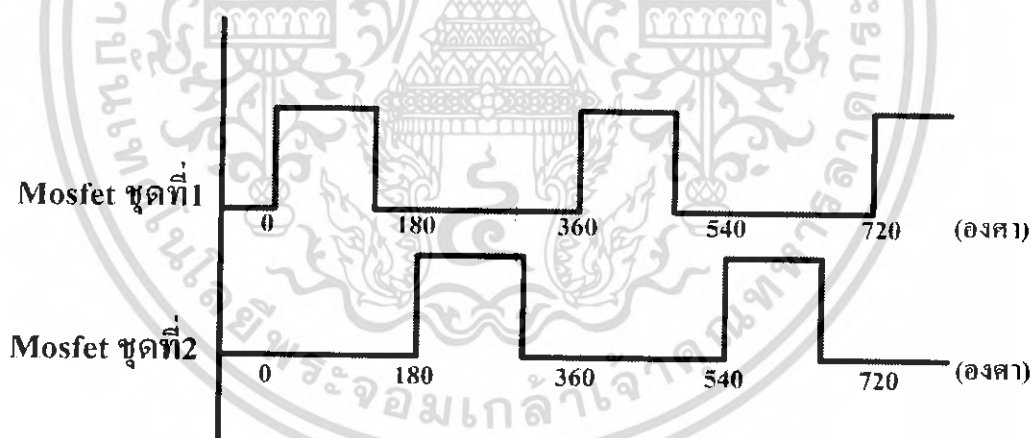
ต่อไปเป็นการพูดถึงทฤษฎีและหลักการทำงาน



รูปที่ 2.1 วงจรการทำงานแบบ พูช-พูล อินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรพุ่ม-พูล อินเวอร์เตอร์ เหมือนกับการนำฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ สองชุดมาต่อทำงานร่วมกัน โดยผลัดกันทำงานในแต่ละครึ่งคาบเวลาในลักษณะกลับเฟส ซึ่งถ้าดูในรูปวงจรข้างต้นเพาเวอร์มอสเฟต M1 และ M2 จะสลับการทำงานโดยผลัดกันนำกระแสในแต่ละครึ่งคาบเวลา T โดยจะทำงานโดยอาศัยสัญญาณขับจากชุด Drive Circuit 2 ชุด ซึ่งสัญญาณเป็นรูปสี่เหลี่ยมโดยมีขนาด 50Hz โดยจะมีเฟสต่างกัน 180 องศา ซึ่งขณะที่ M1 นำกระแสจะมีกระแสไพรมารี (I_{p1}) ไหลผ่านขดไพรมารี (N_{p1}) เนื่องจากมีสัญญาณมาขับเกิดและในจังหวะนี้จะไม่ มีสัญญาณขับที่เกิดของ M2 ดังนั้น M2 จะไม่ทำงาน จึงทำให้แรงดันที่คร่อมเตรน-ซอร์ส (V_{ts}) จะมีค่าเป็น $2V_m$ ซึ่งเป็นผลรวมของแรงดันของขดลวด N_{p1} และ N_{p2} รวมกันเนื่องจากถูกเหนี่ยวนำให้มิติศทางเดียวกัน ดังนั้น M1 และ M2 จึงจะต้องทนแรงดันเป็น 2 เท่า ของแรงดันอินพุท ซึ่งเป็นสภาวะในขณะที่หม้อแปลงทำงานครึ่งคาบเวลา เมื่อสัญญาณขับเกิดขั้วที่ M2 แทน M1 ในช่วงครึ่งคาบถัดมา M1 สัญญาณขับจะเป็นศูนย์ ซึ่งมีความถี่ของสัญญาณเท่ากันแต่มีเฟสต่างกัน 180 องศา กระแสไพรมารี (I_{p2}) จะไหลผ่านขดไพรมารี (N_{p2}) ไหลครบวงจรโดยผ่าน M2 ซึ่งหม้อแปลงก็จะเหนี่ยวนำแรงดันขึ้นโดยมิติศทางต่อทจะอยู่ด้านล่าง ซึ่งแรงดันที่ปรากฏที่ขดลวดทุติยภูมิจึงเป็นแรงดันไฟสลับขนาด 220 โวลต์ โดยเกิดจากการสลับการทำงานของอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่ง



รูปที่ 2.2 สัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์(PIC)

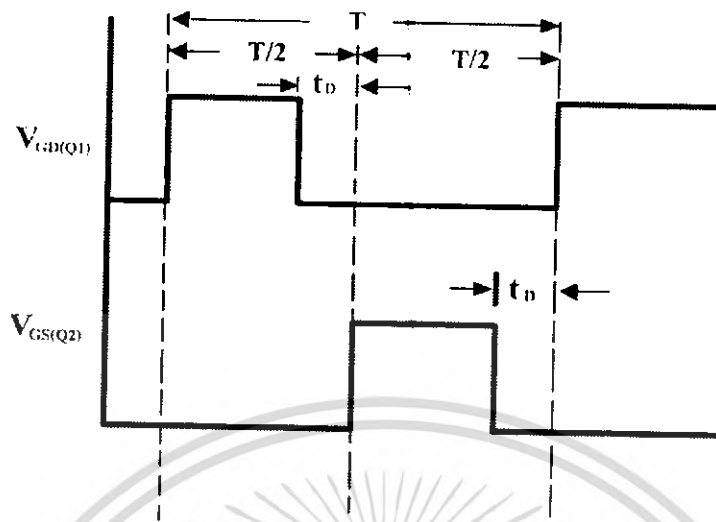
สำหรับขับมอสเฟต 2 ชุด แบบพุ่ม-พูล อินเวอร์เตอร์

สำหรับสัญญาณที่นำไปขับอุปกรณ์สวิตชิงนั้นจะมีการกำหนดค่าเวลาเผื่อ (dead time) ไม่ให้สัญญาณเต็ม 100% ต่อสัญญาณครึ่งคาบหรือตั้งแต่ 0-180 องศา สำหรับขับมอสเฟส 1 ชุดเพื่อที่จะไม่ให้มอสเฟสมีช่วงที่นำกระแสมากเกินไป โดยมีเหตุผลหลัก 2 ประการคือ ประการแรกถ้าไม่มีการจำกัดช่วงเวลานำกระแสเอาไว้ เมื่อเกิดกรณีโหลตมีการดึงกระแสมากขึ้น วงจรควบคุมจะสั่งงานให้มอสเฟสมีช่วงเวลานำกระแสเพิ่มขึ้น ทำให้ช่วงเวลานำกระแสของมอสเฟสตัวที่เหลือมีคาลดลง ทำให้เกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์ขึ้นในแกนของหม้อแปลง ทำให้แกนเข้าถึงจุดอิ่มตัวเร็วขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้มอสเฟสเกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนได้ เหตุผลอีกประการหนึ่งคือ ถึงแม้จะกำหนดให้วงจรควบคุมสั่งงานที่ครึ่งหนึ่งของคาบเวลาเท่ากันแล้วก็ตาม แต่ก็อาจยังไม่ปลอดภัยเนื่องจากอุปกรณ์สวิตชิงอาจมีการตอบสนองต่อสัญญาณขับเกินซ้ำ เนื่องจากเกิดประจวบสมในอุปกรณ์สวิตชิงในขณะที่นำกระแส เมื่อหยุดจ่ายกระแสไปอัสให้กับอุปกรณ์สวิตชิงที่เวลา $t = T/2$ ประจวบสมจะทำให้อุปกรณ์สวิตชิงนำกระแสต่อไปได้อีกช่วงระยะเวลาหนึ่งก่อนที่จะหยุดนำกระแส ในขณะที่เดียวกันกับอุปกรณ์สวิตชิงตัวที่เหลือเริ่มได้รับกระแสไปอัสที่เวลา $t = T/2$ เช่นเดียวกัน ทำให้อุปกรณ์สวิตชิงเกิดการนำกระแสพร้อมกัน ในกรณีนี้แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์สวิตชิงทั้งสองตัวขณะนำกระแสจะเท่ากันค่าของแรงดันอินพุท

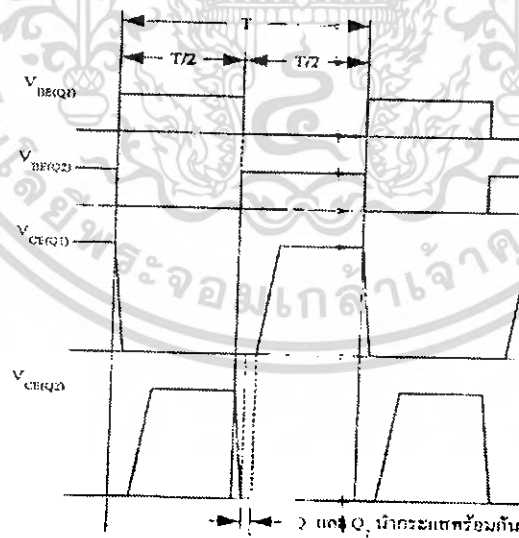
การกำหนดค่าเผื่อเวลา t_d สำหรับช่วงเวลานำกระแสให้กับอุปกรณ์สวิตชิง จะช่วยป้องกันปัญหาดังที่กล่าวมาแล้ว ค่าเผื่อเวลา t_d โดยทั่วไปจะกำหนดไว้ประมาณ 20% ของครึ่งคาบเวลา ดังนั้นช่วงเวลานำกระแสสูงสุดของอุปกรณ์สวิตชิง จึงไม่ควรมีค่าเกิน

$$\begin{aligned} t_{dmax} &= 0.8(T/2) \\ &= 0.4 T \end{aligned}$$

(2.1)



รูปที่ 2.3 แสดงการกำหนดการเผื่อ t_b ให้กับมอสเฟต



รูปที่ 2.4 แสดงการหน่วงของช่วงเวลานำกระแส
ของอุปกรณ์สวิตชิง เนื่องจากประจุสะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1 การไม่สมมาตรฟลักซ์ในแกนเหล็ก

ปัญหาหลักมักจะเกิดขึ้นเสมอในพุ่ม-พุ่มคอนเวอร์เตอร์ก็คือ การเกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์(flux imbalance) ขึ้นในแกนเหล็กของหม้อแปลง ซึ่งจะทำให้แกนเหล็กเกิดการอิ่มตัวอย่างรวดเร็วและทำให้อุปกรณ์สวิตชิง เกิดความเสียหายได้ สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการไม่สมมาตรของแกนเหล็กนั้นเนื่องมาจากการท้ออุปกรณ์สวิตชิง มีช่วงเวลาก่อนหยุดนำกระแส (turn off time) ไม่เท่ากันอย่างแท้จริงเนื่องมาจากข้อจำกัดในการผลิตอุปกรณ์ ถ้าอุปกรณ์สวิตชิงตัวใดใช้เวลาในการหยุดนำกระแสมากกว่า จะทำให้ค่ากระแสสูงสุดของมันในช่วงที่นำกระแสมีค่ามากกว่าของอีกตัวหนึ่ง ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่แกนของหม้อแปลงมีลักษณะไม่สมมาตร และจะมีการเลื่อนของค่าฟลักซ์สูงสุดได้หรือที่เรียกว่า “flux walking” เกิดขึ้น โดยค่าฟลักซ์สูงสุดจะวิ่งเข้าหาจุดอิ่มตัวอย่างรวดเร็ว ถ้าแกนเกิดการอิ่มตัวของฟลักซ์แม่เหล็ก ก็จะเป็นอันตรายต่ออุปกรณ์สวิตชิงในวงจรได้

การสังเกตการเกิดไม่สมมาตรของฟลักซ์นั้น ให้สังเกตจากกระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์สวิตชิง 2 ชุด(ซึ่งปกติกระแสสูงสุดต้องมีค่าเท่ากัน) ถ้าเกิดลักษณะไม่เท่ากันก็แสดงว่าเกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์เกิดขึ้น



2.2.2 มอสเฟตกำลัง (Power Mosfet)

มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ประเภทใช้แรงดันในการควบคุม กล่าวคือ ต้องใช้แรงดัน V_{GS} ควบคุมในการไหลของกระแสเดรน (I_D)

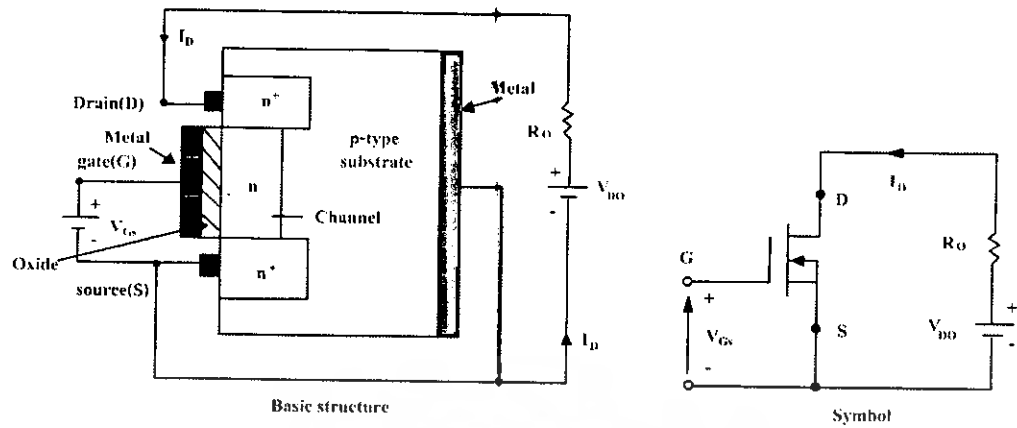
2.2.2.1 ประเภทของมอสเฟต

มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ที่มี 3 ขั้ว คือขั้ว ซอร์ส(Source ;S) เดรน (Drain ;D) และเกต (Gate ;G) แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ มอสเฟตแบบดีพลีชัน (Depletion MOSFET) เรียกสั้น ๆ ว่า ดีมอสเฟต และ มอสเฟตแบบเอนฮานซ์เมนต์(Enhancement MOSFET) หรือเรียกว่าอีมอสเฟต แต่ละประเภทยังแบ่งเป็นสองแบบคือ แชนแนล n (channel-n) และแชนแนล p (channel-p)

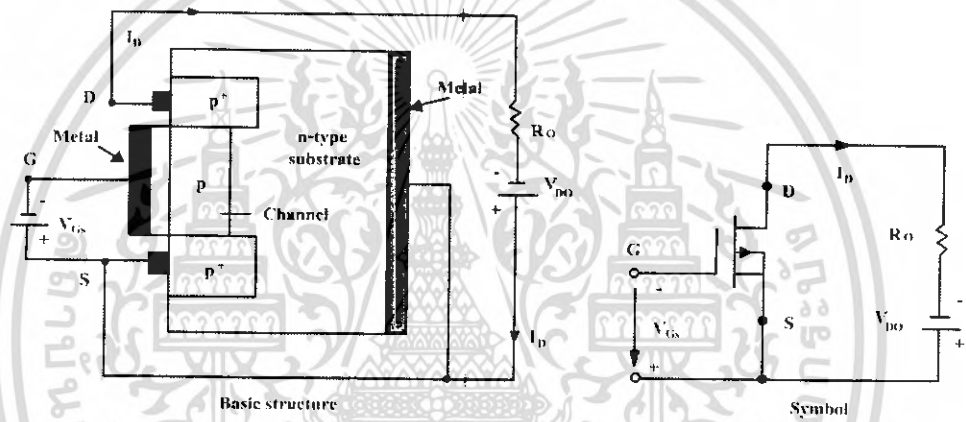


รูปที่ 2.5 แสดงรูปร่างภายนอกของมอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) n-channel depletion-type MOSFET



(b) p-channel depletion-type MOSFET

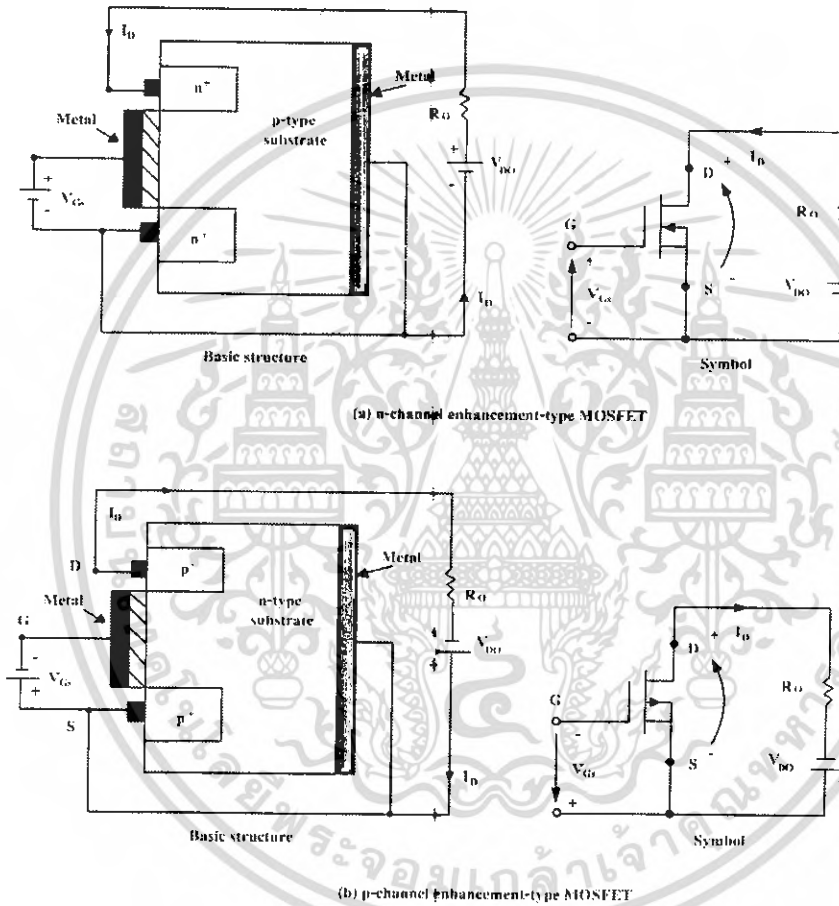
รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของมอสเฟตแบบ N และ P ชนิดดีพลีชัน

โครงสร้างของดีมอสเฟสแบบแชนแนล n ในรูป ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด p ซึ่งสร้างขึ้นจากซิลิคอนเรียกว่าแผ่นลิทฐาน p (p-type Substrate) โดยขั้ว D และขั้ว S ต่อกับบริเวณที่มีการกระตุ้น หรือโด๊ปให้เป็นบริเวณสารกึ่งตัวนำ(n-doped Region ; n⁺) บริเวณสารกึ่งตัวนำ n ทั้งสองส่วนนี้ต่อกับวัสดุผิวนอกเป็นโลหะโดยมีซิลิคอนไดออกไซด์(SiO₂) กั้นระหว่างแชนแนล n กับขั้ว G [ซิลิคอนไดออกไซด์เป็นฉนวนประเภทไดอิเล็กทริก(Dielectric)] ถ้าแรงดันเกต-ซอร์ส (V_{GS}) มีค่าเป็นลบ อิเล็กตรอนบางส่วนในแชนแนล n สร้างบริเวณปลอดพาหะภายในชั้นออกไซด์ ทำให้แชนแนลแคบลง ความต้านทานจากขั้วเดรนไปซอร์ส (R_{DS}) เริ่มมีค่าสูง เมื่อ V_{GS} มีค่าเป็นลบเพียงพอแชนแนลจะหายไป R_{DS} จึงมีค่าสูงมาก และไม่มีกระแสไหลจากขั้วเดรนไปซอร์ส นั่นคือ I_{DS}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 0 ระดับ V_{GS} นี้เรียกว่าแรงดันพินช์ออฟ (Pinch – off Voltage ; V_p) ในทางตรงข้ามถ้า V_{GS} เป็นบวกแซนแนลจะกว้างขึ้นเป็นผลให้ I_{DS} มีค่าเพิ่มขึ้น อันเนื่องจาก R_{DS} มีค่าลดลง

หลักการที่กล่าวมานี้ ใช้ได้กับมอสเฟสแบบแซนแนล p โดยตัวของ V_{DS} , I_{DS} และ V_{GS} เปลี่ยนขั้วเป็นขั้วตรงข้ามกับกรณีมอสเฟสแบบแซนแนล n



รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของมอสเฟสแบบ N และ P ชนิดเอินฮานท์เมนต์

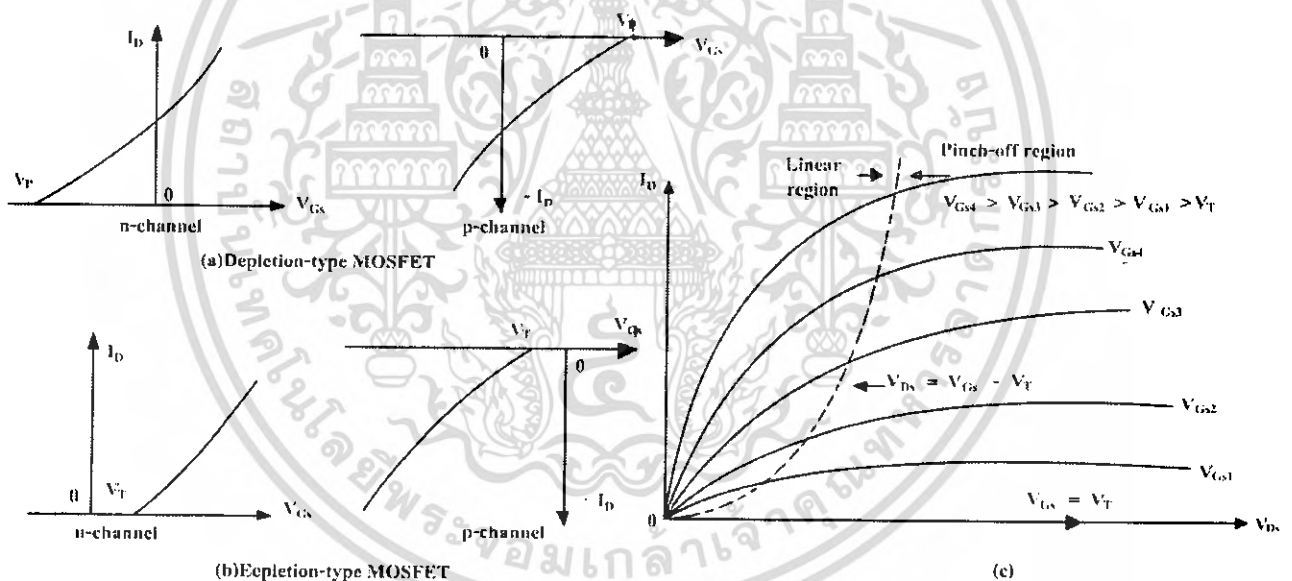
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีมอสเฟทแบบแซนแนล n ดังรูป ถ้า V_{GS} เป็นบวกแรงดันเหนี่ยวนำจะดึงดูด อิเล็กตรอน จากแผ่นผลึกฐาน p และรวบรวมไว้ที่ผิวภายในชั้นออกไซด์ ถ้า V_{GS} มากกว่าหรือเท่ากับค่าแรงดันธรสโสลด์(Threshold Voltage ; V_T)จึงมีกระแสไหลจากเดรนไปซอร์ส(I_{DS})

หลักการที่กล่าวมานี้ ใช้ได้กับอีมอสเฟทแบบแซนแนล p โดยขั้วของ V_{DS} , I_{DS} และ V_{GS} เปลี่ยนเป็นขั้วตรงกันข้ามกับกรณี อีมอสเฟทแบบแซนแนล n

2.2.2.2 คุณสมบัติของมอสเฟท(Mosfet Characteristic)

ได้กล่าวในตอนต้นแล้วว่า มอสเฟทเป็นอุปกรณ์ประเภทใช้แรงดันในการควบคุมอิมพีแดนซ์อินพุตสูงมาก ขั้วเกตจะดึงกระแสรั่วไหลต่ำมากแค่ นาโนแอมแปร์ และเราทราบว่า ทรานส์คอนดักแตนซ์ (Transconductance ; g_m) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของ I_D ต่อแรงดันเกต (V_G) เป็นตัวกำหนดคุณลักษณะการถ่ายโอนของมอสเฟท



รูปที่ 2.8 แสดงกราฟคุณลักษณะในการถ่ายโอนของอีมอสเฟทแบบแซนแนล N และคุณลักษณะเอาท์พุทของอีมอสเฟทแบบแซนแนล N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะในการถ่ายโอนของอิมอสเฟตแบบแซนแนล n และแบบแซนแนล p ดังรูป แสดงคุณลักษณะของอิมอสเฟตแบบแซนแนล n ซึ่งมีบริเวณทำงาน 3 บริเวณคือ

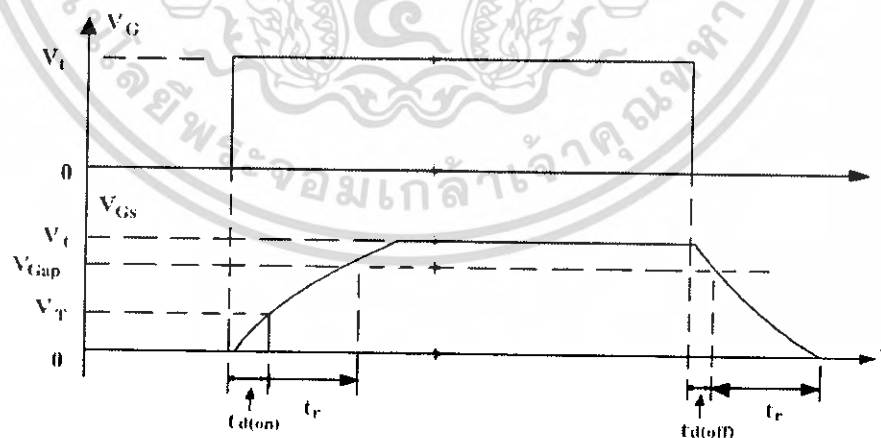
- (1) บริเวณคัตออฟ (Cutoff Region) เกิดขึ้นเมื่อ $V_{GS} \leq V_T$
- (2) บริเวณพินช์ออฟ หรือบริเวณอิ่มตัว (Pinch-off or Saturation Region) เกิดขึ้นเมื่อ $V_{DS} \geq V_{GS} - V_T$
- (3) บริเวณที่เป็นเชิงเส้น (Linear Region) เกิดขึ้นเมื่อ $V_{DS} \leq V_{GS} - V_T$

ในบริเวณเชิงเส้น I_D จะเปลี่ยนแปลงตามสัดส่วนของ V_{DS} และเนื่องจาก I_D มีค่าสูงขณะที่ V_D มีค่าต่ำ อิมอสเฟตจึงใช้บริเวณที่เป็นเชิงเส้นนี้แสดงปฏิกิริยาในการสวิตช์

สำหรับอิมอสเฟตแรงดันเกต (หรือแรงดันอินพุท) อาจเป็นบวกหรือลบก็ได้แต่อิมอสเฟตตอบสนองกับแรงดันที่เป็นบวกอย่างเดียว ตามปกติอิมอสเฟตกำลังมักเป็นประเภทอิมอสเฟต จึงขอล่าเฉพาะคุณลักษณะของอิมอสเฟตเท่านั้น

2.2.2.3 คุณลักษณะในการสวิตช์ (Switching Characteristics)

ผลกระทบที่เกิดจากคาปาซิเตอร์บริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำภายในอิมอสเฟต ทำให้เขียนรูปคลื่นในการสวิตช์เป็นดังรูป



รูปที่ 2.9 แสดงรูปคลื่นแรงดันในการสวิตช์ของแรงดันเกต

เมื่อป้อนแรงดันเกตเพิ่มจากศูนย์ถึง V_G เวลาที่ใช้ในการอัดประจุคาปาซิเตอร์ (ภายในตัวของอีโมสเฟท) ให้มีค่าถึงระดับแรงดันทรานซิสโวลต์ (V_T) เราเรียกว่าช่วงเวลาดีเลย์ในการเปิด (Turn-on Delay Time; $t_{d(on)}$) และช่วงเวลาขาขึ้น (t_r) เป็นเวลาอัดประจุจากรดับ V_T จนกระทั่งมีค่าถึงระดับแรงดันเกตเต็มที่ (Full Gate Voltage ; V_{GSP}) ซึ่งใช้ในการขับมอสเฟทไปสู่บริเวณเชิงเส้น

เวลาที่คาปาซิเตอร์คายประจุจาก V_G ไปจนถึงบริเวณพินช์ออฟ เรียกว่าช่วงเวลาดีเลย์ในการปิด (Turn-off Delay Time ; $t_{d(off)}$) และช่วงเวลาขาลง (t_f) เป็นเวลาที่คาปาซิเตอร์ใช้ในการคายประจุจากบริเวณพินช์ออฟจนถึง V_T (ถ้า $V_{GS} \leq V_T$ มอสเฟทจะปิด)

2.2.2.4 ประโยชน์และการใช้งานมอสเฟทกำลัง

เนื่องจากมอสเฟทกำลังมีความเร็วในการสวิตช์สูงมากเป็นนาโนวินาทีจึงเหมาะกับการแปลงผันที่มีความถี่สูงและมีกำลังไฟฟ้าต่ำแต่อย่างไรก็ตามอีโมสเฟทจะมีปัญหาในการคายประจุไฟฟ้าสถิตย์ ภายในตัวเองจึงต้องบำรุงรักษาเป็นพิเศษ นอกจากนี้การป้องกันมอสเฟทขณะเกิดฟอลต์ แบบลัดวงจร (Short Circuit Fault) ยังทำได้ค่อนข้างยาก

2.2.3 การอัดประจุแบตเตอรี่ (Battery Charge)

เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่อัดประจุให้กับแบตเตอรี่ โดยอุปกรณ์จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับ UPS Offline ขณะระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้ามีสภาพปกตินั้น เครื่องอัดประจุให้กับแบตเตอรี่เท่านั้น โดยไม่มีการจ่ายให้กับ Inverter แต่เมื่อระบบไฟฟ้าผิดปกติก็จะหยุดทำงานและแบตเตอรี่จะจ่ายพลังงานให้กับ Inverter

2.2.3.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่ให้ในโครงการนี้เป็นแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด แบ่งได้เป็น 2 ชนิดดังนี้

1. Non spill lead – acid Battery ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิดดังนี้

1.1 Standard Battery แบตเตอรี่ชนิดนี้เมื่อไม่ได้ใช้งานจะมี Self - discharge ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม จึงต้องมีการอัดประจุใหม่ทุกๆ 4-6 สัปดาห์เพื่อชดเชย

1.2 Self - discharge ซึ่งแบตเตอรี่นี้เหมาะสำหรับการใช้งานในช่วงสั้นๆ Permanent Battery แบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถเก็บในที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสได้เป็นเวลานานๆ หลายเดือน โดยไม่ต้องมีการดูแลรักษาและสามารถอัดประจุทุกๆ 10 เดือนและมี Self-discharge ต่ำ เนื่องจากใช้ lead alloy ชนิดพิเศษเหมาะสำหรับใช้ในงานพิเศษที่ต้องการอายุการใช้งานสูงกว่าแบบ Standard Battery

2. Recombining seal lead – acid Battery

ปกติแล้วเมื่อแบตเตอรี่อัดประจุจนถึงระดับ overcharge กรดซัลฟูริกที่เป็นอิเล็กโตรไลต์จะเกิดปฏิกิริยาเป็นก๊าซ H_2 และ O_2 ทำให้ความเข้มข้นของอิเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้ต้องการเติมน้ำกลั่นมีฉะนั้นแบตเตอรี่จะเสื่อมคุณภาพได้ การเติมน้ำกลั่นเป็นการจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงในการใช้งานแบตเตอรี่ ฉะนั้นจึงมีการพัฒนาแบตเตอรี่ใช้งานโดยไม่ต้องเติมน้ำกลั่นซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

2.1 Non- Recombining หรือ Paria Recombining แบตเตอรี่ชนิดนี้ไม่ต้องบำรุงรักษาใดๆและไม่ต้องให้จนถึงระดับ overcharge เพื่อให้แบตเตอรี่เต็ม ในกรณีที่ใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่าสิ่งแวดล้อมมากๆ แบตเตอรี่จะเกิดก๊าซทำให้ความดันสูงขึ้น ซึ่งแบตเตอรี่จะมีวาล์วที่คอยเปิดให้ก๊าซออกไปในทันทีและวาล์วจะปิดอัตโนมัติเมื่อความดันก๊าซต่ำลง ด้วยเหตุนี้จึงใช้ได้กับทุกสภาวะแวดล้อมแบตเตอรี่แบบนี้จะปิดผนึกไว้ซึ่งภายในจะไม่มีก๊าซและมีความต้านทานภายในต่ำและยังจ่ายกระแสสูง ภายใต้การอัดประจุแบบรักษาระดับแรงดันคงที่ จะอัดประจุด้วยกระแสอัดกระแสสูงๆในตอนเริ่มต้นและเมื่อแรงดันย้อนกลับของแบตเตอรี่เริ่มสูงขึ้นจะต้องควบคุมกระแสในการอัดประจุ เมื่อแบตเตอรี่เต็มจะต้องรักษาแรงดันแบตเตอรี่โดยลดกระแสให้เหลือน้อยๆ เพื่อไม่ให้เกิด over voltage และป้องกัน electrolyte loss partially recombining

2.2 Fully Recombining โครงสร้างคล้ายๆกับแบบ Standard Cylindrical Nicad เหมาะสำหรับใช้งาน Standby มีการรวมตัวของก๊าซ O_2 ที่ดี ก๊าซที่เกิดขึ้นคือ H_2 และ O_2 จะรวมตัวกันเป็นน้ำทำให้ปริมาตรของอิเล็กโทรไลต์ ไม่ลดลง อายุการใช้งานขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและสภาพแวดล้อม มีความต้านทานภายในต่ำ อัตรา discharge สูงการอัดประจุส่วนใหญ่เป็นแบบ constant voltage constant current , pulse charging และอื่นๆ

2.2.3.2 Parameter ในการอัดประจุ

1. การชดเชยทางอุณหภูมิของการอัดประจุ โดยการอัดประจุจะปรับค่าแรงดันที่อัดประจุ ซึ่งต้องมีการชดเชยทางอุณหภูมิโดยการตรวจจับอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อม
2. เวลาที่อัดประจุเสร็จ เวลาที่แบตเตอรี่ถูกอัดประจุเต็มขึ้นอยู่กับสภาวะการดิสชาร์จและลักษณะการอัดประจุ รวมทั้งอุณหภูมิด้วย
3. อุณหภูมิในขณะการอัดประจุควรทำการอัดประจุที่อุณหภูมิ 0 ถึง 40 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิต่ำกว่าหรือสูงกว่าที่กำหนด อาจทำให้การอัดประจุได้ไม่มากหรือร้อนเกินไป
4. การชาร์จประจุเกิน การอัดประจุเพิ่มขึ้นอีกหลังจากแบตเตอรี่อัดประจุเต็มแล้ว เรียกว่า Overcharge ซึ่งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องมีผลทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง

2.2.3.3 วิธีการอัดประจุแบตเตอรี่

แบ่งได้ 4 วิธีคือ

1. การอัดประจุแบบกระแสคงที่ (Constant Current Charging)

วิธีนี้มีข้อดีตรงที่ว่าไม่จำเป็นต้องมีการชดเชยทางอุณหภูมิกับการชาร์จแบบแรงดันคงที่ แต่มีข้อเสียคือต้องระมัดระวังเรื่องการอัดประจุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการอัดประจุด้วยกระแสสูงๆซึ่งแบตเตอรี่จะเต็มภายในเวลาสั้นๆเท่านั้น การอัดประจุอัตราสูงทำให้แรงดันที่แบตเตอรี่สูงเกินไป

น้ำจะเกิดการแตกตัวและมีความร้อนเกิดขึ้น การอัดประจุใหม่ให้กับแบตเตอรี่ที่เก็บไว้นานแล้ว ซึ่งสามารถอัดประจุได้ที่เดียวหลาย ๆ ลูก

2. การอัดประจุแบบแรงดันคงที่(Constant Voltage Charging)

โดยมีความต้องการให้แบตเตอรี่อยู่ภายในสภาวะประจุเต็มเสมอ โดยต้องระวังเรื่องอัตรา การอัดประจุสูงเกินไป ซึ่งการอัดประจุแบบนี้ทำให้แรงดันเอาท์พุทมีเสถียรภาพ พร้อมทั้งมีความจุ กระสูง ซึ่งในช่วงที่แรงดันแบตเตอรี่ต่ำ ๆ ความต้านทานของแบตเตอรี่มีค่าน้อยมาก ฉะนั้นกระแสที่ อัดประจุจึงมีค่าสูงมาก เป็นผลให้เครื่องอัดประจุต้องมีขนาดใหญ่และราคาแพง อีกทั้งยังทำให้ เกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่ ซึ่งปกติเครื่องอัดประจุแบบนี้จะมีอุปกรณ์ช่วยในการจำกัดกระแส เริ่มต้น โดยใช้ constant current regulation ซึ่งในช่วงสุดท้ายของการอัดประจุกระแสจะถูกลดลง อย่างอัตโนมัติ ซึ่งไม่ทำให้เกิดการสลายตัว

3. การอัดประจุแบบลดค่ากระแส(Tapered Current Charging)

เป็นวิธีการอัดประจุแบตเตอรี่ที่ง่ายซับซ้อน ราคาถูก วงจรการอัดประจุประกอบด้วย หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง วงจร Rectifier และค่าความต้านทานที่เหมาะสมสำหรับจำกัดกระแส แต่ วิธีนี้ไม่เหมาะสำหรับในการอัดประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ปิดผนึก เนื่องจากกระแสที่ใช้อัด ประจุจะกระเพื่อมตามแรงดันไฟฟ้าของระบบ ซึ่งทำให้แรงดันแบตเตอรี่เปลี่ยนแปลงไปด้วย แต่ก็ สามารถลดผลอันนี้ได้โดยการใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีแรงดันต้านทานหุติภูมิสูงกว่าแรงดัน แบตเตอรี่ และเลือกค่าความต้านทานที่เหมาะสมในการจำกัดกระแส โดยที่การอัดประจุแบบนี้ สามารถใช้แทนแบบการอัดประจุก็ได้ ไม่เพียงเฉพาะการอัดประจุแบตเตอรี่หลาย ๆ ลูกในครั้ง เดียวเท่านั้น ยังสามารถใช้ในระบบ trickle charge ได้อีกด้วย

4. การอัดประจุแบบรวม(Combination Charging: two-step)

วิธีนี้บางทีเรียกว่า "two-rate" หรือ "two-step" โดยเกิดจากการรวมกัน 2 แบบคือ การอัดประจุแบบการแสลงที่และแรงดันคงที่เข้าด้วยกัน โดยในขั้นแรกจะใช้การอัดประจุเร็ว และ ขั้นที่สองจะอัดประจุด้วยกระแสต่ำๆ การสวิตซ์จากขั้นแรกไปยังขั้นที่สองอาจทำได้หลายวิธีเช่น ตรวจสอบแรงดันที่แบตเตอรี่หรือควบคุมเวลาในการอัดประจุหรือตรวจสอบกระแสในการอัดประจุ เป็นต้น

2.2.3.4 การอัดประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดโดยทั่วไป

ในการอัดประจุแบตเตอรี่ชนิดนี้จะมีการจำกัดกระแสที่ใช้อัดประจุและแรงดันต้อง พยายามให้คงที่มากที่สุด ปริมาณกระแสที่ใช้ในการอัดประจุโดยปกติจะจำกัดอยู่ที่ 0.2C สำหรับ Lead-antimony Battery และ 0.5C สำหรับ Lead-calcium Battery เมื่อ C คือความจุแบตเตอรี่ (หน่วย Ampere-hour) ถ้าหากการอัดประจุโดยใช้กระแสมากเกินไป จะทำให้อุณหภูมิภายใน แบตเตอรี่สูงและทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลง และหากอัดประจุที่กระแสน้อยเกินไปจะ ทำให้มี Lead - sulfate เกาะหลงเหลืออยู่ในแผ่นพลทของแบตเตอรี่ซึ่งจะทำให้การจ่าย Ampere-hour ไม่ได้เท่ากับพิกัดของแบตเตอรี่ และถ้าให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานยาวนาน

แรงดัน peak to peak ripple ซึ่งเป็นแรงดันเอาท์พุทของอุปกรณ์อัดประจุแบตเตอรี่ ควรไม่เกิน 0.5% ของแรงดันดีซี การอัดประจุที่พิคกิ้งของแบตเตอรี่จะสามารถยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้ยาวนานขึ้น

2.2.2.5 การประยุกต์ใช้งาน

ในการประยุกต์ใช้งานของ Sealed-acid Battery แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1. Cyclic Operation 1

การทำงานเป็นรอบๆต้องการเวลาในการอัดประจุและต้องป้องกันการอัดประจุ และ ดิสชาร์จเกินสิ่งสำคัญในการอัดประจุด้วยแรงดันคงที่ คือ การรักษาแรงดันเอาท์พุทไว้ที่ระดับสูงสุดท้ายของการอัดประจุและจำกัดกระแสให้ต่ำกว่าค่าที่ออกแบบไว้สูงสุด ถ้าแบตเตอรี่ถูกอัดประจุในช่วงอุณหภูมิสถานะแวดล้อมกว้างๆจะต้องมีการชดเชยอุณหภูมิด้วย มิฉะนั้นการอัดประจุอาจสูงไปหรือต่ำไปในอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ

2. Standby / Backup Charging

ใช้งานในประเภทสำรองไว้ใช้งานในยามต้องการ ปกติจะเก็บในสภาพแบตเตอรี่เต็มตลอดเวลาและจะจ่ายพลังงานไปให้กับภาระเมื่อระบบผิดปกติ

3. Trickle Charging

โดยปกติระบบของการจ่ายไฟฟ้าทำการจ่ายพลังงานให้กับภาระหรืออุปกรณ์ในขณะที่แบตเตอรี่ไม่ได้ถูกต่อกับภาระถ้าหากเกิดการผิดปกติขึ้นที่ระบบนั้น วงจรแบตเตอรี่จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับภาระเพื่อจ่ายพลังงาน ดายจะต้องพิจารณาการชดเชยสำหรับ Self Discharge โดยการอัดประจุแบตเตอรี่ที่ค่ากระแสคงที่ค่าต่ำๆเพื่อให้แบตเตอรี่อยู่ในสถานะประจุเต็มตลอดเวลาในกรณี Deep Discharge จะต้องอัดประจุแบตเตอรี่เป็นเวลานาน ฉะนั้นวิธีอัดประจุแบบ two-rate และแบบแรงดันคงที่ที่จะเหมาะสมมากกว่าในการอัดประจุเนื่องจากมีโพลการอัดประจุเริ่มต้นเร็ว แต่แบบ two-rate charge จะเหมาะสมกว่าเพราะไม่จำเป็นต้องชดเชยทางอุณหภูมิ

4. Float Charge

โดยในแบบนี้ ทั้งภาระและแบตเตอรี่ต่อขนานกับวงจร Rectifier ระบบนี้จะใช้ได้เฉพาะการอัดประจุแบบแรงดันคงที่เท่านั้น ซึ่งแรงดันที่อัดประจุต้องมีเสถียรภาพการกระเพื่อมอย่างมากของแรงดันที่อัดประจุ มีผลให้แบตเตอรี่ดิสชาร์จเพียงเล็กน้อย ซึ่งการอัดประจุแบบแรงดันคงที่ จะต้องออกแบบให้จ่ายภาระสูงสุด มิฉะนั้นจะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลงโดยปกติ โดยตามปกติอายุการใช้งานแบตเตอรี่แบบ Float จะสั้นกว่าการอัดประจุแบบ Trickle

2.2.2.6 คุณลักษณะที่สำคัญของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด

โดยปกติแบตเตอรี่ชนิด Lead - acid ที่ออกแบบให้ใช้กับ UPS ต้องมีความจุสูง อายุการใช้งานที่ยาวนานถึง 80% ของช่วงดวงจร แรงดันที่อัดประจุแบตเตอรี่จะเท่ากับ 2.1 เซลล์และจะลดลงขณะแบตเตอรี่คายประจุ หรืออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น โดยที่แรงดันของ

แบตเตอรี่และแรงดันที่ป้อนให้กับอินเวอร์เตอร์ เทียบกับย่านการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไป โดยจะแสดงไว้ดังในตารางข้างล่างถ้าหากว่ากำลังเอาพูนเพิ่มขึ้น จำนวนเซลล์ที่ต่ออนุกรมกันจะต้องเพิ่มขึ้นเพื่อป้องกันกระแสเกิน

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด

	12v	24v	48v	72v	125v	250v
Inverter input Voltage range	11-15	22-30	42-56	63-85	105-140	210-280
Number of Lead -Acid cell	6	12	24	36	60	120
Typical float Voltage/cell	2.25-2.3	2.25-2.3	2.2-2.25	2.2-2.25	2.2-2.25	2.2-2.25
Typical equalize Voltage/cell	2.4	2.4	2.33	2.33	2.33	2.33
Typical battery Float voltage	14.4	28.8	53-54	79-81	132-135	264-270
End-of-discharge Cell voltage	1.83	1.83	1.75	1.75	1.75	1.75
End-of-discharge Battery voltage	11	22	42	63	105	210

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

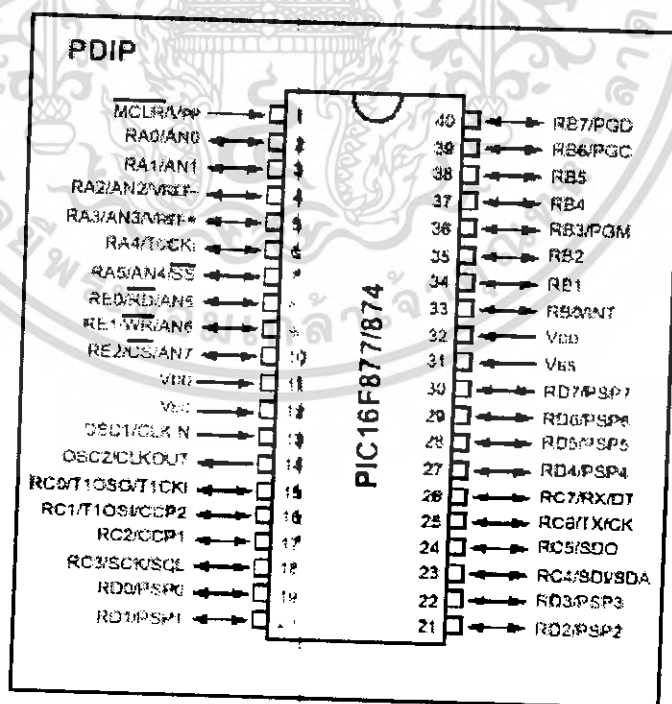
2.2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 16F877)

อุปกรณ์ทุกชิ้นที่ประกอบเป็น ยูพีเอส จะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งสิ้น เช่น

1. สวิตช์สับเปลี่ยนโดยใช้ไดรแรก (Static switches)
2. ชุดอัดประจุแบตเตอรี่พร้อมทั้งชุดตรวจสอบแรงดันอัดประจุ
3. ชุดตรวจสอบแรงดันไฟตก และ แรงดันไฟเกิน
4. ชุดวงจร พูช-พูล อินเวอร์เตอร์

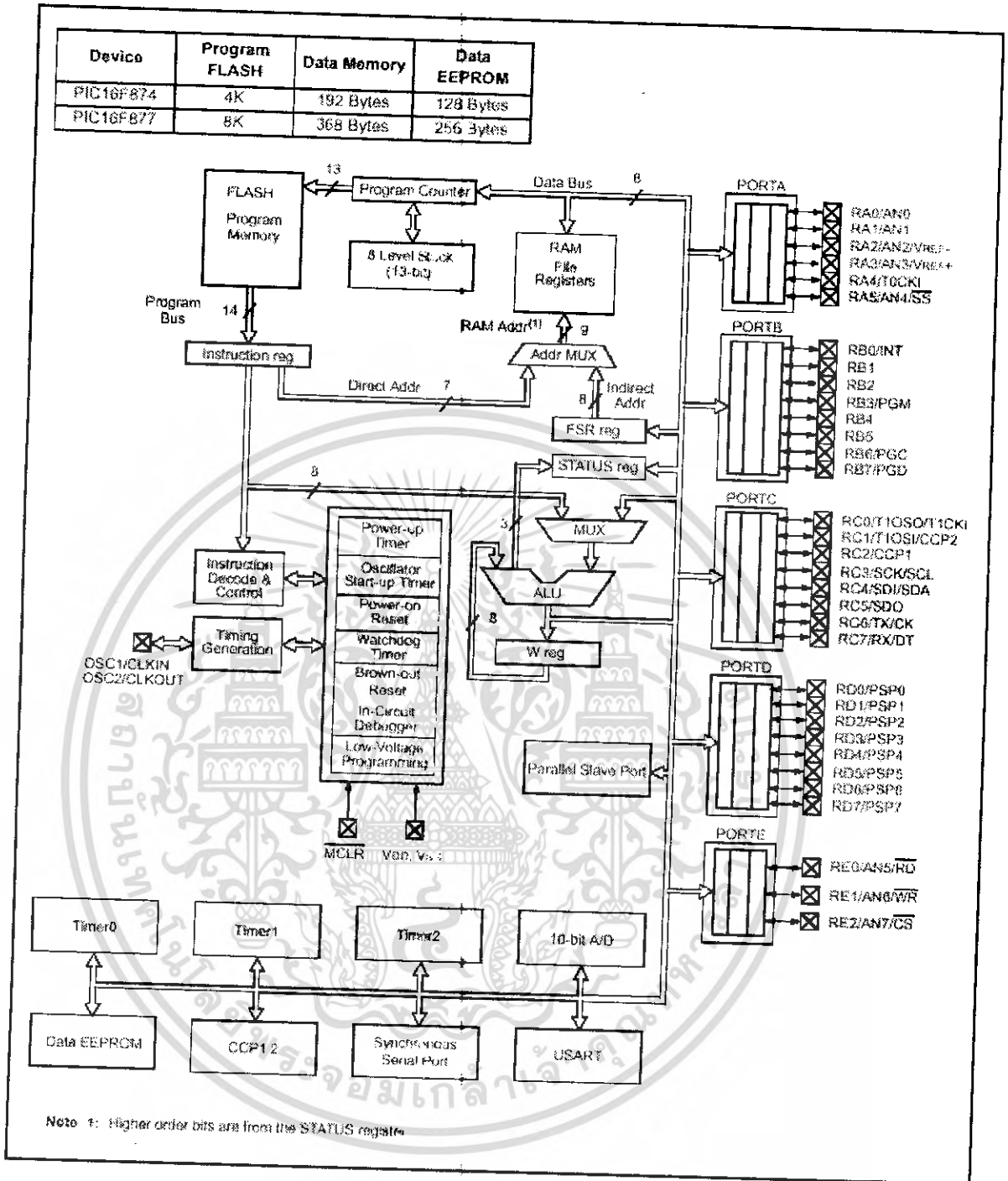
2.2.4.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

ส่วนประกอบหลักคือ ซีพียู หน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูล ส่วนติดต่อพอร์ต ส่วนจัดการสัญญาณนาฬิกาของระบบ วงจรรีเซตหลัก ส่วนควบคุมการตอบสนองอินเตอร์รัปต์และส่วนจัดการด้านไฟเลี้ยง และมีโมดูลพิเศษเพิ่มเข้ามาเพื่อช่วยให้ PIC มีความสามารถสูงขึ้น ได้แก่ วงจรบราวเอาต์รีเซต (brown-out reset), ส่วนแก้ไขข้อมูลในวงจรหรือดีบั๊กเกอร์ (In-circuit debugger), วงจรโปรแกรมข้อมูลด้วยแรงดันต่ำ (low-voltage programming) ,ไทเมอร์ที่มีมากถึง 3ตัว, วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิทัลขนาด 10 บิต, โมดูลเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมและโมดูลเปรียบเทียบสัญญาณ-ตรวจจับสัญญาณ-วงจรมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์ หรือ PWM (CCP: Compare Capture Pulse-width modulation) นอกจากนั้นในอนุกรม PIC16F87xA จะมีวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกและโมดูลสร้างแรงดันอ้างอิงเพิ่มเติมเข้ามาอีกด้วย



รูปที่ 2.10 รูปร่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 16F877)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงบล็อกไดอะแกรมโครงสร้างและสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 16F877)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC16F877

คุณสมบัติหลัก

- ซีพียูเป็นแบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) มีคำสั่งใช้งานเพียง 35 คำสั่ง
- สามารถกระทำคำสั่งเพียงใช้สัญญาณเพียงหนึ่งลูก ยกเว้นคำสั่งการกระโดด
- ความถี่สัญญาณนาฬิกา ตั้งแต่ไฟตรงถึง 20MHz
- หน่วยความจำโปรแกรมขนาด 8 กิโลเวิร์ด
- หน่วยความจำข้อมูลแรมหรือรีจิสเตอร์ขนาด 368 ไบต์
- ขนาดหน่วยความจำข้อมูลอีพรอม 256 ไบต์
- ดอปสนองแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์สูงสุดถึง 15 แหล่งขึ้นกับเบอร์ของไมโครคอนโทรเลอร์
- มีสแต็ก 8 ระดับ
- มีวงจรเพาเวอร์อนรีเซต (POR)
- มีเพาเวอร์อัปไทเมอร์ (PWRT) และออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัปไทเมอร์ (OST)
- มีวงจรวอดซ์ดีอกไทเมอร์ (WDT) ที่มีวงจรออสซิลเลเตอร์ในตัว ทำให้มีความน่าเชื่อถือในการทำงานสูง
- เลือกป้องกันข้อมูลทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลสามารถเลือกระดับการป้องกันได้
- มีโหมดประหยัดพลังงาน
- สามารถโปรแกรมโดยใช้ +5v ได้
- แก็ไขข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมด้วยกระบวนการ ICD (In-circuit Debugger) ผ่านพอร์ตเพียง 2 ขา
- ซีพียูสามารถอ่านและเขียนหน่วยความจำโปรแกรมได้
- ไฟเลี้ยง +2 ถึง +5.5v
- กระแสซิงก์และซอร์สของพอร์ต 25 mA
- การใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีไม่ขับโหลด
 - น้อยกว่า 2mA ที่ไฟเลี้ยง +5v และสัญญาณนาฬิกา 4MHz
 - 20 μ A ที่ไฟเลี้ยง +3v และสัญญาณนาฬิกา 32 kHz
 - น้อยกว่า 1 μ A ในโหมดประหยัดพลังงานหรือสแตนด์บาย

คุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม

- ไทเมอร์ 3 ตัว คือ ไทเมอร์ 0 ขนาด 8 บิต มีปริสเกลเลอร์ขนาด 8 บิตในตัว, ไทเมอร์ 1 ขนาด 16 บิตพร้อมปริสเกลเลอร์ และไทเมอร์ 2 ขนาด 8 บิต มีปริสเกลเลอร์, โพสดีสเกลเลอร์และรีจิสเตอร์คาบเวลา(period register) ขนาด 8 บิตในตัว
- มีโมดูล CCP 2 ชุด โดยส่วนตรวจจับสัญญาณหรือแคปเจอร์(capture) มีขนาด 16 บิต ความละเอียดสูงสุด 12.5 นาโนวินาทีส่วนเปรียบเทียบสัญญาณ (compare) มีขนาด 16 บิต ความละเอียดสูงสุด 200นาโนวินาที วงจร PWM มีความละเอียดสูงสุด 10 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล 10 บิต (5 ช่องสำหรับรุ่น 28 ขาและ 8 ช่องสำหรับรุ่น 40 ขา)
- วงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมทั้ง SPI และ I²C
- วงจรสื่อสารข้อมูลอนุกรม (USART) พร้อมการตรวจจับแอดเดรส 9 บิต
- มีวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟเลี้ยง (บราวเอาต์ดีเท็กชัน : Brown-out detection) เพื่อการรีเซ็ตซีพียู หรือเรียกว่า บราวเอาต์รีเซ็ต (Brown-out reset : BOR)

2.2.4.3 โหมดสัญญาณนาฬิกา

PIC16F877 สามารถเลือกโหมดของสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำหนดจังหวะการทำงานได้มากถึง 4 โหมด โดยการกำหนดที่บิต FOSC0 และ FOSC1 ในรีจิสเตอร์ Configuration Word ซึ่งในการทำงานจะต้องเลือกโหมดใดโหมดหนึ่ง ดังมีรายละเอียดดังนี้

1. โหมด LP ใช้กับคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์พลังงานต่ำความถี่ 32kHz-200kHz
2. โหมด XT ใช้กับคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์มาตรฐานความถี่ 200kHz-4MHz
3. โหมด HS ใช้กับคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์ความถี่สูง 4MHz-20MHz
4. โหมด RC (External Resister/Capacitor) สามารถกำหนดค่าความถี่ได้จากค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่ต่อภายนอกเข้ากับขา OSC1/CLKIN ความถี่สูงสุดคือ 4 MHz อย่างไรก็ตามความถี่ของสัญญาณนาฬิกาในโหมดนี้ไม่อาจกำหนดลงไปได้อย่างชัดเจน เนื่องจากต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในขอบเขตที่กว้าง ไม่ว่าจะเป็นค่าของแรงดันไฟเลี้ยง, ค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ซึ่งต้องรวมไปถึงค่าความผิดพลาดของอุปกรณ์ทั้งสองด้วย อย่างไรก็ตามค่าของตัวต้านทานที่เหมาะสมอยู่ในย่าน 3k Ω -100k Ω ส่วนค่าของตัวเก็บประจุควรมากกว่า 20 pF นอกจากนั้นที่ขา OSC2/CLKOUT จะมีสัญญาณนาฬิกาความถี่ 1/4 เท่าของความถี่สัญญาณนาฬิกาหลักส่งออกมา

2.2.4.4 รีจิสเตอร์หลักของ PIC16F877

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 มีหน่วยความจำให้ใช้งาน 3 ประเภทคือ หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชที่สามารถลบและเขียนใหม่ได้ 100,000 รอบ หน่วยความจำข้อมูลแรม ซึ่งเป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์ (File register) ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ และเป็นพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูลในการประมวลผล สุดท้ายคือ หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม

การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรม

มีการแบ่งหน่วยความจำโปรแกรมออกเป็น 4 เฟจ ดังนี้

เฟจ 0 มีแอดเดรสในช่วง 0x0000 ถึง 0x07FF (ควรวางแอดเดรส 0x0000 และ 0x0004 ไว้)

เฟจ 1 มีแอดเดรสในช่วง 0x0800 ถึง 0x0FFF

เพจ 2 มีแอดเดรสในช่วง 0x1000 ถึง 0x17FF

เพจ 3 มีแอดเดรสในช่วง 0x1800 ถึง 0x1FFF

การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมและรีจิสเตอร์ไฟล์ (PIC16F877)

ใน PIC16F877 มีหน่วยความจำข้อมูลแรมสำหรับใช้งานทั่วไป 368 ไบต์ มีรีจิสเตอร์ไฟล์ 8 บิต 54 ตัว แต่ละแบงก์มีขนาดสูงสุด 128 ไบต์ แต่การใช้งานได้จริงในแต่ละแบงก์ต่างกัน โดยในแต่ละแบงก์มีการจัดสรรพื้นที่ดังนี้

แบงก์ 0 มีช่วงแอดเดรส 0x00-0x7F

แอดเดรส 0x00-0x1F เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์

แอดเดรส 0x20-0x7F เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 96 ไบต์

แบงก์ 1 มีช่วงแอดเดรส 0x80-0xFF

แอดเดรส 0x80-0x9F เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์ แต่มีบางแอดเดรสไม่ใช้งาน

แอดเดรส 0xA0-0xEF เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 80 ไบต์

แอดเดรส 0xF0-0xFF บรรจุข้อมูลเหมือนกับในแอดเดรส 0x70-0x7F ในแบงก์ 0 เพื่อช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลจากแอดเดรส 0x70-0x7F ได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเปลี่ยนแบงก์

แบงก์ 2 มีช่วงแอดเดรส 0x100-0x17F

แอดเดรส 0x100-0x10F เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์ แต่มีบางแอดเดรสไม่ใช้งาน

แอดเดรส 0x110-0x11F เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 16 ไบต์

แอดเดรส 0x120-0x16F เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 80 ไบต์

แอดเดรส 0x170-0x17F บรรจุข้อมูลเหมือนกับในแอดเดรส 0x70-0x7F ในแบงก์ 0 เพื่อช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลจากแอดเดรส 0x70-0x7F ได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเปลี่ยนแบงก์

แบงก์ 3 มีช่วงแอดเดรส 0x180-0x1FF

แอดเดรส 0x180-0x18F เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์ แต่มีบางแอดเดรสไม่ใช้งาน

แอดเดรส 0x190-0x19F เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 16 ไบต์

แอดเดรส 0x1A0-0x1EF เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 80 ไบต์

แอดเดรส 0x1F0-0x1FF บรรจุข้อมูลเหมือนกับในแอดเดรส 0x70-0x7F ในแบงก์ 0 เพื่อช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลจากแอดเดรส 0x70-0x7F ได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเปลี่ยนแบงก์

File Address	File Address	File Address	File Address
Indirect addr. ⁽¹⁾ 00h	Indirect addr. ⁽¹⁾ 80h	Indirect addr. ⁽¹⁾ 100h	Indirect addr. ⁽¹⁾ 180h
TMR0 01h	OPTION REG 81h	TMR0 101h	OPTION_REG 181h
PCL 02h	PCL 82h	PCL 102h	PCL 182h
STATUS 03h	STATUS 83h	STATUS 103h	STATUS 183h
FSR 04h	FSR 84h	FSR 104h	FSR 184h
PORTA 05h	TRISA 85h		
PORTB 06h	TRISB 86h	PORTB 106h	TRISB 186h
PORTC 07h	TRISC 87h		
PORTD ⁽¹⁾ 08h	TRISD ⁽¹⁾ 88h		
PORTE ⁽¹⁾ 09h	TRISE ⁽¹⁾ 89h		
PCLATH 0Ah	PCLATH 8Ah	PCLATH 10Ah	PCLATH 18Ah
INTCON 0Bh	INTCON 8Bh	INTCON 10Bh	INTCON 18Bh
PIR1 0Ch	PIE1 8Ch	EEDATA 10Ch	EECON1 18Ch
PIR2 0Dh	PIE2 8Dh	EEADR 10Dh	EECON2 18Dh
TMR1L 0Eh	PCON 8Eh	EEDATH 10Eh	Reserved ⁽²⁾ 18Eh
TMR1H 0Fh		EEADRH 10Fh	Reserved ⁽²⁾ 18Fh
T1CON 10h			
TMR2 11h	SSPCON2 90h		
T2CON 12h	PR2 91h		
SSPBUF 13h	SSPADD 92h		
SSPCON 14h	SSPSTAT 93h	รีจิสเตอร์	รีจิสเตอร์
CCPR1L 15h		สำหรับ	สำหรับ
CCPR1H 16h		ใช้งานทั่วไป	ใช้งานทั่วไป
CCP1CON 17h		16ไบต์	16ไบต์
RCSTA 18h	TXSTA 97h		
TXREG 19h	SPBRG 98h		
RCREG 1Ah			
CCPR2L 1Bh			
CCPR2H 1Ch			
CCP2CON 1Dh			
ADRESH 1Eh	ADRESL 9Dh		
ADCON0 1Fh	ADCON1 9Eh		
	ADCON1 9Fh		
รีจิสเตอร์	รีจิสเตอร์	รีจิสเตอร์	รีจิสเตอร์
สำหรับ	สำหรับ	สำหรับ	สำหรับ
ใช้งานทั่วไป	ใช้งานทั่วไป	ใช้งานทั่วไป	ใช้งานทั่วไป
96ไบต์	80ไบต์	80ไบต์	80ไบต์
	เหมือนกับ	เหมือนกับ	เหมือนกับ
	70h - 7Fh	70h - 7Fh	70h - 7Fh
Bank 0 7Fh	Bank 1 FFh	Bank 2 17Fh	Bank 3 1FFh

ไม่มีการใช้งาน ค่าเป็น "0"
 * ไม่ใช้รีจิสเตอร์หลัก

Note 1: มีเฉพาะใน 16F877
 2: ใช้กับการดีบั๊กในวงจร (In-Circuit Debugger)

รูปที่ 2.12 แสดงการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.5 รีจิสเตอร์หลักของ PIC16F877

รีจิสเตอร์ STATUS

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลแสดงสถานะการทำงาน เช่น แฟล็กแสดงการกระทำทางคณิตศาสตร์และลอจิก, แสดงการทำงานของวอตช์ด็อกไทมเมอร์, แสดงการทำงานในโหมดสลีป และเลือกแบงก์ของหน่วยความจำข้อมูลแรม โดยมีแอดเดรสอยู่ที่ 0x03 ในแบงก์ 0, 0x83 ในแบงก์ 1, 0x103 ในแบงก์ 2 และ 0x183 ในแบงก์ 3

	บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
STATUS	IRP	RP1	RP	TO	PD	Z	DC	C
	R/W -0	R/W -0	R/W -0	R -1	R -1	R/W -X	R/W -X	R/W -X

บิต7 –IRP (Indirect Register Bank Select bit) : ใช้เลือกแบงก์ของหน่วยความจำข้อมูลแรมและรีจิสเตอร์ไฟล์เมื่อใช้การอ้างถึงแบบโดยอ้อม (indirect addressing mode)

“0” - เลือกแบงก์ 0 และ 1 (แอดเดรส 0x00-0xFF)

“1” - เลือกแบงก์ 2 และ 3 (แอดเดรส 0x100-0x1FF)

บิต6และ5 –RP1และRP0 (Register Bank Select bit) : ใช้เลือกแบงก์ของหน่วยความจำข้อมูลแรมและรีจิสเตอร์ไฟล์เมื่อใช้การอ้างถึงแบบโดยตรง (direct addressing mode)

“00” -แบงก์ 0 (แอดเดรส 0x00-0x7F)

“01” -แบงก์ 1 (แอดเดรส 0x80-0xFF)

“10” -แบงก์ 2 (แอดเดรส 0x100-0x17F)

“11” -แบงก์ 3 (แอดเดรส 0x180-0x1FF)

บิต4 –TO(Time-out bit) : บิตแสดงขอบเขตเวลา ซึ่งแสดงการเกิดไทม์เอาต์เมื่อวอตช์ด็อกไทมเมอร์ (WDT) ทำงานครบเวลาที่กำหนด โดยแอกตีฟเป็นลอจิก “0” บิตนี้สามารถอ่านได้เพียงอย่างเดียว การเซตบิตนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ หรือเมื่อมีการกระทำคำสั่ง CLRWDTหรือSLEEP

บิต3 -PD(Power-down bit) : บิตแสดงการทำงานในโหมดประหยัดพลังงาน ซึ่งเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานจากการกระทำคำสั่ง SLEEP บิตนี้จะกลายเป็น “0” สามารถอ่านได้อย่างเดียว การเซตบิตเกิดขึ้นเมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ หรือกระทำคำสั่ง CLRWDT ทำให้ออกจากโหมดประหยัดพลังงาน

บิต2 –Z(Zero bit) : บิตศูนย์ ใช้แสดงผลการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์

“0” –หลังจากกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์หรือลอจิกแล้ว ผลลัพธ์ไม่เป็นศูนย์

“1” –หลังจากกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์หรือลอจิกแล้ว ผลลัพธ์เป็นศูนย์

บิต1 –DC(Digit carry/borrow bit) : บิตทดหรือยืมระหว่างหลัก ซึ่งเป็นบิตแสดงผลทางคณิตศาสตร์ ในกรณีที่กระทำคำสั่ง ADDLW และ ADDLW ที่บิต DC จะเกิดผลดังนี้

“0” –หากไม่เกิดการทดข้ามจากบิต3 ไปยังบิต4

“1” –หากเกิดการทดข้ามจากบิต3 ไปยังบิต4

ในกรณีที่กระทำคำสั่ง SUBWF และ SUBLW ที่บิต DC จะเกิดผลดังนี้

“0” –หากเกิดการยืมค่าจากบิต 4 มายังบิต 3

“1” –หากไม่เกิดการยืมค่าจากบิต 4 มายังบิต 3

บิต0 –C(Carry/borrow bit) : บิตทดหรือยืม จะใช้แสดงผลการทดหรือยืมค่าทางคณิตศาสตร์ในกรณีที่กระทำคำสั่ง ADDWF และ ADDLW ที่บิตC จะเกิดผลดังนี้

“0” –หากไม่เกิดการทดจากบิต MSB หรือบิต7

“1” –หากเกิดการทดจากบิต MSB หรือบิต7

ในกรณีที่กระทำคำสั่ง SUBWF และ SUBLW ที่บิตC จะเกิดผลดังนี้

“0” –หากเกิดการยืมค่าของบิต MSB

“1” –หากไม่เกิดการยืมค่าของบิต MSB

รีจิสเตอร์ OPTION_REG

เป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถอ่านเขียนได้ทุกบิต บรรจุข้อมูลการพูลอัพของพอร์ต B, เลือกขอบขาของสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา RB0/INT, ข้อมูลสำหรับควบคุมการทำงานของไทมเมอร์ 0 และวอตช์ด็อกไทมเมอร์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x81 ในแบงก์ 1 และ 0x181 ในแบงก์ 3 มีรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละบิตดังนี้

OPTION_REG

บิต7 บิต6 บิต5 บิต4 บิต3 บิต2 บิต1 บิต0

RBPU	INTEDG	TOCS	TOSE	PSA	PS2	PS1	PS0
------	--------	------	------	-----	-----	-----	-----

R/W-1 R/W -1 R/W -1 R/W -1 R/W -1 R/W -1 R/W -1 R/W-1

บิต7 –RBPU(Port B Pull-up enable bit) : บิตเอ็นเอเบิลการพูลอัพของพอร์ต B

“0” –เอ็นเอเบิลการพูลอัพ

“1” –ดิสเอเบิลการพูลอัพ

บิต6 –INTEDG(Interrupt edge select bit) : บิตเลือกขอบขาสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขาRB0/INT

“0” –เลือกขอบขาของสัญญาณ

“1” –เลือกขอบขาขึ้นของสัญญาณ

บิต5 –T0CS(TMR0 Clock source select bit) : บิตเลือกแหล่งกำเนิดของสัญญาณนาฬิกาของไทเมอร์0

“0” -รับจากสัญญาณนาฬิกาที่ใช้กำหนดไซเคิลการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

“1” -รับสัญญาณจากภายนอกที่ขา RA4/T0CKI

บิต4 –T0SE(TMR0 Source edge select bit) : บิตเลือกการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณเพื่อให้ไทเมอร์ 0 เพิ่มค่าขึ้น การกำหนดข้อมูลในบิตนี้เป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องจากการเลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้แก่ไทเมอร์0 ที่บิต T0CS หากเลือกรับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก จะต้องมาเลือกการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่บิตนี้ แต่ถ้าเลือกรับสัญญาณจากสัญญาณนาฬิกาภายใน การกำหนดข้อมูลที่บิตนี้จะไม่แสดงผลแต่อย่างใด

“0” -เลือกการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณจากต่ำไปสูง

“1” -เลือกการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณจากสูงไปต่ำ

บิต3 –PSA(Prescaler assignment bit) : บิตเลือกการทำงานของพรีสเกลเลอร์

“0” -เลือกให้พรีสเกลเลอร์ทำงานร่วมกับไทเมอร์0

“1” -เลือกให้พรีสเกลเลอร์ทำงานร่วมกับวอตช์ด็อกไทเมอร์ หรือเป็นโพสต์สเกลเลอร์ (postscaler)

บิต2ถึง0 –PS2-PS0(Prescaler rate select bit) : บิตเลือกอัตราส่วนของพรีสเกลเลอร์ ซึ่งใช้ในการกำหนดอัตราส่วนในการทำงานของพรีสเกลเลอร์เมื่อทำงานร่วมกับทั้งวอตช์ด็อกไทเมอร์และไทเมอร์0 ซึ่งมีอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ดังนี้

ตารางที่ 2.2 อัตราส่วนของพรีสเกลเลอร์

PS2	PS1	PS0	อัตราส่วนของพรีสเกลเลอร์	
			เมื่อทำงานร่วมกับ TMR0	เมื่อทำงานร่วมกับ WDT
0	0	0	1:2	1:1
0	0	1	1:4	1:2
0	1	0	1:8	1:4
0	1	1	1:16	1:8
1	0	0	1:32	1:16
1	0	1	1:64	1:32
1	1	0	1:128	1:64
1	1	1	1:256	1:128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ PCON

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการแจ้งสถานะของการรีเซ็ตที่เกิดขึ้นของ PIC 16F877 มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x8E มีบิตใช้งานเพียง 2 บิตดังนี้

	บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
PCON							POR	BOR

RW-0 RW-1

บิต2-7 ไม่ใช้งาน อ่านค่าได้เป็น "0"

บิต1 -POR(Power-on reset status bit) : บิตแสดงสถานการณ์เกิดเพาเวอร์ออนรีเซ็ต

"0" -มีเหตุการณ์เพาเวอร์ออนรีเซ็ตเกิดขึ้น

"1" -ไม่มีเหตุการณ์เพาเวอร์ออนรีเซ็ตเกิดขึ้น

หลังจากที่มีเหตุการณ์เพาเวอร์ออนรีเซ็ตเกิดขึ้น จะต้องเซตบิตนี้ให้เป็น "1" ทันทีด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

บิต0 -BOR(Brown-out reset status bit) : บิตแสดงสถานการณ์เกิดบราวเอาต์รีเซ็ต

"0" -มีเหตุการณ์บราวเอาต์รีเซ็ตเกิดขึ้น

"1" -ไม่มีเหตุการณ์บราวเอาต์รีเซ็ตเกิดขึ้น

หลังจากที่มีเหตุการณ์บราวเอาต์รีเซ็ตเกิดขึ้น จะต้องเซตบิตนี้ให้เป็น "1" ทันทีด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

รีจิสเตอร์ W

เป็นรีจิสเตอร์ที่มีความสำคัญมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ ลอจิก การเพิ่มหรือลดค่าต่างๆ จะต้องทำผ่านรีจิสเตอร์ W ทั้งสิ้น อาจกล่าวได้ว่ารีจิสเตอร์ W คือ แอควิวมูลเลเตอร์ (accumulator) ในการเรียกใช้งานสามารถทำได้ตลอดเวลา โดยผ่านคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับรีจิสเตอร์ W

2.2.4.6 โปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC)

เป็นรีจิสเตอร์พิเศษที่ทำหน้าที่ระบุแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมที่ซีพียูต้องไปอ่านข้อมูลเพื่อทำงาน โปรแกรมเคาน์เตอร์มีขนาด 13 บิต ซึ่งใน PIC16F877 ใช้ครบทั้ง 13 บิต

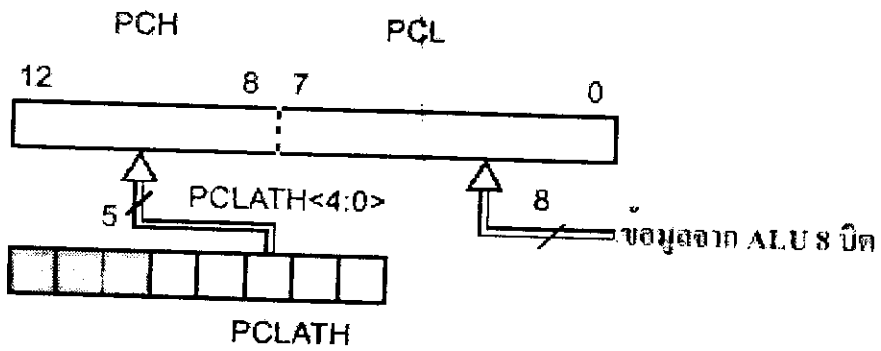
โปรแกรมเคาน์เตอร์แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกมีขนาด 8 บิต เป็นข้อมูลในไบต์ต่ำ (บิต 0-7) เรียกว่า รีจิสเตอร์ PCL มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x02 อีกส่วนหนึ่งมีขนาด 5 บิตเป็นข้อมูลในไบต์สูง (บิต 8-12) เรียกว่า รีจิสเตอร์ PCH สำหรับรีจิสเตอร์ PCH ไม่สามารถเข้าถึงได้โดยตรง การปรับปรุงข้อมูลใน PCH ต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์ PCLATH ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0x0A

ในรูปที่ 2.14 แสดงการกำหนดค่าลงในโปรแกรมเคาน์เตอร์ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ 4 ลักษณะ คือ จากในรูปที่ 2.14 (ก) เป็นการกำหนดค่า PC หลังจากการกระทำคำสั่งทั่วไป โดยข้อมูลแอดเดรส 8 บิตใน PCL จะได้มาจากหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (ALU) ส่วนอีก 5 บิตจะผ่านมาทางรีจิสเตอร์ PCLATH

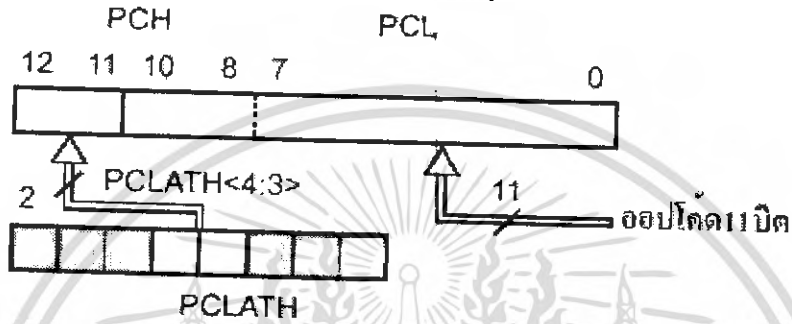
ลักษณะที่สอง เมื่อซีพียูกระทำคำสั่ง GOTO ออปโค้ด 11 บิตแรก (บิต 0-10) ซึ่งเป็นค่าของแอดเดรสปลายทางจะเก็บไว้ใน PCL 8 บิต รวมกับอีก 3 บิตล่างของ PCH ส่วน 2 บิตบนของ PCH จะได้ข้อมูลมาจากบิต 3 และ 4 ของรีจิสเตอร์ PCLATH ดังในรูปที่ 2-21(ข)

ลักษณะที่สาม เมื่อซีพียูกระทำคำสั่ง CALL ค่าของ PC เดิมทั้ง 13 บิตจะนำไปเก็บไว้ในสแต็กเรียกกระบวนการนี้ว่า พูช (push) จากนั้นค่าของ PC จะเปลี่ยนแปลงตามค่าของแอดเดรสที่ต้องกระโดดไปทำงาน โดยค่าของ PC ใน 2 บิตบนจะได้มาจากบิต 3 และ 4 ของ PCLATH ดังในรูปที่ 2.14 (ค)

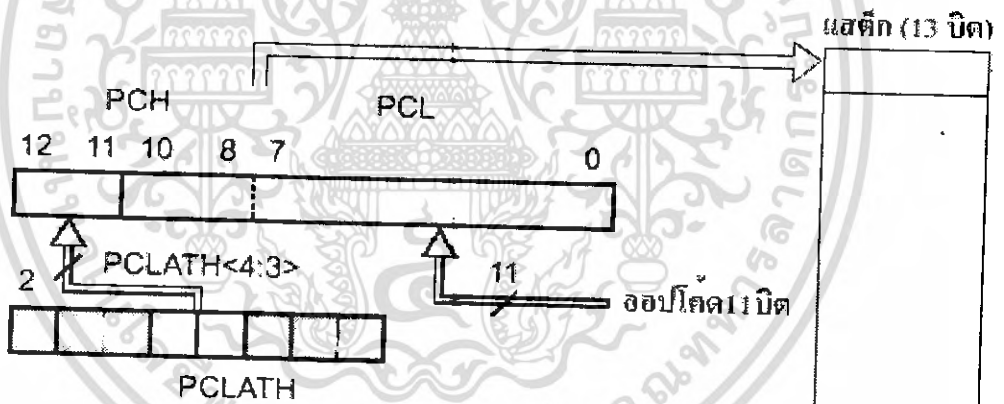
ลักษณะที่สี่ หลังจากซีพียูกระทำคำสั่ง RETURN, RETFIE หรือ RETLW จะทำการโหลดค่า PC ที่เก็บไว้ในสแต็กกลับมา เรียกกระบวนการนี้ว่า ป๊อป (pop) ดังนั้นการกำหนดค่าของ PC ในลักษณะนี้จึงไม่ต้องใช้ PCLATH ในการกำหนดค่าแต่อย่างใด ดังในรูปที่ 2.14 (ง)



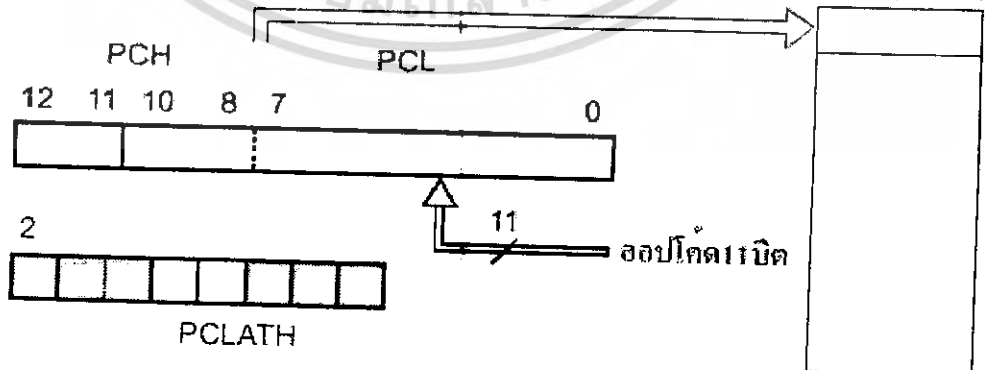
(ก) การกำหนดค่า PC ด้วยคำสั่งปกติ



(ข) การกำหนดค่า PC เมื่อกระทำคำสั่ง GOTO



(ค) การกำหนดค่า PC เมื่อกระทำคำสั่ง CALL



(ง) การกำหนดค่า PC เมื่อกระทำคำสั่ง RETURN, RETFIE , RETLW

รูปที่ 2.13 แสดงกลไกการทำงานของโปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC)

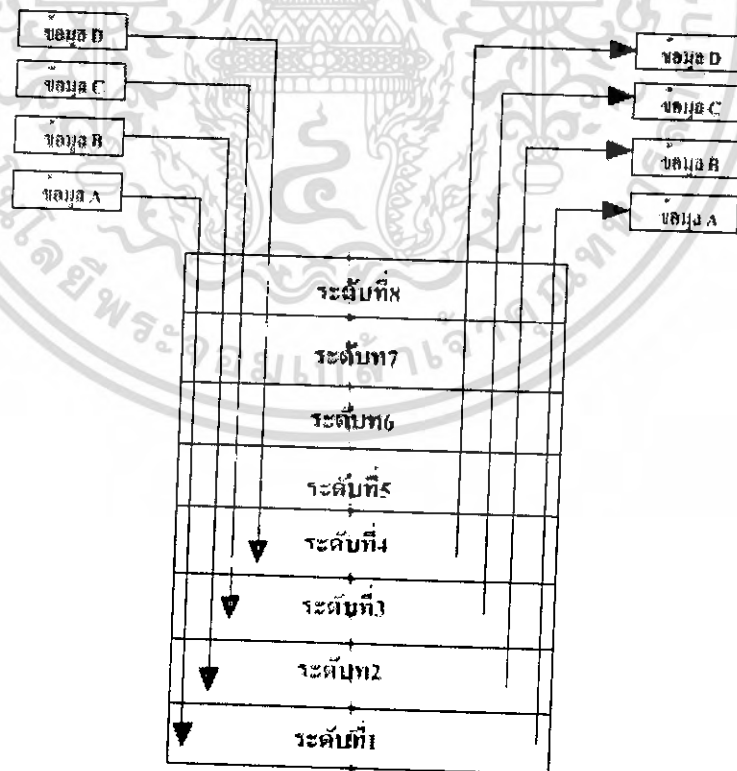
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.7 สแต็ก (stack)

ใน PIC16F8777 มีหน่วยความจำสำรองสำหรับเก็บค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC) ช่วงคราวขนาด 13 บิตหรือเรียกว่า สแต็ก หน้าที่ของมันคือ เก็บข้อมูลที่ยังต้องการอยู่ของ รีจิสเตอร์ และเมื่อข้อมูลนั้นถูกนำมาเก็บไว้ในสแต็กแล้ว ก็สามารถเปลี่ยนข้อมูลในรีจิสเตอร์ตัว นั้นๆ ได้ทันที หลังจากที่ทำงานเรียบร้อยจึงกลับมาอ่านข้อมูลเดิมกลับจากสแต็ก ดังมี กระบวนการทำงานแสดงในรูปที่ 2.15 การเก็บข้อมูลของสแต็กจะมีลักษณะเป็นระดับหรือเป็นชั้น ข้อมูลที่เก็บเข้ามาก่อนจะต้องอ่านออกทีหลังหรือเป็นแบบ FILO (First In Last Out) จำนวนระดับ จำกัดไว้ที่ 8 ระดับ โดยพื้นที่ของสแต็กนั้นจะจัดสรรแยกไว้ต่างหาก

ตัวชี้ตำแหน่งของสแต็กหรือ สแต็กพอยน์เตอร์ (stack pointer) ผู้ใช้งานไม่สามารถอ่านหรือ เขียนข้อมูลได้ โดยค่าของสแต็กพอยน์เตอร์จะเปลี่ยนแปลงอัตโนมัติจากการกระทำคำสั่ง CALL, RETURN, RETLW และ RETFIE การเก็บค่าของสแต็กจะต่อเนื่องกันเป็นวงกลม สามารถเก็บข้อมูลได้ 8 ค่า เมื่อมีการเก็บข้อมูลครั้งที่ 9 เข้ามา ข้อมูลนั้นจะไปทับในสแต็กของ ข้อมูลครั้งแรกวนเช่นนี้ไปตลอด ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC จึงไม่มีการแจ้งเหตุการณ์ สแต็กเกิน (stack overflow)

นอกจากนั้นการเก็บหรืออ่านค่าในสแต็กของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC จะเกิดขึ้นเมื่อมี การกระทำคำสั่ง CALL, RETURN, RETLW และ RETFIE หรือเกิดการอินเทอร์รัปต์เท่านั้น ไม่มี คำสั่ง PUSH หรือ POP เพื่อติดต่อกับสแต็กเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆ



รูปที่ 2.14 แสดงกลไกการทำงานของสแต็กอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.8 พอร์ตอินพุตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม PIC16F877 มีพอร์ตให้ใช้งานตั้งแต่ 3 ถึง 5 พอร์ต จำนวน 20 ถึง 33 บิต ขึ้นอยู่กับเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยความสามารถของพอร์ตใน PIC16F877 ที่สามารถทำงานได้หลายอย่าง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ใช้งานต้องทำความเข้าใจถึง โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์และการกำหนดหรือฟังก์ชันการทำงานให้แก่ขาพอร์ตทั้งหมดของ PIC16F877 ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ความสามารถในการจ่ายกระแสเอาต์พุตของขาพอร์ตที่ไฟเลี้ยง +5V คือ 25mA ต่อขาทั้ง กระแสซิงก์แลพกระแสซอร์ซ ในขณะที่กระแสเอาต์พุตรวมของพอร์ต A,B และ E มีค่าสูงสุด 200mA ส่วนกระแสเอาต์พุตรวมของพอร์ต C และ D มีค่าสูงสุด 200mA ดังนั้นในการออกแบบ เพื่อขับโหลดทางเอาต์พุตของขาพอร์ตต้องระวังเรื่องกระแสเอาต์พุตรวมที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถขับได้ด้วย

พอร์ต A

มีทั้งสิ้น 6 ช่องหรือ 6 บิต กำหนดชื่อขาเป็น RA0-RA5 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ PORTA มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x05 (แบงก์ 0) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต แต่ใช้งานจริงเพียง 6 บิต ที่ เหลือ 2 บิตต้องกำหนดให้เป็น "0" ส่วนการกำหนดทิศทางของพอร์ตนี้กระทำผ่านรีจิสเตอร์ TRISA ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0x85 (แบงก์ 1) มีขนาด 8 บิตและใช้เพียง 6 บิตเช่นกัน 2 บิตบนคือ บิต 6 และบิต 7 ต้องกำหนดให้เป็น "0" บิต 0 ของ TRISA ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RA0 ใส่ เรียงลำดับจนถึง บิต 5 ของ TRISA ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RA5 หากต้องการกำหนดให้ ขาพอร์ตในบิตใดเป็นอินพุตต้องเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น และในทางตรงข้ามหากต้องการ กำหนดให้เป็นขาเอาต์พุตให้เขียนข้อมูล "0" ไปยังบิตนั้น

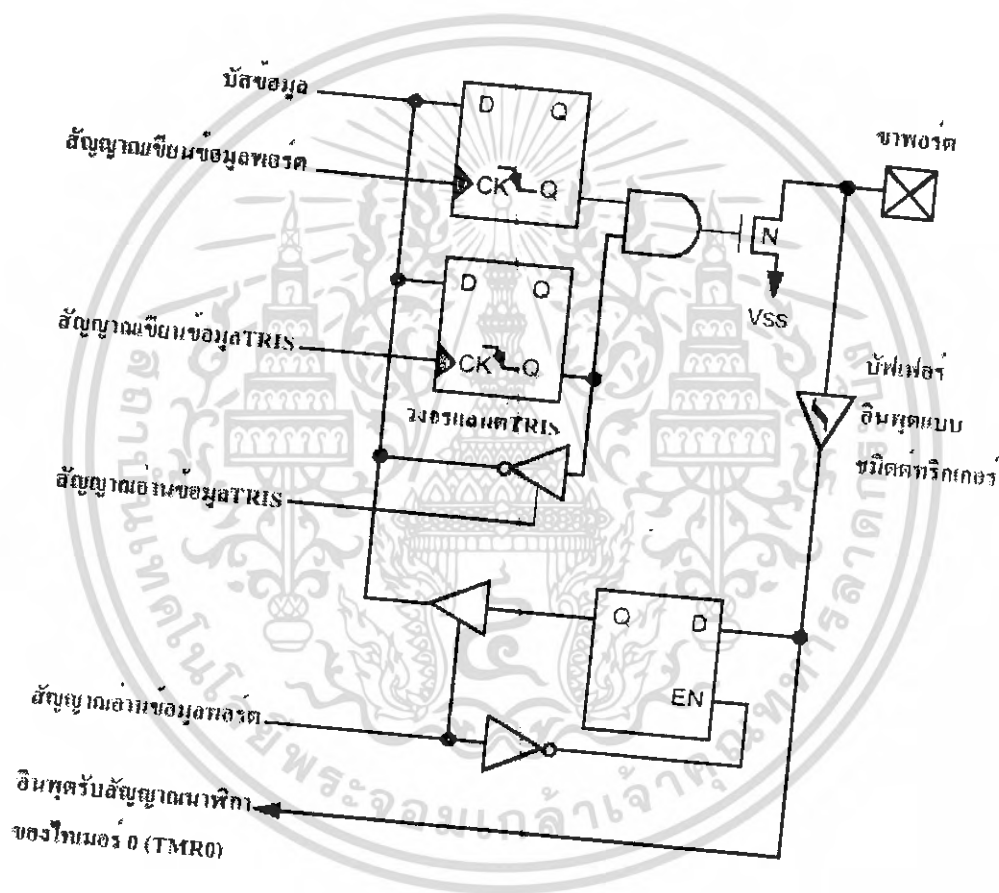
พอร์ต A สามารถทำงานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติและเป็นขาอินพุตสัญญาณอะนา ลอกสำหรับวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิตภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยขา RA0-RA3 และ RA5 จะมีการทำงานที่เหมือนกัน ส่วน RA4 จะแตกต่างตรงที่ขานี้นอกจาก เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติแล้ว ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับไทเมอร์ 0 ภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยและขา RA4 นี้ไม่สามารถใช้งานเป็นขาอินพุตรับสัญญาณอะนาลอกได้

เมื่อขาพอร์ต RA0-RA3 ทำงานเป็นขาพอร์ตอินพุตดิจิตอล จะสามารถรับสัญญาณดิจิตอล ระดับที่ทีแอล (0-5V) ได้โดยตรง หากทำงานเป็นเอาต์พุตจะสามารถขับโหลดที่ต้องการกระแส 20mA ได้หากนำมาขับ LED ต้องต่อตัวต้านทานจำกัดกระแส หรือถ้าใช้ไฟเลี้ยง 3V ก็จะสามารถขับ LED ได้โดยตรง

ในรูปที่ 2.16 เป็นไดอะแกรมของขาพอร์ต RA4/T0CKI โดยขานี้จะเป็นขาพอร์ตอินพุต เอาต์พุตปกติ และขาอินพุตรับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกของโมดูลไทเมอร์ 0 วงจรอินพุต บัพเฟอร์ที่พอร์ตนี้เป็นแบบซิมิตต์ทริกเกอร์ ทั้งเพื่อจัดการให้สัญญาณอินพุตที่เข้ามามีความ

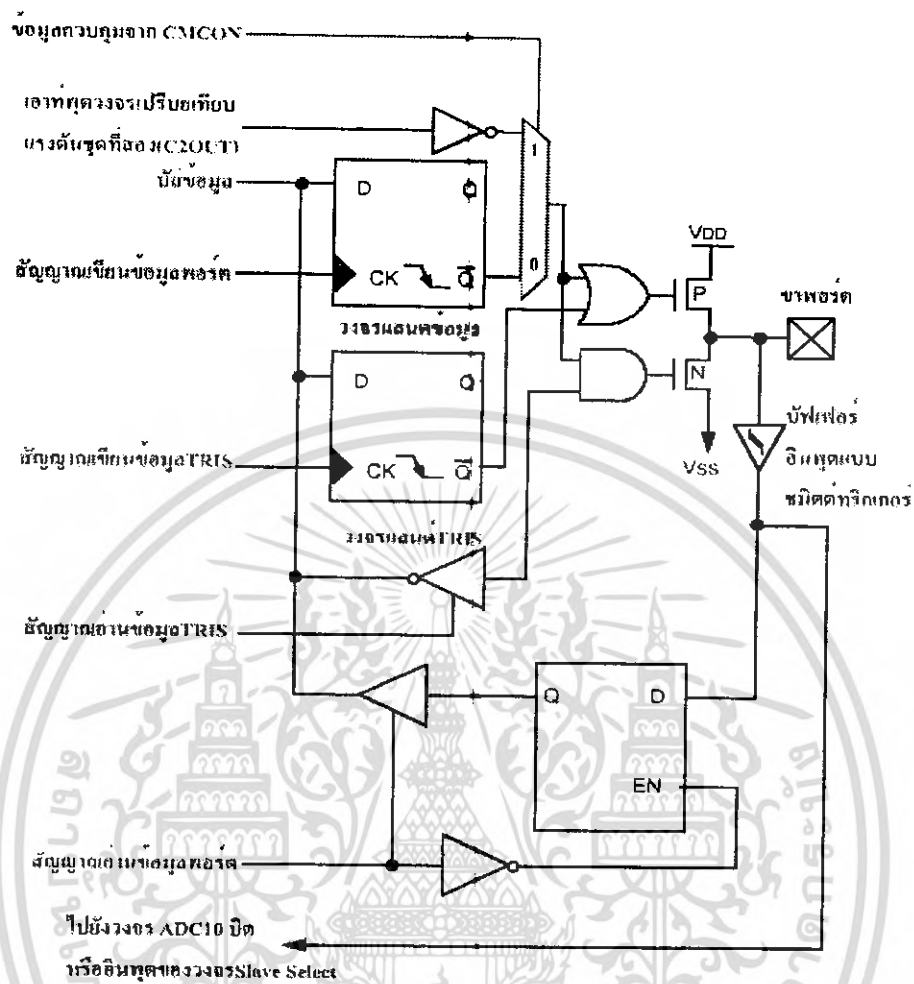
สมบูรณ์มากที่สุด และจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปค่าประมาณ 4.7k-10k ที่ขานี้เสมอเมื่อใช้งานเป็นอินพุต

ในรูปที่ 2.17 แสดงโครงสร้างของพอร์ต RA5 ขานี้ก็มีความพิเศษไม่น้อย โดยนอกจากเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิตอลแล้วยังสามารถเลือกให้ทำงานเป็นขาพอร์ตอินพุตสัญญาณอะนาล็อกสำหรับวงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอลในช่อง 4



รูปที่ 2.15 โครงสร้างขา RA4 ของพอร์ต A ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 โครงสร้างขา RA5 ของพอร์ท A ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877

พอร์ท B

มี 8 บิต กำหนดชื่อขาเป็น RB0-RB7 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ PORTB มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x06 (แบงก์ 0) และ 0x106 (แบงก์ 2) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ส่วนการกำหนดทิศทางของพอร์ทนี้กระทำผ่านรีจิสเตอร์ TRISB ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0x86 (แบงก์ 1) และ 0x186 (แบงก์ 3) มีขนาด 8 บิต เช่นเดียวกับพอร์ท A บิต 0 ของ TRISB ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ท RB0 ไล่เรียงลำดับจนถึงบิต 7 ของ TRISB ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ท RB7 หากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ทในบิตใดเป็นอินพุตต้องเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น ในทางตรงข้ามหากต้องการกำหนดให้เป็นขาเอาต์พุตให้เขียนข้อมูล "0" ไปยังบิตนั้น

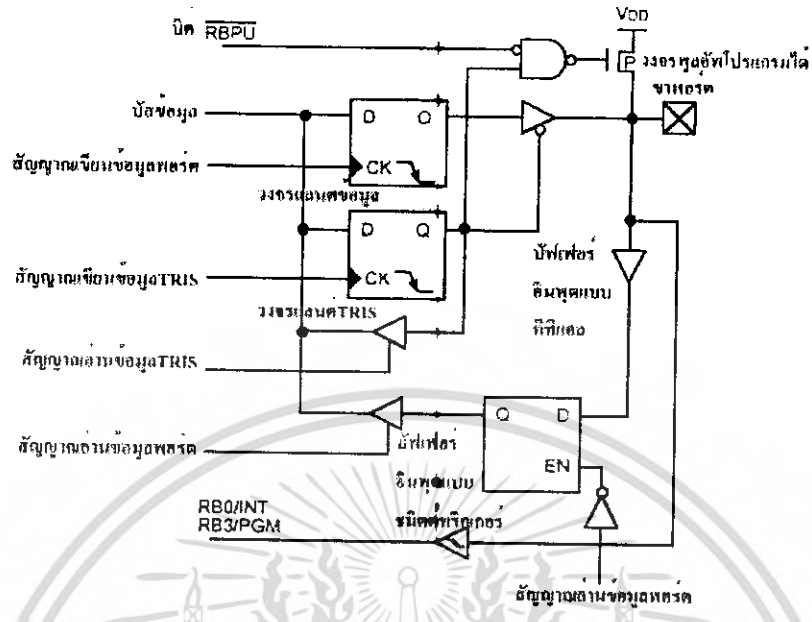
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต B สามารถใช้งานในลักษณะต่างๆได้ 5 แบบคือ

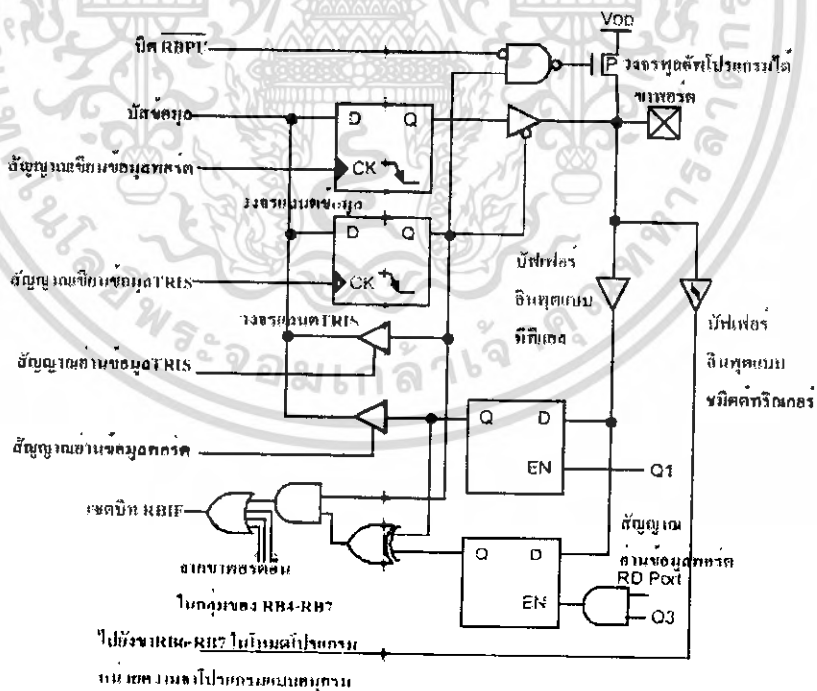
1. เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ
2. เป็นขาอินพุตสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก โดยใช้ขา RB0/INT
3. เป็นขาพอร์ตอินพุตสำหรับรับแรงดันโปรแกรมระดับต่ำ (low voltage programming) โดยใช้ขา RB3/PGM
4. เป็นขาข้อมูลอนุกรมและสัญญาณนาฬิกาอนุกรมสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใช้ 2 ขาคือ RB7/PGD และ RB6/PGC
5. ใช้เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์แบบตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงข้อมูลหรือระดับสัญญาณที่ขา RB4-RB7

ในรูปที่ 2.18 แสดงไดอะแกรมของพอร์ต B ในบิต RB0-RB3 จะเห็นได้ว่าที่ขาพอร์ตจะมีวงจรพูลอัปแบบโปรแกรมได้ต่ออยู่ นั่นคือหากต้องการกำหนดให้เป็นขาอินพุต ต้องทำการเขียนข้อมูล "0" ไปยังบิต RBPU ในรีจิสเตอร์ OPTION_REG เพื่อเอินเอเบิลวงจรพูลอัปภายในขาพอร์ต B ในขณะที่หากกำหนดเป็นเอาต์พุต การพูลอัปที่ขาพอร์ต B นี้จะถูกยกเลิกโดยอัตโนมัติ นอกจากนั้นการพูลอัปนี้จะได้รับการยกเลิกเมื่อเกิดเพาเวอร์อนรีเซตขึ้น ในกรณีใช้ขา RB0/INT เพื่อรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก สัญญาณจะผ่านเข้าไปยังวงจรมัลติเพล็กซ์แบบชนิดทรานซิสเตอร์เพื่อให้สัญญาณที่ได้มีความแม่นยำและมีเสถียรภาพ

ในรูปที่ 2.18 (ข) เป็นไดอะแกรมของขาพอร์ต RB4-RB7 โดยขาพอร์ตในกลุ่มนี้มีความสามารถพิเศษพอสมควร โดยสามารถเลือกให้ทำงานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ, ขาอินพุตรับแรงดันสำหรับการโปรแกรม (RB3), ขาสัญญาณสำหรับการโปรแกรม (RB6-RB7) และทำงานเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์ในแบบตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่ขาพอร์ต RB4-RB7



รูปที่ 2.17 (ก) โครงสร้างของขาพอร์ต B ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877
ขา RB0-RB3



รูปที่ 2.17 (ข) โครงสร้างของขาพอร์ต B ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877
ขา RB4-RB7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

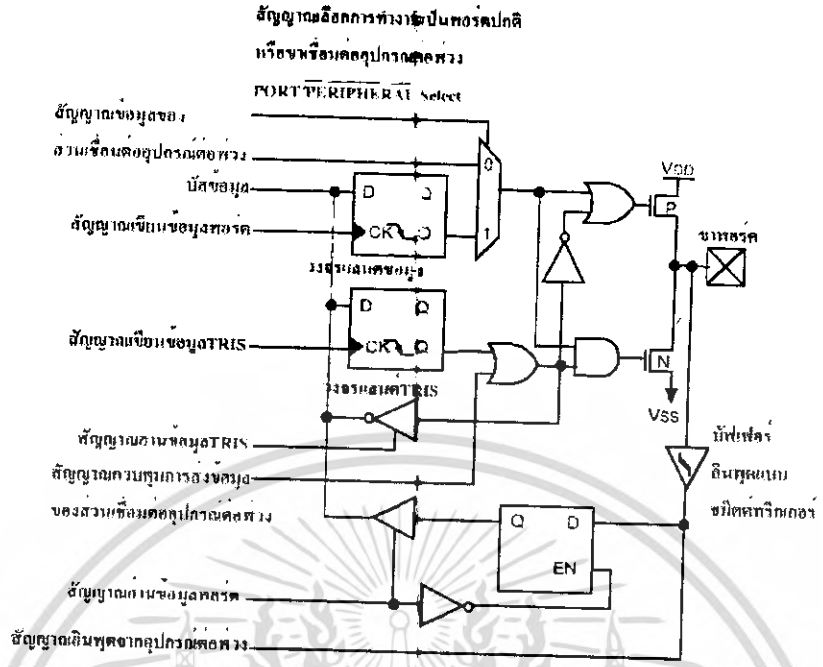
พอร์ต C

มีทั้งสิ้น 8 บิต กำหนดชื่อขาเป็น RC0-RC7 รีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลคือ PORTC มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x07 (แบงก์ 0) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ส่วนการกำหนดทิศทางของพอร์ตนี้กระทำผ่านรีจิสเตอร์TRISC มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x87 (แบงก์ 1) มีขนาด 8 บิต เช่นเดียวกับพอร์ต A และ B บิต 0 ของ TRISCใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RC0 ไล่เรียงลำดับจนถึงบิต 7 ของ TRISC ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RC7 หากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตในบิตใดเป็นอินพุต ต้องเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น และในทางตรงข้ามหากต้องการกำหนดให้เป็นขาเอาต์พุต ให้เขียนข้อมูล "0" ไปยังบิตนั้น

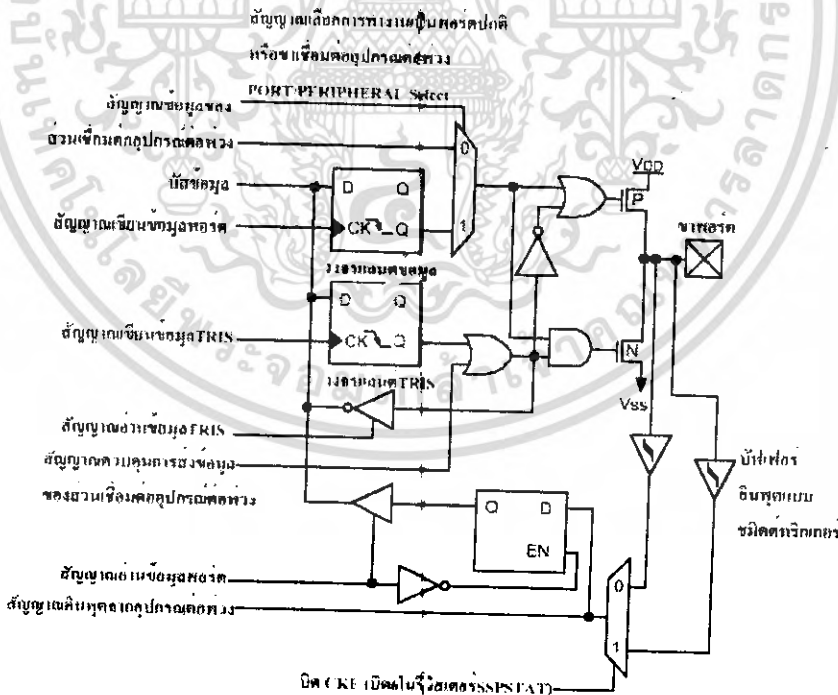
ในรูปที่ 2.19 แสดงไดอะแกรมของพอร์ต C ในบิต RC0-RC2 และ RC5-RC7 จะเห็นได้ว่ามีสัญญาณควบคุมการทำงานของขาพอร์ตมากมาย ทั้งนี้เนื่องจากพอร์ต C สามารถทำงานได้หลากหลายนั่นเอง สัญญาณควบคุมที่สำคัญคือ สัญญาณเลือกการทำงานระหว่างเป็นพอร์ตปกติหรือเป็นขาเชื่อมต่ออุปกรณ์พิเศษ (PORT/PERIPHERAL Select) และสัญญาณควบคุมการส่งข้อมูลของวงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์(Peripheral Output Enable) สำหรับข้อมูลของวงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ส่งออกและรับเข้าจะผ่านทางขาพอร์ตปกติ แต่เมื่อผ่านวงจรสำหรับเลือกสัญญาณข้อมูลแล้ว สายสัญญาณข้อมูลของพอร์ต (data bus) กับข้อมูลของวงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์ (peripheral output/peripheral input) จะแยกกัน

ในรูปที่ 2.20 เป็นไดอะแกรมของขาพอร์ต RC3-RC4 ทั้ง 2 ขานี้มีความพิเศษตรงที่สามารถใช้งานเป็นขาเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมแบบซิงโครนัส ซึ่งแบ่งเป็นระบบ SPI และระบบบัส I²C จึงทำให้ต้องเพิ่มสายสัญญาณควบคุมอินพุตเพิ่มเข้ามาอีก 1 เส้น เพื่อเลือกสัญญาณอินพุตระหว่าง SPI และบัส

วงจรอินพุตบัฟเฟอร์ของขาพอร์ต C นี้เป็นแบบขมิตต์ทริกเกอร์ทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อจัดการให้สัญญาณอินพุตที่เข้ามามีความเหมาะสมและสมบูรณ์มากที่สุด และยังคงสามารถรองรับการพูล์อัปภายในแบบอัตโนมัติได้



รูปที่ 2.18 โครงสร้างขา RC0-RC2,RC5-RC7 ของพอร์ต C ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877



รูปที่ 2.19 โครงสร้างขา RC3 และ RC4 ของพอร์ต C ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

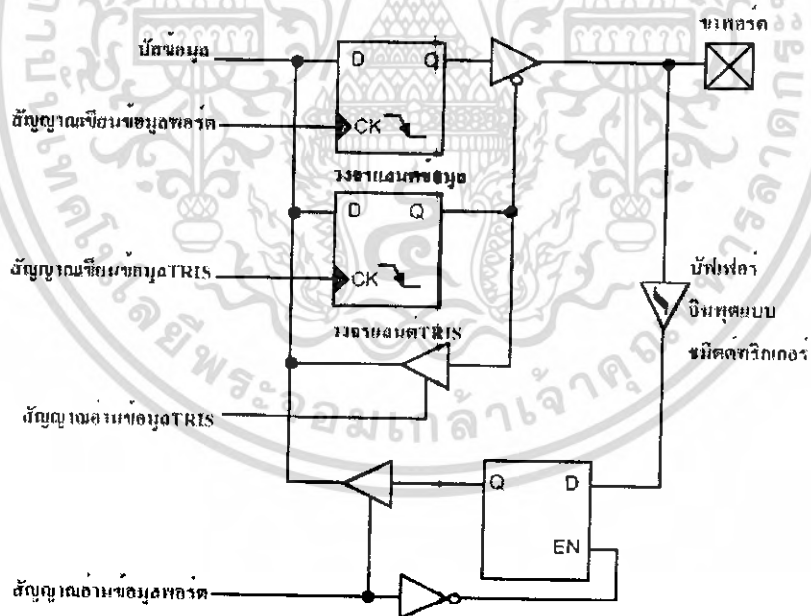
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต D

มี 8 บิต กำหนดชื่อขาเป็น RD0-RD7 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ PORTD มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x08 (แแบงก์ 0) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ส่วนการกำหนดทิศทางของพอร์ตนี้กระทำผ่านรีจิสเตอร์ TRISD มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x88 (แแบงก์ 1) มีขนาด 8 บิต หากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตในบิตใดเป็นอินพุตต้องเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น และในทางตรงกันข้ามหากต้องการกำหนดให้เป็นขาเอาต์พุต ให้เขียนข้อมูล "0" ไปยังบิตนั้น สำหรับพอร์ต D นี้จะมีเฉพาะในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC รุ่น 40 ขาเท่านั้น

พอร์ต D สามารถใช้งานได้ 2 โหมดคือ เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติและเป็นส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน(Parallel Slave Port : PSP) สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกที่มีการจัดระบบบัสแบบไมโครโปรเซสเซอร์คือ มีสายข้อมูล 8 เส้น สายสัญญาณควบคุม 3 เส้นคือ สายสัญญาณควบคุมการอ่าน(RD : Read), เขียน(WR : Write) และเลือกอุปกรณ์ (CS : Chip Select)

ในรูปที่ 2.21 แสดงโตะแกรมของพอร์ต D ซึ่งมีโครงสร้างเหมือนกันทุกบิต เมื่อทำงานในโหมดพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติ วงจรอินพุตจะเป็นแบบซิมิตด์ทริกเกอร์ แต่เมื่อทำงานในโหมดขยายพอร์ตแบบขนานหรือ PSP วงจรอินพุตจะเปลี่ยนเป็นแบบทีแอล



รูปที่ 2.20 โครงสร้างของพอร์ต D ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.9 ภาษา C กับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

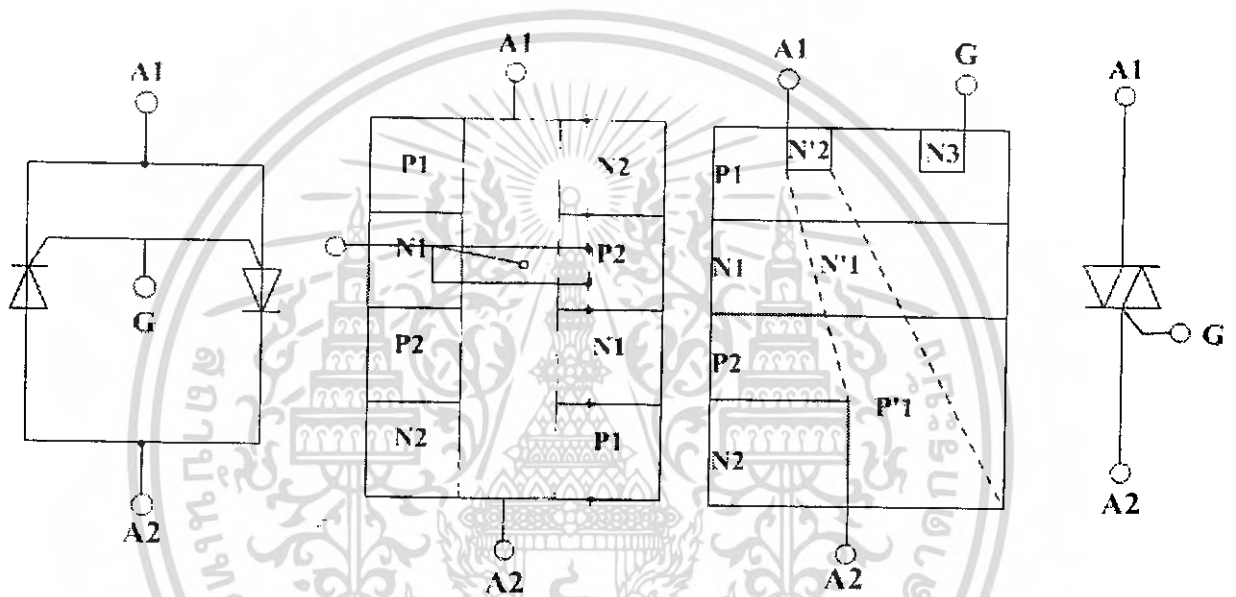
ในปัจจุบันมีทางเลือกที่ดีกว่าในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาแอสเซมบลี นั่นคือภาษา C ด้วยเหตุผลดังนี้

1. ภาษา C เป็นภาษามาตรฐานไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์ (ไมโครคอนโทรลเลอร์)
 2. ภาษา C ใช้หลักการเขียนโปรแกรมแบบสมัยใหม่มีทั้งเป็นโครงสร้างและออบเจกต์
 3. ภาษา C มีความง่ายในการศึกษาเรียนรู้และพัฒนาโปรแกรมมากกว่าภาษาแอสเซมบลี
 4. ภาษา C มีความสามารถเทียบเท่าหรือใกล้เคียงภาษาแอสเซมบลีและอาจเหนือกว่าในบางด้าน
 5. ภาษา C มีความยืดหยุ่นในการโยกย้ายไปใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอื่น
 6. ภาษา C มีความเข้ากันได้กับภาษาแอสเซมบลีในระดับซอร์สโค้ด
 7. ภาษา C มีเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรมที่ก้าวหน้ามากกว่าด้วย IDE (Integrated Development Environment)
 8. ตัวแปลภาษาหรือคอมไพเลอร์ (compiler) และตัวเชื่อมโยงหรือลิงก์เกอร์ของภาษา C มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลาจนมีความสามารถสูง
 9. สามารถพัฒนางานที่มีความซับซ้อนและมีรูปแบบเป็นผังงานง่ายกว่าทั้งหมดนั่นคือเหตุผลส่วนหนึ่งที่ทำให้ภาษา C เป็นตัวเลือกในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็น MCS-51, 68HC11, ST รวมทั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC จากไมโครชิป (Microchip)
- การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ด้วยภาษา C จะมีรูปแบบและโครงสร้างทางภาษาเช่นเดียวกับภาษา C มาตรฐาน (ANSI Standard C) และยังมีส่วนเพิ่มเติมพิเศษเฉพาะสำหรับใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ซึ่งได้แก่ชุดคำสั่งพิเศษไดเรกทีฟ (directive) และฟังก์ชันพร้อมใช้งาน (Built-in function) ที่มีมากับตัวคอมไพเลอร์สำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ด้วยภาษา C จะใช้ CCS C Compiler หรือ PIC C Compiler เป็นหลัก

2.2.5 ไตรแอด(Triac)

โครงสร้างภายในและสัญลักษณ์

ไตรแอดเป็นสวิตช์สารกึ่งตัวนำ ที่สามารถควบคุมการนำกระแสได้สองทิศทาง สามารถควบคุมรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ เหมือนกับการนำเอสซีอาร์ 2 ตัวมาต่อกลับหัวและขนานกัน สามารถใช้สวิตช์เชิงกล (Mechanical Switch) และสวิตช์เชิงกลไฟฟ้า (Electro-Mechanical Switch) ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้

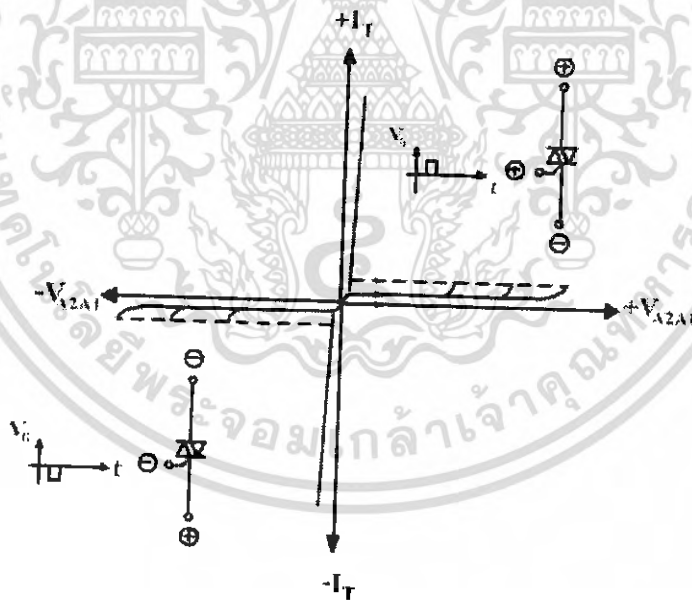


รูปที่ 2.22 โครงสร้างภายในและสัญลักษณ์ของไตรแอด

จากรูป เอสซีอาร์ด้านซ้ายจะเป็นแบบ N-Control type ซึ่งจะนำกระแสเมื่อมีพัลส์ลบเข้ามาที่ขา G กับ A1 ส่วนเอสซีอาร์ตัวขวามือจะเป็นแบบ P-Control type จะนำกระแสเมื่อมีพัลส์บวกเข้ามาที่ขา G กับ A1 ดังนั้นขั้ว A1 และ A2 (หรือ M1 และ MT2) จะไม่เรียกว่าเป็นขั้วแอโนดหรือแคโทด เพราะกระแสสามารถไหลผ่านขั้วทั้งสองได้สองทิศทาง สัญญาณจุดชนวนเกตจะต่อกับขา G และ A1เสมอ

คุณลักษณะของแรงดันและกระแสของไทรแอก

กราฟและคุณลักษณะของไทรแอกในควอแดรนต์ 1 จะดูเหมือนกับเอสซีอาร์ และเนื่องจากโครงสร้างของไทรแอกเกิดจากการต่อเอสซีอาร์สองตัวกลับหัวและขนานกัน ดังนั้นกราฟคุณลักษณะในควอแดรนต์ III จึงพิจารณาเหมือนกับในควอแดรนต์ที่ I ทุกประการ นั่นก็คือเมื่อจุดชนวนเกตไทรแอก ไทรแอกจะนำกระแสได้ทั้งแรงดันไปหน้า และแรงดันย้อนกลับ ทำให้มีความสามารถ นำกระแสได้สองทิศทาง คุณลักษณะแรงดันและกระแสของไทรแอกดังรูป



รูปที่ 2.23 คุณลักษณะของแรงดันและกระแสของไทรแอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

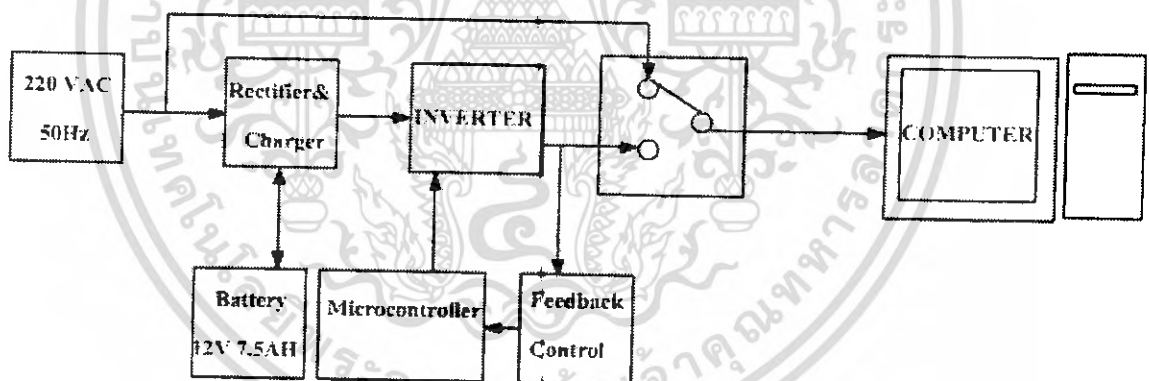
บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบยูพีเอส

การออกแบบส่วนประกอบต่างๆของยูพีเอสนั้นสามารถแบ่งการคำนวณและการออกแบบได้เป็น

- ชุดอินเวอร์เตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
- ชุดอัดประจุแบตเตอรี่
- ชุดสวิตช์สับเปลี่ยน (static switches)
- ชุดวงจรตรวจสอบสถานะการทำงาน
- ชุดวงจรป้องกันกลับ
- ชุดวงจรขับและแสดงผลการทำงาน

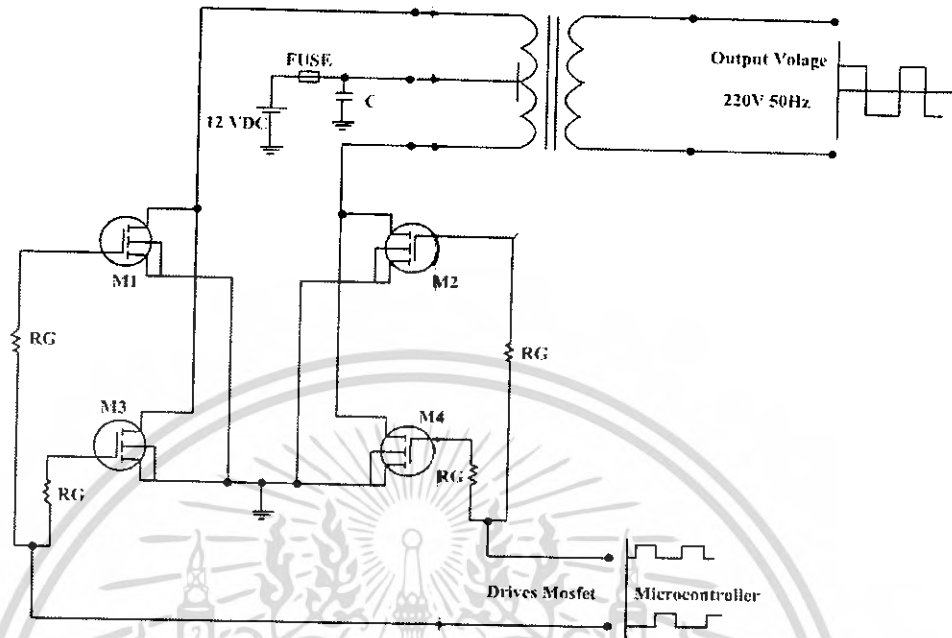
โดยสามารถแสดงบล็อกไดอะแกรมของส่วนประกอบต่างได้โดยรวมดังนี้



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงวงจรการทำงานรวมของระบบ UPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ชุดอินเวอร์เตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877



รูปที่ 3.2 วงจรการทำงานแบบ พุช-พูล อินเวอร์เตอร์สร้างสัญญาณขับด้วย PIC16F877

3.1.1 การออกแบบ วงจร พุช-พูล อินเวอร์เตอร์

3.1.1.1 ในส่วนของการเลือกพิกัดแรงดันมอสเฟต V_{DS}

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร Push-Pull Inverter} &= 2 \times (V_{\text{nominal Battery}} \times 1.5) \\ &= 2 \times (12 \times 1.5) \\ &= 36 \end{aligned} \quad (3.1)$$

ดังนั้นควรเลือกใช้แรงดันพิกัดของมอสเฟต (V_{DS}) = 60 V.

3.1.1.2 การเลือกค่ากระแสพิกัดของมอสเฟต

จากพิกัดกระแสทางด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงจะเท่ากับ 45 A. ดังนั้นเลือกใช้พิกัดของมอสเฟต (I_{DS}) เท่ากับ 2 เท่าของกระแสพิกัดทางด้านขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลง

$$\begin{aligned} &= 2 \times 45 \\ &= 90 \text{ A.} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.3 การเลือกค่าแรงดัน Gate – Source (V_{GS})

$$\begin{aligned} \text{เลือกค่าพิกัดแรงดัน } V_{GS} &= 2 \times V_{\text{Battery}} \\ &= 2 \times 12 \\ &= 24 \text{ V.} \end{aligned} \quad (3.2)$$

ดังนั้นควรใช้ค่าแรงดันพิกัด V_{GS} ของมอสเฟตเท่ากับ 30 V. จึงเลือกเบอร์ IRF Z44 ต่อขนานกันเพื่อช่วยกันจ่ายกระแสตรง

3.1.2 การออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้า

สำหรับหม้อแปลงที่ใช้ในโครงงานนี้จะทำการแปลงสัญญาณสี่เหลี่ยมด้าน Output ของอินเวอร์เตอร์ให้มีแรงดันสูงขึ้นและจะได้สัญญาณสี่เหลี่ยมทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงที่มีความถี่ 50 Hz ไปใช้งาน

3.1.2.1 ค่าโวลต์แอมป์ (VA) ของหม้อแปลง

สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรองในโครงงานนี้จะกำหนดขนาดไว้ที่ 500 VA.

3.1.2.2 พิกัดทางด้านแรงดันและกระแส

ด้านปฐมภูมิ : จะเป็นด้านที่รับแรงดันรูปสี่เหลี่ยมมาจากการขับมอสเฟตทั้ง 2 ชุดซึ่งจะมีขนาดแรงดันประมาณ 12 V.

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นกระแสจะมีค่า } VA &= V_p \times I_p \\ I_p &= \frac{VA}{V_p} \\ I_p &= \frac{500}{12} \\ &= 41.67 \text{ A.} \end{aligned} \quad (3.3)$$

ด้านทุติยภูมิ : จะเป็นด้านแรงดัน Output ซึ่งจะมีขนาดแรงดัน 220 โวลต์

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นกระแสจะมีค่า } I_s &= \frac{VA}{V_s} \\ I_s &= \frac{500}{220} \\ &= 2.27 \text{ A.} \end{aligned}$$

3.2 ชุดอัดประจุแบตเตอรี่

3.2.1 การเลือกใช้แบตเตอรี่ในโครงงาน

ในโครงงานแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองนี้ แบตเตอรี่ที่เลือกใช้จะเป็นชนิดตะกั่ว-กรด ปิดผนึกแบบ Free Maintenance ขนาด 7.5 แอมป์-ชั่วโมง โดยที่แบตเตอรี่นี้ไม่มีก๊าซเกิดขึ้นซึ่งเป็นผลดีในการช่วยแก้ปัญหาอายุการใช้งานแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองสั้น เนื่องจากการเกิดก๊าซในการอัดประจุมากเกินไป ส่วนการอัดประจุแบตเตอรี่จะเป็นแบบแรงดันคงที่

เนื่องจากแบตเตอรี่ในแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองจะทำงานแบบแบ็คอัพ หรือ Standby ซึ่ง แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานสำรองที่ต้องนำมาใช้ในสภาวะเกิดความผิดปกติของระบบการ ไฟฟ้า ฉะนั้นแบตเตอรี่จะต้องถูกอัดประจุตลอดเวลา โดยในช่วงที่แบตเตอรี่เต็มแล้วจะต้อง อัดประจุให้กับแบตเตอรี่ด้วยอัตราการอัดประจุต่ำๆ เพื่อชดเชยค่าแรงดันเนื่องจากความ ต้านภายในแบตเตอรี่โดยแรงดันที่จ่ายให้แบตเตอรี่เพื่ออัดประจุจะเป็นแบบ Float Charge ที่ 12.6 โวลท์

สรุปแบตเตอรี่ที่ใช้ในโครงการ

1. ชนิด Sealed Lead – Acid Battery ขนาด 7.5 Ah
2. การใช้งานแบบ Standby สำรองไฟได้นาน 10 นาทีที่ภาระโหลดคอมพิวเตอร์
3. การทำงานเป็นแบบ Float Charge
4. เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่เป็นแบบแรงดันคงที่
5. การอัดประจุจะใช้กระแสเท่ากับ $0.13 \times 7.5 \text{ Ah} = 975 \text{ mA}$

3.2.2 การคำนวณเพื่อเลือกใช้ขนาดแบตเตอรี่

กำหนดค่าต่างๆดังนี้

1. กำลังไฟฟ้าพิกัดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง 500 VA ที่ภาระ PF = 0.8
2. เวลาสำรอง 10 นาทีที่ภาระโหลดคอมพิวเตอร์
3. ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์คือ 0.9
4. แรงดันปกติของแบตเตอรี่ 12 โวลท์

ในการคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ จะกำหนดให้

VA = โวลท์แอมป์พิกัดของภาระ

PF = ค่าเพาเวอร์เฟกเตอร์ของภาระ

N = ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์

V_B = แรงดันปกติของแบตเตอรี่

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่} &= VA \times PF \times \text{Efficiency of Inverter} \\ &= 500 \times 0.8 \times \frac{1}{0.9} \\ &= 444.44 \text{ W} \end{aligned} \quad (3.4)$$

$$\begin{aligned} \text{กระแสจากแบตเตอรี่} &= \frac{W}{EV_{\text{Battery}}} \\ &= \frac{444.44}{12} \end{aligned} \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

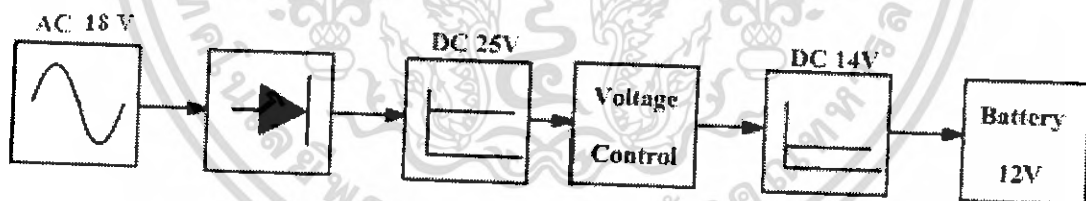
$$= 37.07 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าแอมแปร์ - ชั่วโมง} &= W \times \left(\frac{t}{60} \right) \times \left(\frac{1}{V_{\text{Battery}}} \right) \\ &= \frac{444.44 \times 10 \times 1}{60 \times 12} \\ &= 6.17 \text{ Ah} \end{aligned} \quad (3.6)$$

ดังนั้นขนาดของแอมแปร์-ชั่วโมง จะใช้ขนาด 7.5 Ah ที่พิกัดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองนี้

3.2.3 การออกแบบวงจรภาคเรียงกระแสและวงจรอัดประจุแบตเตอรี่

วงจรที่ใช้ในโครงการนี้เป็นชนิดแรงดันคงที่ ออกแบบให้เป็นวงจร Regulator ที่สามารถปรับแรงดันได้ในช่วง 12-18 V วงจรใช้ IC Voltage Regulator LM317t เป็นตัวทำงานหลักซึ่ง สามารถปรับแรงดันได้ 1.2-37 V และได้ใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP TIP127 ช่วยในการจ่ายกระแสให้โหลดเพื่อแบ่งภาระการทำงานของ LM317t ในการชาร์จแบตเตอรี่ 12 V ที่ใช้ในโครงการนี้ และจะปรับแรงดันไว้ที่ 14 V โดยการจูน R ที่ขา adjust ของ LM317t ฉะนั้นการเลือกใช้ R ปรับค่าได้เพื่อปรับแรงดันที่เอาต์พุตส่วนหนึ่งจะถูก Regulate ด้วย IC 7812 และ IC 7805 เพื่อเป็นไฟเลี้ยงหรือ Supply ให้อุปกรณ์วงจรอื่น



รูปที่ 3.3 แสดงบล็อกไดอะแกรม วงจร Rectifier/Charger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.1 อธิบายการทำงานของวงจรเรียงกระแสและวงจรชาร์จ

จากรูป อินพุทเป็นแรงดันกระแสสลับ 18 V ผ่านวงจร Bridge Rectifier เป็นไฟตรงและมี C กรองแรงดันให้เรียบและมี R เป็นตัวต้านทานเพื่อกำหนดกระแสไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ TIP127 ถ้าโหลดของวงจรดึงกระแสมากจะทำให้กระแสไหลผ่าน R นี้มากขึ้นเป็นผลให้แรงดันแรงดัน V_{be} สูงขึ้นด้วยซึ่งจะให้ I_b สูงขึ้นตาม เป็นผลให้จำเป็นต้องติดฮีทซิงค์ เพื่อระบายความร้อน

ไดโอด D ที่ต่อคร่อมขา C และ E ของ TIP127 เพิ่มเข้าไปเพื่อป้องกันกระแสและแรงดันสูงขณะใช้งานโดยจะป้องกันอุปกรณ์จากการคายประจุของ C_3 กลับมายังทรานซิสเตอร์ ในโอกาสที่เกิดการลัดวงจรที่อินพุท

แรงดันเอาพุทของวงจรจะขึ้นอยู่กับความต้านทานของขา adjust คือ R_{v1} จะเป็นไปตามสมการ ดังนี้

$$V_{out} = \left[1 + \frac{R_{v1}}{R_2} \right] V_{ref} + I_{adj} R_{v1} \quad (3.7)$$

R_2 กำหนดตามความเหมาะสม ในที่นี้ใช้ค่า $1K \Omega$

V_{ref} คือ 1.25 V จาก Data Sheet ของ LM317t

I_{adj} คือ 50 μA จาก Data Sheet ของ LM317t

จากสมการจะได้

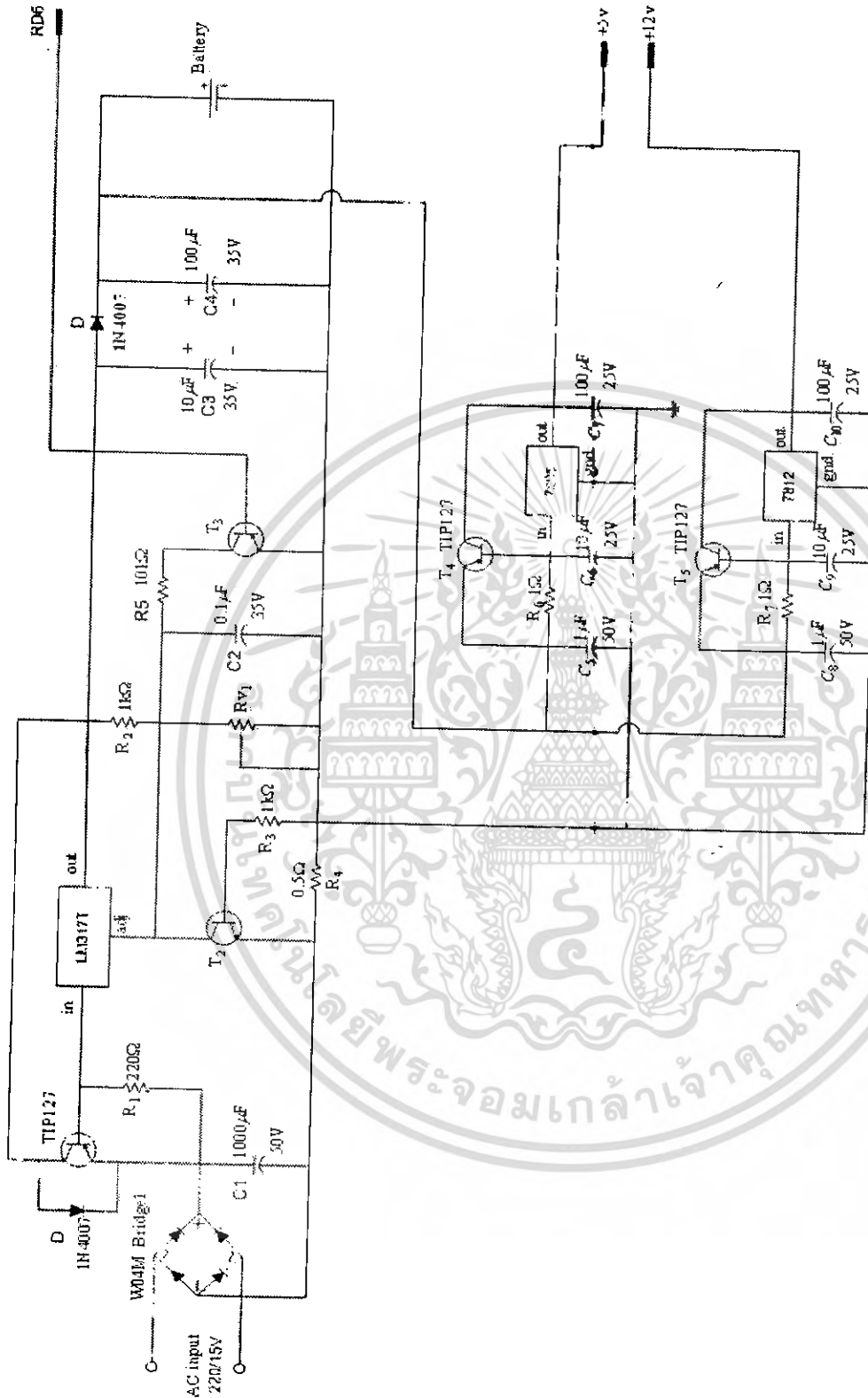
$$R_{v1} = \frac{V_{out} - V_{ref}}{\left[\frac{V_{ref}}{R_2} \right] + I_{adj}}$$

ต้องการปรับ V_{out} สูงสุด 18 V จะได้ R_{v1} คือ

$$R_{v1} = \frac{18 - 1.25}{\left[\frac{1.25}{1K} \right] + 50 \mu A}$$

$$= 12.9 K \Omega$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้ R ปรับค่าได้ $20 K \Omega$



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรเรียงกระแสและอັตประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบวงจรตรวจสอบสภาวะการทำงาน

3.3.1 การตรวจสอบระดับแรงดันไฟตกไฟเกินของระบบ

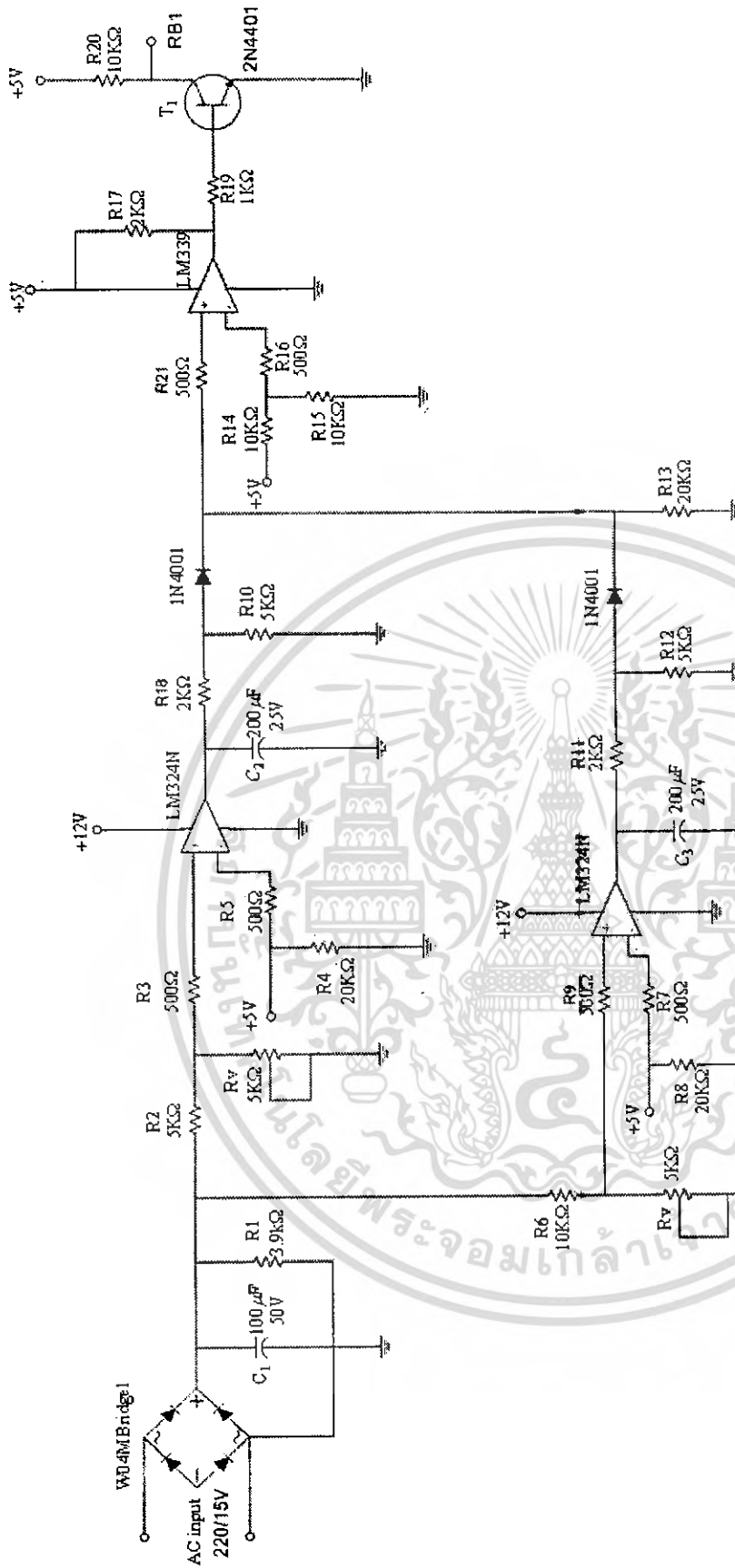
สำหรับการตรวจสอบจอร์ระดับไฟตกไฟเกินของระบบนั้นจะใช้หม้อแปลงตัวเดียวกับวงจรเรียงกระแส 220/18 V โดยจะใช้ IC 2 ตัว คือ เบอร์ LM324 และ LM339 ในการตรวจสอบแรงดัน ซึ่งผลจากการตรวจสอบจะถูกส่งเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ port RB1 เพื่อประมวลผลตามที่โปรแกรมไว้ในสภาวะผิดปกติ ซึ่งจะสั่งให้สวิทช์สับเปลี่ยนมาที่อินเวอร์เตอร์ และเมื่อแรงดันเข้าสู่สภาวะปกติ 220 V ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสั่งให้สวิทช์สับกลับมาที่ระบบไลต์ทันทีเพื่อจ่ายโหลดให้ต่อเนื่อง โดยแรงดันปกติจะอยู่ในช่วง 198 – 242 V ในการทำงานของวงจรก็จะนำแรงดันจากหม้อแปลงมาลดทอนแรงดันแล้วนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ IC แต่ละตัวก่อนส่งสภาวะการทำงานเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์

3.3.2 การตรวจสอบแรงดันอัดประจุแบตเตอรี่

ขณะอยู่ในสภาวะปกติ คือระบบไฟฟ้าไลน์ทำงาน จะมีการตรวจสอบแรงดันอัดประจุแบตเตอรี่ไม่ให้เกินที่กำหนดไว้ที่ 14 V โดยมีการทำงานคือ แรงดันจากประจุแบตเตอรี่จะถูกเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ IC LM324N และเอาท์พุทนั้นจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ IC LM339 อีกที ก่อนสัญญาณที่ได้จะเข้าทรานซิสเตอร์ 2N4401 เพื่อให้ผลของสภาวะการทำงานเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ RB3 เพื่อประมวลผลส่งสัญญาณควบคุมแรงดันในการอัดประจุ ที่วงจรอัดประจุแบตเตอรี่ ดังนั้นแรงดันในการอัดประจุแบตเตอรี่จะถูกควบคุมได้ที่ 14 V

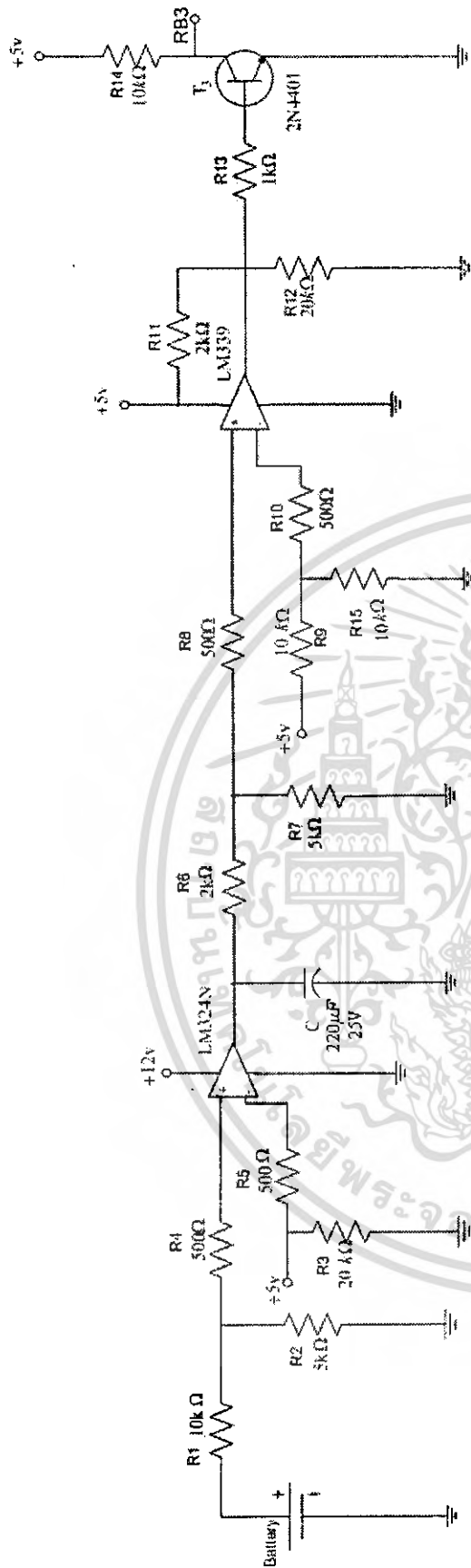
3.3.3 ตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ขณะทำการสำรองไฟฟ้า (Back Up)

ขณะที่ทำการสำรองไฟแรงดันแบตเตอรี่จะค่อย ๆ ลดลง เพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่เสียหายจากแรงดันสุดท้ายของแบตเตอรี่ (End of cell) จึงต้องมีการตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่โดยวงจรที่ใช้ตรวจสอบ ซึ่งการทำงานของวงจร คือ เมื่อขณะเริ่มการสำรองไฟฟ้าไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้วงจรตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ทำงาน โดยแรงดันแบตเตอรี่จะถูกลดทอนลงมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ LM324N และนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงอีกครั้งหนึ่งที่ LM339 ก่อนนำผลของสัญญาณที่ได้ไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อีกทีหนึ่งที่ RB2 ซึ่งถ้าแรงดันแบตเตอรี่ต่ำกว่าแรงดันสุดท้ายของแบตเตอรี่ จะทำการตัดภาระโหลดออกจากการสำรองไฟทันที ในการทดลองของโครงงานนี้แรงดันสุดท้ายของแบตเตอรี่ที่ใช้คือ 9.7V



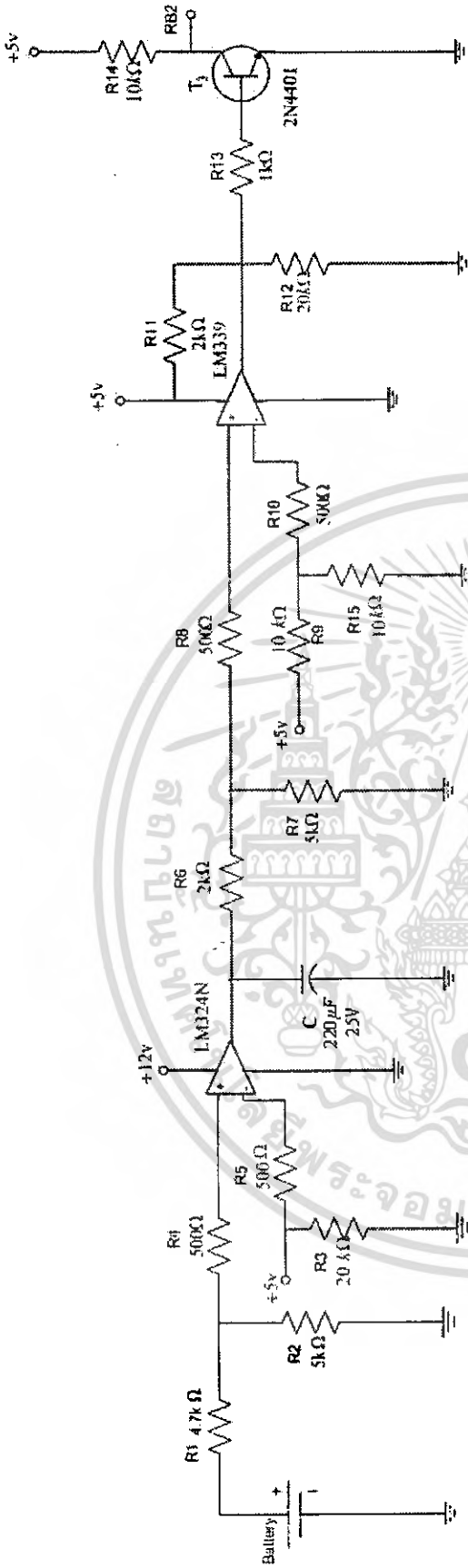
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรตรวจสอบแรงดันไฟตกและแรงดันไฟเกินของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรตรวจสอบแรงดันอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่

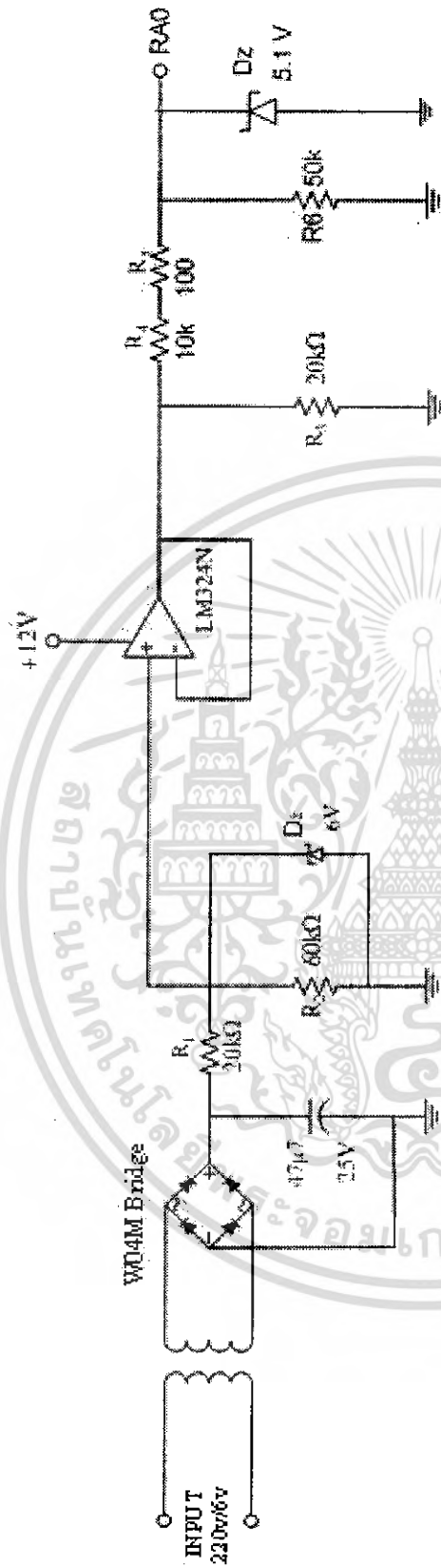
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบวงจรป้อนกลับ (Feed Back)

ในขณะที่ทำการสำรองนั้นแรงดันที่โหลดนั้นจะต้องคงที่ ที่แรงดัน 220 V (rms) ดังนั้นจึงต้องมีวงจรป้อนกลับ (Feed Back) เพื่อให้การตอบสนองตามโหลดที่ต้องการ ในโครงงานนี้ จะมีการป้อนกลับที่มีการมีการทำงานดังนี้ เพื่อทำการสำรองไฟฟ้าจะมีหม้อแปลงลดแรงดัน จาก 220 V ที่โหลดมาเป็น 6V ก่อนแปลงมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อเข้าสู่ PORT RA0 ซึ่งเป็นพอร์ตสำหรับแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล โดยเมื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกที่ได้จากโหลดจะได้เป็นสัญญาณดิจิตอล จะเข้าสู่พอร์ต RA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการปรับลดหรือขยายพัลส์ให้ได้ค่าแรงดันโหลดที่ต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



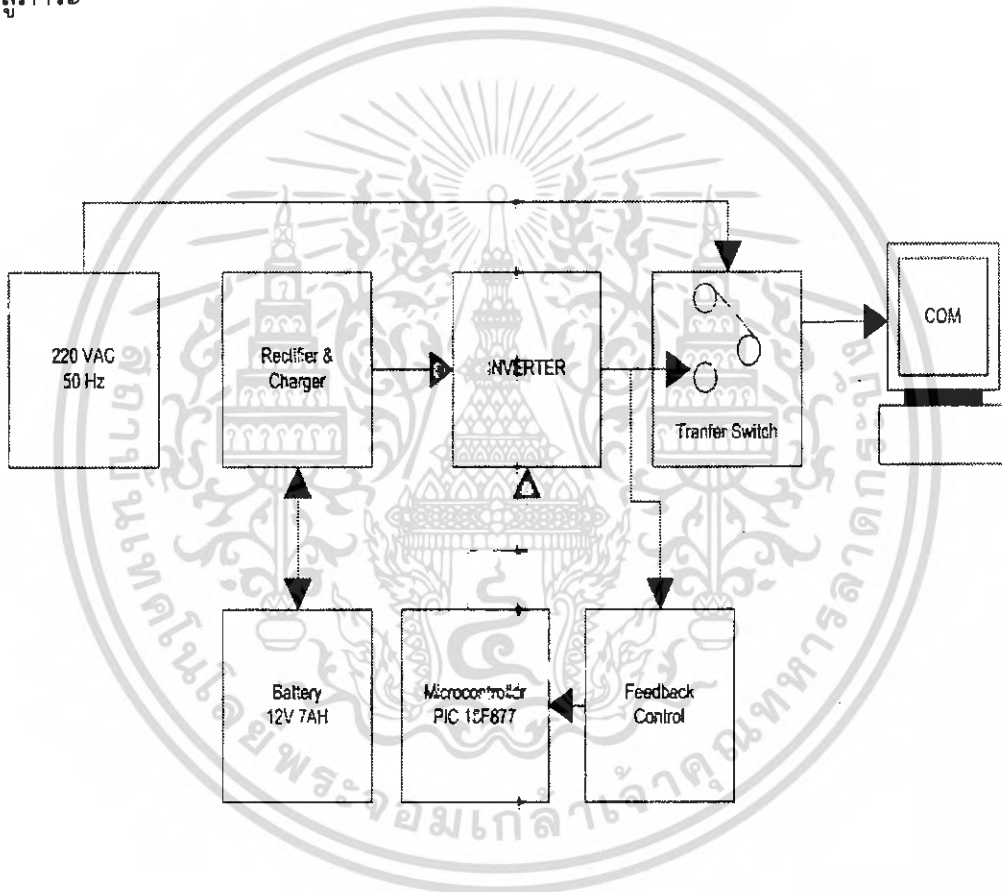
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรป้องกันกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ชุดสวิตช์สับเปลี่ยน

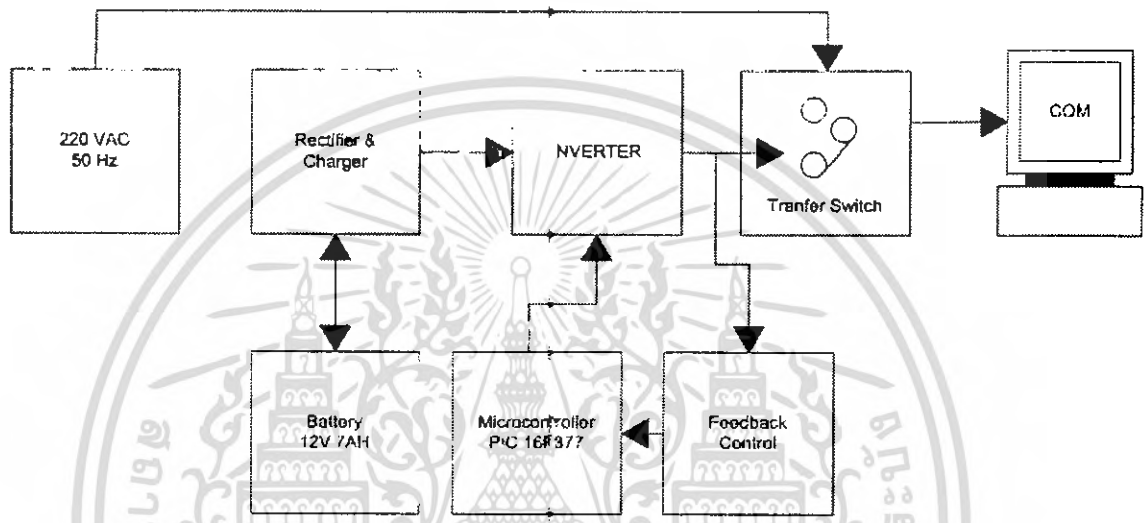
สวิตช์สับเปลี่ยน เป็นอุปกรณ์ที่นับว่าสำคัญมากเพราะเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่สำหรับเลือกตัดต่อระหว่างระบบไฟฟ้าหรือระหว่างระบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง ยูพีเอส เพื่อที่จะให้โหลดคอมพิวเตอร์ทำงาน โดยสวิตช์ที่นำมาใช้ในการตัดต่อคือ ไตรเอค (triac) ซึ่งจะถูกควบคุมโดยใช้สัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะมี 2 สภาวะการทำงาน

1. ในสภาวะปกติ สวิตช์จะสับเปลี่ยนไปที่ระบบ เพื่อรับกำลังไฟฟ้าจากระบบ ซึ่งสภาวะนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจสอบแล้วว่าระบบอยู่ในสภาวะปกติ มีสัญญาณแรงดันไฟฟ้าพร้อมที่จะจ่ายให้กับภาระ ดังนั้นสวิตช์จึงถูกสับเข้าระบบเพื่อเป็นทางผ่านของพลังงานของระบบเข้าสู่ภาระ



รูปที่ 3.9 แสดงบล็อกไดอะแกรม ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองเมื่อระบบอยู่ในสภาวะปกติ

2. ในสภาวะผิดปกติสวิตช์สับเปลี่ยนจะสับไปที่อินเวอร์เตอร์ เพื่อรับกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์ ซึ่งในสภาวะนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจสอบแล้วพบว่ามีความผิดปกติเนื่องจากระบบไม่จ่ายกำลังไฟฟ้า (Brown out) แรงดันของระบบมีค่าต่ำเกินไป (Under Voltage) ซึ่งในสภาวะนี้จะไม่มีความถี่ของแรงดันไฟฟ้าพร้อมที่จะจ่ายให้กับภาระ ดังนั้นสวิตช์จึงถูกสับเข้ากับอินเวอร์เตอร์ เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปสู่ภาระแทนระบบ



รูปที่ 3.10 แสดงบล็อกไดอะแกรม ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองเมื่อระบบอยู่ในสภาวะผิดปกติ

3.5.1 เงื่อนไขการตัดต่อของสวิตช์สับเปลี่ยน

เมื่อมีแรงดันระบบเกิดทำงานผิดปกติขึ้น(Brown Out)

คือการที่มีแรงดันไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าเกิดขาดหายไปจากระบบ อย่างทันทีทันใด คือ ระดับแรงดันไฟฟ้าที่เท่ากับศูนย์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการตรวจสอบสถานะนี้ และเมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าแรงดัน Input เป็นศูนย์ มันก็จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์รูปสี่เหลี่ยมที่มีความถี่ 50 Hz จำนวน 2 สัญญาณ ซึ่งมีความต่างเฟสกัน 180 องศาทางไฟฟ้า ไปขับให้กับวงจรพุ่ม-พุ่มทำงาน ในขณะที่เดียวกันก็จะมี การส่งสัญญาณทริกไปที่สวิตช์ เพื่อสับเปลี่ยนสถานะการทำงานมาทำในสภาวะผิดปกติ ดังนั้นในขณะนี้ ภาวจะจะได้รับกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์แทน ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการตรวจสอบแรงดันของระบบตลอดเวลา ถ้าหากว่าระบบมีแรงดันไฟฟ้าอยู่ในสภาวะปกติแล้ว ก็จะเข้าสู่โหมดการทำงานในสภาวะปกติคือ ไม่ส่งสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์และ ส่งสัญญาณอีกสถานะให้กับสวิตช์เปลี่ยนเพื่อให้ทำงานในโหมดสภาวะปกติ แต่ถ้าหากว่าแรงดันของระบบยังผิดปกติอยู่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำงานในโหมดสภาวะผิดปกติต่อไปจนกว่าจะถึงเวลาที่กำหนดไว้ก็จะหยุดทำงานโดยตัวของมันเอง

เมื่อแรงดันเกิดไฟตกหรือไฟเกินของระบบ(Under and Over Voltage)

คือมีสภาพที่แรงดันไฟฟ้าสลับมีค่าต่ำกว่าหรือสูงกว่า 10% ของแรงดันไฟฟ้าที่ปกติที่ 220V โดยแรงดันไฟฟ้าตกและเกินที่กำหนดไว้ก็จะอยู่ในช่วง 198-242 โวลต์ คือถ้าระบบไฟฟ้าไม่ได้อยู่ในช่วงที่กำหนดนี้ก็จะทำให้เกิดความเสียหายต่อโหลดได้ โดยในวงจรตรวจสอบจะใช้หม้อแปลงเป็นตัวตรวจสอบสถานะและนำสัญญาณเข้าสู่วงจรตรวจสอบ ดังนั้นเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจสอบแล้วพบว่าระบบไฟฟ้ามีความผิดปกติจริงจากแรงดันที่ไม่เหมาะสม สวิตช์ก็จะทำการตัดต่อระบบมาใช้ไฟฟ้าจากยูพีเอสแทน ถ้าหากแรงดันของระบบมีเสถียรภาพอยู่ในระดับที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ยอมรับได้ ก็จะกลับเข้าสู่โหมดการทำงานในสภาวะปกติเช่นเดิมต่อไป

3.5.2 การออกแบบสวิตช์สับเปลี่ยน

ในโครงการนี้สำหรับสวิตช์สับเปลี่ยนจะใช้ไทรแอก (Triac) 2 ชุด ซึ่งจะมีความเร็วในการตอบสนองต่อสัญญาณที่ได้รับจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ดี และสวิตช์ใช้งานได้ง่าย ซึ่งในการออกแบบสวิตช์จะมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

- พิจารณากระแสที่ใช้งานว่าเป็นกระแสตรงหรือกระแสสลับ
- พิจารณากระแสเอาท์พุทของภาระว่ามีขนาดเท่าใด ซึ่งอาจจะเผื่อไว้ประมาณ 25 % ของกระแสพิกัดในการออกแบบ
- พิจารณาว่าแรงดันที่ใช้งานนั้นที่พิกัดแรงดันเท่าใด โดยจะเผื่อไว้สำหรับระดับแรงดันที่หน้าสัมผัสจะทนได้

ซึ่งรายละเอียดในการคำนวณมีดังนี้

พิจารณาที่ภาระทางไฟฟ้าที่ 500 ดังนั้นกระแสที่ภาระ(output)

$$I_{load} = \frac{S}{V}$$

$$= \frac{500}{220}$$

$$= 2.27$$

โดยค่ากระแสที่ได้มีค่าประมาณ 2.5A

ดังนั้นพิกัดการออกแบบสำหรับสวิตช์ $2.5 \times 1.25 = 3.1$ ที่ 250Vac.

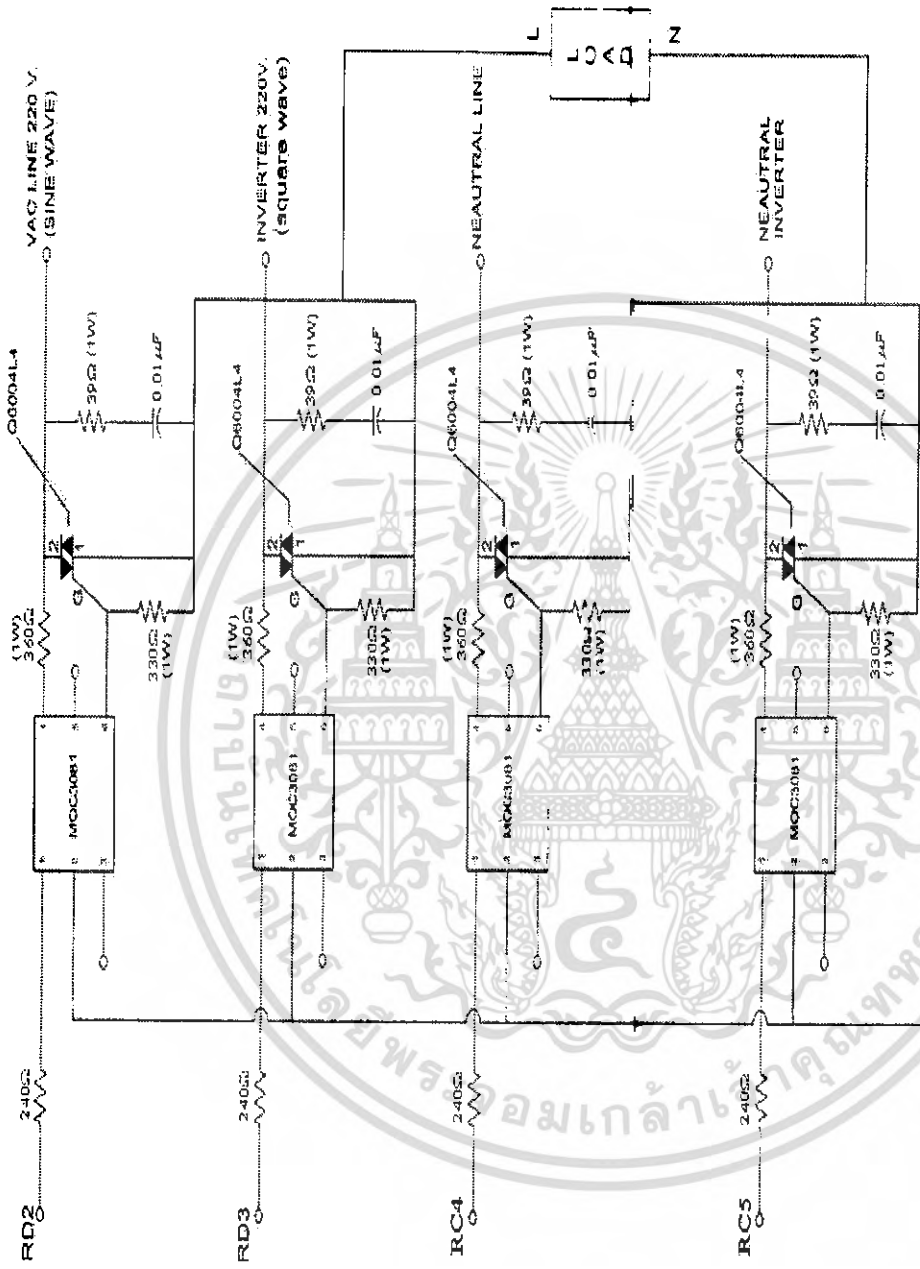
หลักการทำงานของสวิตช์

สวิตช์ที่จะใช้ในโครงการมี 2 ชุด

1. สำหรับฝั่งของ Line การไฟฟ้า ขนาด 220V
2. สำหรับฝั่งของชุด Push-Pull Inverter

ซึ่งแต่ละชุดจะถูกควบคุมโดยตรงจากไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความเสียหายจากไมโครคอนโทรลเลอร์เนื่องจากความต่างศักย์ของวงจร control(microcontroller) กับโหลดต่างกันมาก

ดังนั้นจึงต้องมีชุดอุปกรณ์ที่จะแยก 2 ระบบนี้ออกจากกัน(isolate)เพื่อป้องกันความเสียหายจากไมโครคอนโทรลเลอร์โดยจะใช้ Opto Couple ในการ isolate



รูปที่ 3.11 แสดงวงจรสวิตช์สับเปลี่ยน (static switches)

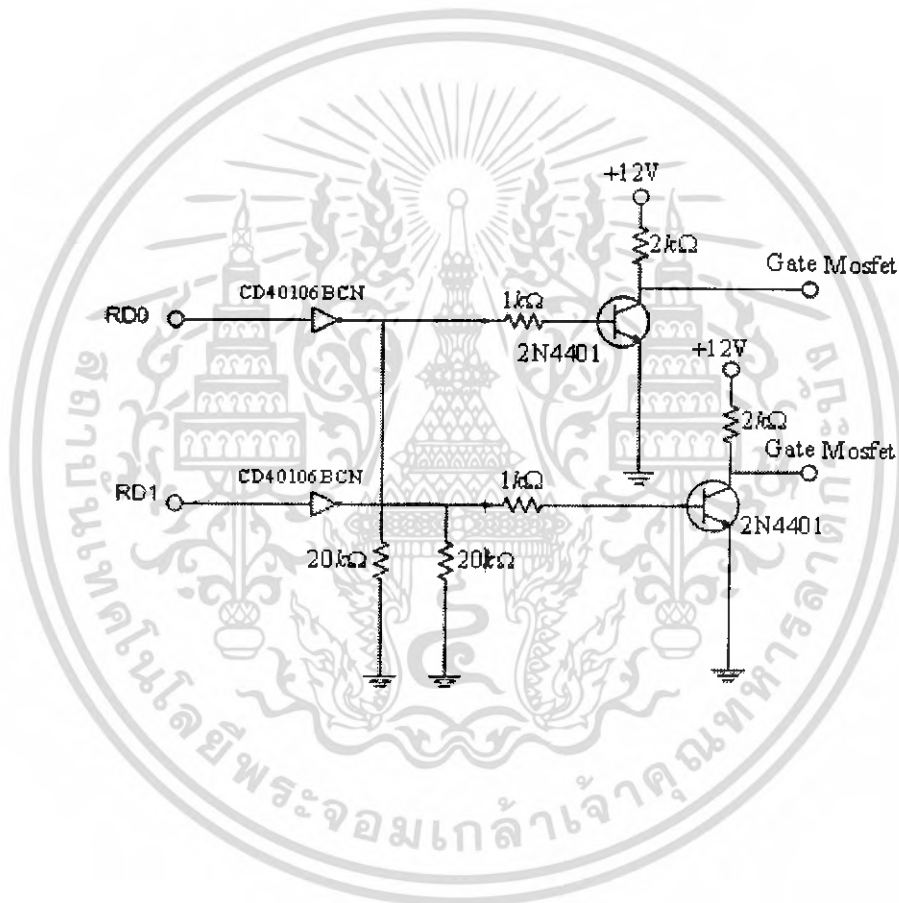
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วงจรขับและแสดงผลการทำงาน

วงจรขับและแสดงผลการทำงาน สัญญาณที่ได้นั้นมาจากการประมวลผลของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อนจะถูกผ่านเข้า IC NOT GATE เบอร์ CD40106 CN เพื่อขยาย สัญญาณแบบ อินเวอร์ส (Inverse) ไปขับวงจรต่าง ๆ ดังนี้

3.6.1 วงจรขับ Mosfet

สัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ RD0 และ RD1 จะเป็นพัลส์ที่มีสัญญาณ กลับกันก่อนเข้าสู่ NOT GATE เพื่อขยายสัญญาณเข้าสู่ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N4401 ก่อนเข้า เกทของ Power Mosfet เบอร์ IRFZ 44 ซึ่งวงจรเป็นดังรูป

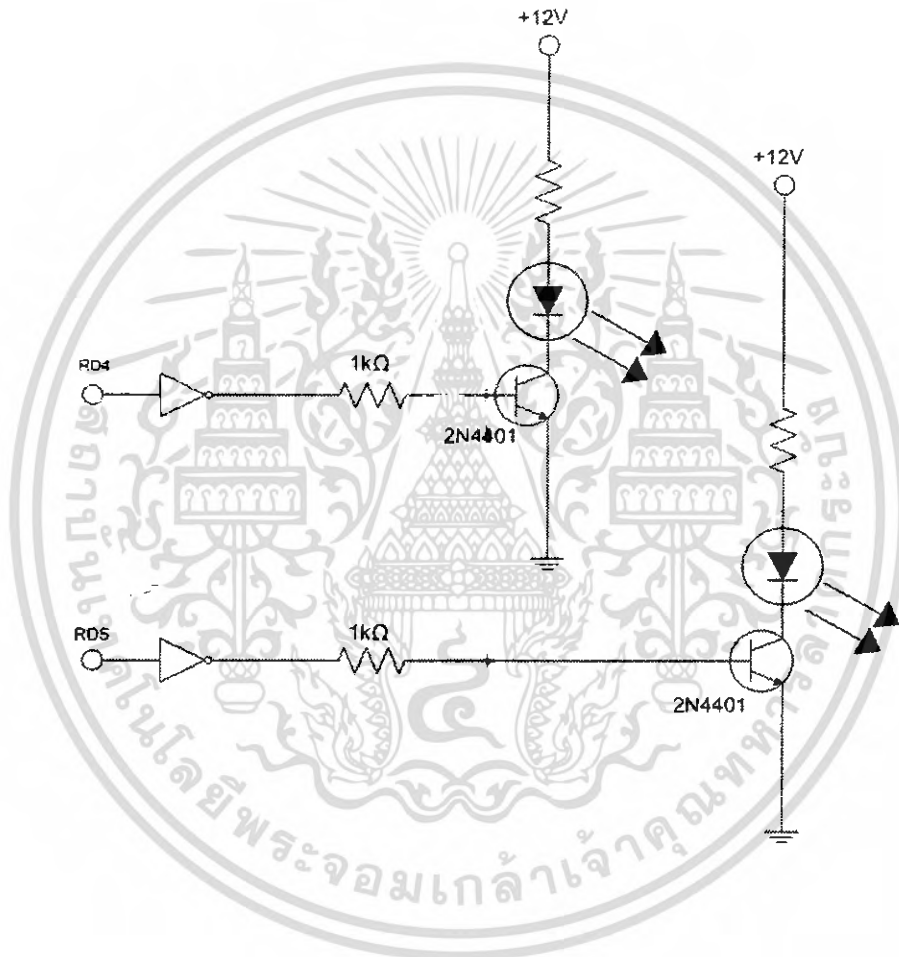


รูปที่ 3.12 แสดงวงจรขับ Power Mosfet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 วงจรส่วนของการแสดงผลการทำงาน

สัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ RD4-RD5 จะเข้าสู่ NOT GATE ก่อนที่จะส่งสัญญาณไปควบคุมหลอด LED เพื่อแสดงผลการทำงานต่างๆของสภาวะการทำงานโดยที่ RD4 จะควบคุมการแสดงผลการทำงานของระบบไฟไลน์ (Line) ส่วน RD5 จะควบคุมการแสดงผลการทำงานของระบบสำรองไฟฟ้า (Back up) โดยวงจรจะแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 3.13 แสดงวงจรแสดงผลการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จุดประสงค์ในการทดลอง

1. เพื่อทดลองเครื่องต้นแบบที่ทำการสร้างขึ้นมา
2. เพื่อทำการจ่ายภาระได้ในสภาวะปกติและผิดปกติ
3. เปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นกับความเป็นจริง
4. เพื่อรวบรวมผลการทดลองเพื่อทำการปรับปรุงต่อไป

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบปรับค่าได้ (Variac) ขนาด 5A ,0-260 V.
2. แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง (UPS)
3. ภาระเป็นหลอดไฟแบบหลอดไส้ 100 วัตต์ จำนวน 4 หลอด
4. แอมป์มิเตอร์ ขนาด 3 Aac
5. โวลท์มิเตอร์ 0-250 Vac
6. ออสซิลโลสโคป
7. คอมพิวเตอร์



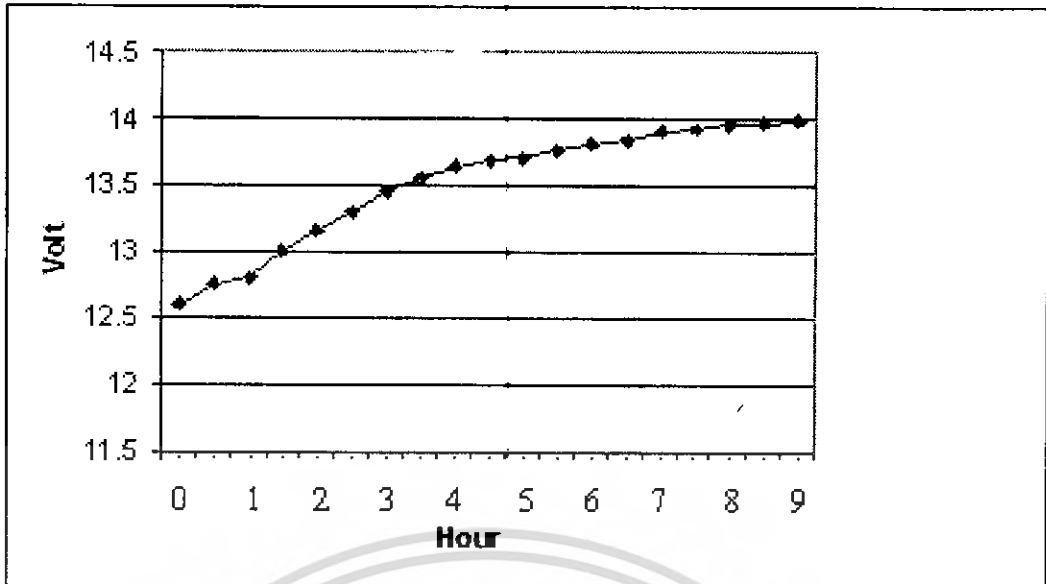
4.1 ผลการทดลองในส่วนของการอัดประจุแบตเตอรี่

การเปรียบเทียบแรงดันและกระแสขณะทำการอัดประจุกับระยะเวลาในการอัดประจุ ซึ่งผลการทดลอง แรงดันแบตเตอรี่ และกระแสชาร์จเทียบกับเวลาจะมีค่าตามตาราง

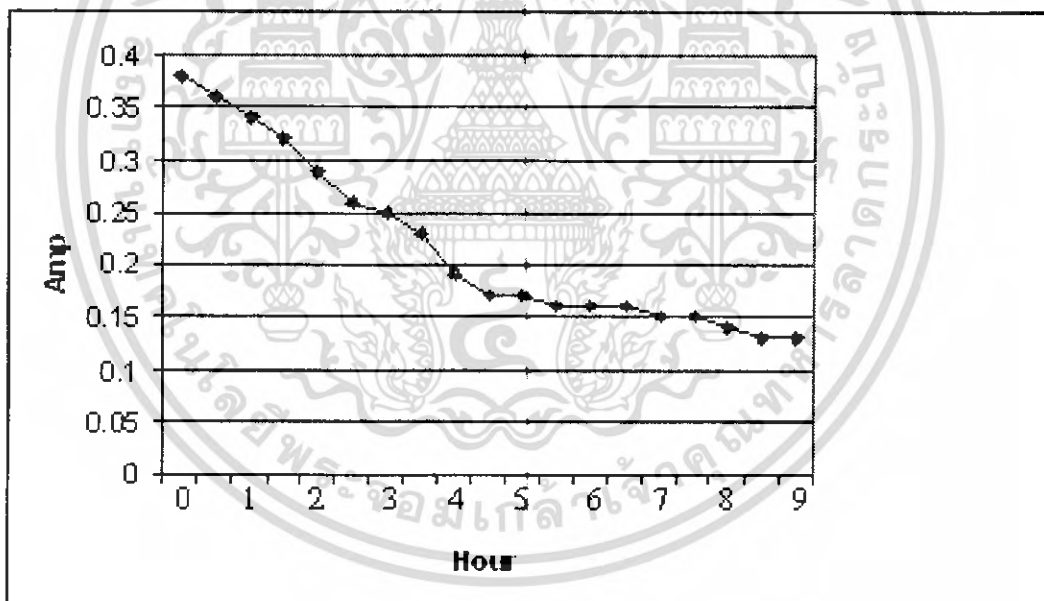
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองในส่วนของการอัดประจุแบตเตอรี่

ระยะเวลา (นาที)	แรงดัน (V)	กระแส (A)
0	12.60	0.38
30	12.75	0.36
60	12.80	0.34
90	13.00	0.32
120	13.15	0.29
150	13.30	0.26
180	13.45	0.25
210	13.55	0.23
240	13.64	0.19
270	13.68	0.17
300	13.70	0.17
330	13.76	0.16
360	13.81	0.16
390	13.85	0.16
420	13.90	0.15
450	13.92	0.15
480	13.95	0.14
510	13.97	0.13
540	13.98	0.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



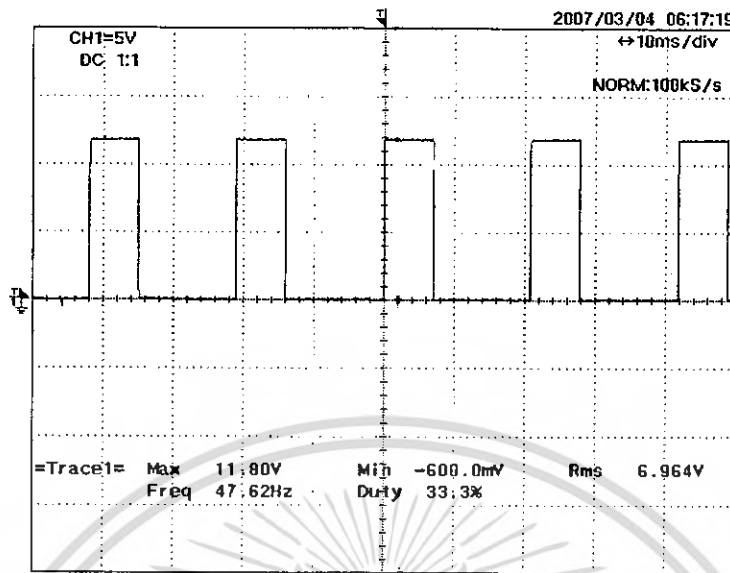
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงแรงดันในการอัดประจุเทียบกับระยะเวลา



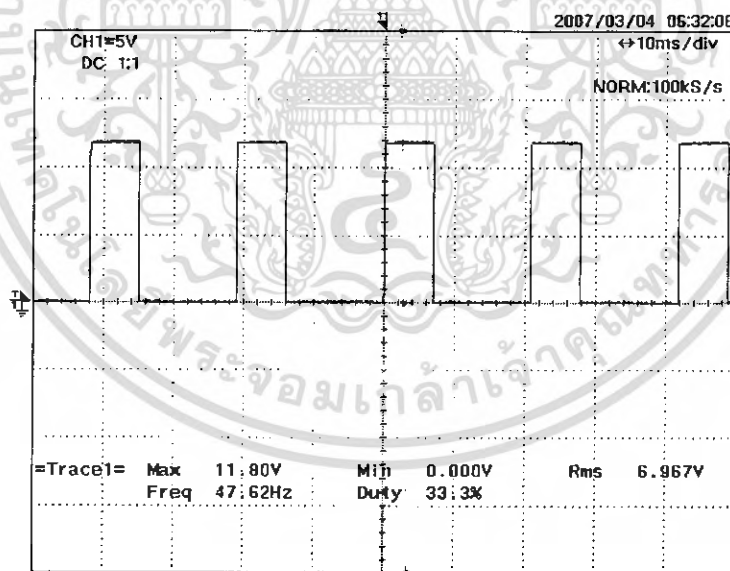
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงกระแสในการอัดประจุเทียบกับระยะเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองในส่วนของการสำรองไฟฟ้า (Back up)

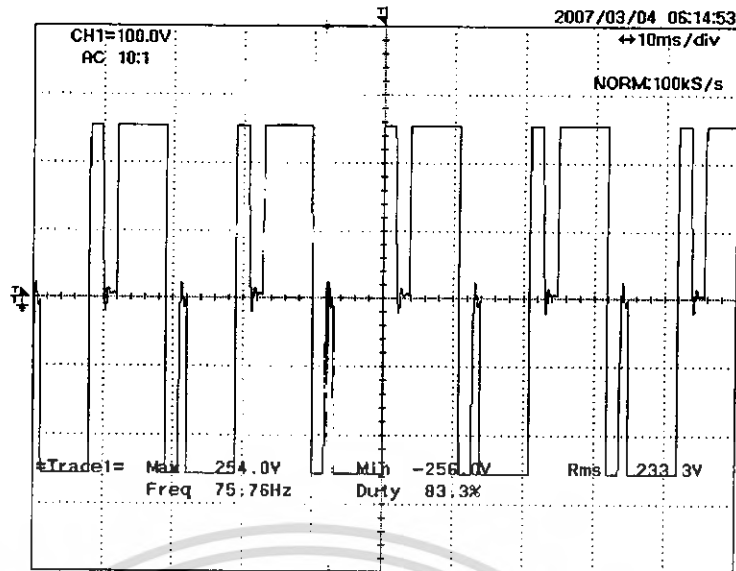


รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณขั้วมอสเฟตขณะไม่มีภาระที่ไม่มีมีการป้อนกลับ

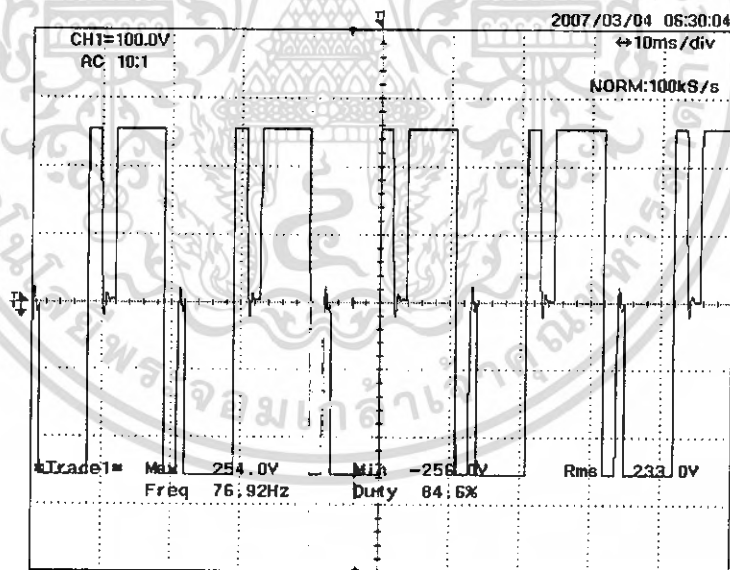


รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณขั้วมอสเฟตขณะไม่มีภาระที่มีมีการป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

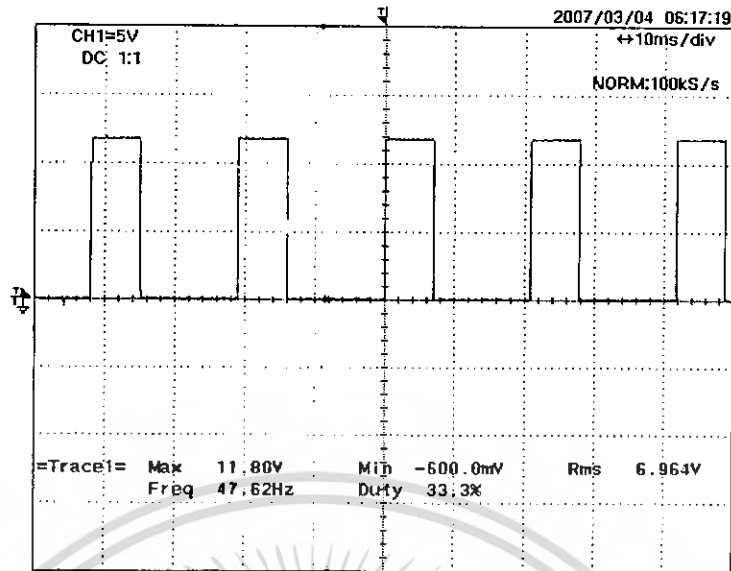


รูปที่ 4.5 แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะไม่มีภาระที่ไม่มี การป้อนกลับ

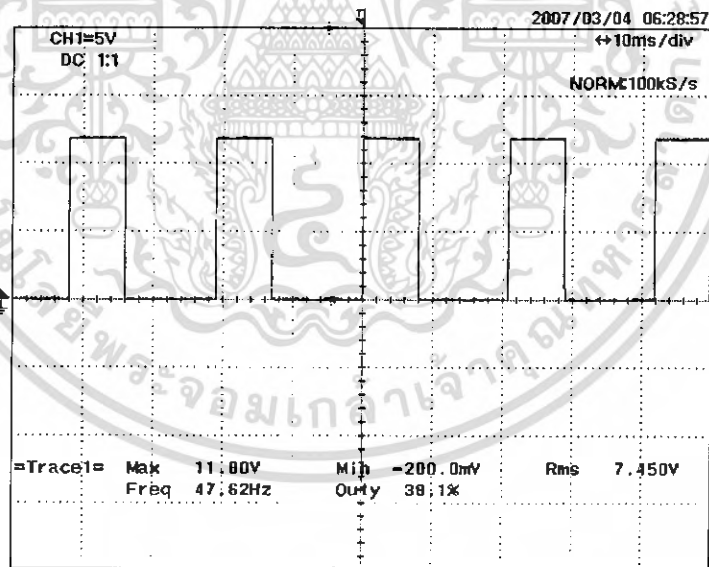


รูปที่ 4.6 แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะไม่มีภาระที่มี การป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

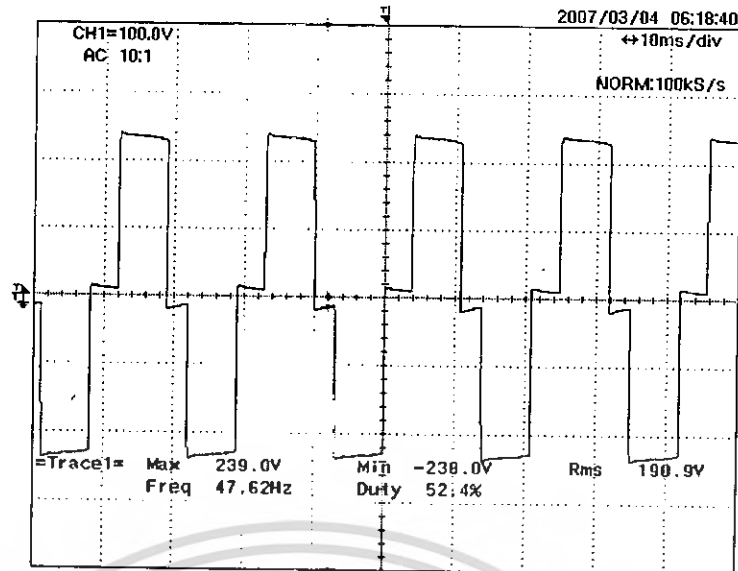


รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณขับมอเตอร์ขณะจ่ายภาระที่ 100 VA PF. 1.0 ที่ไม่มีการป้อนกลับ

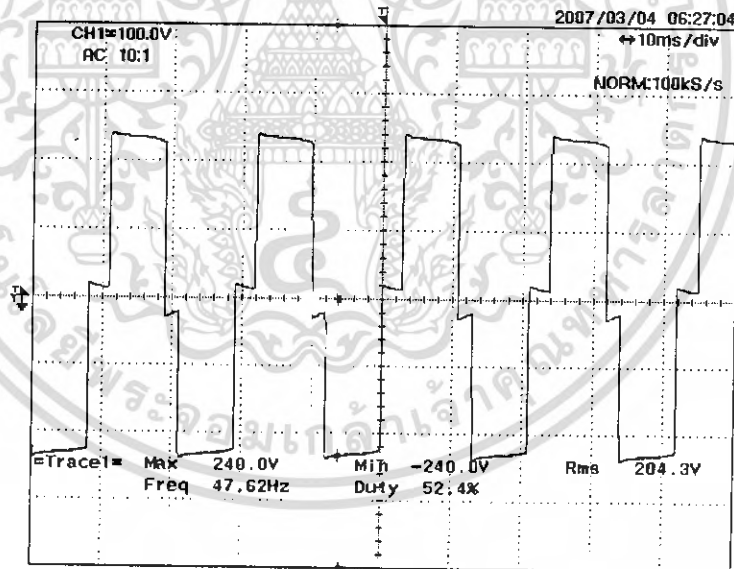


รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณขับมอเตอร์ขณะจ่ายภาระที่ 100 VA PF. 1.0 ที่มีการป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

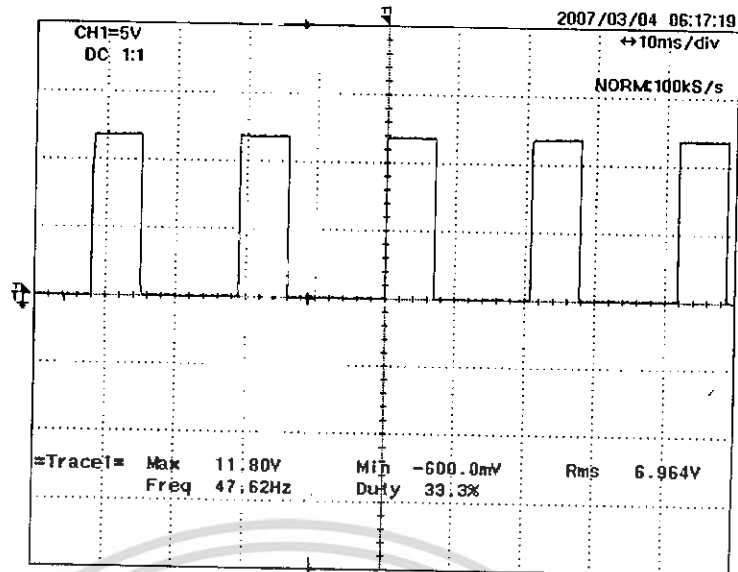


รูปที่ 4.9 แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระที่ 100 VA PF. 1.0 ที่ไม่มีการป้อนกลับ

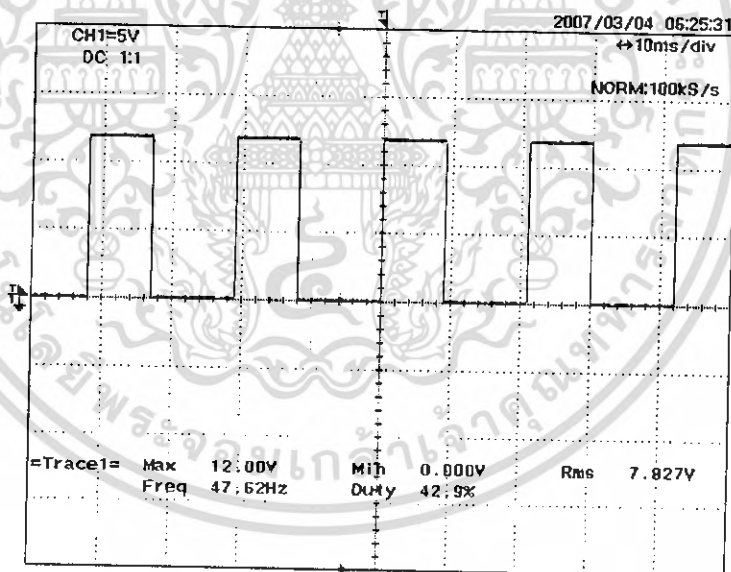


รูปที่ 4.10 แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระที่ 100 VA PF. 1.0 ที่มีการป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

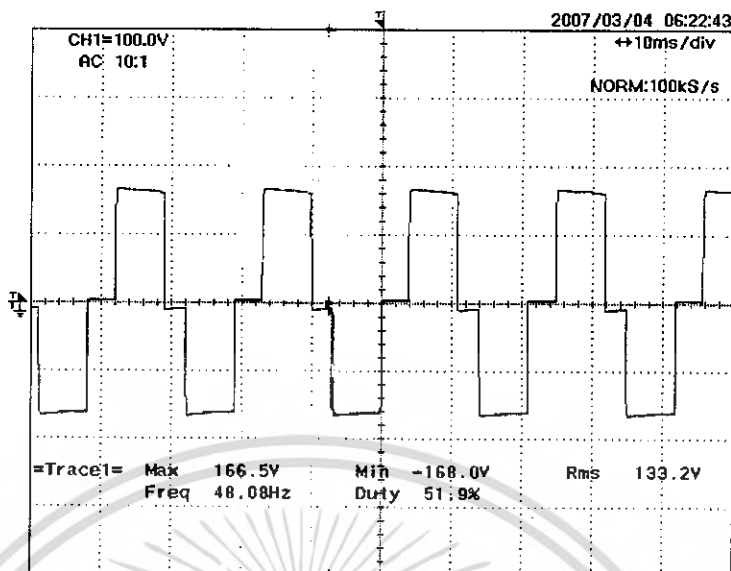


รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณขับมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสที่ 200 VA PF. 1.0 ที่ไม่มีการป้อนกลับ

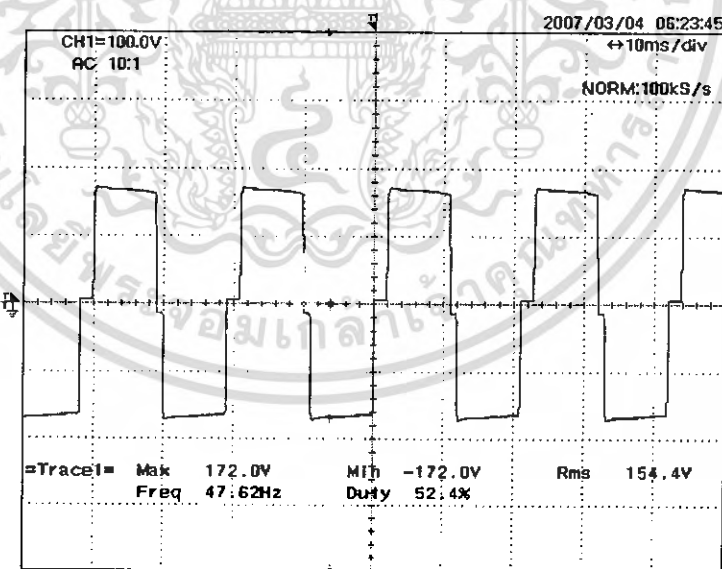


รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณขับมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสที่ 200 VA PF. 1.0 ที่มีการป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

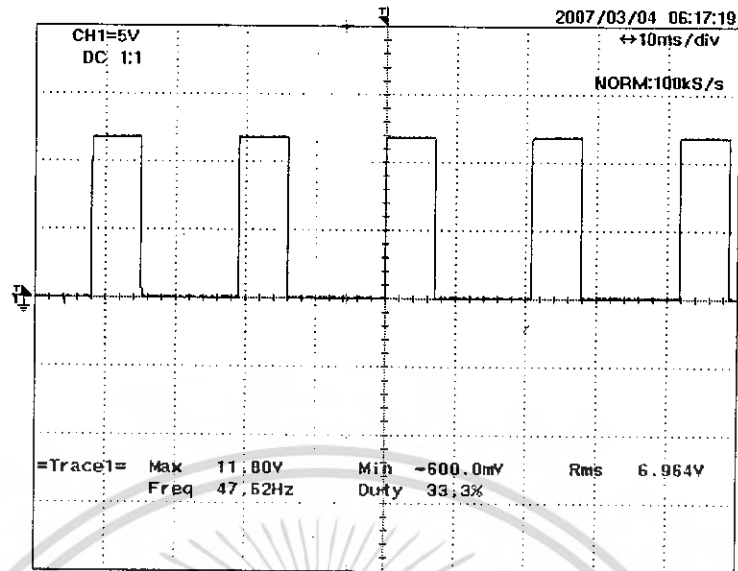


รูปที่ 4.13 แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระที่ 200 VA PF. 1.0 ที่ไม่มีการป้อนกลับ

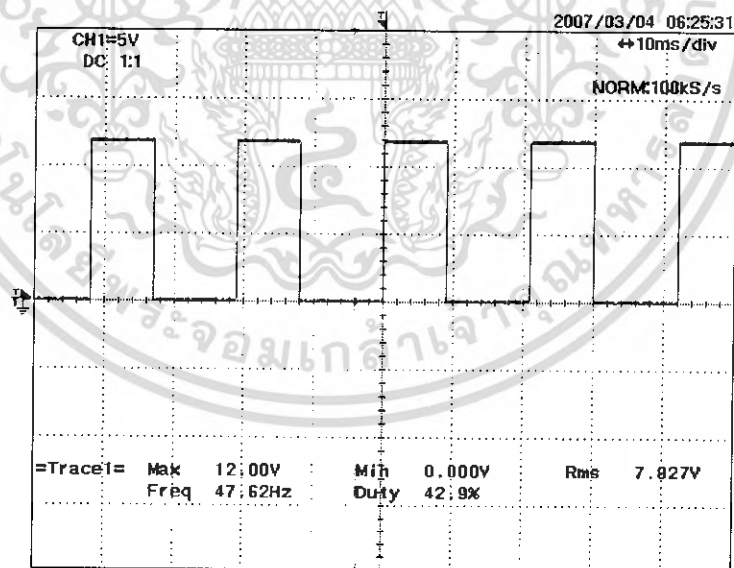


รูปที่ 4.14 แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระที่ 200 VA PF. 1.0 ที่มี การป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

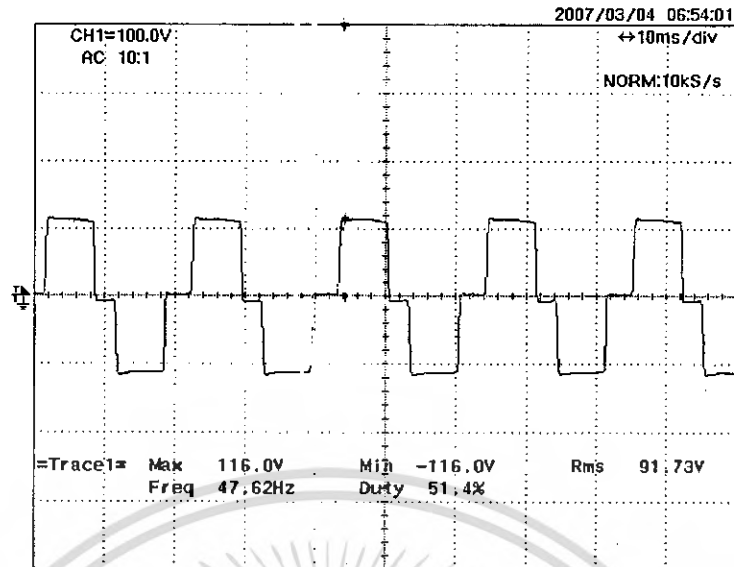


รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณขับมอเตอร์เฟดขณะจ่ายภาระที่ 300 VA PF. 1.0 ที่ไม่มีการป้อนกลับ

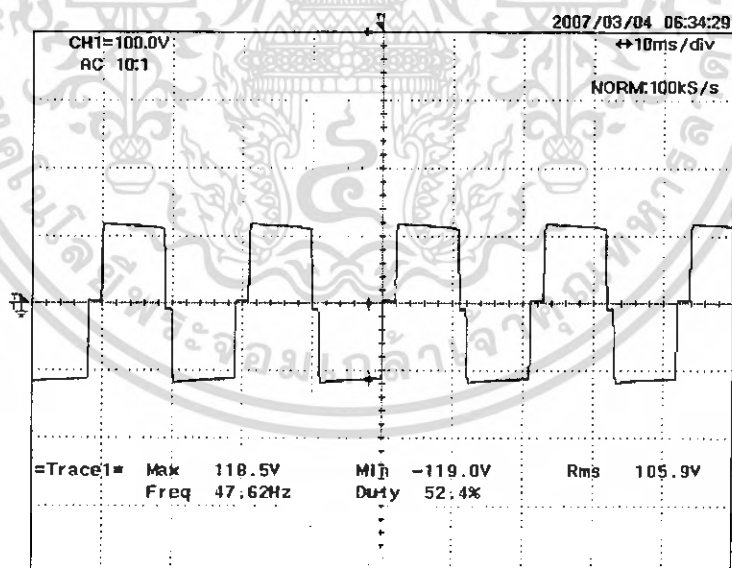


รูปที่ 4.16 แสดงสัญญาณขับมอเตอร์เฟดขณะจ่ายภาระที่ 300 VA PF. 1.0 ที่มีการป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

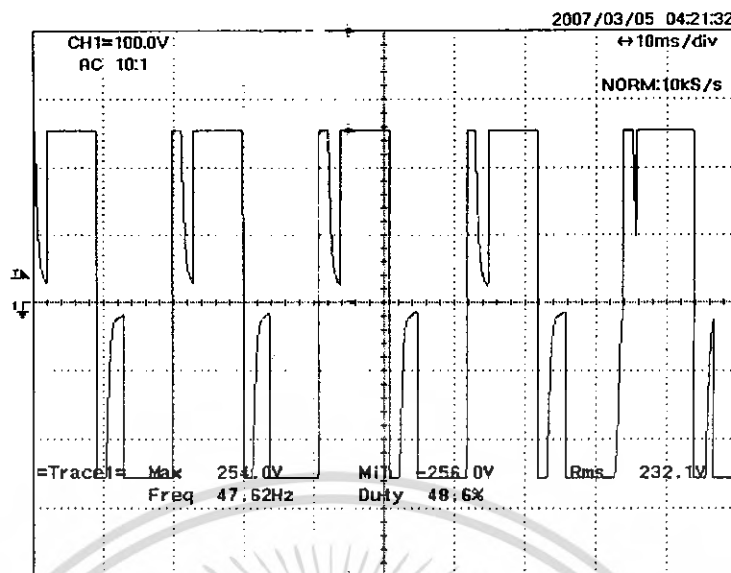


รูปที่ 4.17 แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระที่ 300 VA PF. 1.0 ที่ไม่มีการป้อนกลับ

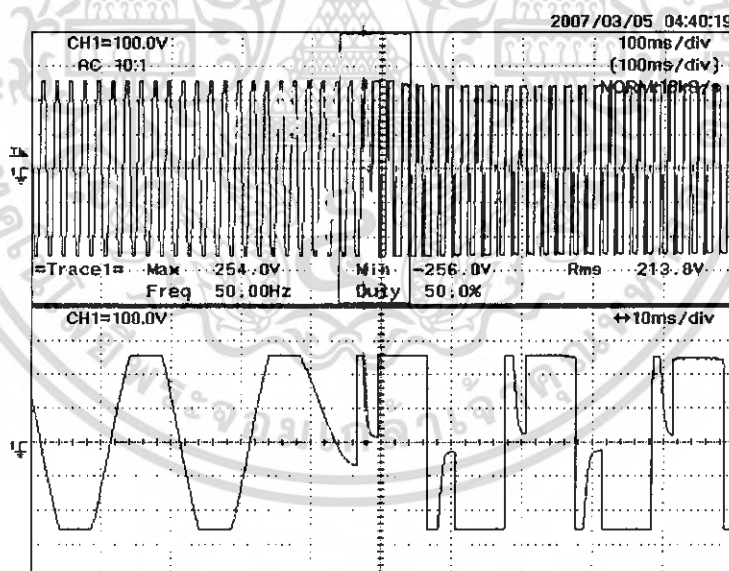


รูปที่ 4.18 แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระที่ 300 VA PF. 1.0 ที่มีการป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

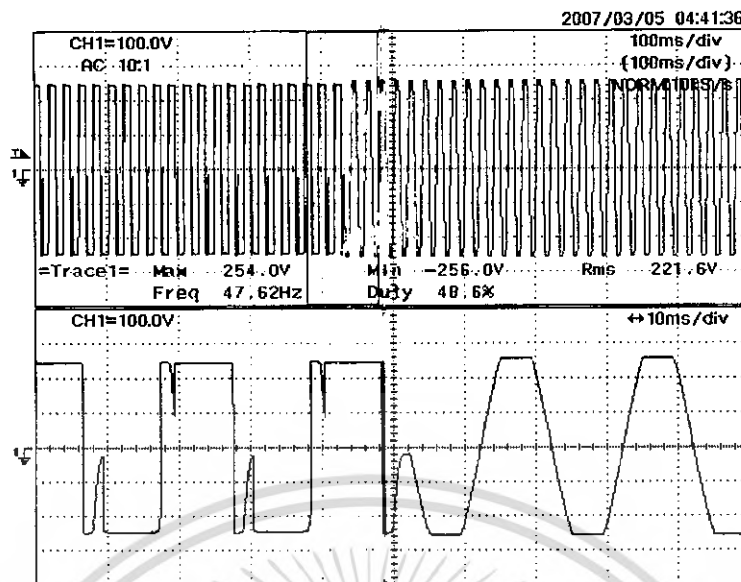


รูปที่ 4.19 แสดงรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระคอมพิวเตอรื์



รูปที่ 4.20 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเมื่อเปลี่ยนสภาวะจากระบบไฟฟ้ามาเป็นอินเวอร์เตอร์ที่ภาระคอมพิวเตอรื์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเมื่อเปลี่ยนสภาวะจากอินเวอร์เตอร์
มาเป็นระบบไฟฟ้าที่การะคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Voltage regulation

$$V = \frac{(V_s - V_L)}{V_L} \times 100 \quad (4.1)$$

V = Voltage regulation in percent

V_L = Voltage across load

V_s = Voltage at source

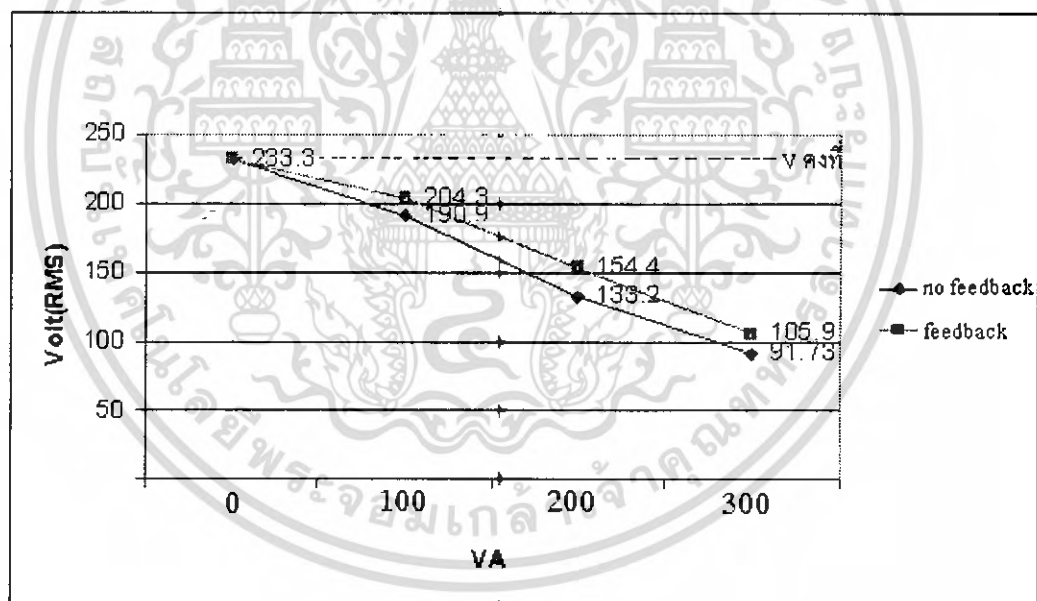
-ขณะที่มีการป้อนกลับ

ที่ภาระ 100 VA = 14.04%

ที่ภาระ 200 VA = 50.90%

ที่ภาระ 300 VA = 120.01%

ที่ภาระคอมพิวเตอรื = 5.42%



รูปที่ 4.22 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า VA ของภาระกับแรงดันที่ตกคร่อมภาระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิเคราะห์และสรุปผลของโครงการ

จากการทดลองพบว่าส่วนต่างๆของวงจรส่วนใหญ่จะถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะมีการทำงานที่แน่นอนและรวดเร็ว ซึ่งเป็นจุดเด่นของโครงการนี้และการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังช่วยในการออกแบบฮาร์ดแวร์ได้ง่าย และการใช้สวิตช์สับเปลี่ยนจะใช้ TRIAC เพราะตอบสนองต่อสัญญาณได้สูงและไม่มีปัญหาในเรื่องของหน้าสัมผัสเหมือนรีเลย์ การทำงานของระบบ LINEการไฟฟ้าและ INVERTER สามารถทำงานร่วมกันอย่างลงตัวซึ่งสามารถที่จะจ่ายโหลดคอมพิวเตอรืได้ และการทำงานของวงจรต่างๆก็ทำงานได้เป็นอย่างดี

5.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงการ

1. เนื่องจากวงจรตรวจสอบที่ใช้ในโครงการเป็นอะนาลอก ใช้ส่งสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นในช่วงจ่ายไฟให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรตรวจสอบวงจรตรวจสอบจะส่งสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ล่าช้ากว่าการส่งสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์
2. การเริ่มทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์จะมีกระแสสูงจากแบตเตอรี่ บางครั้งทำให้ฟิวส์ AC 40 A. ขาดจึงเปลี่ยนมาเป็นฟิวส์ DC แทนจึงใช้ได้
3. การทำงานของการเปลี่ยนสถานะการทำงานของระบบไฟฟ้าปกติไปวงจรอินเวอร์เตอร์ โดยที่ระบบไฟไลน์การไฟฟ้าดับ การสั่งงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่เสถียรอยู่ครู่หนึ่งจึงสั่งงานปกติได้ โดยเป็นสาเหตุให้วงจรอินเวอร์เตอร์ทำงานไม่เสถียร เกิดกระแสเริ่มสตาร์ทสูงซึ่งถูกส่งมาจากแบตเตอรี่ จึงเป็นอันตรายได้
4. เมื่อทำการจ่ายภาระโดยใช้อินเวอร์เตอร์แล้วแรงดันด้านจ่ายภาระจะตกลงค่อนข้างมากเมื่อภาระมากขึ้น เนื่องมาจากหม้อแปลงมี Voltage regulation ที่ค่อนข้างต่ำ และพันหม้อแปลงเมื่อแรงดันตกไว้ไม่เพียงพอ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ญัฐพล วงศ์สุนทรชัย และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, "เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์PIC16F877", บริษัท อินโนไวต์ฟ อี็กเพอร์เมนต์ จำกัด.
- [2] สุวัฒน์ ตัน , "เทคนิคและการออกแบบสวิตซ์ชิงเพาเวอร์ซัพพลาย", พิมพ์ครั้งที่ 2, บริษัทเอนเทลไทย จำกัด, มิถุนายน 2538
- [3] มงคล ทองสงคราม , "อิเล็กทรอนิกส์กำลัง" , พิมพ์ครั้งที่ 3 ห้างหุ้นส่วน จำกัด วี.เจ.พรีนติ้ง, พฤศจิกายน 2540
- [4] นายจිරศักดิ์ สวัสดิ์นที และคณะ , "แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง", ปรียญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2545.



ภาคผนวก

จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. ในส่วนของฮาร์ดแวร์

- แสดงรูปวงจรมินิคอมพิวเตอร์
- แสดงรูปวงจรมไมโครคอนโทรลเลอร์
- แสดงรูปวงจรรีเลย์กระแสและอัดประจุแบตเตอรี่
- แสดงรูปวงจรถวายสอบแรงดัน
- แสดงรูปวงจรสวิตช์สับเปลี่ยน (Static switches)
- แสดงรูปวงจรมอเตอร์
- แสดงรูปวงจรรวม

2. ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

- แสดงโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

3. ในส่วนของรายละเอียดของอุปกรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ในส่วนของฮาร์ดแวร์

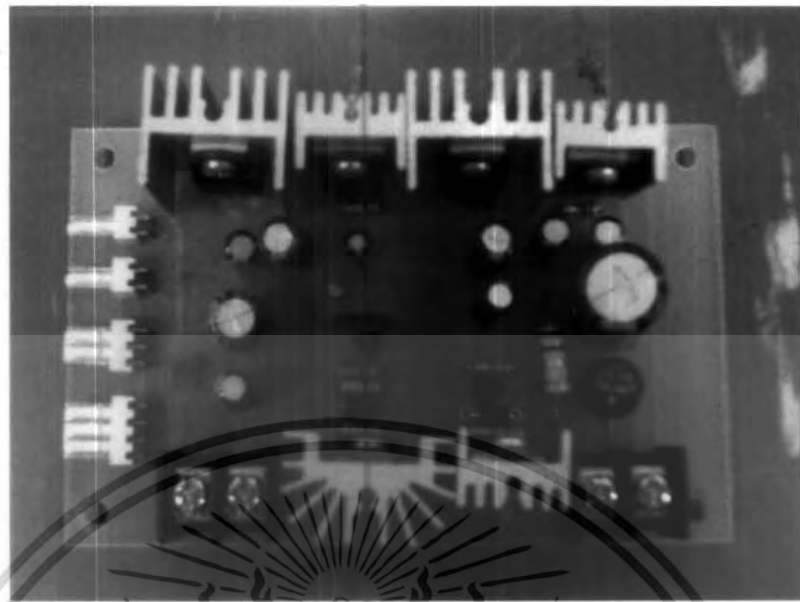


รูปวงจรมอเตอร์

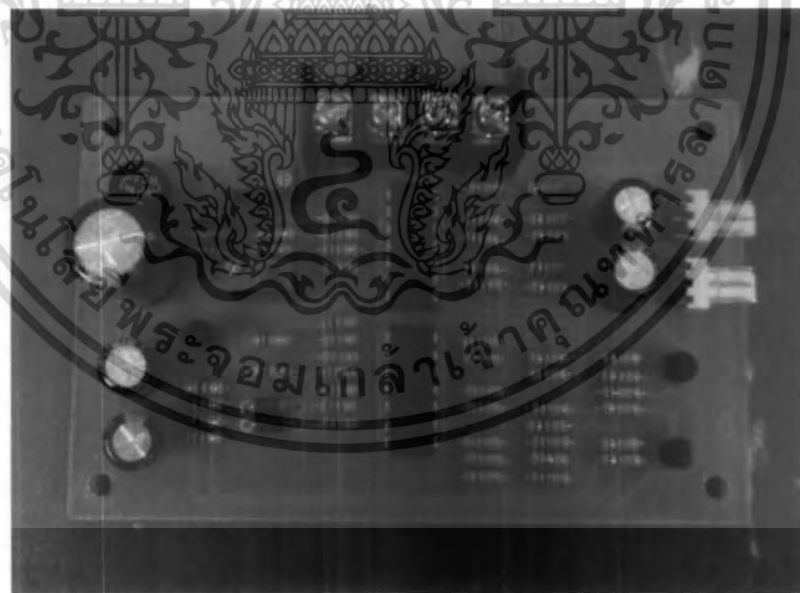


รูปวงจรมอเตอร์คอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

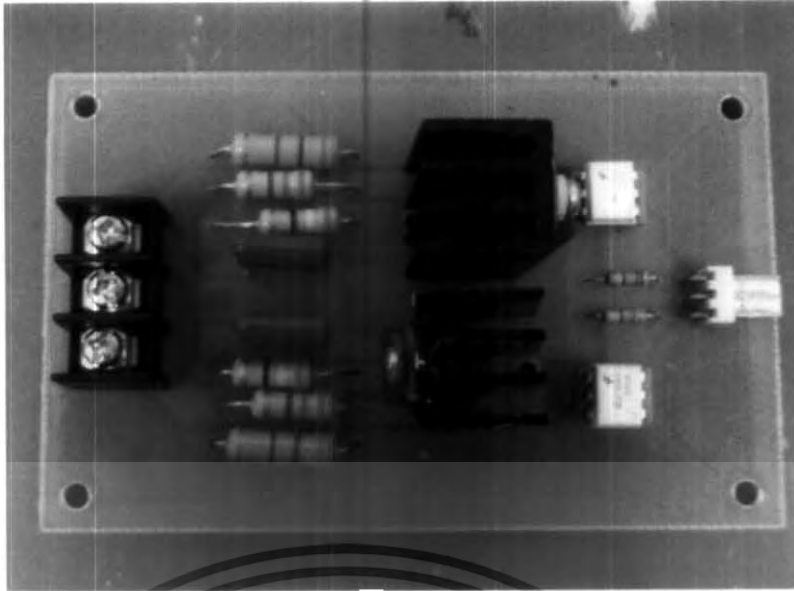


รูปวงจรเรียงกระแสและอัดประจุแบตเตอรี่



รูปวงจรตรวจสอบแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปวงจรสวิตช์สับเปลี่ยน (Static switches)



รูปวงจรป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุมแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง

//Uninterruptible Power Supply Program with C compiler//

#define _PIC16F877_

#include <16F877.h>

#define CLOCK_SP 4000000

#fuses HS

#fuses NOLVP,NOWDT

#fuses NOPROTECT

#device ADC=10

#use delay (clock=4000000)

#use fast_io(A)

#use fast_io(D)

#use fast_io(B)

#use fast_io(C)

#define Vbe 0.0048875855327468230694037145650049

//inverter//

void td10(void) {

output_high(PIN_D0);

delay_ms(9);

output_low(PIN_D0);

delay_ms(1);

output_high(PIN_D1);

delay_ms(9);

output_low(PIN_D1);

delay_ms(1);

}

void td20(void) {

output_high(PIN_D0);

delay_ms(8);

output_low(PIN_D0);

```

    delay_ms(2);
    output_high(PIN_D1);
    delay_ms(8);
    output_low(PIN_D1);
    delay_ms(2);
}

void td30(void) {
    output_high(PIN_D0);
    delay_ms(7);
    output_low(PIN_D0);
    delay_ms(3);
    output_high(PIN_D1);
    delay_ms(7);
    output_low(PIN_D1);
    delay_ms(3);
}

void main(void) {
    int16 value;
    float volt;
    set_tris_d(0x00);
    set_tris_c(0x0F);
    set_tris_b(0x0F);
    setup_port_a(ALL_ANALOG);
    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
    set_adc_channel(0);

    while(TRUE) {
        value = Read_ADC();
        volt = Vbe * (float) value;
        if(input(PIN_B1)==0) {
            if((volt<=5)&&(volt>=4.4))
                td30();
        }
    }
}

```

```

    if((volt<=4.4)&&(volt>=3.6))
    td20();
    if((volt<=3.6)&&(volt>=0))
    td10();
    output_high(PIN_D6);
    output_high(PIN_D3);
    output_high(PIN_C5);
    output_high(PIN_D5);
    output_low(PIN_D2);
    output_low(PIN_C4);
    output_low(PIN_D4);
}
if(input(PIN_B1)==1) {
    output_high(PIN_D2);
    output_high(PIN_C4);
    output_high(PIN_D4);
    output_low(PIN_D0);
    output_low(PIN_D1);
    output_low(PIN_D6);
    output_low(PIN_D3);
    output_low(PIN_C5);
    output_low(PIN_D5);
}
if(input(PIN_B2)==1) {
    output_low(PIN_D3);
    output_low(PIN_C5);
    output_low(PIN_D5);
    output_low(PIN_D0);
    output_low(PIN_D1);
}
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ในส่วนของรายละเอียดของอุปกรณ์

- 1N4001
- 2N4401
- CD40106BC
- IRFZ44N
- LM317
- LM324
- LM339
- LM7805 , LM7812
- MOC3081
- Q6004L4
- TIP127



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1N4001 - 1N4007

Features

- Low forward voltage drop.
- High surge current capability.



DO-41
COLOR BAND DENOTES CATHODE

General Purpose Rectifiers

Absolute Maximum Ratings* T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V _{RRM}	Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
I _{F(AV)}	Average Rectified Forward Current, 375 " lead length @ T _A = 75°C	1.0							A
I _{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave	30							A
T _{stg}	Storage Temperature Range	-55 to +175							°C
T _J	Operating Junction Temperature	-55 to +175							°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
P _D	Power Dissipation	3.0	W
R _{θJA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient	50	°C/W

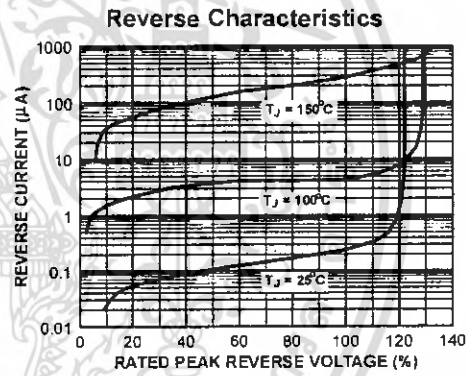
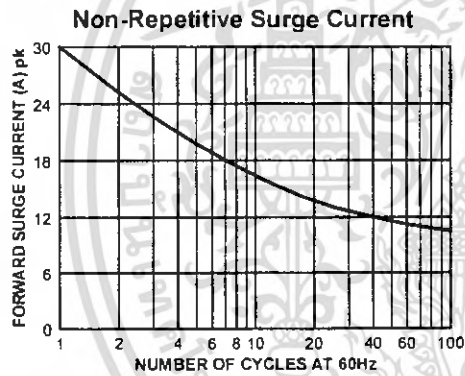
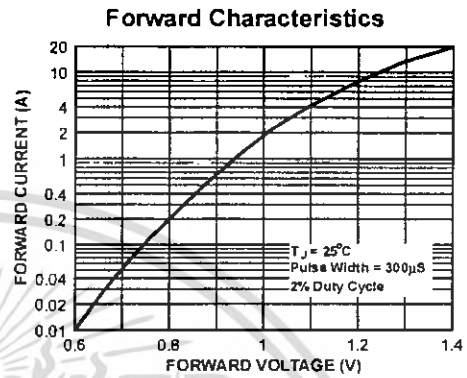
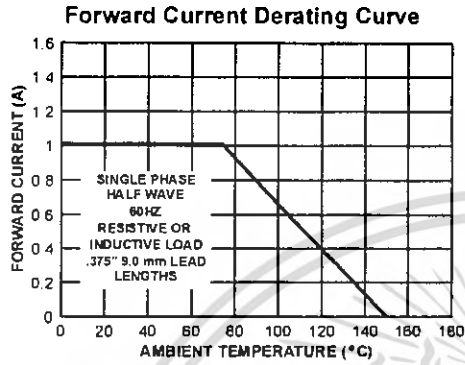
Electrical Characteristics T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Device							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V _F	Forward Voltage @ 1.0 A	1.1							V
I _r	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle T _A = 75°C	30							µA
I _R	Reverse Current @ rated V _R T _A = 25°C	5.0							µA
		500							µA
C _T	Total Capacitance V _R = 4.0 V, f = 1.0 MHz T _A = 100°C	15							pF

1N4001-1N4007, Rev. C1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™	FACT™	ImpliedDisconnect™	PACMAN™	SPM™
ActiveArray™	FACT Quiet Series™	ISOPLANAR™	POP™	Stealth™
Bottomless™	FAST®	LittleFET™	Power247™	SuperSOT™-3
CoolFET™	FASTr™	MicroFET™	PowerTrench®	SuperSOT™-6
CROSSVOLT™	FRFET™	MicroPak™	QFET™	SuperSOT™-8
DOMETM	GlobalOptoisolator™	MICROWIRE™	QS™	SyncFET™
EcoSPARK™	GTO™	MSX™	QT Optoelectronics™	TinyLogic®
E ² CMOS™	HiSeC™	MSXPro™	Quiet Series™	TruTranslation™
EnSigna™	PC™	OCX™	RapidConfigure™	UHC™
Across the board. Around the world.™		OCXPro™	RapidConnect™	UltraFET®
The Power Franchise™		OPTOLOGIC®	SILENT SWITCHER®	VCX™
Programmable Active Droop™		OPTOPLANAR™	SMART START™	

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

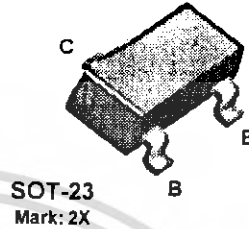
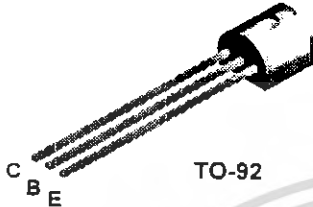
Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

Rev. 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2N4401

MMBT4401



NPN General Purpose Amplifier

This device is designed for use as a medium power amplifier and switch requiring collector currents up to 500 mA.

Absolute Maximum Ratings*

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V _{CEO}	Collector-Emitter Voltage	40	V
V _{CBO}	Collector-Base Voltage	60	V
V _{EBO}	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I _C	Collector Current - Continuous	600	mA
T _J , T _{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max		Units
		2N4401	*MMBT4401	
P _o	Total Device Dissipation	625	350	mW
	Derate above 25°C	5.0	2.8	mW/°C
R _{θJC}	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3		°C/W
R _{θJA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	357	°C/W

* Device mounted on FR-4 PCB 1.6" X 1.6" X 0.06"

NPN General Purpose Amplifier

(continued)

Electrical Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
OFF CHARACTERISTICS					
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage*	$I_C = 1.0 \text{ mA}, I_B = 0$	40		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 0.1 \text{ mA}, I_E = 0$	60		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 0.1 \text{ mA}, I_C = 0$	6.0		V
I_{BL}	Base Cutoff Current	$V_{CE} = 35 \text{ V}, V_{EB} = 0.4 \text{ V}$		0.1	μA
I_{CEX}	Collector Cutoff Current	$V_{CE} = 35 \text{ V}, V_{EB} = 0.4 \text{ V}$		0.1	μA
ON CHARACTERISTICS*					
h_{FE}	DC Current Gain	$I_C = 0.1 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 1.0 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 150 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 500 \text{ mA}, V_{CE} = 2.0 \text{ V}$	20 40 80 100 40	300	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 150 \text{ mA}, I_B = 15 \text{ mA}$ $I_C = 500 \text{ mA}, I_B = 50 \text{ mA}$		0.4 0.75	V V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 150 \text{ mA}, I_B = 15 \text{ mA}$ $I_C = 500 \text{ mA}, I_B = 50 \text{ mA}$	0.75	0.95 1.2	V V
SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS					
f_T	Current Gain - Bandwidth Product	$I_C = 20 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V},$ $f = 100 \text{ MHz}$	250		MHz
C_{cb}	Collector-Base Capacitance	$V_{CB} = 5.0 \text{ V}, I_E = 0,$ $f = 140 \text{ kHz}$		6.5	pF
C_{eb}	Emitter-Base Capacitance	$V_{BE} = 0.5 \text{ V}, I_C = 0,$ $f = 140 \text{ kHz}$		30	pF
h_{ie}	Input Impedance	$I_C = 1.0 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V},$ $f = 1.0 \text{ kHz}$	1.0	15	$k\Omega$
h_{re}	Voltage Feedback Ratio	$I_C = 1.0 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V},$ $f = 1.0 \text{ kHz}$	0.1	8.0	$\times 10^{-4}$
h_{fe}	Small-Signal Current Gain	$I_C = 1.0 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V},$ $f = 1.0 \text{ kHz}$	40	500	
h_{oe}	Output Admittance	$I_C = 1.0 \text{ mA}, V_{CE} = 10 \text{ V},$ $f = 1.0 \text{ kHz}$	1.0	30	μmhos
SWITCHING CHARACTERISTICS					
t_d	Delay Time	$V_{CC} = 30 \text{ V}, V_{EB} = 2 \text{ V},$		15	ns
t_r	Rise Time	$I_C = 150 \text{ mA}, I_{B1} = 15 \text{ mA}$		20	ns
t_s	Storage Time	$V_{CC} = 30 \text{ V}, I_C = 150 \text{ mA}$		225	ns
t_f	Fall Time	$I_{B1} = I_{B2} = 15 \text{ mA}$		30	ns

* Pulse Test. Pulse Width $\leq 300 \mu\text{s}$. Duty Cycle $\leq 2.0\%$

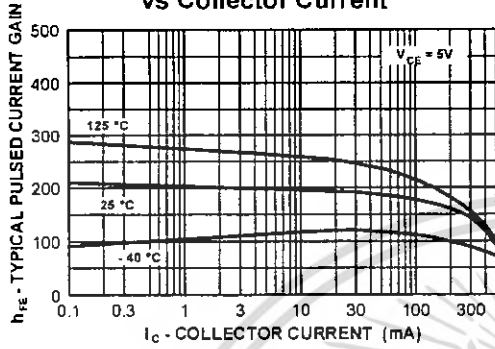
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NPN General Purpose Amplifier

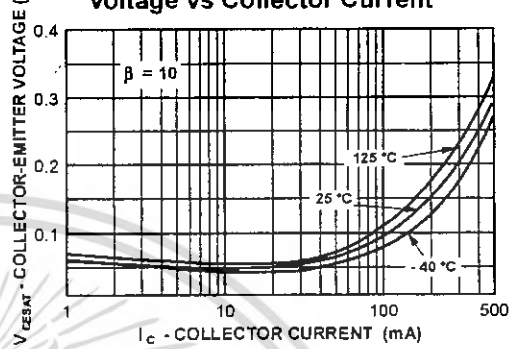
(continued)

Typical Characteristics

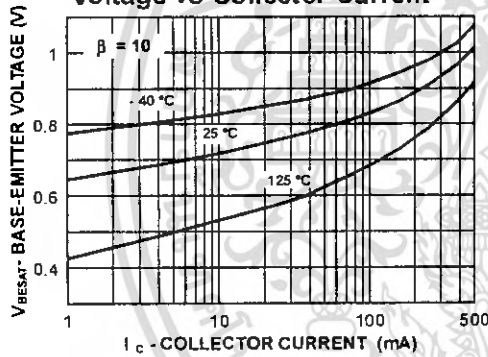
Typical Pulsed Current Gain vs Collector Current



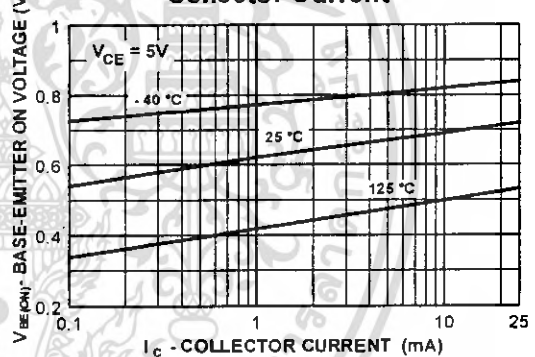
Collector-Emitter Saturation Voltage vs Collector Current



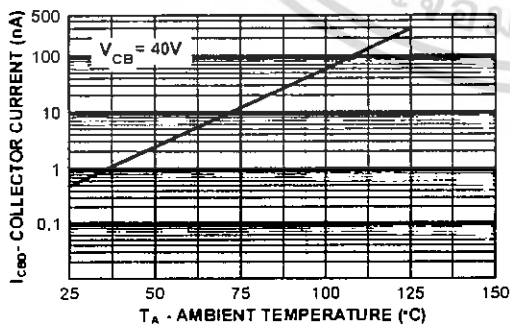
Base-Emitter Saturation Voltage vs Collector Current



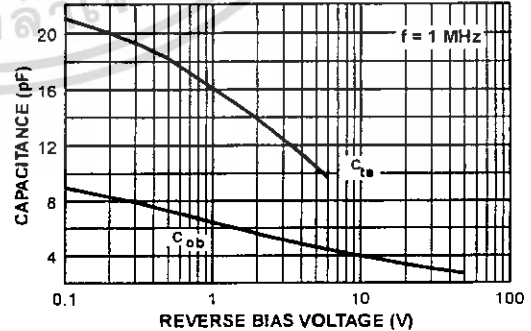
Base-Emitter ON Voltage vs Collector Current



Collector-Cutoff Current vs Ambient Temperature



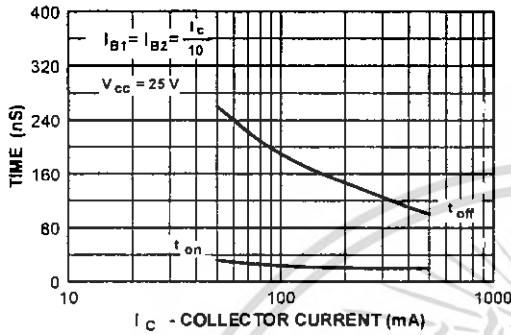
Emitter Transition and Output Capacitance vs Reverse Bias Voltage



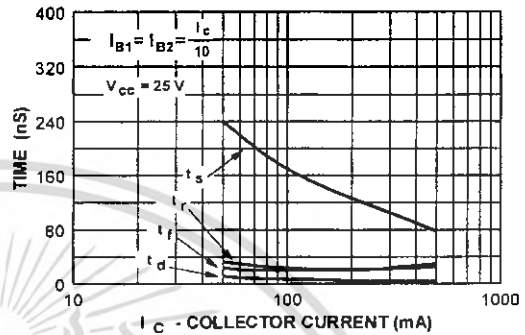
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics (continued)

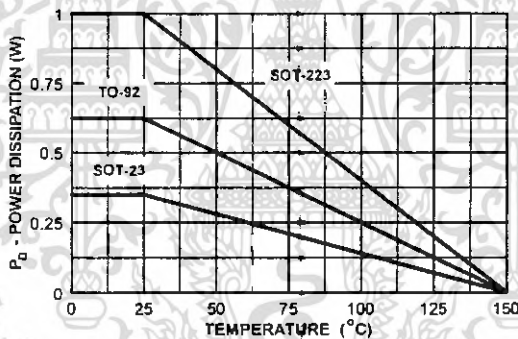
Turn On and Turn Off Times vs Collector Current



Switching Times vs Collector Current



Power Dissipation vs Ambient Temperature

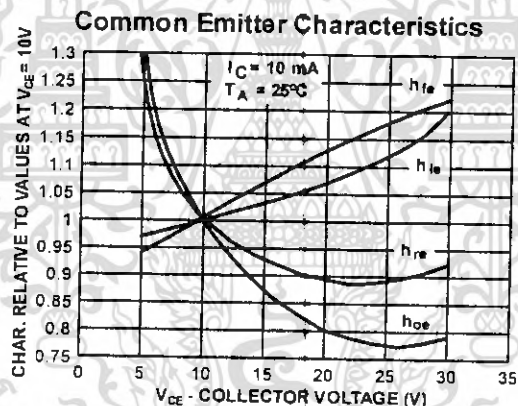
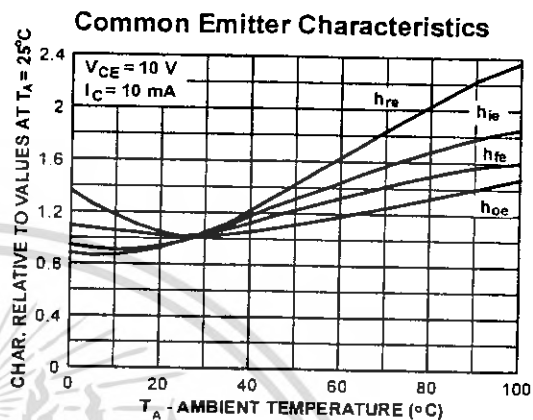
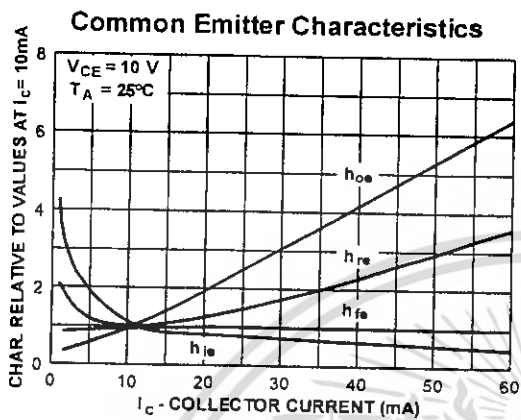


NPN General Purpose Amplifier

(continued)

2N4401 / MMBT4401

Typical Common Emitter Characteristics (f = 1.0kHz)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits

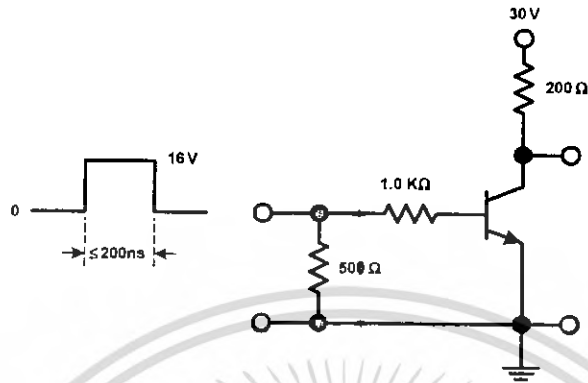


FIGURE 1: Saturated Turn-On Switching Timer

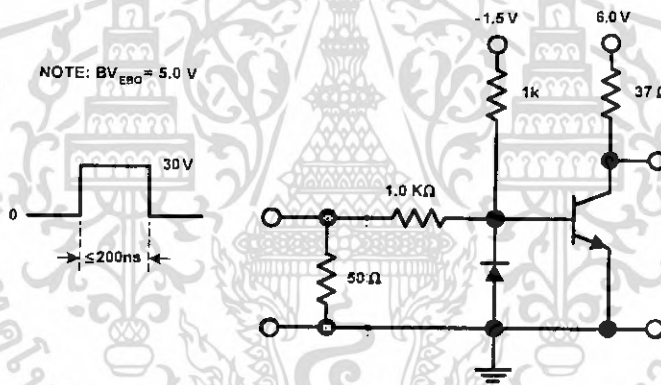


FIGURE 2: Saturated Turn-Off Switching Time

NOTE: $BV_{EBO} = 5.0\text{ V}$

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE ^x ™	FAST ^r ™	PowerTrench®	SyncFET™
Bottomless™	GlobalOptoisolator™	QFET™	TinyLogic™
CoolFET™	GTO™	QS™	UHC™
CROSSVOLT™	HiSeC™	QT Optoelectronics™	VCX™
DOVE™	ISOPLANAR™	Quiet Series™	
E ² CMOS™	MICROWIRE™	SILENT SWITCHER®	
EnSigna™	OPTOLOGIC™	SMART START™	
FACT™	OPTOPLANAR™	SuperSOT™-3	
FACT Quiet Series™	PACMAN™	SuperSOT™-6	
FAST®	POP™	SuperSOT™-8	

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or in Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

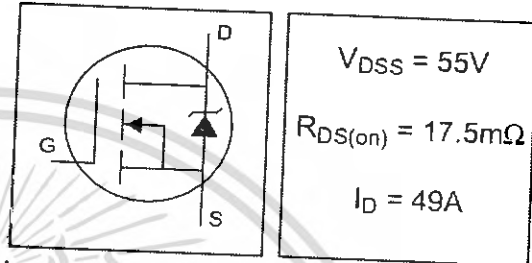
Rev G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRFZ44N

HEXFET® Power MOSFET

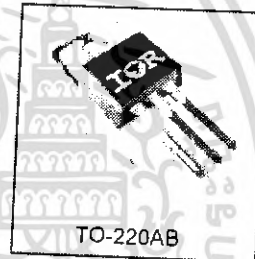
- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated



Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	49	A
$I_D @ T_C = 100^\circ\text{C}$	35	
I_{DM}	160	
$P_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	94	W
V_{GS}	0.63	W/°C
I_{AR}	± 20	V
E_{AR}	25	A
dv/dt	9.4	mJ
T_J	5.0	V/ns
T_{STG}	-55 to + 175	°C
	300 (1.6mm from case)	
	10 lbf·in (1.1N·m)	

Thermal Resistance

Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	—	1.5	°C/W
$R_{\theta CS}$	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	—	62	

www.irf.com

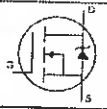
IRFZ44N

International
IR Rectifier

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

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	55	—	—	V	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.058	—	V/ $^\circ\text{C}$	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D = 1mA$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	17.5	m Ω	$V_{GS} = 10V, I_D = 25A$ ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu A$
g_{fs}	Forward Transconductance	19	—	—	S	$V_{DS} = 25V, I_D = 25A$ ④
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	$V_{DS} = 55V, V_{GS} = 0V$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{DS} = 44V, V_{GS} = 0V, T_J = 150^\circ\text{C}$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100	nA	$V_{GS} = 20V$ $V_{GS} = -20V$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	63	nC	$I_D = 25A$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	14	nC	$V_{DS} = 44V$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	23	nC	$V_{GS} = 10V$, See Fig. 6 and 13
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	12	—	ns	$V_{DD} = 28V$ $I_D = 25A$ $R_G = 12\Omega$ $V_{GS} = 10V$, See Fig. 10 ④
t_r	Rise Time	—	50	—	ns	
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	44	—	ns	
t_f	Fall Time	—	45	—	ns	
L_D	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	7.5	—	nH	
C_{iss}	Input Capacitance	—	1470	—	pF	$V_{DS} = 0V$
C_{oss}	Output Capacitance	—	360	—	pF	$V_{DS} = 25V$
C_{riss}	Reverse Transfer Capacitance	—	88	—	pF	$f = 1.0MHz$, See Fig. 5
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy ⑤	530	—	150	mJ	$I_{AS} = 25A, L = 0.47mH$

Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	49	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. 
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	160	A	
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.3	V	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = 25A, V_{GS} = 0V$ ②
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	63	95	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_F = 25A$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	173	260	nC	$di/dt = 100A/\mu s$ ③
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S + L_D$)				

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See fig. 11)
 ② Starting $T_J = 25^\circ\text{C}$. $L = 0.48mH$
 $R_G = 25\Omega$. $I_{AS} = 25A$. (See Figure 12)

③ $I_{SD} = 25A$, $dv/dt \leq 230A/\mu s$, $V_{DD} \leq V_{(BR)DSS}$,
 $T_J = 175^\circ\text{C}$

④ Pulse width $\leq 400\mu s$; duty cycle $\leq 2\%$.

⑤ This is a typical value at device destruction and represents operation outside rated limits.

⑥ This is a calculated value limited to $T_J = 175^\circ\text{C}$.

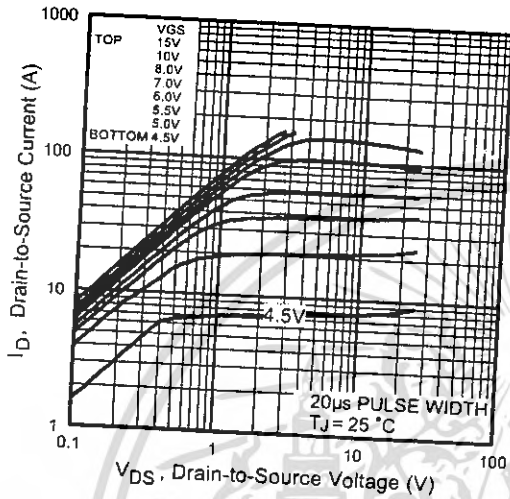


Fig 1. Typical Output Characteristics

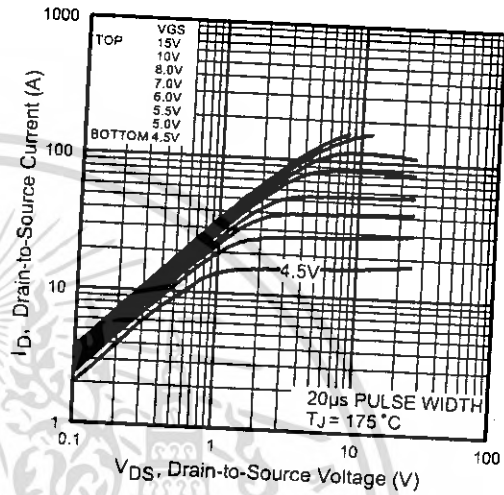


Fig 2. Typical Output Characteristics

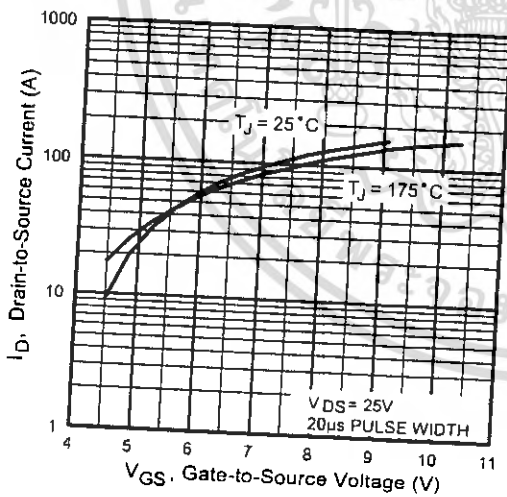


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

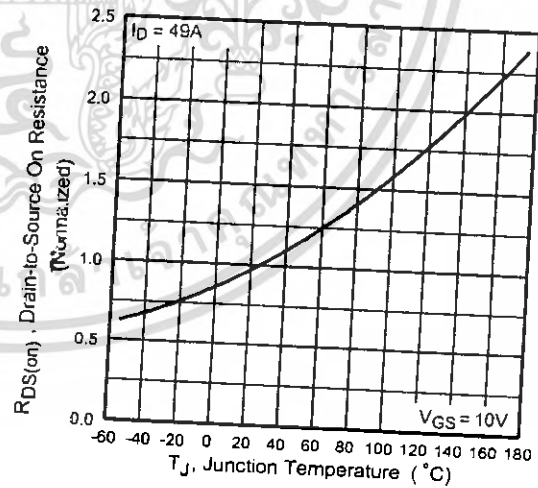


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

IRFZ44N

International
IR Rectifier

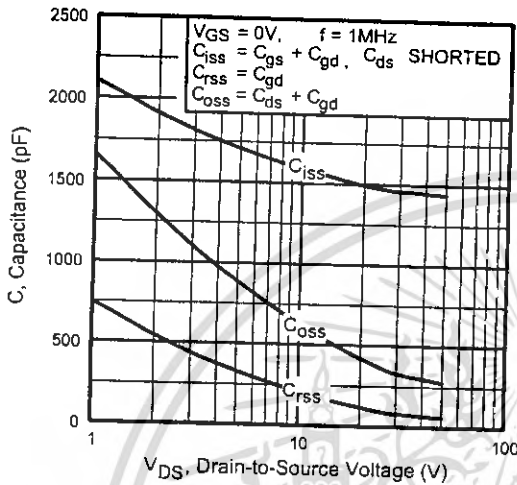


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

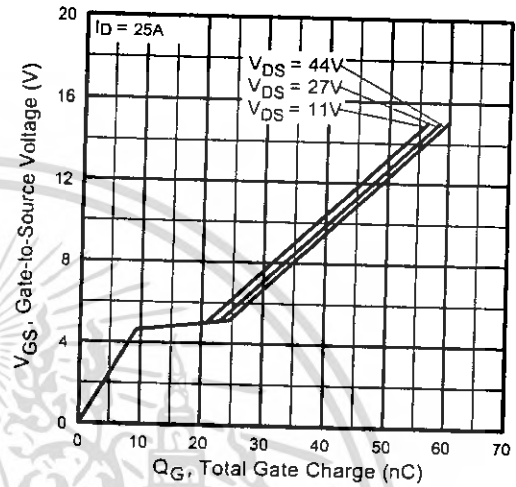


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

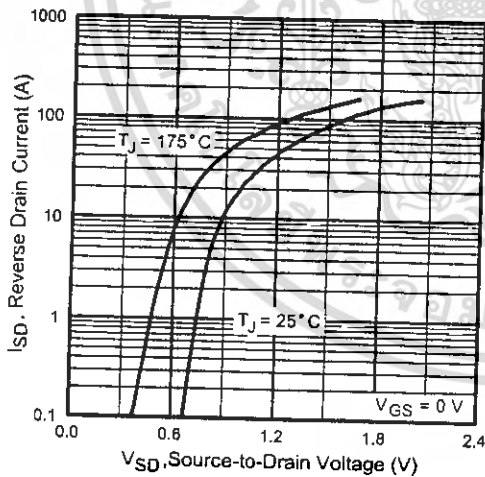


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

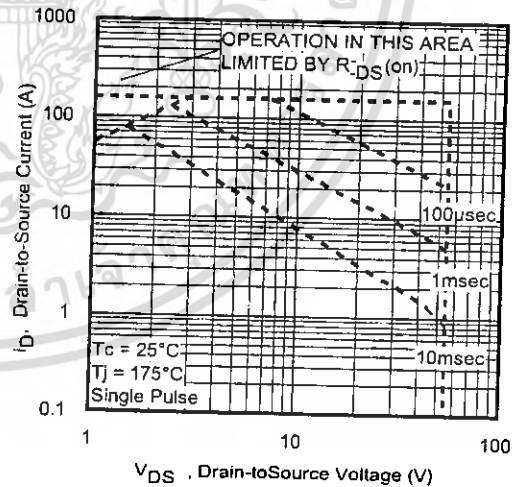


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

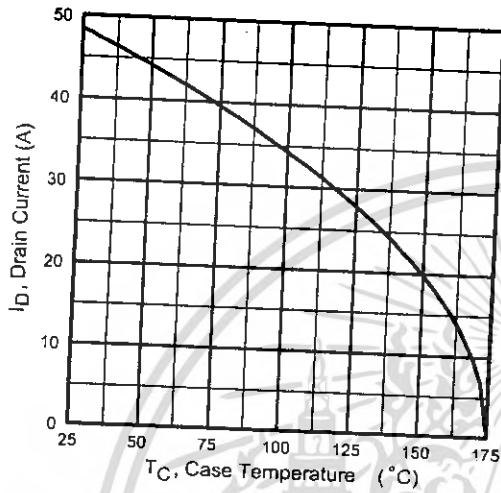


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

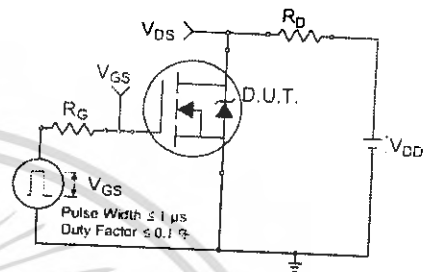


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

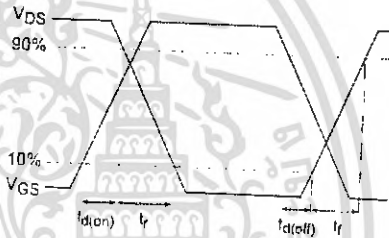


Fig 10b. Switching Time Waveforms

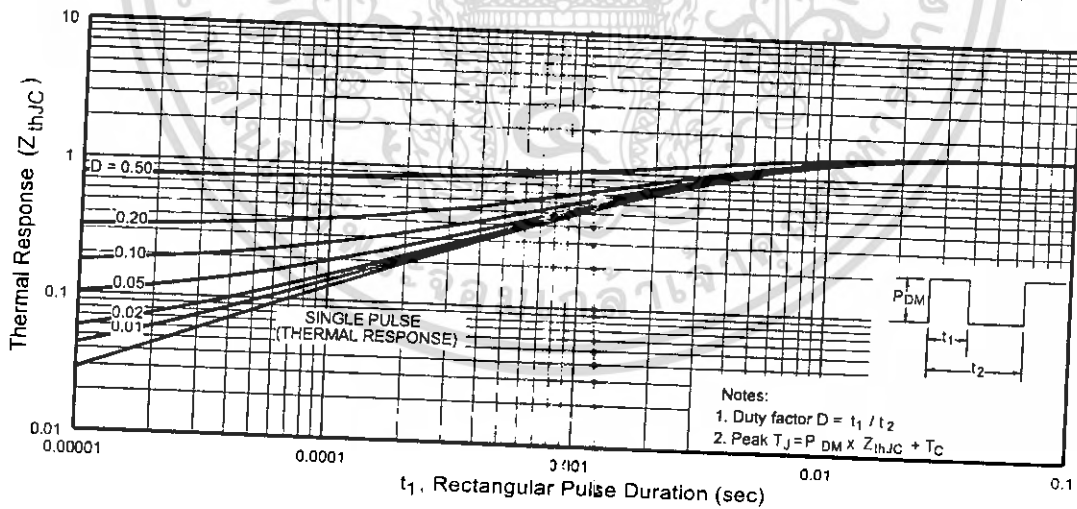


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

IRFZ44N

International
IGR Rectifier

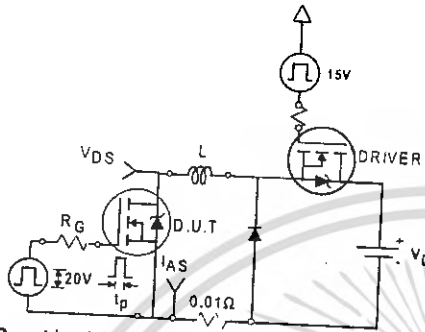


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

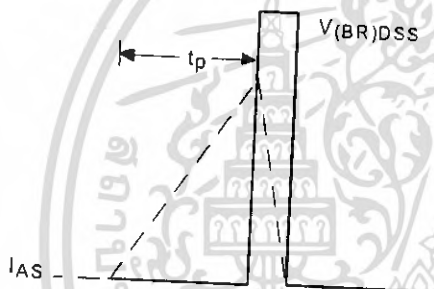


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

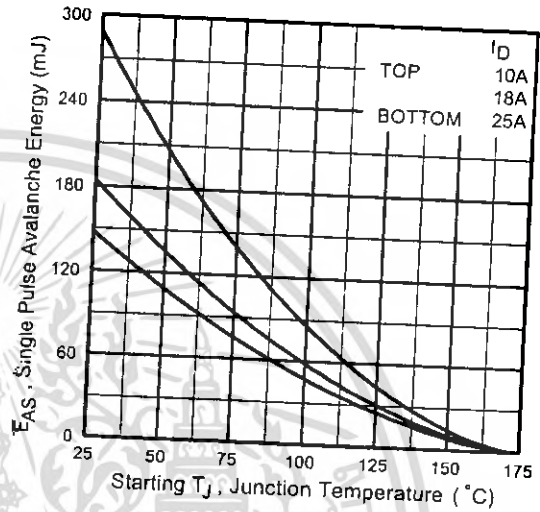


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

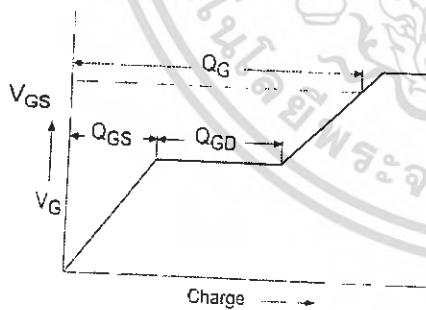


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

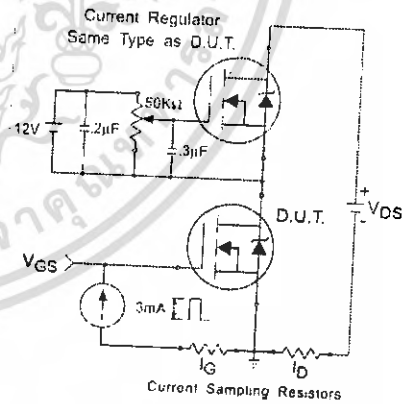


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

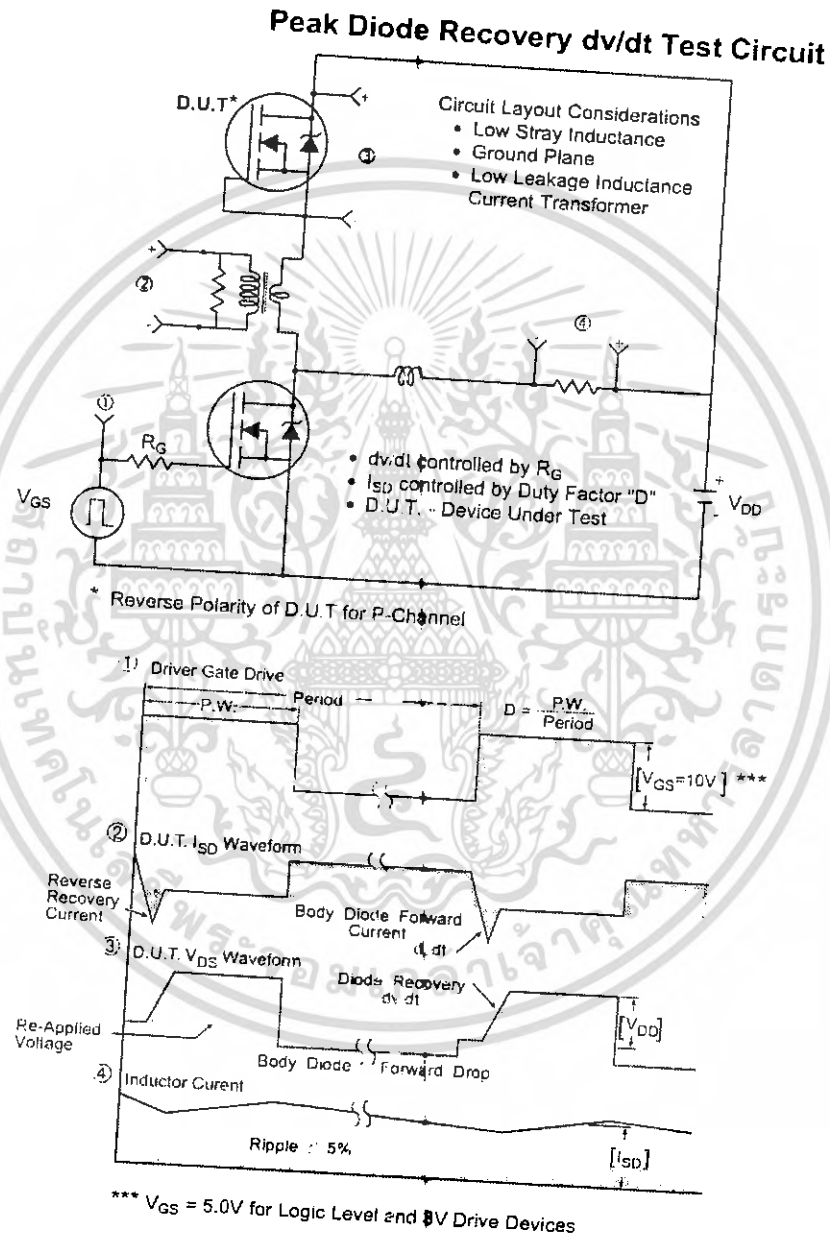


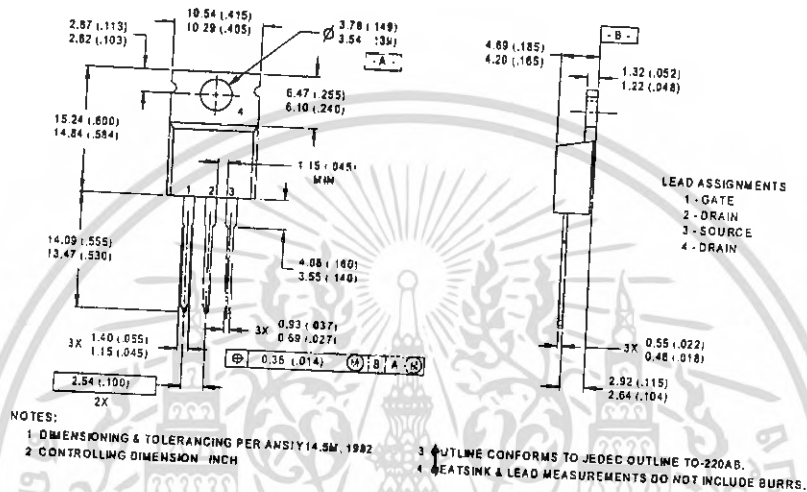
Fig 14. For N-channel HEXFET[®] power MOSFETs

IRFZ44N

Package Outline TO-220AB

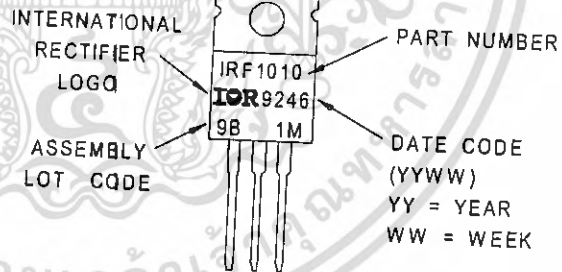
Dimensions are shown in millimeters (inches)

International
IR Rectifier



Part Marking Information TO-220AB

EXAMPLE: THIS IS AN IRF1010
WITH ASSEMBLY
LOT CODE 9B1M



Data and specifications subject to change without notice.
This product has been designed and qualified for the Automotive [Q101] market.
Qualification Standards can be found on IR's Web site.

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.01/01
www.irf.com



LM124 LM224 - LM324

LOW POWER QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

- WIDE GAIN BANDWIDTH : 1.3MHz
- INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE INCLUDES GROUND
- LARGE VOLTAGE GAIN : 100dB
- VERY LOW SUPPLY CURRENT/AMPLI : 375 μ A
- LOW INPUT BIAS CURRENT : 20nA
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE : 5mV max. (for more accurate applications, use the equivalent parts LM124A-LM224A-LM324A which feature 3mV max.)
- LOW INPUT OFFSET CURRENT : 2nA
- WIDE POWER SUPPLY RANGE :
SINGLE SUPPLY : +3V TO +30V
DUAL SUPPLIES : \pm 1.5V TO \pm 15V

DESCRIPTION

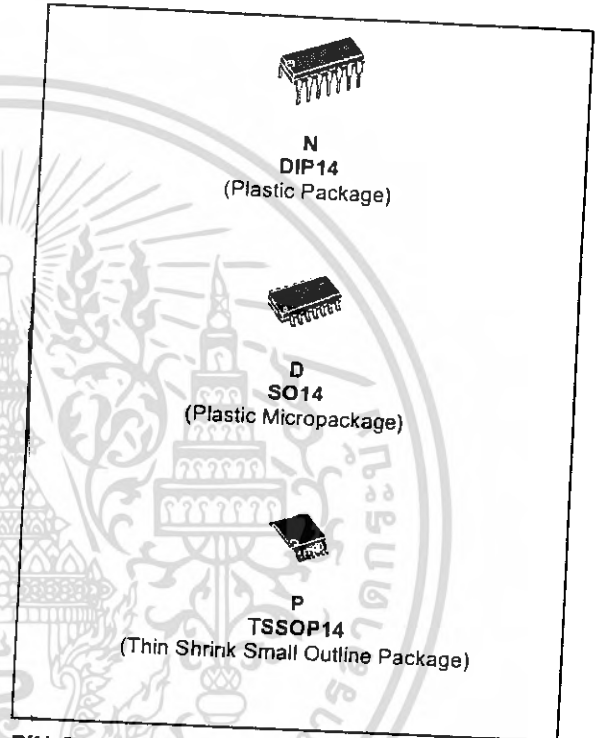
These circuits consist of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers. They operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

ORDER CODE

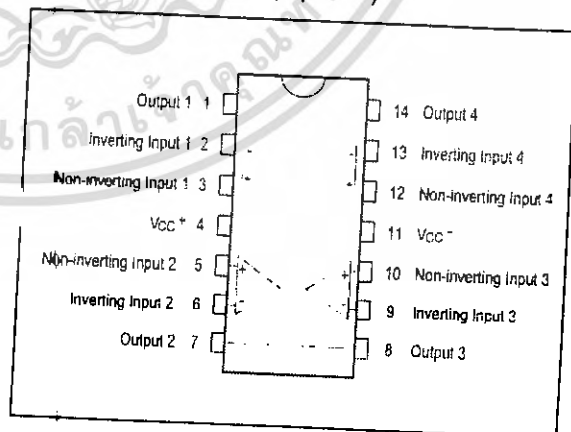
Part Number	Temperature Range	Package		
		N	D	P
LM124	-55°C, +125°C	•	•	•
LM224	-40°C, +105°C	•	•	•
LM324	0°C, +70°C	•	•	•

Example : LM224N

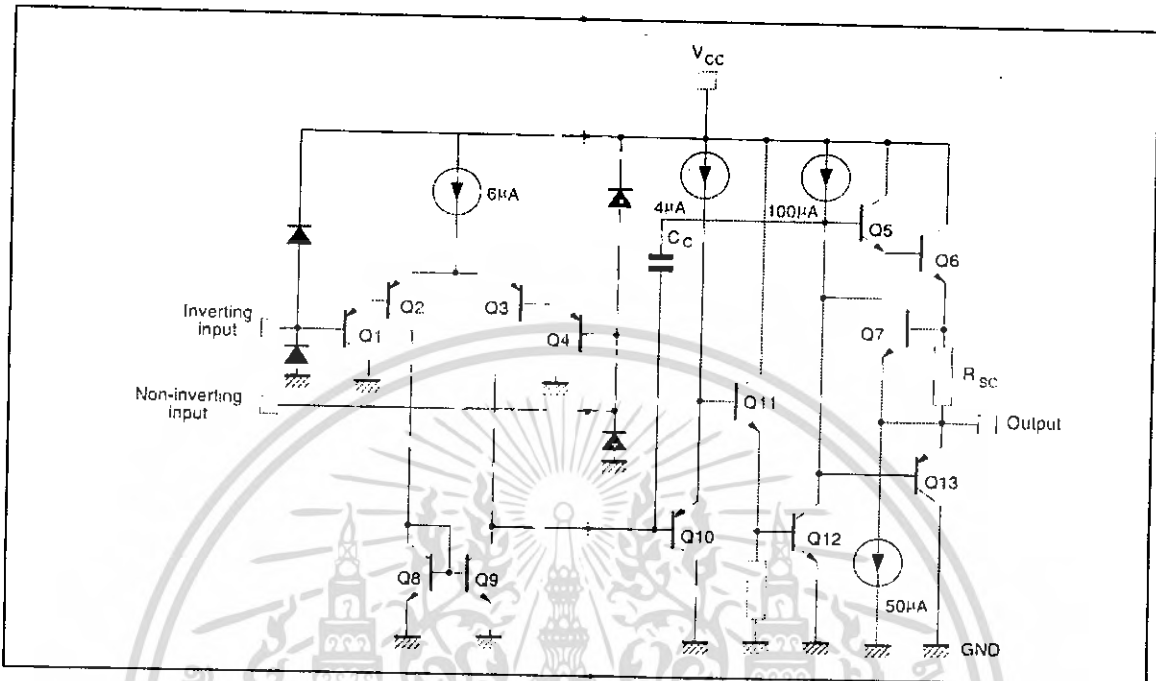
N = Dual in Line Package (DIP)
 D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)
 P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape & Reel (PT)



PIN CONNECTIONS (top view)



SCHEMATIC DIAGRAM (1/4 LM124)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	LM124	LM224	LM324	Unit	
V_{CC}	Supply voltage		± 16 or 32		V	
V_I	Input Voltage		-0.3 to +32		V	
V_{id}	Differential Input Voltage ¹⁾		+32		V	
P_{tot}	Power Dissipation	N Suffix D Suffix	500	500	500	mW
				400	400	mW
	Output Short-circuit Duration ²⁾		Infinite			
I_{in}	Input Current ³⁾	50	50	50	mA	
T_{oper}	Operating Free-air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	°C	
T_{stg}	Storage Temperature Range		-65 to +150		°C	

1. Either or both input voltages must not exceed the magnitude of V_{CC} or V_{EE} .
2. Short-circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating if $V_{CC} > 15V$. The maximum output current is approximately 40mA independent of the magnitude of V_{CC} . Destructive dissipation can result from simultaneous short-circuit on all amplifiers.
3. This input current only exists when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistor becoming forward biased and thereby acting as input diodes clamps. In addition to this diode action, there is also NPN parasitic action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the Op-amps to go to the V_{CC} voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration than an input is driven negative. This is not destructive and normal output will set up again for input voltage higher than -0.3V.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

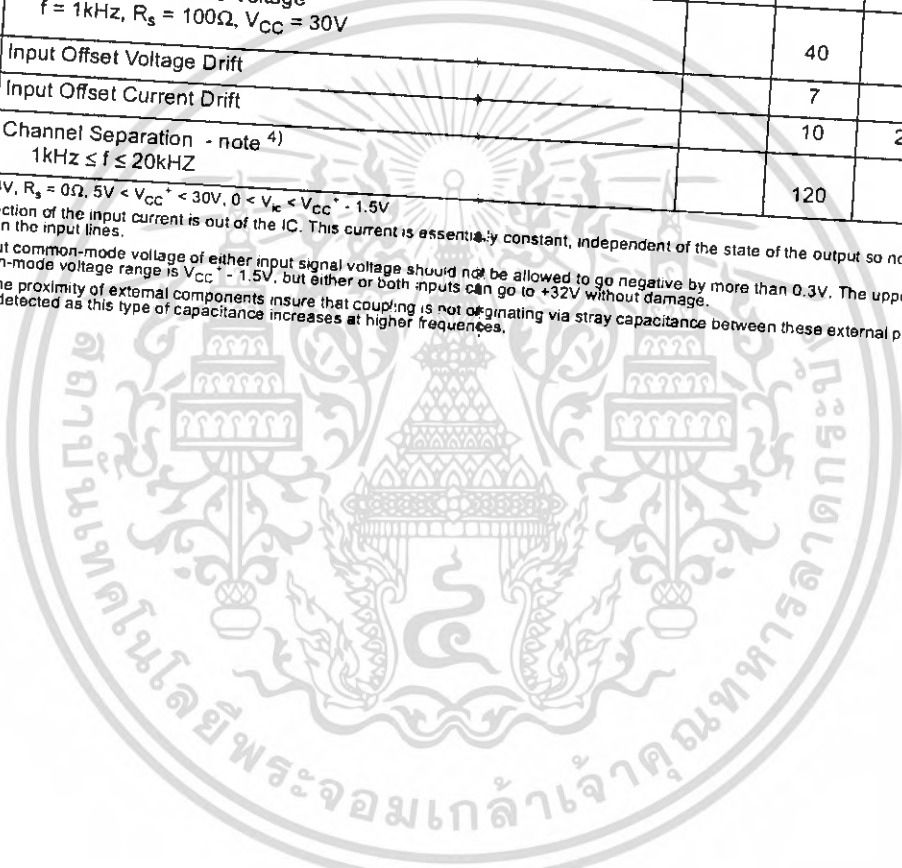
 $V_{CC}^+ = +5V$, $V_{CC}^- = \text{Ground}$, $V_o = 1.4V$, $T_{amb} = +25^\circ C$ (unless otherwise specified)

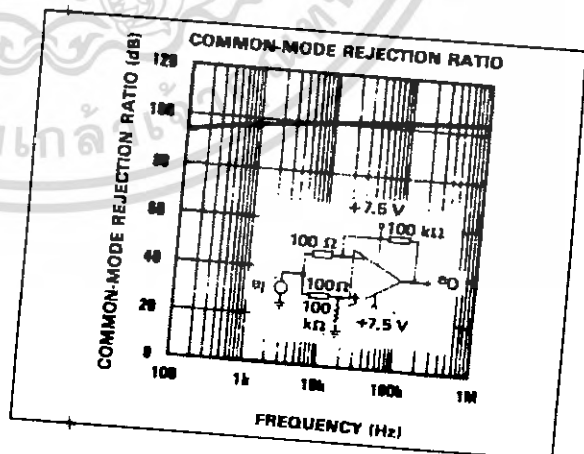
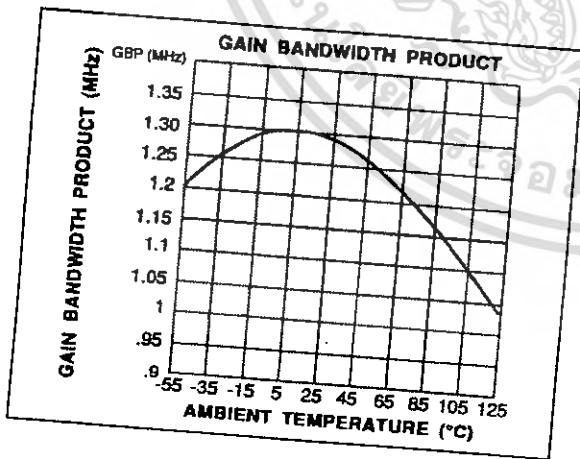
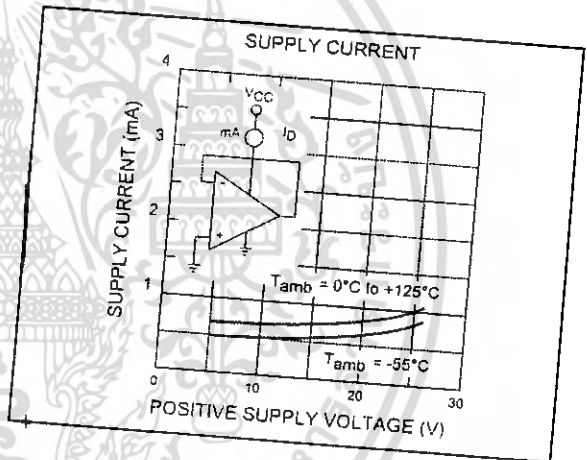
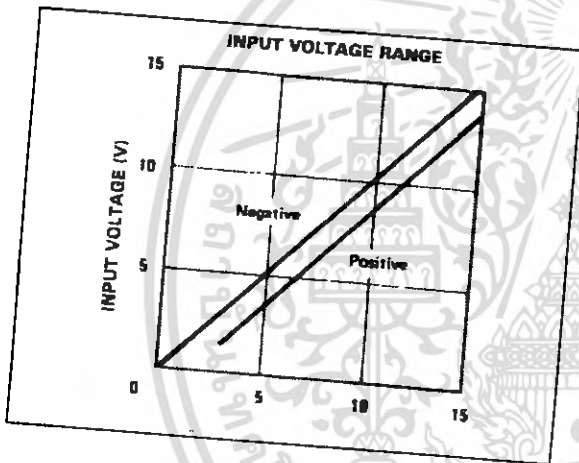
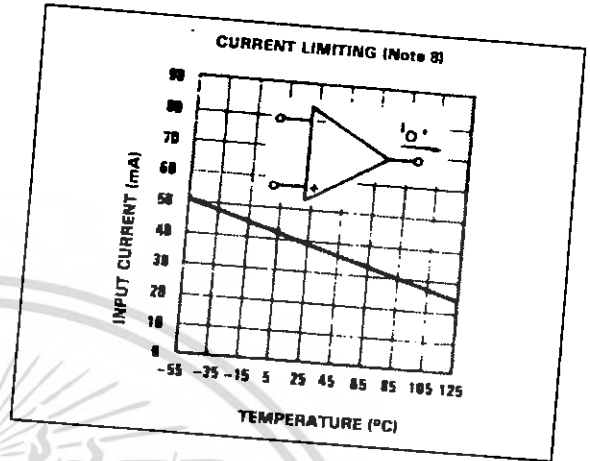
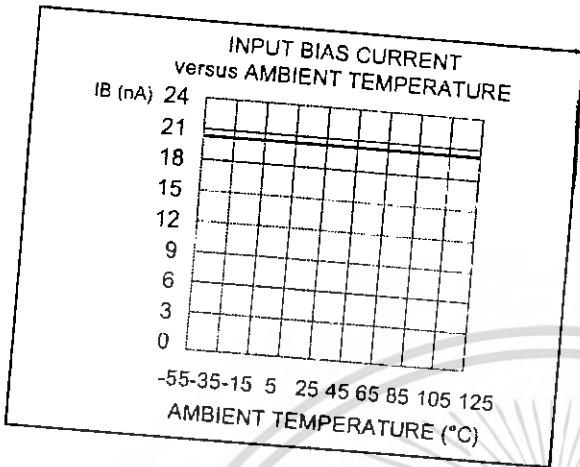
Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	
V_{io}	Input Offset Voltage - note 1) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ LM324		2	5 7 7 9	mV	
I_{io}	Input Offset Current $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ LM324		2	30 100	nA	
I_{ib}	Input Bias Current - note 2) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		20	150 300	nA	
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain $V_{CC}^+ = +15V$, $R_L = 2k\Omega$, $V_o = 1.4V$ to $11.4V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	50 25	100		V/mV	
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $V_{CC}^+ = 5V$ to $30V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	65 65	110		dB	
I_{CC}	Supply Current, all Amp, no load $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_{CC} = +5V$ $V_{CC} = +30V$ $V_{CC} = +5V$ $V_{CC} = +30V$		0.7 1.5 0.8 1.5	1.2 3 1.2 3	mA	
V_{icm}	Input Common Mode Voltage Range $V_{CC} = +30V$ - note 3) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	0 0		$V_{CC} - 1.5$ $V_{CC} - 2$	V	
CMR	Common Mode Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	70 60	80		dB	
I_{source}	Output Current Source ($V_{id} = +1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$		20	40	70	mA
I_{sink}	Output Sink Current ($V_{id} = -1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$ $V_{CC} = +15V$, $V_o = +0.2V$	10 12	20 50			mA μA
V_{OH}	High Level Output Voltage $V_{CC} = +30V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_{CC} = +5V$, $R_L = 2k\Omega$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $R_L = 10k\Omega$	26 26 27 27	27 28			V
		3.5 3				

LM124-LM224-LM324

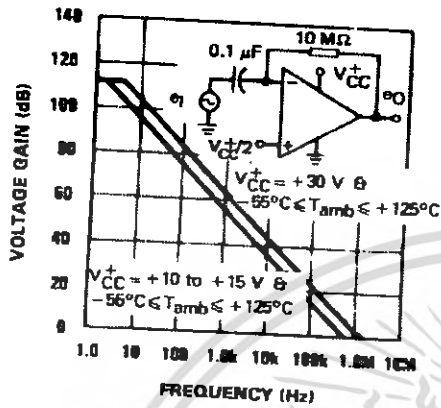
Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
V _{OL}	Low Level Output Voltage (R _L = 10kΩ) T _{amb} = +25°C T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max}		5	20	mV
SR	Slew Rate V _{CC} = 15V, V _i = 0.5 to 3V, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, unity Gain			20	V/μs
GBP	Gain Bandwidth Product V _{CC} = 30V, f = 100kHz, V _{in} = 10mV, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF		0.4		MHz
THD	Total Harmonic Distortion f = 1kHz, A _v = 20dB, R _L = 2kΩ, V _o = 2V _{pp} , C _L = 100pF, V _{CC} = 30V		1.3		%
e _n	Equivalent Input Noise Voltage f = 1kHz, R _s = 100Ω, V _{CC} = 30V		0.015		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
DV _{io}	Input Offset Voltage Drift		40		μV/°C
DI _{io}	Input Offset Current Drift		7	30	pA/°C
V _{o1} /V _{o2}	Channel Separation - note 4) 1kHz ≤ f ≤ 20kHz		10	200	dB

1. V_o = 1.4V, R_s = 0Ω, 5V < V_{CC} < 30V, 0 < V_{ic} < V_{CC} - 1.5V
2. The direction of the input current is out of the IC. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
3. The input common-mode voltage of 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_{CC} - 1.5V, but either or both inputs can go to +32V without damage.
4. Due to the proximity of external components insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

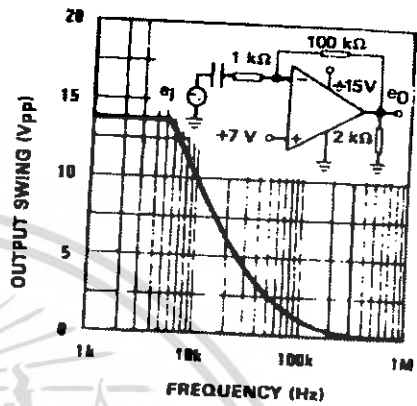




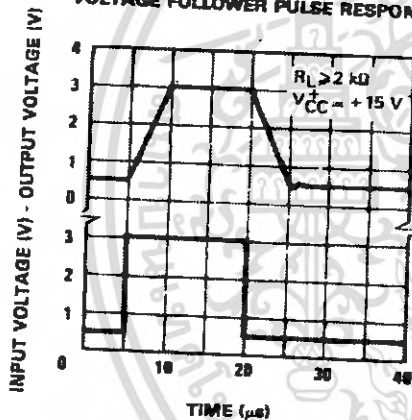
OPEN LOOP FREQUENCY RESPONSE



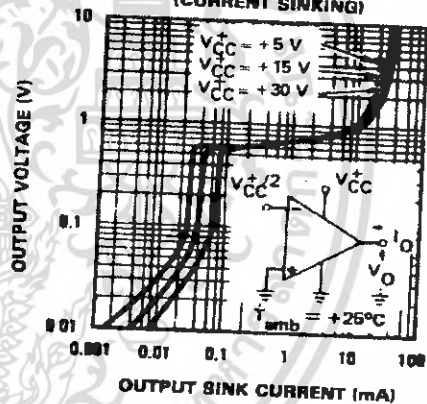
LARGE SIGNAL FREQUENCY RESPONSE



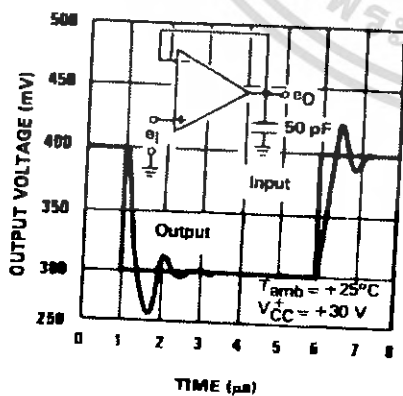
VOLTAGE FOLLOWER PULSE RESPONSE



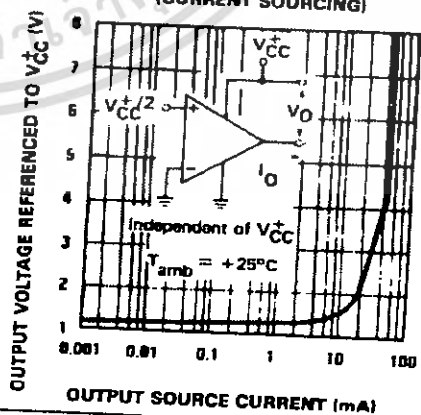
OUTPUT CHARACTERISTICS (CURRENT SINKING)

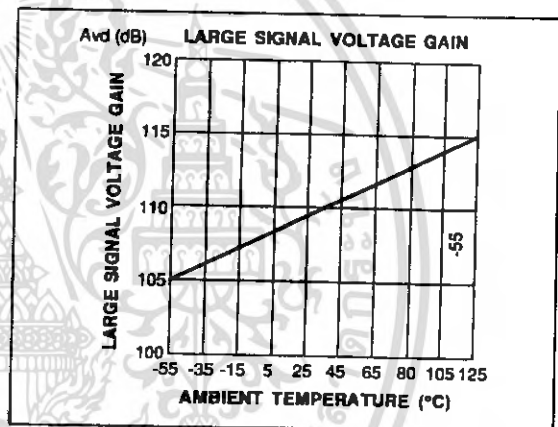
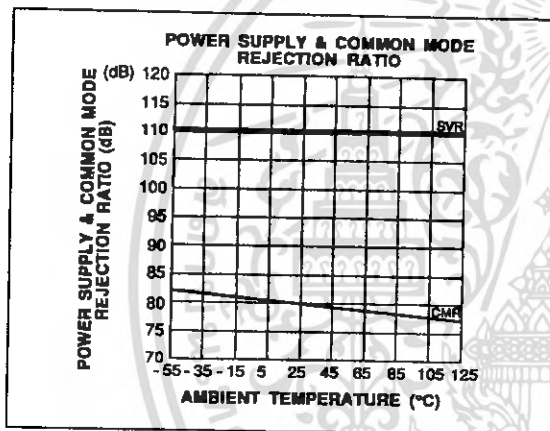
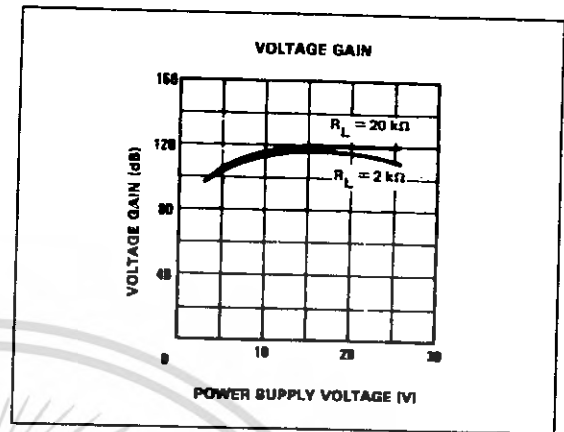
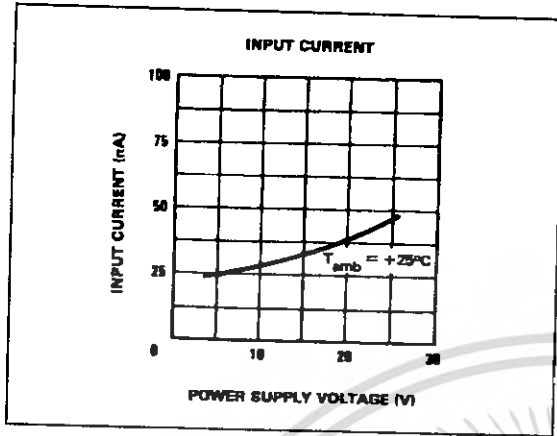


VOLTAGE FOLLOWER PULSE RESPONSE (SMALL SIGNAL)



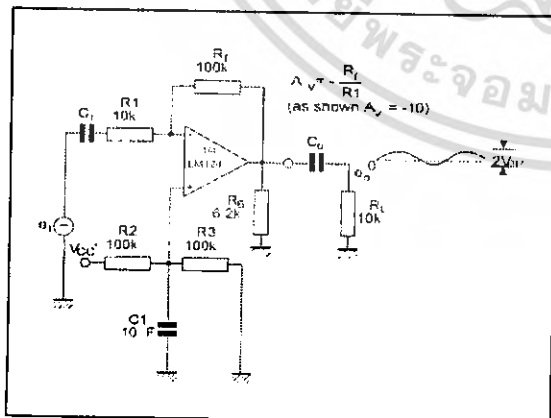
OUTPUT CHARACTERISTICS (CURRENT SOURCING)



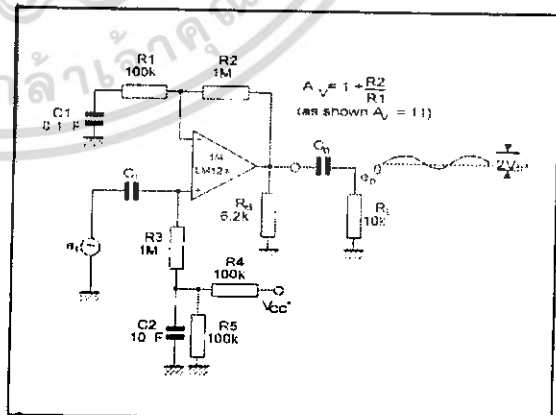


TYPICAL SINGLE - SUPPLY APPLICATIONS

AC COUPLED INVERTING AMPLIFIER



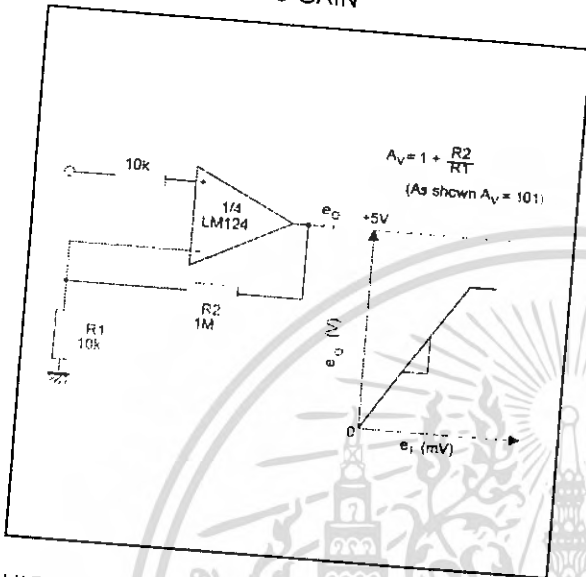
AC COUPLED NON INVERTING AMPLIFIER



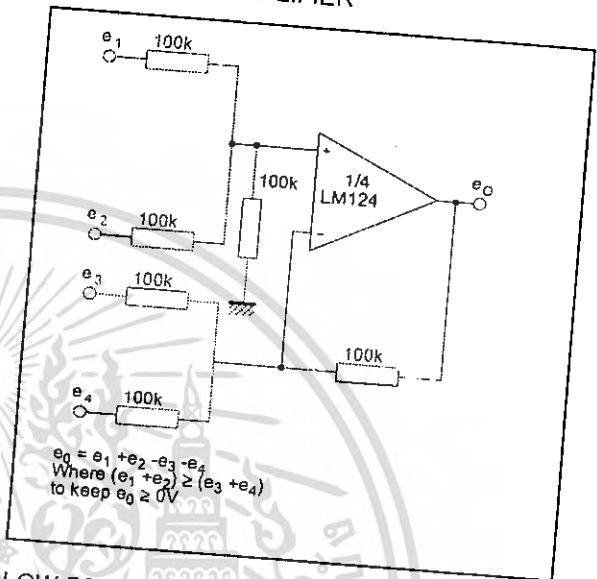
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL SINGLE - SUPPLY APPLICATIONS

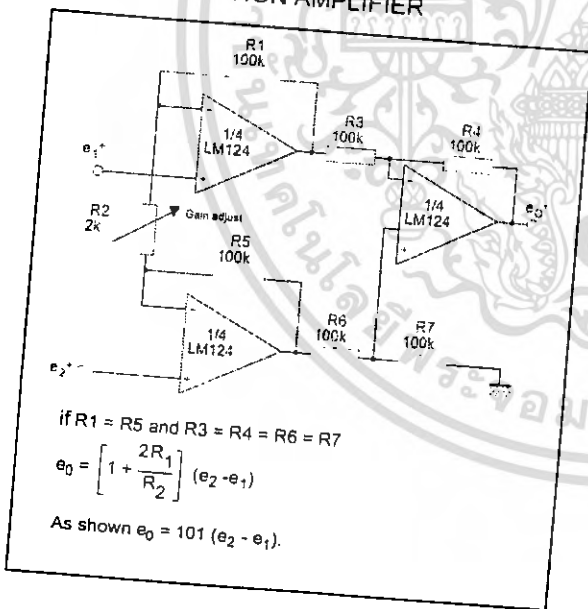
NON-INVERTING DC GAIN



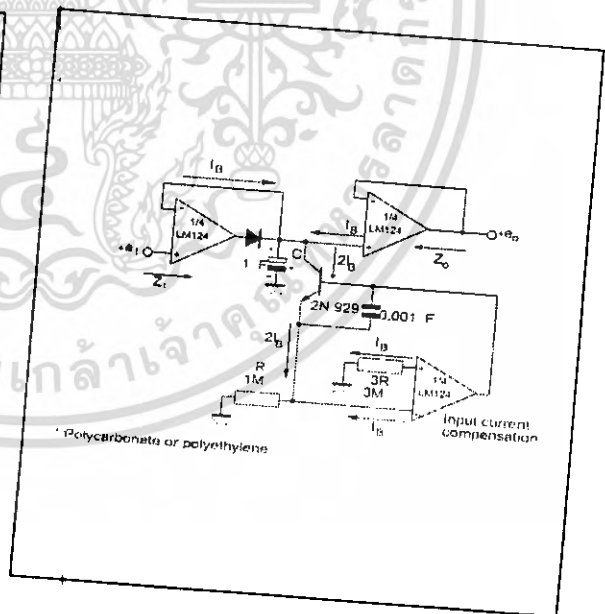
DC SUMMING AMPLIFIER



HIGH INPUT Z ADJUSTABLE GAIN DC INSTRUMENTATION AMPLIFIER

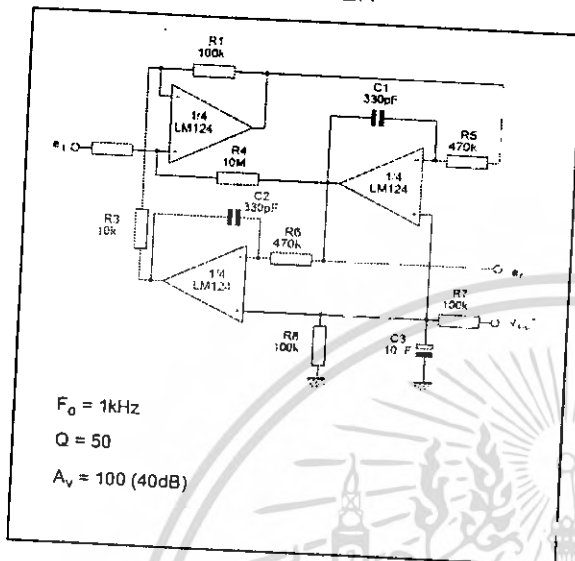


LOW DRIFT PEAK DETECTOR

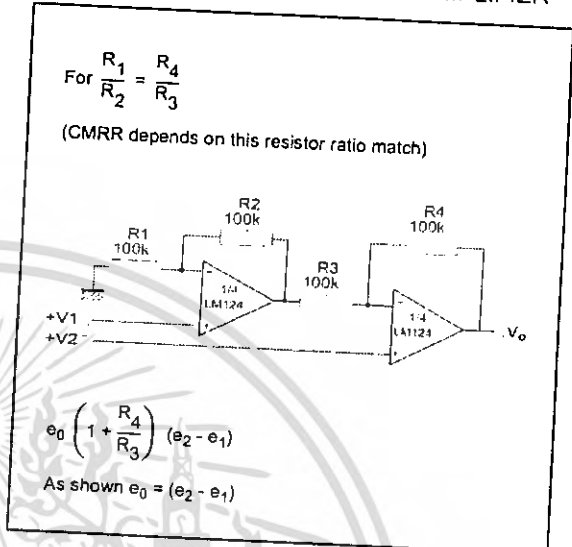


TYPICAL SINGLE - SUPPLY APPLICATIONS

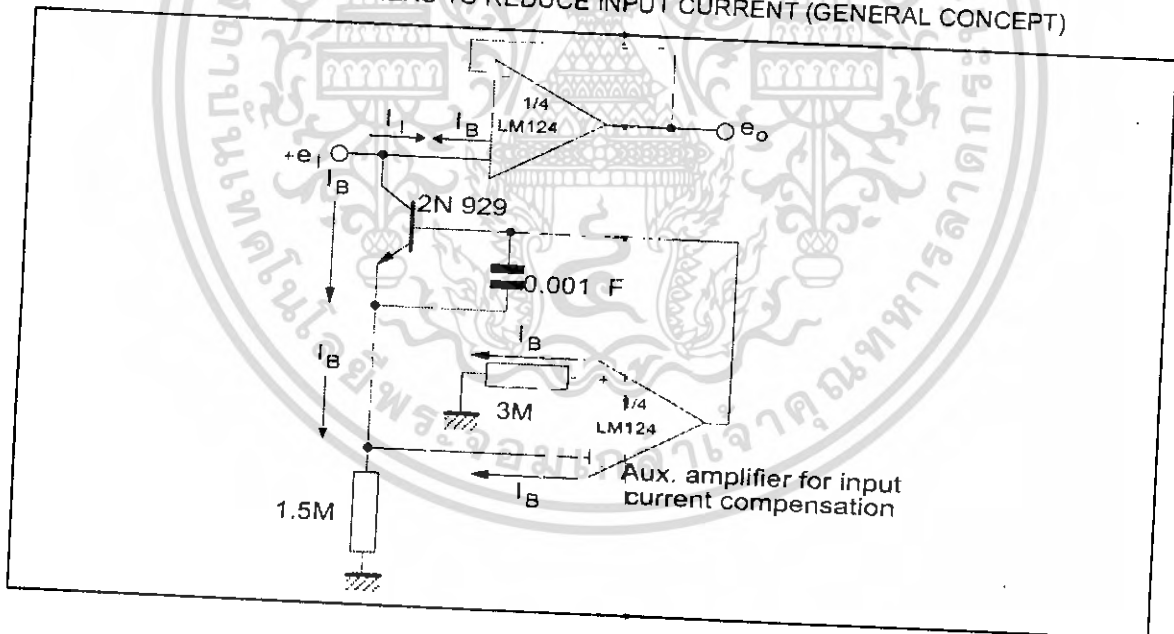
ACTIVE BANDPASS FILTER



HIGH INPUT Z, DC DIFFERENTIAL AMPLIFIER



USING SYMETRICAL AMPLIFIERS TO REDUCE INPUT CURRENT (GENERAL CONCEPT)



LM124-LM224-LM324

MACROMODEL

** Standard Linear Ics Macromodels, 1993.

** CONNECTIONS :

- * 1 INVERTING INPUT
- * 2 NON-INVERTING INPUT
- * 3 OUTPUT
- * 4 POSITIVE POWER SUPPLY
- * 5 NEGATIVE POWER SUPPLY

.SUBCKT LM124 1 3 2 4 5 (analog)

.MODEL MDTH D IS=1E-8 KF=3.104131E-15
CJO=10F

* INPUT STAGE

CIP 2 5 1.000000E-12
CIN 1 5 1.000000E-12
EIP 10 5 2 5 1
EIN 16 5 1 5 1
RIP 10 11 2.600000E+01
RIN 15 16 2.600000E+01
RIS 11 15 2.003862E+02
DIP 11 12 MDTH 400E-12
DIN 15 14 MDTH 400E-12
VOFP 12 13 DC 0
VOFN 13 14 DC 0
IPOL 13 5 1.000000E-05
CPS 11 15 3.783376E-09
DINN 17 13 MDTH 400E-12

VIN 17 5 0.000000E+00
DINR 15 18 MDTH 400E-12
VIP 4 18 2.000000E+00.
FCP 4 5 VOFP 3.400000E+01
FCN 5 4 VOFN 3.400000E+01
FIBP 2 5 VOFN 2.000000E-03
FIBN 5 1 VOFP 2.000000E-03
* AMPLIFYING STAGE
FIP 5 19 VOFP 3.600000E+02
FIN 5 19 VOFN 3.600000E+02
RG1 19 5 3.652997E+06
RG2 19 4 3.652997E+06
CC 19 5 6.000000E-09
DOPM 19 22 MDTH 400E-12
DONM 21 19 MDTH 400E-12
HOPM 22 28 VOUT 7.500000E+03
VIPM 28 4 1.500000E+02
HONM 21 27 VOUT 7.500000E+03
VINM 5 27 1.500000E+02
EOUT 26 23 19 5 1
VOUT 23 5 0
ROUT 26 3 20
COUT 3 5 1.000000E-12
DOP 19 25 MDTH 400E-12
VOP 4 25 2.242230E+00
DON 24 19 MDTH 400E-12
VON 24 5 7.922301E-01
.ENDS

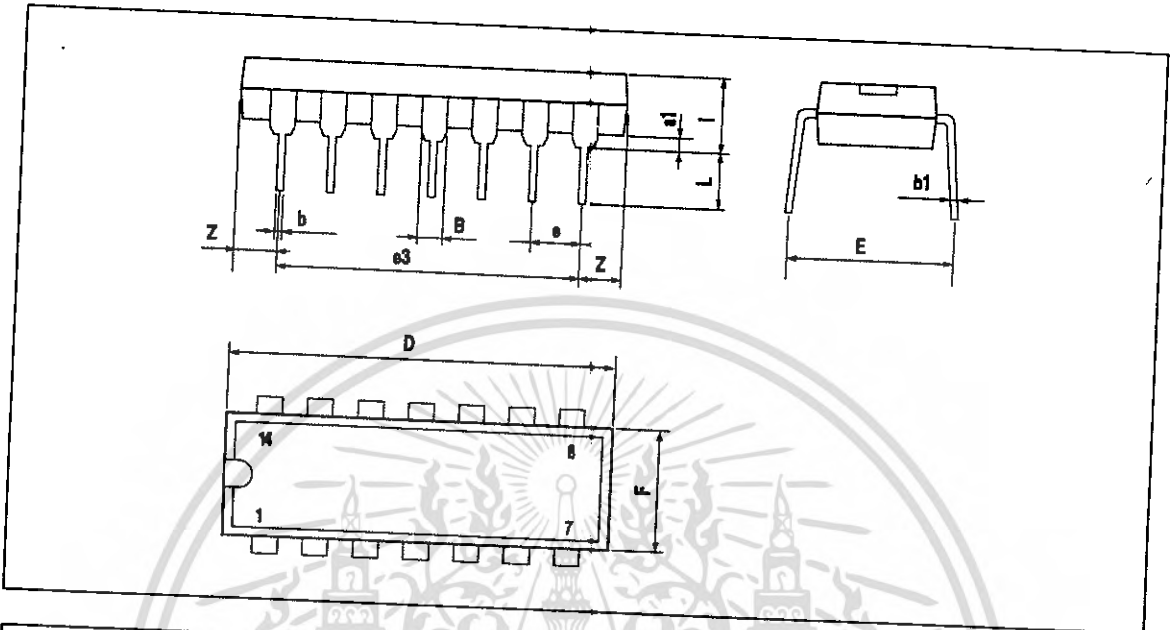
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V_{cc}^+ = +15V$, $V_{cc}^- = 0V$, $T_{amb} = 25^\circ C$ (unless otherwise specified)

Symbol	Conditions	Value	Unit
V_{io}		0	mV
A_{vd}	$R_L = 2k\Omega$	100	V/mV
I_{cc}	No load, per amplifier	350	μA
V_{icm}		-15 to +13.5	V
V_{OH}	$R_L = 2k\Omega$ ($V_{cc}^+ = 15V$)	+13.5	V
V_{OL}	$R_L = 10k\Omega$	5	mV
I_{os}	$V_o = +2V$, $V_{cc} = +15V$	+40	mA
GBP	$R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$	1.3	MHz
SR	$R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$	0.4	V/ μs



PACKAGE MECHANICAL DATA
14 PINS - PLASTIC DIP



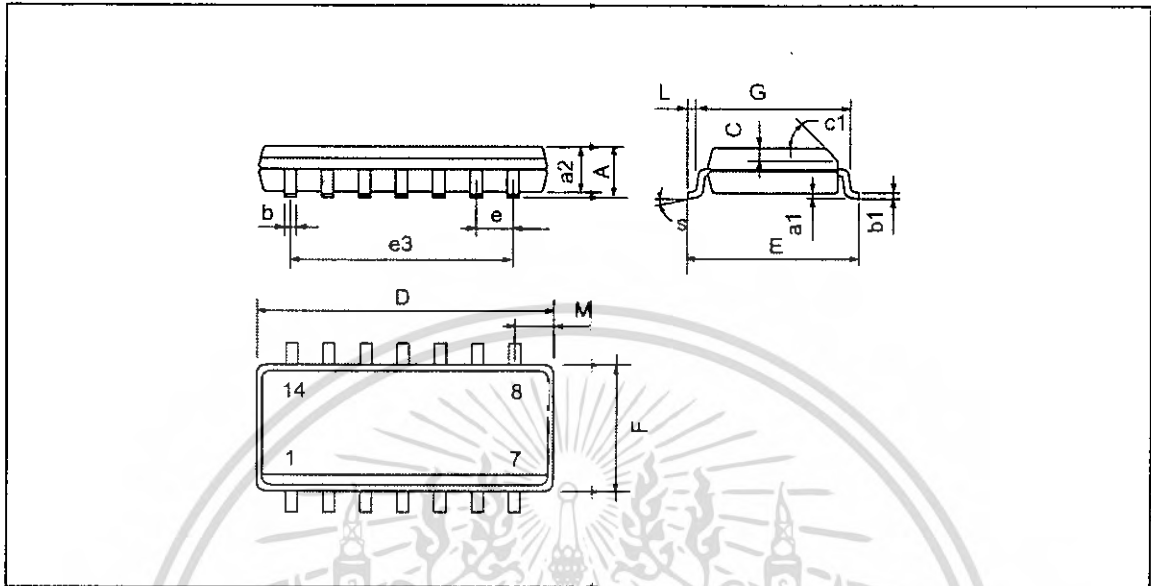
Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
a1	0.51					
B	1.39		1.65	0.020		
b		0.5		0.055		0.065
b1		0.25			0.020	
D					0.010	
E		8.5	20			0.787
e		2.54			0.335	
e3		15.24			0.100	
F					0.600	
i			7.1			0.280
L		3.3	5.1			0.201
Z	1.27		2.54	0.050	0.130	0.100



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124-LM224-LM324

PACKAGE MECHANICAL DATA
14 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (SO)

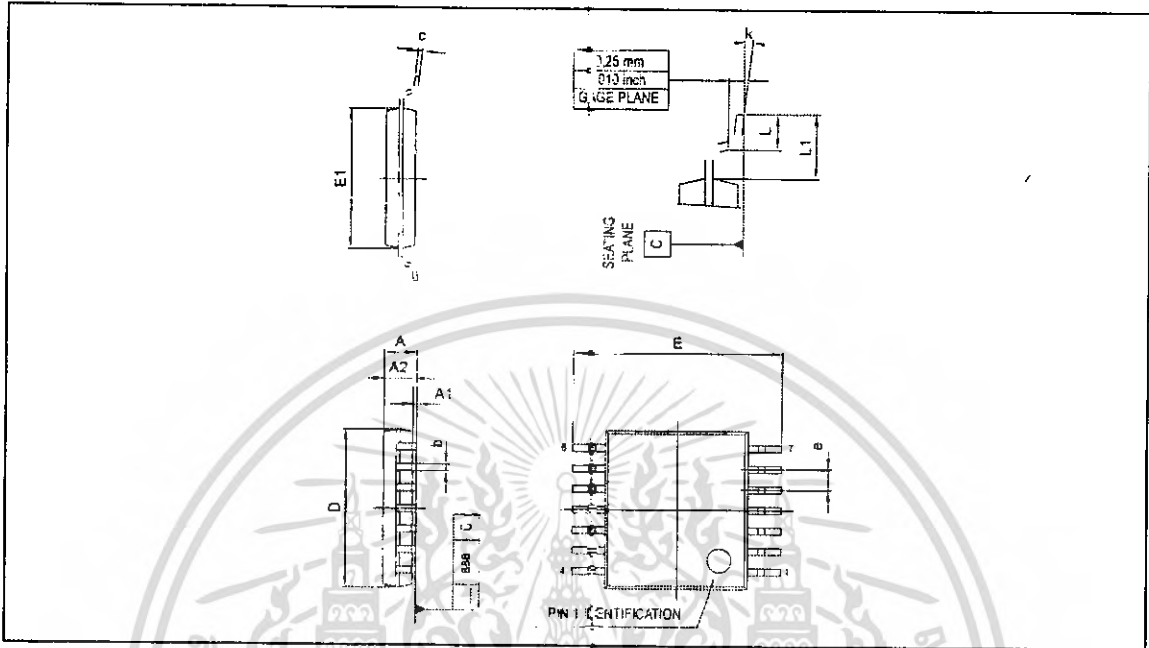


Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.2	0.004		0.008
a2			1.6			0.063
b	0.35		0.46	0.014		0.018
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C		0.5			0.020	
c1				45° (typ.)		
D (1)	8.55		8.75	0.336		0.344
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		7.62			0.300	
F (1)	3.8		4.0	0.150		0.157
G	4.6		5.3	0.181		0.208
L	0.5		1.27	0.020		0.050
M			0.68			0.027
S				8° (max.)		

Note : (1) D and F do not include mold flash or protrusions - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15mm (.066 inc) ONLY FOR DATA BOOK.

PACKAGE MECHANICAL DATA

14 PINS - THIN SHRINK SMALL OUTLINE PACKAGE (TSSOP)



Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.20			0.05
A1	0.05		0.15	0.01		-0.006
A2	0.80	1.00	1.05	0.031	0.039	0.041
b	0.19		0.30	0.007		0.15
c	0.09		0.20	0.003		0.012
D	4.90	5.00	5.10	0.192	0.196	0.20
E		6.40			0.252	
E1	4.30	4.40	4.50	0.169	0.173	0.177
e		0.65			0.025	
k	0°		8°	0°		8°
L	0.450	0.600	0.750	0.018	0.024	0.030
L1		1.00			0.039	
aaa			0.100			0.004

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

© The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2001 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia
Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States

© <http://www.st.com>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM317 3-Terminal Positive Adjustable Regulator

General Description

This monolithic integrated circuit is an adjustable 3-terminal positive voltage regulator designed to supply more than 1.5A of load current with an output voltage adjustable over a 1.2 to 37V. It employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area compensation.

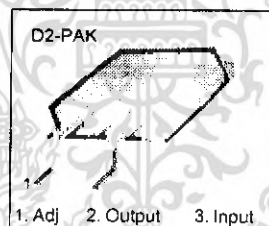
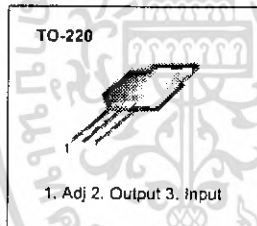
Features

- Output Current In Excess of 1.5A
- Output Adjustable Between 1.2V and 37V
- internal Thermal Overload Protection
- internal Short Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe Operating Area Compensation
- TO-220 Package
- D2 PAK Package

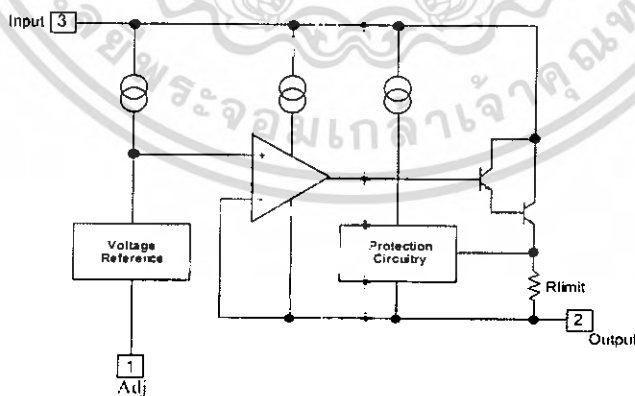
Ordering Code:

Product Number	Package	Operating Temperature
LM317T	TO-220	0°C to +125°C
LM317D2TXM	D2 PAK	0°C to +125°C

Connection Diagrams



Internal Block Diagram



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input-Output Voltage Differential	$V_I - V_O$	40	V
Lead Temperature	T_{LEAD}	230	°C
Power Dissipation	P_D	Internally limited	W
Operating Junction Temperature Range	T_J	0 - +125	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 - +125	°C
Temperature Coefficient of Output Voltage	$\Delta V_O / \Delta T$	±0.02	% / °C

Note 1: Absolute Maximum Ratings: are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Electrical Characteristic

($V_I - V_O = 5V$, $I_O = 0.5A$, $0^\circ C \leq T_J \leq +125^\circ C$, $I_{MAX} = 1.5A$, $P_{D MAX} = 20W$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Line Regulation (Note 2)	R_{line}	$T_A = +25^\circ C$ $3V \leq V_I \leq 40V$ $V_O = 5V$	—	0.01	0.04	% / V
		$3V \leq V_I \leq 40V$ $V_O = 5V$	—	0.02	0.07	% / V
Load Regulation (Note 2)	R_{load}	$T_A = 25^\circ C$, $I_{ADJ} = 10\mu A$, $I_O \leq I_{MAX}$ $V_O = 5V$ $V_O = 5V$	—	18.0	25.0	mV% / V_O
		$10mA \leq I_O \leq I_{MAX}$ $V_O = 5V$ $V_O = 5V$	—	40.0	70.0	mV% / V_O
Adjustable Pin Current	I_{ADJ}	—	—	46.0	100	μA
Adjustable Pin Current Change	ΔI_{ADJ}	$3V \leq V_I \leq 40V$ $10mA \leq I_O \leq I_{MAX}$, $P_D \leq P_{MAX}$	—	2.0	5.0	μA
Reference Voltage	V_{REF}	$3V \leq V_{IN} \leq 40V$ $10mA \leq I_O \leq I_{MAX}$ $P_D \leq P_{MAX}$	1.20	1.25	1.30	V
Temperature Stability	ST_T	—	—	0.7	—	% / V_O
Minimum Load Current to Maintain Regulation	$I_{L(MIN)}$	$V_I - V_O = 40V$	—	3.5	12.0	mA
Maximum Output Current	$I_{O(MAX)}$	$V_I - V_O = 15V$, $P_D \leq P_{MAX}$	1.0	2.2	—	A
		$V_I - V_O = 40V$, $P_D \leq P_{MAX}$ $T_A = 25^\circ C$	—	0.3	—	—
RMS Noise, % of V_{OUT}	eN	$T_A = 25^\circ C$, $f = 10KHz$	—	0.003	0.01	% / V_O
Ripple Rejection	RR	$V_O = 10V$, $f = 20Hz$ without C_{ADJ} $C_{ADJ} = 10\mu F$ (Note 3)	66.0	60.0	—	dB
Long-Term Stability, $T_J = T_{HIGH}$	ST	$T_A = -25^\circ C$ for end point measurements, 1000HR	—	0.3	1.0	%
Thermal Resistance Junction to Case	R_{JC}	—	—	5.0	—	°C / W

Note 2: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used. ($P_{MAX} = 20W$)

Note 3: C_{ADJ} , when used, is connected between the adjustment pin and ground.

Typical Performance Characteristics

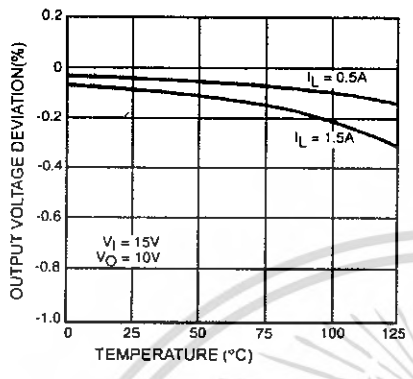


FIGURE 1. Load Regulation

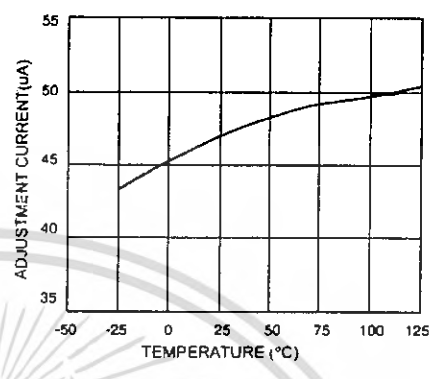


FIGURE 2. Adjustment Current

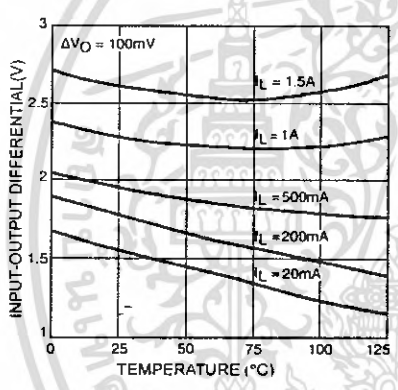


FIGURE 3. Dropout Voltage

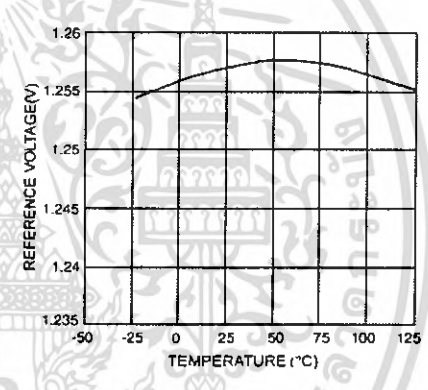
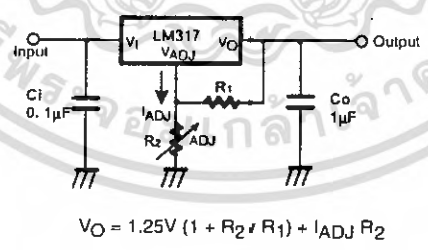


FIGURE 4. Reference Voltage

Typical Application



$$V_O = 1.25V (1 + R_2 / R_1) + I_{ADJ} R_2$$

- Note: C_i is required when regulator is located an appreciable distance from power supply filter.
- Note: C_o is not needed for stability, however, it does improve transient response.
- Note: Since I_{ADJ} is controlled to less than 100uA, the error associated with this term is negligible in most applications.

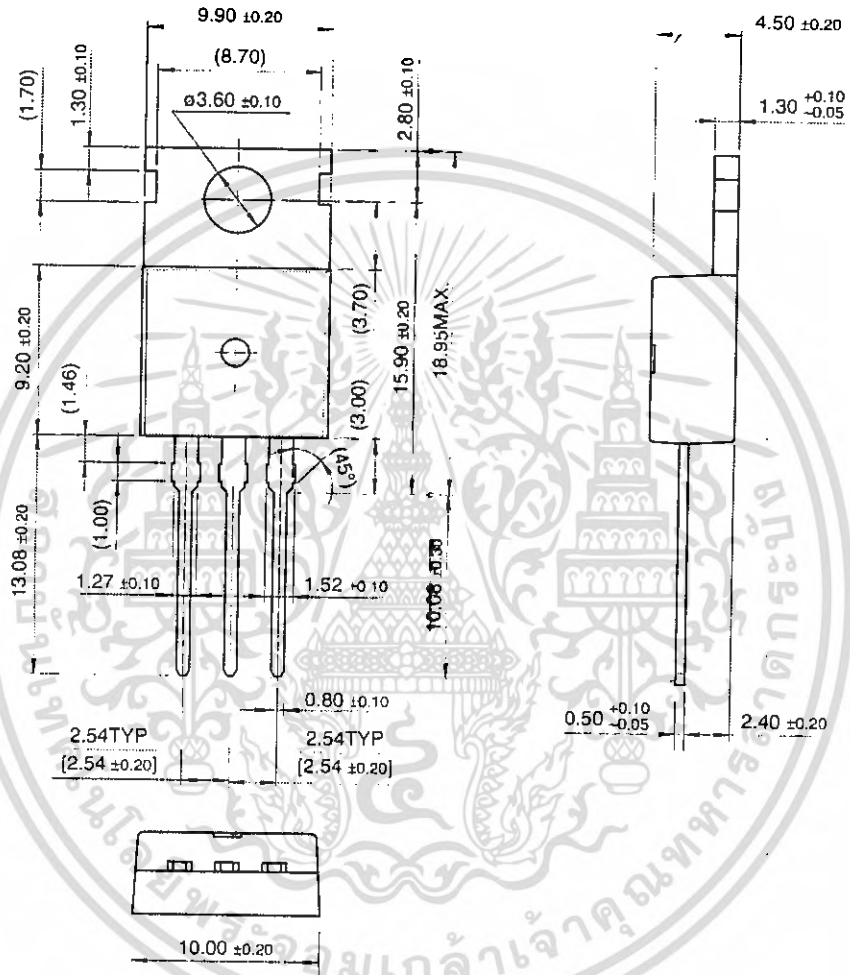
FIGURE 5. Programmable Regulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM317

Physical Dimensions Inches (millimeters) unless otherwise noted

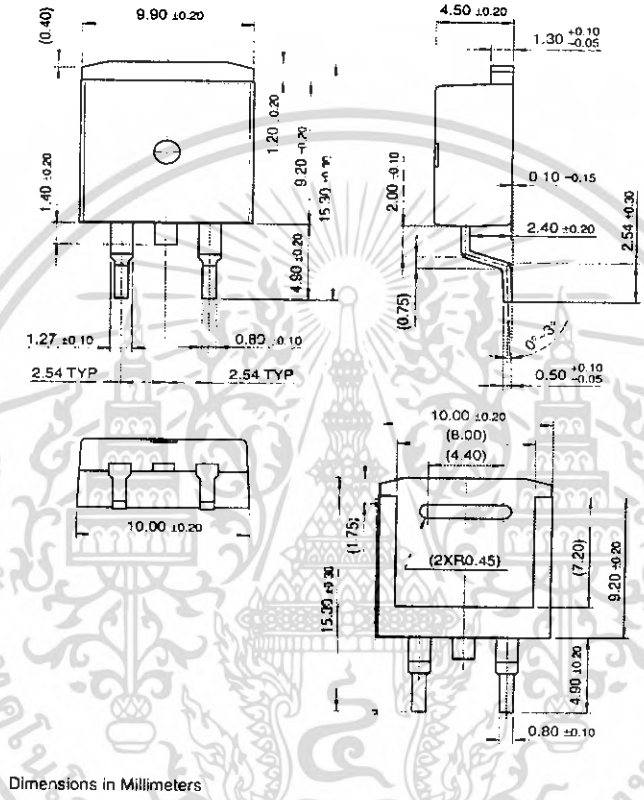
TO-220



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)

D²-PAK



Dimensions in Millimeters

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

www.fairchildsemi.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2901, LM339/LM339A, LM3302 LM239/LM239A

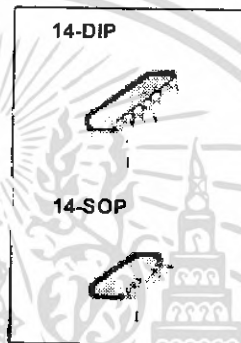
Quad Comparator

Features

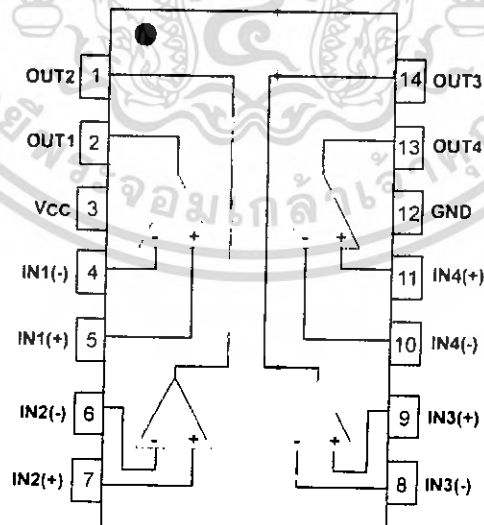
- Single or Dual Supply Operation
- Wide Range of Supply Voltage
LM2901, LM339/LM339A, LM239/LM239A: 2 ~ 36V
(or $\pm 1 \sim \pm 18V$)
LM3302: 2 ~ 28V (or $\pm 1 \sim \pm 14V$)
- Low Supply Current Drain 800 μA Typ.
- Open Collector Outputs for Wired and Connectors
- Low Input Bias Current 25nA Typ.
- Low Input Offset Current $\pm 2.3nA$ Typ.
- Low Input Offset Voltage $\pm 1.4mV$ Typ.
- Input Common Mode Voltage Range Includes Ground.
- Low Output Saturation Voltage
- Output Compatible With TTL, DTL and MOS Logic System

Description

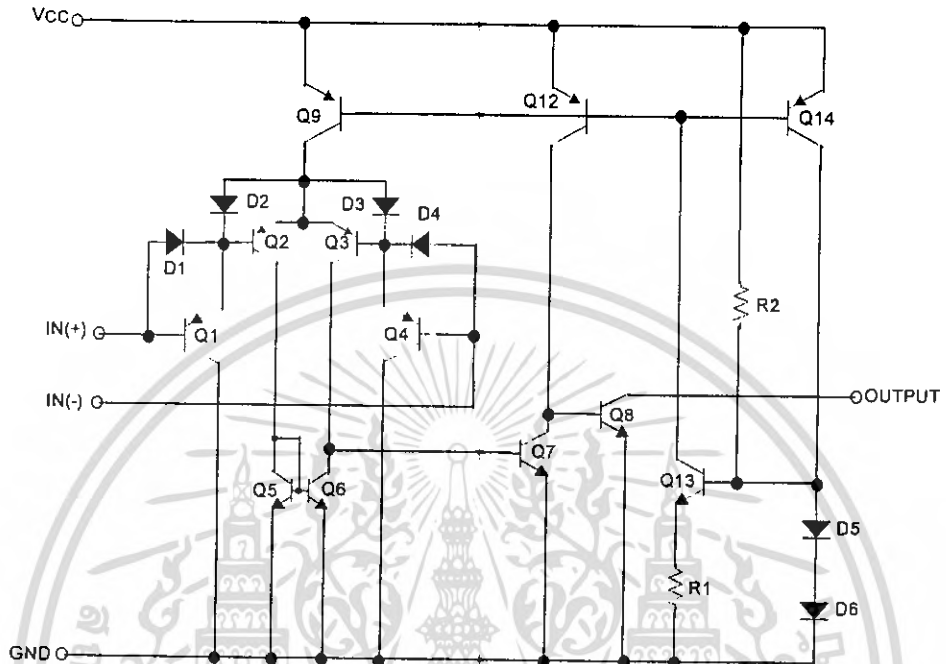
The LM2901, LM339/LM339A, LM239/LM239A, LM3302 consist of four independent voltage comparators designed to operate from single power supply over a wide voltage range.



Internal Block Diagram



Schematic Diagram



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V _{CC}	±18 or 36	V
Supply Voltage only LM3302	V _{CC}	±14 or 28	V
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	36	V
Differential Input Voltage Only LM3302	V _{I(DIFF)}	28	V
Input Voltage	V _I	-0.3 to +36	V
Input Voltage Only LM3302	V _I	-0.3 to +28	V
Output Short Circuit to GND	-	Continuous	-
Power Dissipation	P _D	570	mW
Operating Temperature LM339/LM339A LM2901/LM3302 LM239/LM239A	T _{OPR}	0 ~ +70 -40 ~ +85 -25 ~ +85	°C
Storage Temperature	T _{STG}	-65 ~ +150	°C

Electrical Characteristics

($V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM239A/LM339A			LM239/LM339			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V_{IO}	$V_{O(P)} = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$	-	1	2	-	1.4	5	mV
		Note1	-	-	4.0	-	-	9.0	
Input Offset Current	I_{IO}	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$	-	2.3	50	-	2.3	50	nA
		Note1	-	-	150	-	-	150	
Input Bias Current	I_{BIAS}	$V_{CM} = 0V$	-	57	250	-	57	250	nA
		Note1	-	-	400	-	-	400	
Input Common Mode Voltage Range	$V_{I(R)}$	$V_{CC} = 30V$	0	-	$V_{CC}-1.5$	0	-	$V_{CC}-1.5$	V
		Note1	0	-	$V_{CC}-2$	0	-	$V_{CC}-2$	
Supply Current	I_{CC}	$V_{CC} = 5V$, $R_L = \infty$	-	1.1	2.0	-	1.1	2.0	mA
Voltage Gain	G_V	$V_{CC} = 15V$, $R_L \geq 15k\Omega$ (for large swing)	50	200	-	50	200	-	V/mV
Large Signal Response Time	T_{LRES}	$V_I = \text{TTL Logic Swing}$ $V_{REF} = 1.4V$, $V_{RL} = 5V$, $R_L = 5.1k\Omega$ (Note2)	-	300	-	-	300	-	ns
Response Time	T_{RES}	$V_{RL} = 5V$, $R_L = 5.1k\Omega$ (Note2)	-	1.3	-	-	1.3	-	μs
Output Sink Current	I_{SINK}	$V_{I(-)} \geq 1V$, $V_{I(+)} = 0V$, $V_{O(P)} \leq 1.5V$	6	18	-	6	18	-	mA
Output Saturation Voltage	V_{SAT}	$V_{I(-)} \geq 1V$, $V_{I(+)} = 0V$	-	140	400	-	140	400	mV
		$I_{SINK} = 4mA$	Note1	-	-	700	-	-	
Output Leakage Current	$I_{O(LKG)}$	$V_{I(-)} = 0V$	$V_{O(P)} = 5V$	-	0.1	-	-	0.1	nA
		$V_{I(+)} = 1V$	$V_{O(P)} = 30V$	-	-	1.0	-	-	1.0
Differential Voltage	$V_{I(DIFF)}$	Note1	-	-	36	-	-	36	V

Note:

- LM339/LM339A : $0 \leq T_A \leq +70^\circ C$
LM2901/LM3302 : $-40 \leq T_A \leq +85^\circ C$
LM239/LM239A : $-25 \leq T_A \leq +85^\circ C$
- These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (Continued)

(VCC = 5V, TA = 25°C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM2901			LM3302			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V _{IO}	V _{O(P)} = 1.4V, R _S = 0Ω Note1	-	2	7	-	2	20	mV
			-	9	15	-	-	40	
Input Offset Current	I _{IO}	Note1	-	2.3	50	-	3	100	nA
			-	50	200	-	-	300	
Input Bias Current	I _{BIAS}	Note1	-	57	250	-	57	250	nA
			-	200	500	-	-	1000	
Input Common Mode Voltage Range	V _{I(R)}	LM2901, V _{CC} = 30V LM3302, V _{CC} = 28V	0	-	V _{CC} - 1.5	0	-	V _{CC} - 1.5	V
		Note1	0	-	V _{CC} - 2	0	-	V _{CC} - 2	
Supply Current	I _{CC}	R _L = ∞, V _{CC} = 5V	-	1.1	2.0	-	1.1	2.0	mA
		R _L = ∞, V _{CC} = 30V (LM3302, V _{CC} = 28V)	-	1.6	2.5	-	1.6	2.5	
Voltage Gain	G _V	V _{CC} = 15V, R _L ≥ 15kΩ (for large swing)	25	100	-	2	30	-	V/ mV
Large Signal Response Time	T _{LRES}	V _I = TTL Logic Swing V _{REF} = 1.4V, V _R L = 5V, R _L = 5.1kΩ (Note2)	-	300	-	-	300	-	ns
Response Time	T _{RES}	V _R L = 5V, R _L = 5.1kΩ (Note2)	-	1.3	-	-	1.3	-	μs
Output Sink Current	I _{SINK}	V _{I(-)} ≥ 1V, V _{I(+)} = 0V, V _{O(P)} ≤ 1.5V	6	18	-	6	18	-	mA
Output Saturation Voltage	V _{SAT}	V _{I(-)} ≥ 1V, V _{I(+)} = 0V I _{SINK} = 4mA	-	140	400	-	140	400	mV
		Note1	-	-	700	-	-	700	
Output Leakage Current	I _{O(LKG)}	V _{I(-)} = 0V V _{I(+)} = 1V	-	0.1	-	-	0.1	-	nA
		V _{O(P)} = 5V V _{O(P)} = 30V	-	-	1.0	-	-	1.0	μA
Differential Voltage	V _{I(DIFF)}	Note1	-	-	36	-	-	28	V

Note:

- LM339/LM339A : 0 ≤ TA ≤ +70°C
LM2901/LM3302 : -40 ≤ TA ≤ +85°C
LM239/LM239A : -25 ≤ TA ≤ +85°C
- These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Typical Performance Characteristics

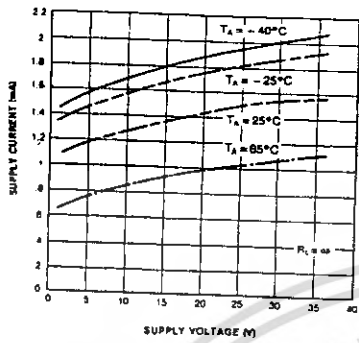


Figure 1. Supply Current vs Supply Voltage

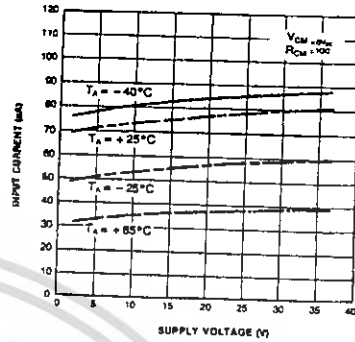


Figure 2. Input Current vs Supply Voltage

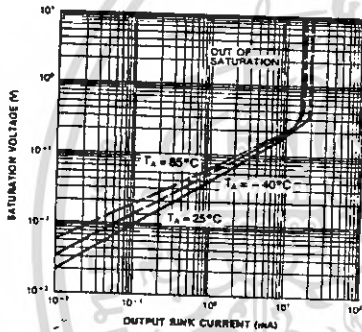


Figure 3. Output Saturation Voltage vs Sink Current

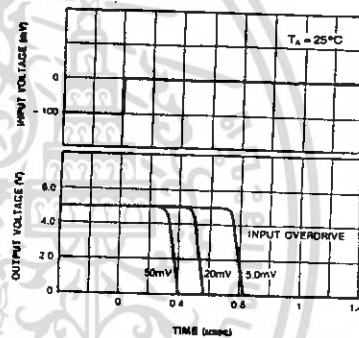


Figure 4. Response Time for Various Input Overdrive-Negative Transition

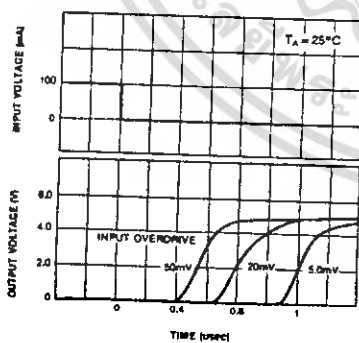


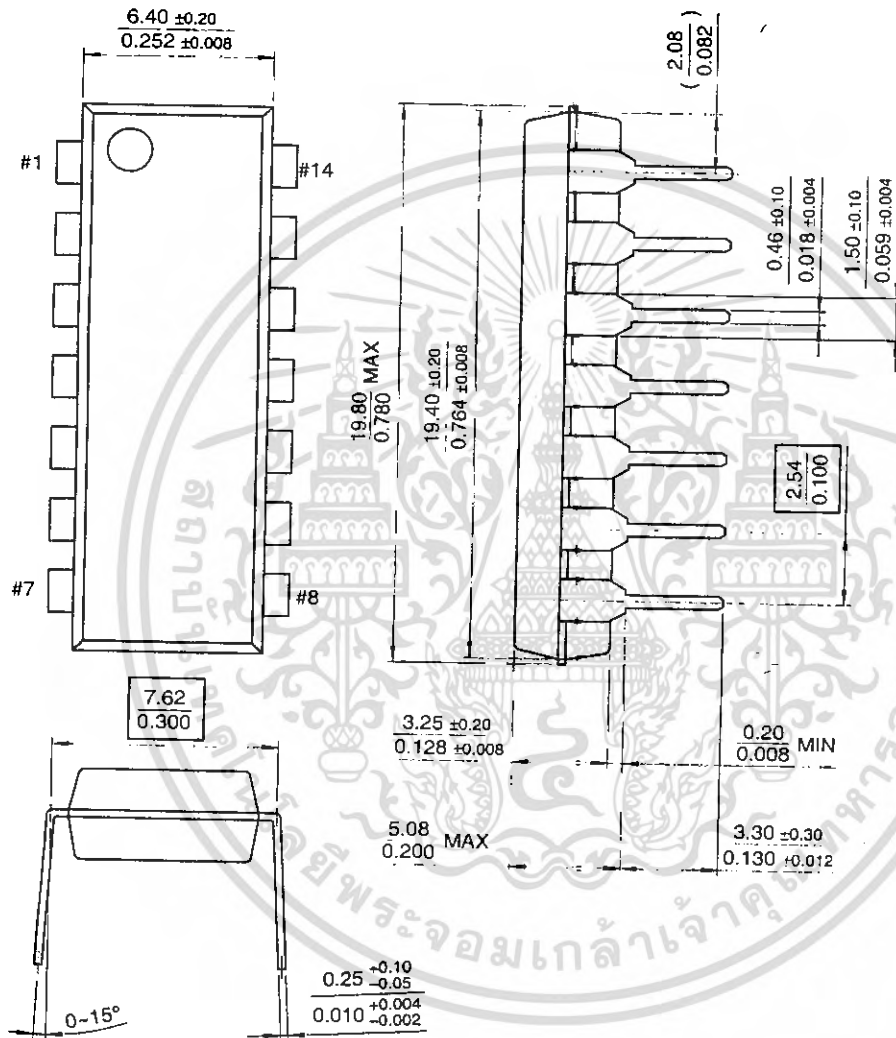
Figure 5. Response Time for Various Input Overdrive-Positive Transition

Mechanical Dimensions

Package

Dimensions in millimeters

14-DIP



Ordering Information

Product Number	Package	Operating Temperature
LM339N	14-DIP	0 ~ +70°C
LM339AN		
LM339M	14-SOP	
LM339AM		
LM2901N	14-DIP	-40 ~ +85°C
LM2901M	14-SOP	
LM3302N	14-DIP	
LM3302M	14-SOP	
LM239N	14-DIP	-25 ~ +85°C
LM239AN		
LM239M	14-SOP	
LM239AM		

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

CD40106BC Hex Schmitt Trigger

General Description

The CD40106BC Hex Schmitt Trigger is a monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuit constructed with N and P-channel enhancement transistors. The positive and negative-going threshold voltages, V_{T+} and V_{T-} , show low variation with respect to temperature (typ 0.0005V/°C at $V_{DD} = 10V$), and hysteresis, $V_{T+} - V_{T-} \geq 0.2 V_{DD}$ is guaranteed.

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

Features

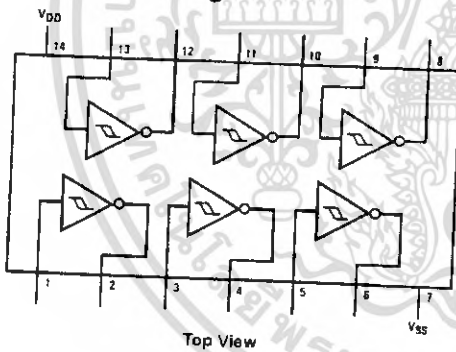
- Wide supply voltage range: 3V to 15V
- High noise immunity: $0.7 V_{DD}$ (typ.)
- Low power TTL compatibility:
Fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS
- Hysteresis: $0.4 V_{DD}$ (typ.),
 $0.2 V_{DD}$ guaranteed
- Equivalent to MM74C14

Ordering Code:

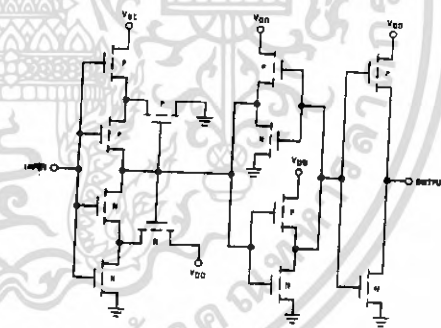
Order Number	Package Number	Package Description
CD40106BCM	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
CD40106BCN	N14A	14-Lead Plastic Dual-in-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Schematic Diagram



Absolute Maximum Ratings (Note 1)

(Note 2)

DC Supply Voltage (V_{DD})	-0.5 to +18 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	-0.5 to V_{DD} +0.5 V_{DC}
Storage Temperature Range (T_S)	-65°C to +150°C
Power Dissipation (P_D)	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
Lead Temperature (T_L)	
(Soldering, 10 seconds)	250°C

Recommended Operating Conditions (Note 2)

DC Supply Voltage (V_{DD})	3 to 15 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	0 to V_{DD} V_{DC}
Operating Temperature Range (T_A)	-55°C to +125°C

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

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

DC Electrical Characteristics (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	-55°C		+25°C		+125°C		Units	
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min		Max
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V$		1.0			1.0		30	μA
		$V_{DD} = 10V$		2.0			2.0		60	
		$V_{DD} = 15V$		4.0			4.0		120	
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	$ I_{OL} < 1 \mu A$								V
		$V_{DD} = 5V$		0.05			0.05		0.05	
		$V_{DD} = 10V$		0.05			0.05		0.05	
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	$ I_{OH} < 1 \mu A$								V
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95	5		4.95		
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95	10		9.95		
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V$	0.7	2.0	0.7	1.4	2.0	0.7	2.0	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9V$	1.4	4.0	1.4	3.2	4.0	1.4	4.0	
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	2.1	6.0	2.1	5.0	6.0	2.1	6.0	
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$	3.0	4.3	3.0	3.6	4.3	3.0	4.3	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1V$	6.0	8.6	6.0	6.8	8.6	6.0	8.6	
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	9.0	12.9	9.0	10.0	12.9	9.0	12.9	
V_H	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$) Voltage	$V_{DD} = 5V$	1.0	3.6	1.0	2.2	3.6	1.0	3.6	V
		$V_{DD} = 10V$	2.0	7.2	2.0	3.6	7.2	2.0	7.2	
		$V_{DD} = 15V$	3.0	10.8	3.0	5.0	10.8	3.0	10.8	
I_{OL}	LOW Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.64		0.51	0.68		0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.6		1.3	2.25		0.9		
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	4.2		3.4	8.8		2.4		
I_{OH}	HIGH Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$	-0.64		-0.51	-0.68		-0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.6		-1.3	-2.25		-0.9		
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-4.2		-3.4	-8.8		-2.4		
I_{IN}	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.1		-10 ⁻⁵		-0.1		μA
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.1		10 ⁻⁵		0.1		

Note 3: I_{OH} and I_{OL} are tested one output at a time.

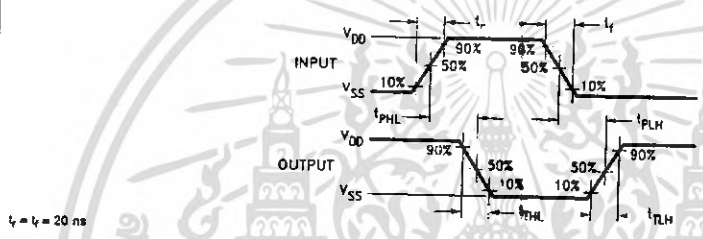
AC Electrical Characteristics (Note 4)

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_L = 50\text{ pF}$, $R_L = 200\text{ k}\Omega$, t_r and $t_f = 20\text{ ns}$, unless otherwise specified

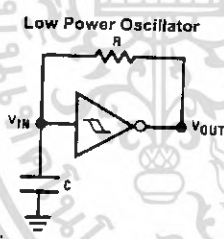
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{PHL} or t_{PLH}	Propagation Delay Time from Input to Output	$V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$		220 80 70	400 200 160	ns
t_{THL} or t_{TLH}	Transition Time	$V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$		100 50 40	200 100 60	ns
C_{IN}	Average Input Capacitance	Any Input		5	7.5	pF
C_{PD}	Power Dissipation Capacity	Any Gate (Note 5)		14		pF

Note 4: AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.
 Note 5: C_{PD} determines the no load ac power consumption of any CMOS device. For complete explanation see 74C Family Characteristics Application Note, AN-90.

Switching Time Waveforms



Typical Applications

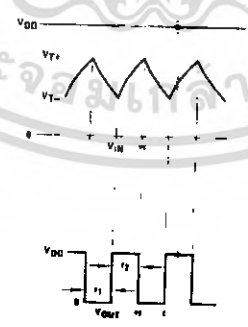


$$t_1 = RC / n \frac{V_{T+}}{V_T}$$

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

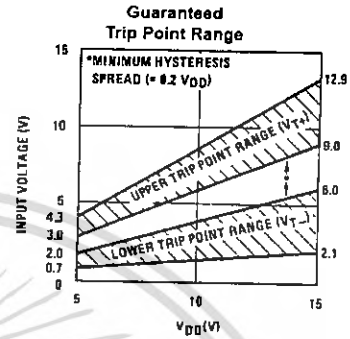
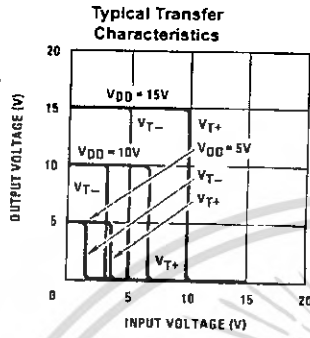
$$f = \frac{1}{RC / n \frac{V_T - (V_{DD} - V_{T-})}{V_T (V_{DD} - V_{T+})}}$$

Note: The equations assume $t_1 + t_2 \gg t_{PHL} + t_{PLH}$

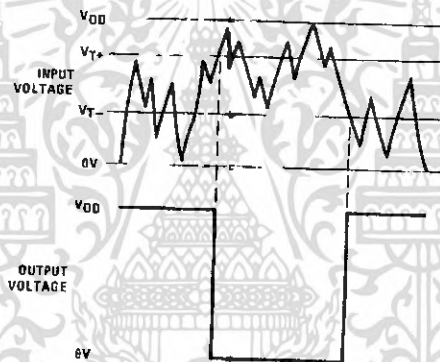


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

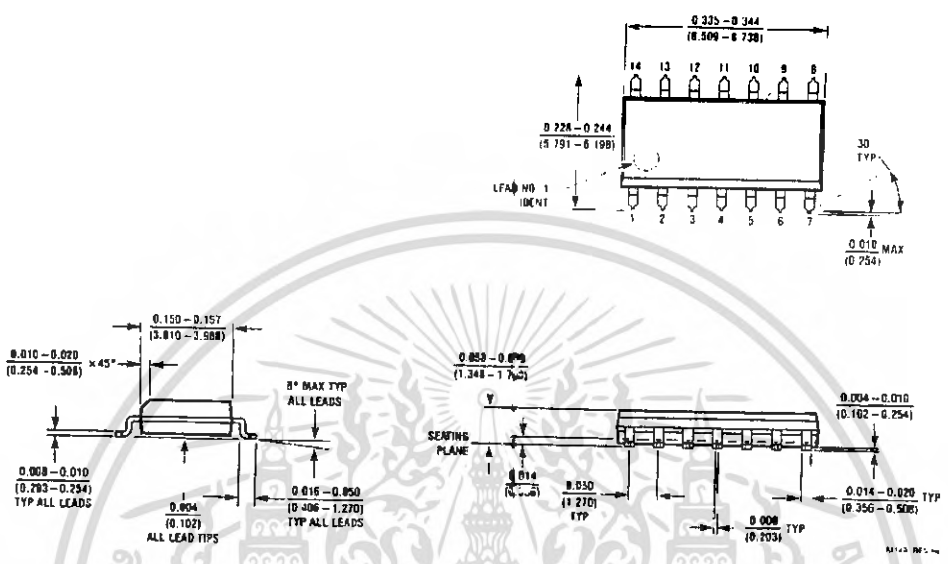


Guaranteed



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

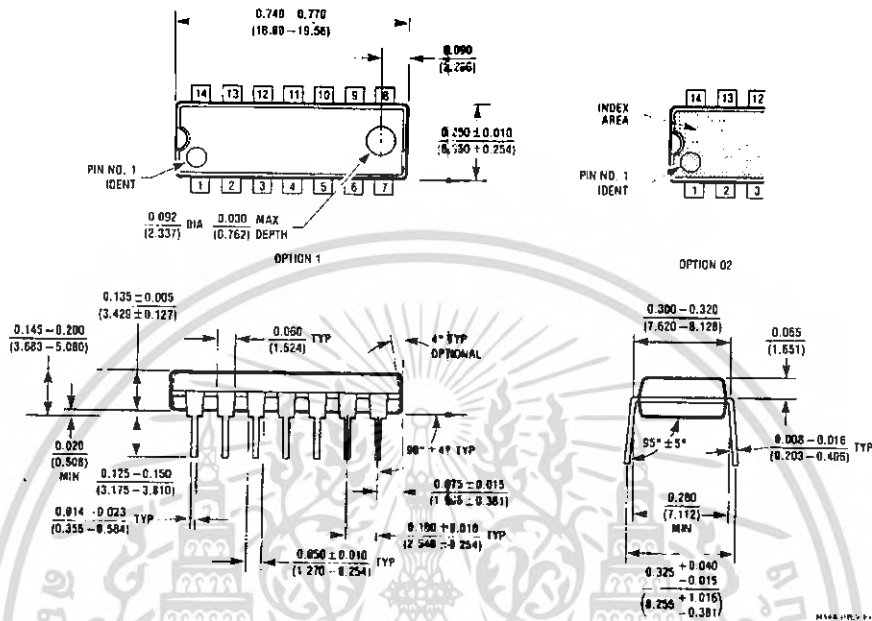


14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
Package Number M14A



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide Package Number N14A

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

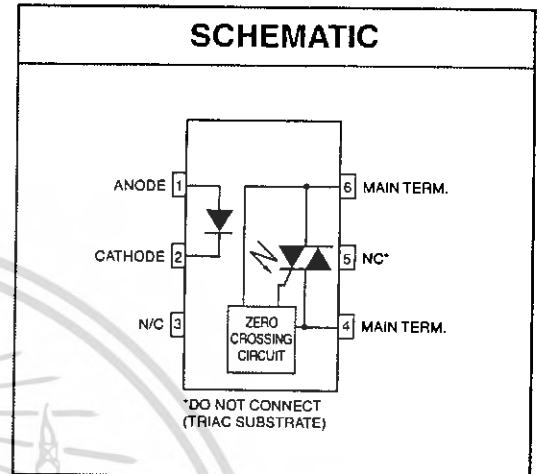
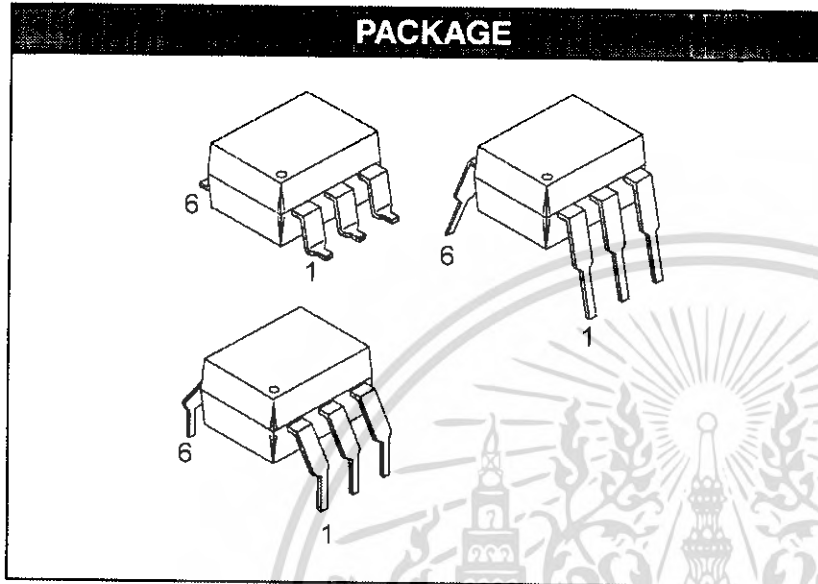
www.fairchildsemi.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOC3081M

MOC3082M

MOC3083M



DESCRIPTION

The MOC3081M, MOC3082M and MOC3083M devices consist of a GaAs infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon detector performing the function of a zero voltage crossing bilateral triac driver.

They are designed for use with a discrete power triac in the interface of logic systems to equipment powered from 240 VAC lines, such as solid-state relays, industrial controls, motors, solenoids and consumer appliances, etc.

FEATURES

- Underwriters Laboratories (UL) recognized - file #E90700, Volume 2
- VDE recognized - file #102497 - add option V (e.g., MOC3083VM)
- Simplifies logic control of 240 VAC power
- Zero voltage crossing
- dv/dt of 1500 V/ μs typical, 600 V/ μs guaranteed
- Compatible with Fairchild's FKPF12N80 discrete power triac

APPLICATIONS

- Solenoid/valve controls
- Lighting controls
- Static power switches
- AC motor drives
- Temperature controls
- E.M. contactors
- AC motor starters
- Solid state relays

MOC3081M

MOC3082M

MOC3083M

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Parameters	Symbol	Value	Units
TOTAL DEVICE			
Storage Temperature	T_{STG}	-40 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	T_{OPR}	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
Lead Solder Temperature	T_{SOL}	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
Junction Temperature Range	T_J	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Isolation Surge Voltage ⁽⁴⁾ (peak AC voltage, 60Hz, 1 sec duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ 25°C Derate above 25°C	P_D	250	mW
		2.94	mW/ $^\circ\text{C}$
EMITTER			
Continuous Forward Current	I_F	60	mA
Reverse Voltage	V_R	6	V
Total Power Dissipation 25°C Ambient Derate above 25°C	P_D	120	mW
		1.41	mW/ $^\circ\text{C}$
DETECTOR			
Off-State Output Terminal Voltage	V_{DRM}	800	V
Peak Repetitive Surge Current (PW = 100 μs , 120 pps)	I_{TSM}	1	A
Total Power Dissipation @ 25°C Ambient Derate above 25°C	P_D	150	mW
		1.76	mW/ $^\circ\text{C}$

MOC3081M

MOC3082M

MOC3083M

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameters	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Units
EMITTER						
Input Forward Voltage	$I_F = 30\text{ mA}$	V_F		1.3	1.5	V
Reverse Leakage Current	$V_R = 6\text{ V}$	I_R		0.005	100	μA
DETECTOR						
Peak Blocking Current, Either Direction	$V_{\text{DRM}} = 800\text{V}$, $I_F = 0$ (note 1)	I_{DRM1}		10	500	nA
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage	$I_F = 0$ (figure 9, note 3)	dv/dt	600	1500		V/ μs

TRANSFER CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)

DC Characteristics	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ*	Max	Units
LED Trigger Current	Main Terminal Voltage = 3V (note 2)	I_{FT}	MOC3081M			15	mA
			MOC3082M			10	
			MOC3083M			5	
Peak On-State Voltage, Either Direction	$I_{\text{TM}} = 100\text{ mA peak}$, $I_F = \text{rated } I_{\text{FT}}$	V_{TM}	All		1.8	3	V
Holding Current, Either Direction		I_{H}	All		500		μA

ZERO CROSSING CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)

DC Characteristics	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ*	Max	Units
Inhibit Voltage (MT1-MT2 voltage above which device will not trigger)	$I_F = \text{Rated } I_{\text{FT}}$	V_{INH}	All		12	20	V
Leakage in Inhibited State	$I_F = \text{Rated } I_{\text{FT}}$, $V_{\text{DRM}} = 800\text{V}$, off state	I_{DRM2}	All		200	500	μA

ISOLATION CHARACTERISTICS

Characteristics	Test Conditions	Symbol	Min	Typ*	Max	Units
Input-Output Isolation Voltage	$f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ sec}$ (note 4)	V_{ISO}	7500			Vac(pk)

*Typical values at $T_A = 25^\circ\text{C}$

Note

1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.
2. All devices are guaranteed to trigger at an I_F value less than or equal to max I_{FT} . Therefore, recommended operating I_F lies between max I_{FT} (15 mA for MOC3081M, 10 mA for MOC3082M, 5 mA for MOC3083M) and absolute max I_F (60 mA).
3. This is static dv/dt . See Figure 9 for test circuit. Commutating dv/dt is a function of the load-driving thyristor(s) only.
4. Isolation surge voltage, V_{ISO} , is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

MOC3081M

MOC3082M

MOC3083M

Figure 1. LED Forward Voltage vs. Forward Current

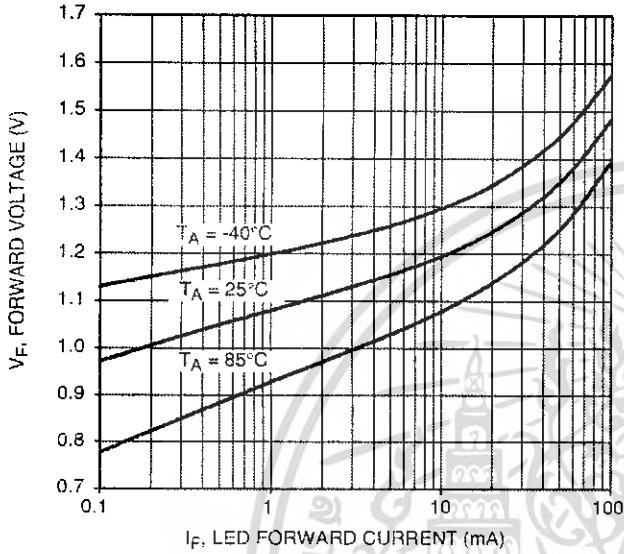


Figure 2. Trigger Current Vs. Temperature

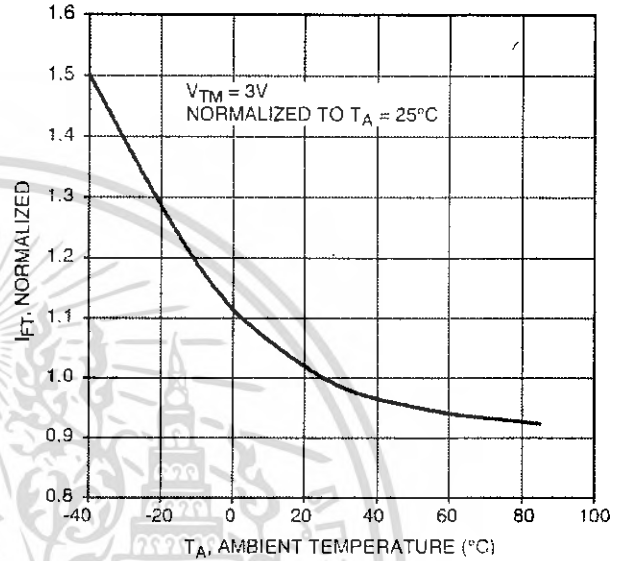


Figure 3. LED Current Required to Trigger vs. LED Pulse Width

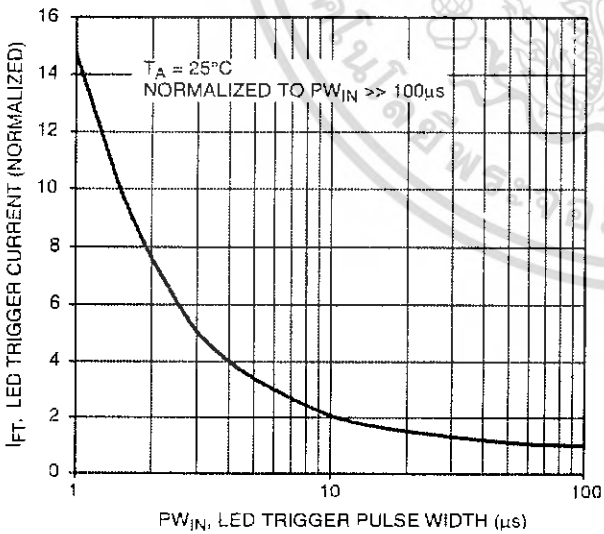
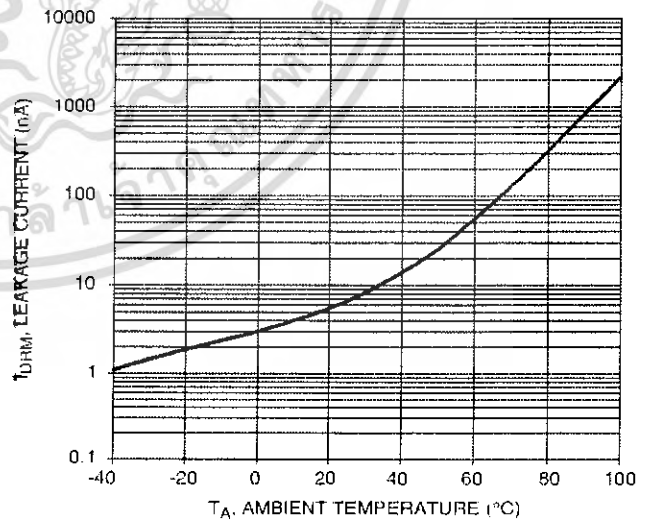


Figure 4. Leakage Current, I_{DRM} vs. Temperature



MOC3081M

MOC3082M

MOC3083M

Figure 5. I_{DRM2} , Leakage in Inhibit State vs. Temperature

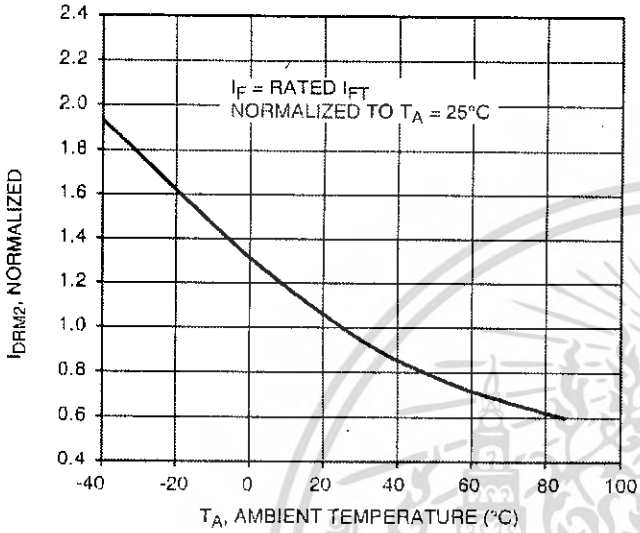


Figure 6. On-State Characteristics

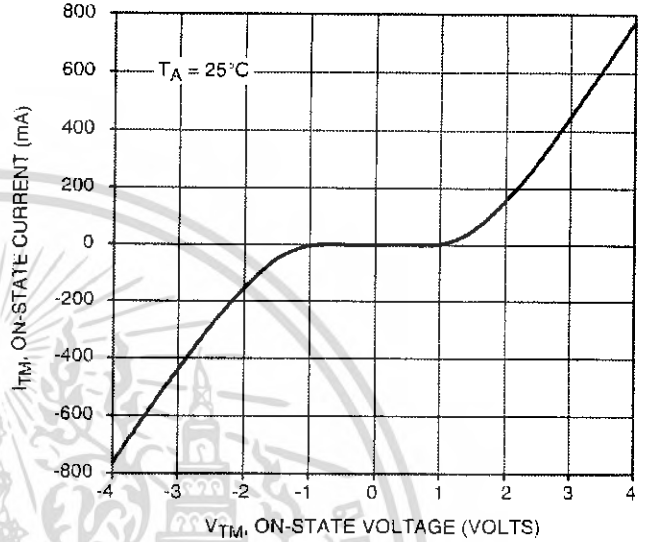


Figure 7. I_H , Holding Current vs. Temperature

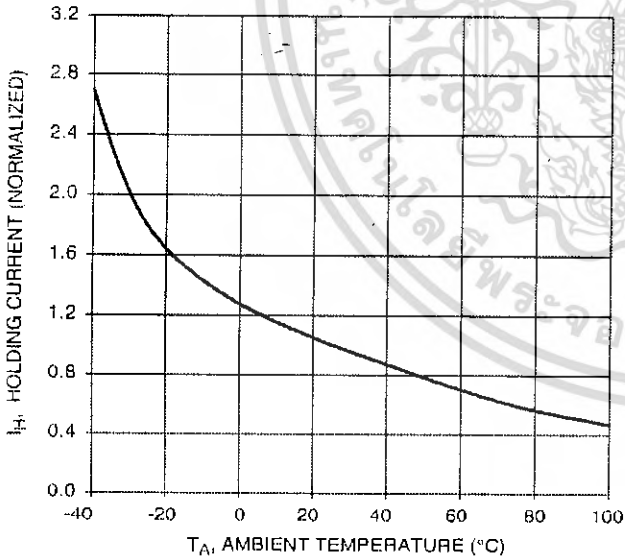
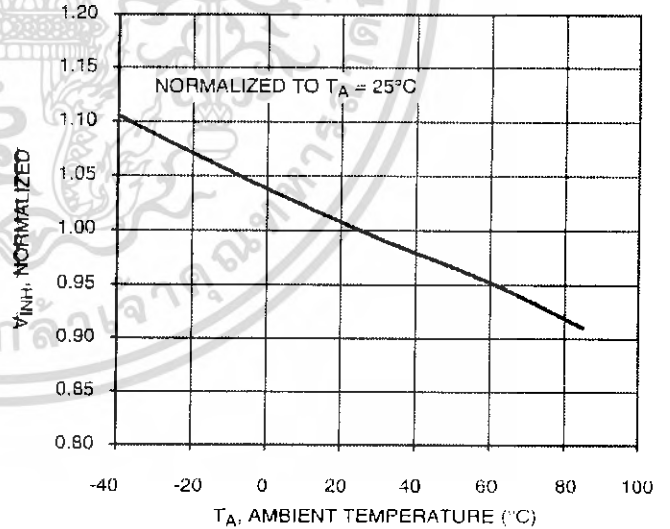


Figure 8. Inhibit Voltage vs. Temperature



MOC3081M

MOC3082M

MOC3083M

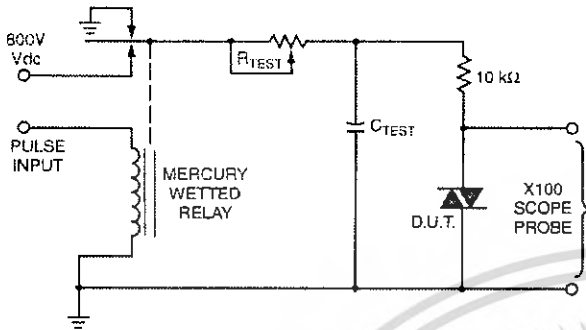


Figure 9. Static dv/dt Test Circuit

1. The mercury wetted relay provides a high speed repeated pulse to the D.U.T.
2. 100x scope probes are used, to allow high speeds and voltages.
3. The worst-case condition for static dv/dt is established by triggering the D.U.T. with a normal LED input current, then removing the current. The variable R_{TEST} allows the dv/dt to be gradually increased until the D.U.T. continues to trigger in response to the applied voltage pulse, even after the LED current has been removed. The dv/dt is then decreased until the D.U.T. stops triggering. τ_{RC} is measured at this point and recorded.

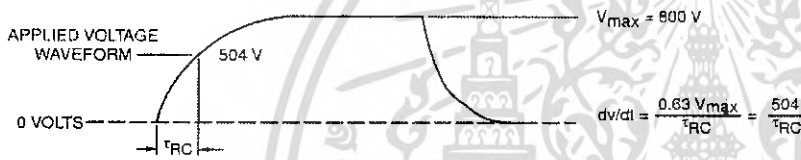
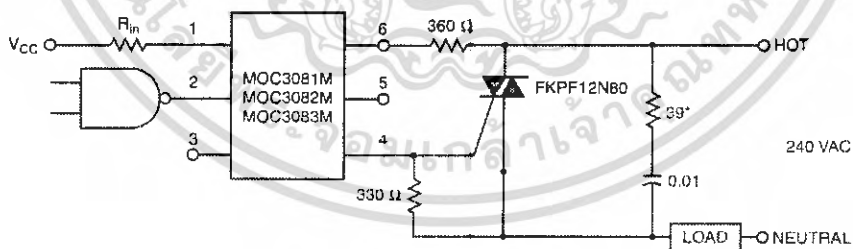


Figure 10. Static dv/dt Test Waveform

Typical circuit for use when hot line switching is required. In this circuit the "hot" side of the line is switched and the load connected to the cold or neutral side. The load may be connected to either the neutral or hot line.

R_{in} is calculated so that I_F is equal to the rated I_{FT} of the part. 15 mA for the MOC3081M, 10 mA for the MOC3082M, and 5 mA for the MOC3083M. The 39 ohm resistor and 0.01 μ F capacitor are for snubbing of the triac and may or may not be necessary depending upon the particular triac and load use.



* For highly inductive loads (power factor < 0.5), change this value to 360 ohms.

Figure 11. Hot-Line Switching Application Circuit

MOC3081M

MOC3082M

MOC3083M

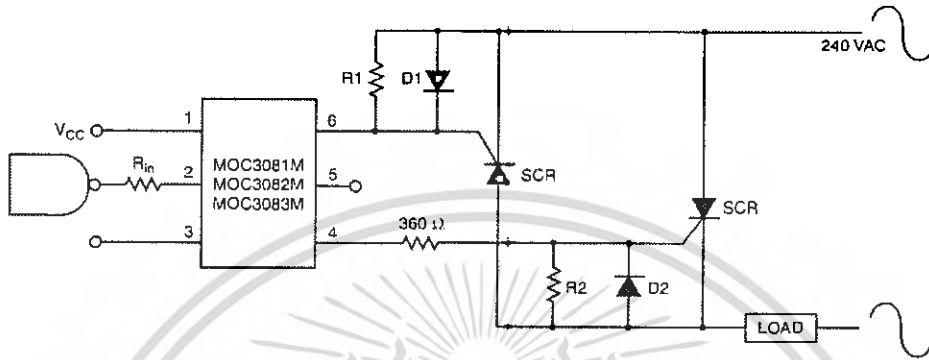


Figure 12. Inverse-Parallel SCR Driver Circuit

Suggested method of firing two, back-to-back SCR's with a Fairchild triac driver. Diodes can be 1N4001; resistors, R1 and R2, are optional 330 ohm.

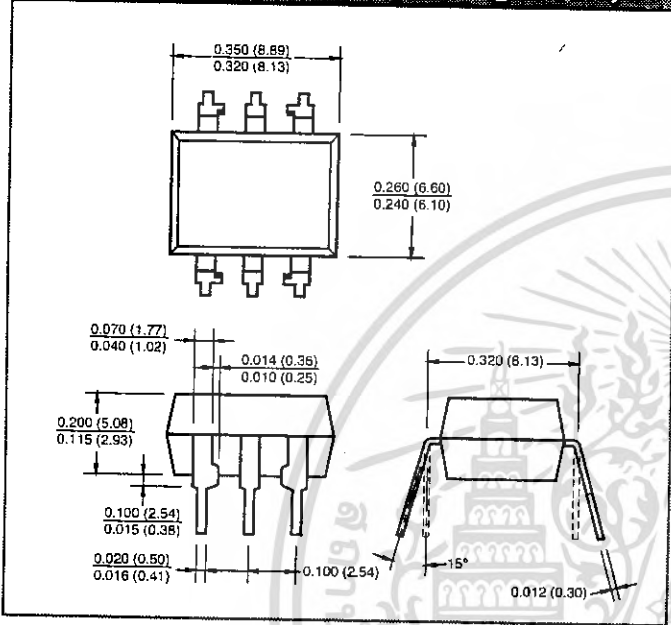
Note: This optoisolator should not be used to drive a load directly. It is intended to be a trigger device only.

MOC3081M

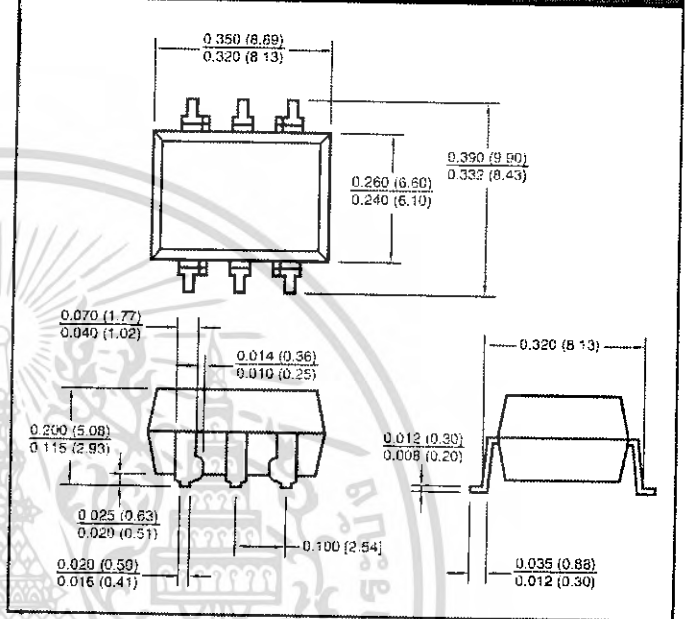
MOC3082M

MOC3083M

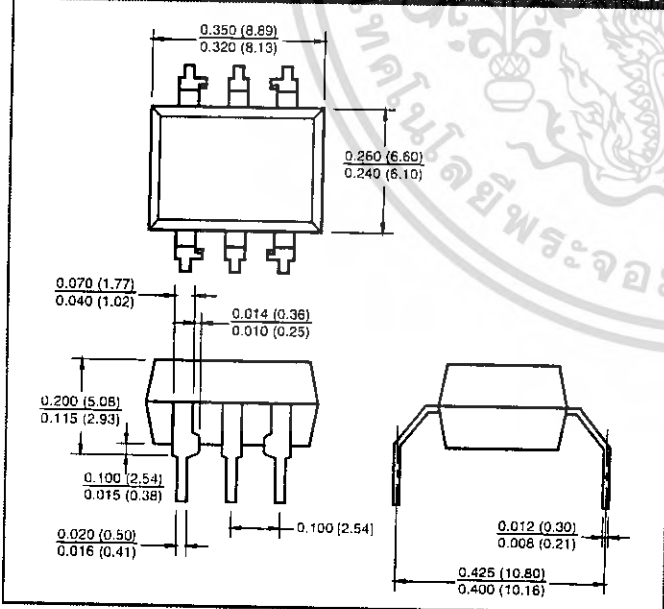
Package Dimensions (Through Hole)



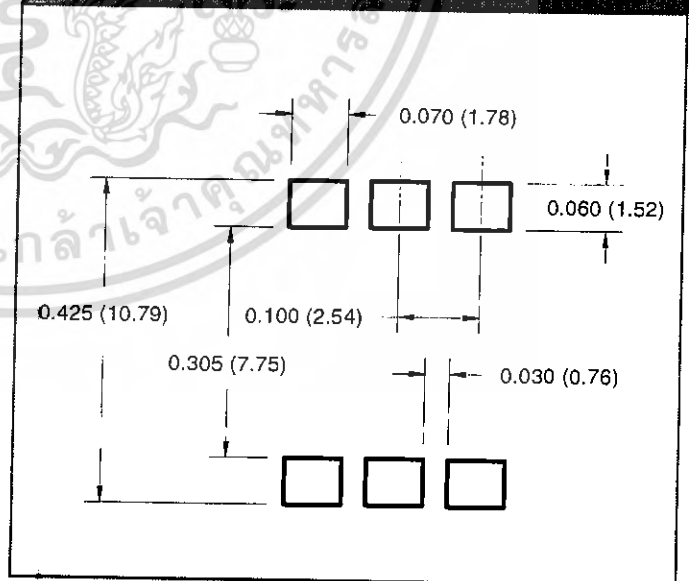
Package Dimensions (Surface Mount)



Package Dimensions (0.4" Lead Spacing)



**Recommended Pad Layout for
Surface Mount Leadform**



NOTE
All dimensions are in inches (millimeters)

MOC3081M

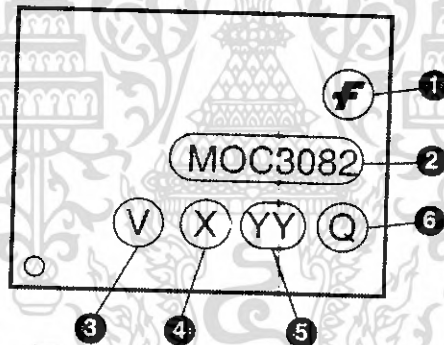
MOC3082M

MOC3083M

ORDERING INFORMATION

Order Entry Identifier	Description
S	Surface Mount Lead Bend
SR2	Surface Mount; Tape and reel
T	0.4" Lead Spacing
V	VDE 0884
TV	VDE 0884, 0.4" Lead Spacing
SV	VDE 0884, Surface Mount
SR2V	VDE 0884, Surface Mount, Tape & Reel

MARKING INFORMATION



Definitions	
1	Fairchild logo
2	Device number
3	VDE mark (Note: Only appears on parts ordered with VDE option – See order entry table)
4	One digit year code, e.g., '3'
5	Two digit work week ranging from '01' to '53'
6	Assembly package code

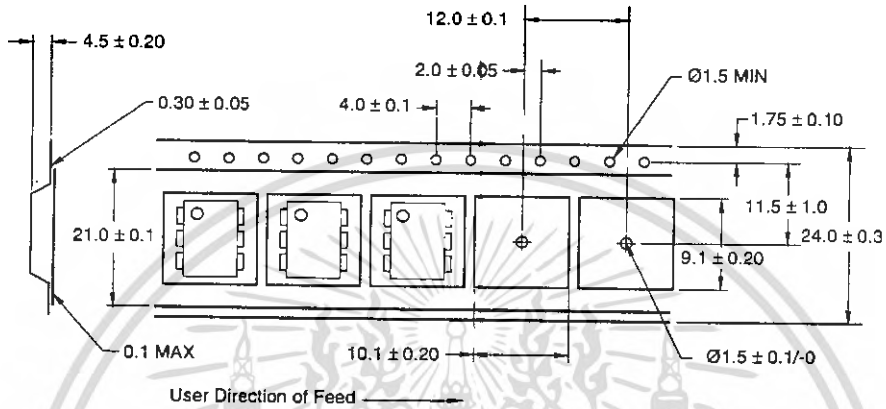
*Note – Parts that do not have the 'V' option (see definition 3 above) that are marked with date code '325' or earlier are marked in portrait format.

MOC3081M

MOC3082M

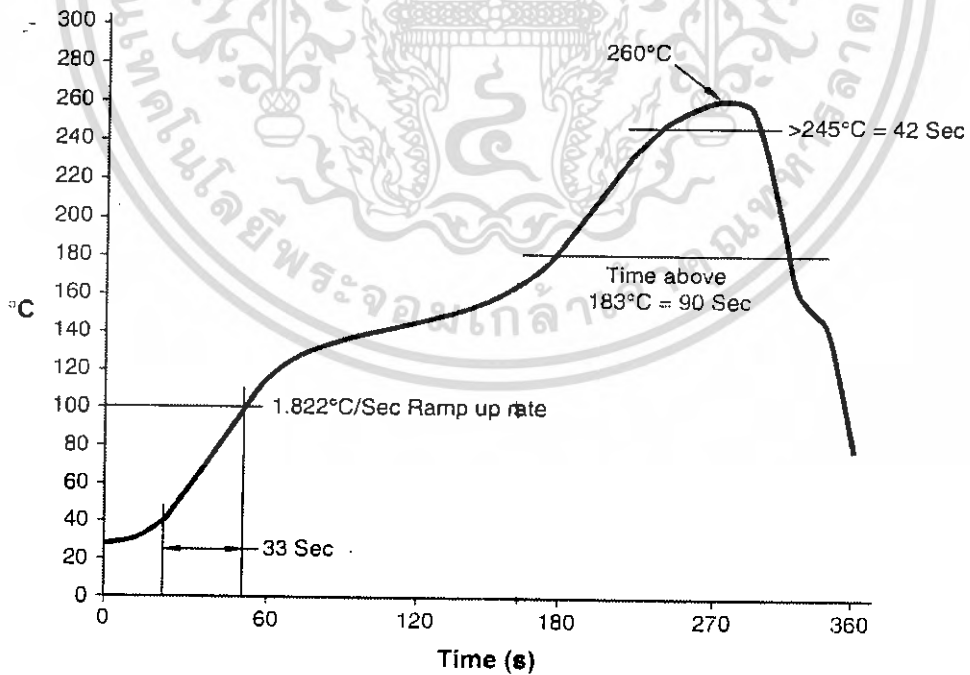
MOC3083M

Carrier Tape Specifications



NOTE
All dimensions are in inches (millimeters)

Reflow Profile



MOC3081M

MOC3082M

MOC3083M

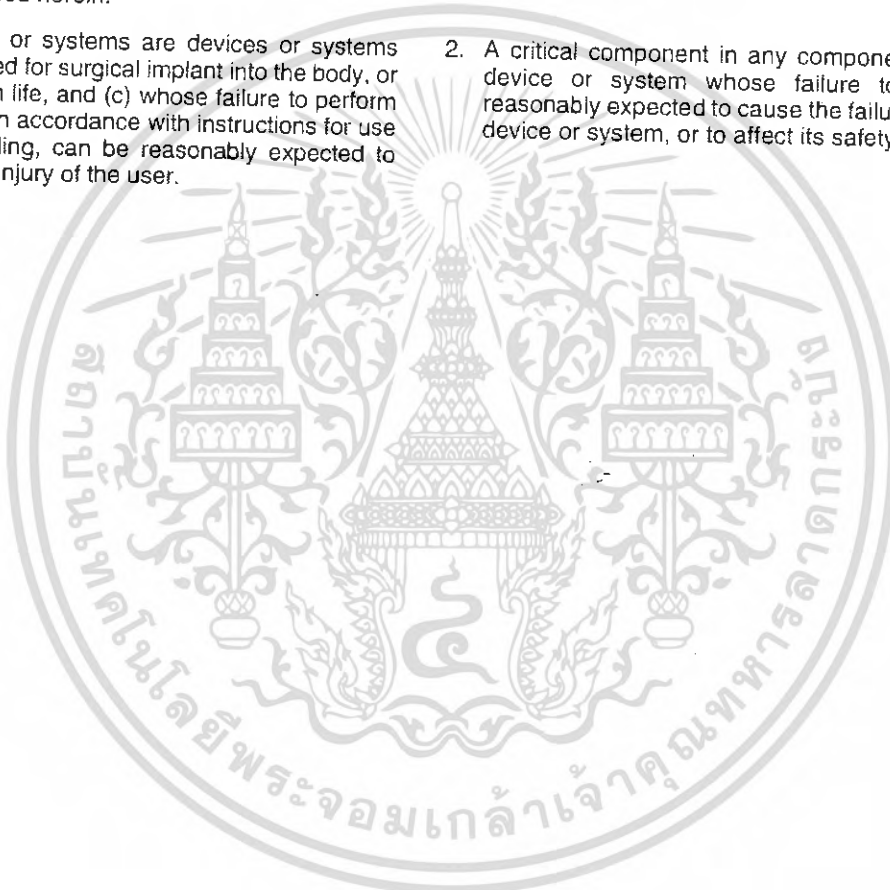
DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



TIP125/126/127

TIP125/126/127

Medium Power Linear Switching Applications

• Complementary to TIP120/121/122



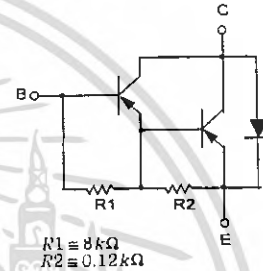
TO-220
1.Base 2.Collector 3.Emitter

PNP Epitaxial Darlington Transistor

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

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	TIP125	-30
		TIP126	-80
		TIP127	-100
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	TIP125	-60
		TIP126	-80
		TIP127	-100
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	-5	V
I_C	Collector Current (DC)	-5	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	-8	A
I_B	Base Current (DC)	-120	mA
P_C	Collector Dissipation ($T_a=25^\circ\text{C}$)	2	W
	Collector Dissipation ($T_C=25^\circ\text{C}$)	65	W
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature	-65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

Equivalent Circuit



Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CE(sus)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = -100\text{mA}, I_B = 0$	TIP125	-60	V
			TIP126	-80	V
			TIP127	-120	V
I_{CEO}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = -30\text{V}, I_B = 0$	TIP125	-2	mA
			TIP126	-2	mA
			TIP127	-2	mA
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	$V_{CB} = -60\text{V}, I_E = 0$	TIP125	-1	mA
			TIP126	-1	mA
			TIP127	-1	mA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	$V_{BE} = -5\text{V}, I_C = 0$		-2	mA
h_{FE}	* DC Current Gain	$V_{CE} = -3\text{V}, I_C = 0.5\text{A}$	1000		
		$V_{CE} = -3\text{V}, I_C = -3\text{A}$	1000		
$V_{CE(sat)}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = -3\text{A}, I_B = -12\text{mA}$		-2	V
		$I_C = -5\text{A}, I_B = -20\text{mA}$		-4	V
$V_{BE(on)}$	* Base-Emitter ON Voltage	$V_{CE} = -3\text{V}, I_C = -3\text{A}$		-2.5	V
C_{ob}	Output Capacitance	$V_{CB} = -10\text{V}, I_E = 0, f = 0.1\text{MHz}$		300	pF

* Pulse Test : $PW \leq 300\mu\text{s}$, Duty cycle $\leq 2\%$

Typical Characteristics

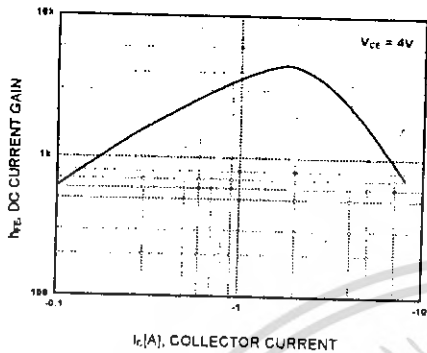


Figure 1. DC current Gain

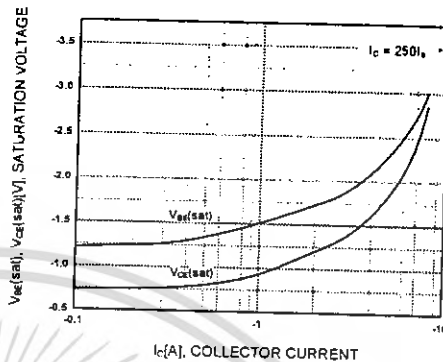


Figure 2. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

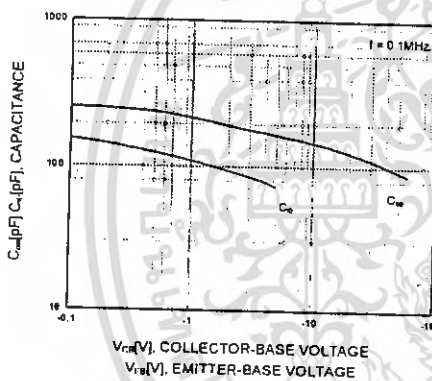


Figure 3. Output and Input Capacitance vs. Reverse Voltage

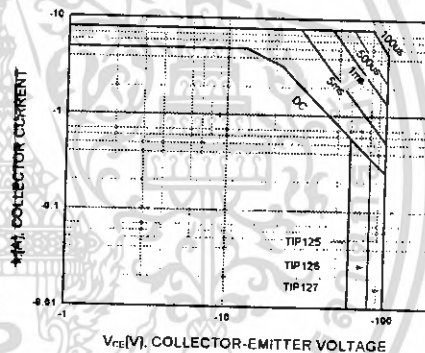


Figure 4. Safe Operating Area

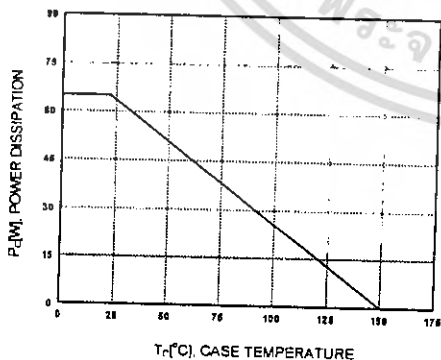


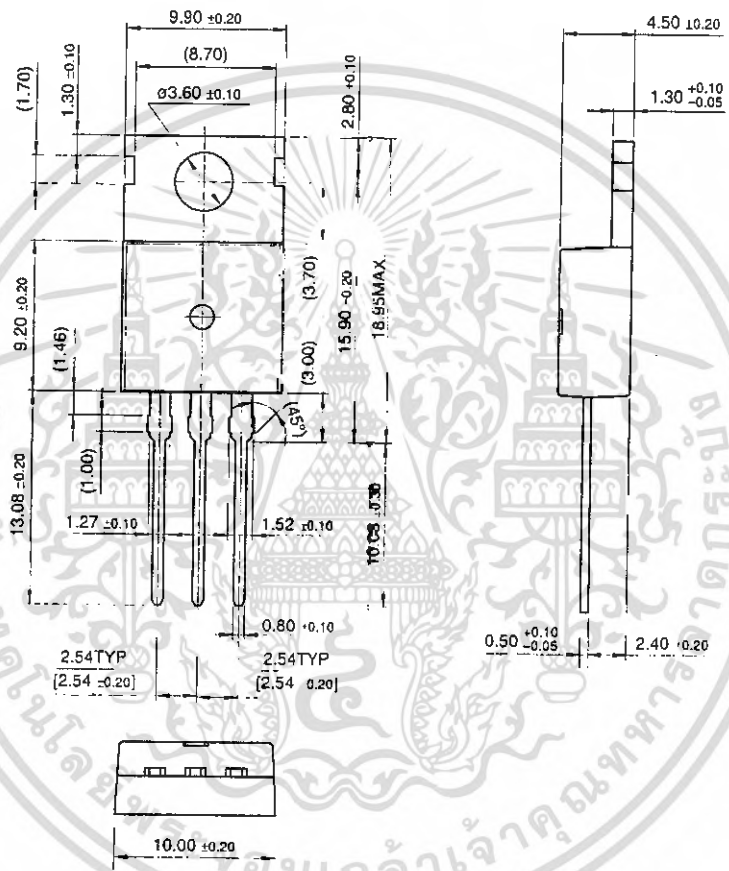
Figure 5. Power Derating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Dimensions

TIP125/126/127

TO-220



Dimensions in Millimeters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE ^x ™	FAST [®]	OPTOPLANAR™	STAR*POWER™
Bottomless™	FASTr™	PACMAN™	Stealth™
CoolFET™	FRFET™	POP™	SuperSOT™-3
CROSSVOLT™	GlobalOptoisolator™	Power247™	SuperSOT™-6
DenseTrench™	GTO™	PowerTrench [®]	SuperSOT™-8
DOME™	HiSeC™	QFET™	SyncFET™
EcoSPARK™	ISOPLANAR™	QS™	TruTranslation™
E ² CMOS™	LittleFET™	QT Optoelectronics™	TinyLogic™
EnSigna™	MicroFET™	Quiet Series™	UHC™
FACT™	MICROWIRE™	SLIENT SWITCHER [®]	UltraFET [®]
FACT Quiet Series™	OPTOLOGIC™	SMART START™	VCX™

STAR*POWER is used under license

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

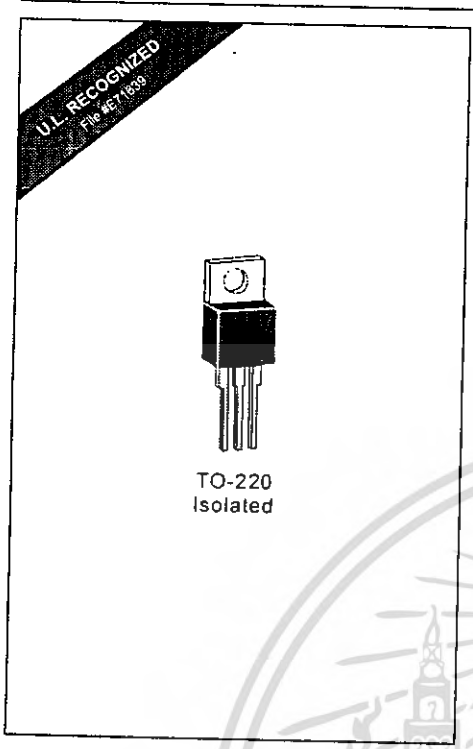
1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

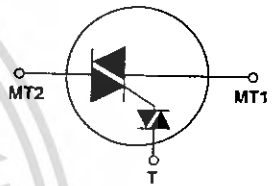
Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TO-220
Isolated



Quadrac

Internally Triggered Triacs (4 A to 15 A)

General Description

Teccor's *Quadrac* devices are triacs that include a diac trigger mounted inside the same package. This device, developed by Teccor, saves the user the expense and assembly time of buying a discrete diac and assembling in conjunction with a gated triac. Also, the thermistor *Quadrac* device (QxxxxLTH) eliminates the need for a snubber network.

The *Quadrac* device is a bidirectional AC switch and is gate controlled for either polarity of main terminal voltage. Its primary purpose is for AC switching and phase control applications such as speed controls, temperature modulation controls, and lighting controls where noise immunity is required.

Triac current capacities range from 4 A to 15 A with voltage ranges from 200 V to 600 V. *Quadrac* devices are available in the TO-220 package.

The TO-220 package is electrically isolated to 2500 V rms from the leads to mounting surface. 4000 V rms is available on special order. This means that no external isolation is required, thus eliminating the need for separate insulators and insulator-mounting steps and saving dollars over "hot tab" devices.


All Teccor triac and diac chips have glass-passivated junctions to ensure long-term device reliability and parameter stability.

Variations of devices in this data sheet are available for custom design applications. Consult the factory for more information.

Features

- Glass-passivated junctions
- Electrically-isolated package
- Internal trigger diac
- High surge capability — up to 200 A
- High voltage capability — 200 V to 600 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I _{T(RMS)} (5)	Part No. Isolated  TO-220	V _{DRM} (1)	I _{DRM} (1) (10)			V _{TM} (1) (3)	Trigger Diac Specifications (T-MT1)						
			mAmps				Volts	ΔV _{BO} (7)	V _{BO} (6)		[ΔV±] (6)	I _{BO}	C _T (f1)
			T _C = 25 °C	T _C = 100 °C	T _C = 125 °C				Volts	Volts			
See "Package Dimensions" section for variations. (12)		MIN	MAX			MAX	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MAX	
4 A	Q2004LT	200	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q4004LT	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
6 A	Q6004LT	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q2006LT	200	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q4006LT	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q6006LT	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
8 A	Q4006LTH	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q6006LTH	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q2008LT	200	0.05	0.5	2	1.8	3	33	43	5	25	0.1	
	Q4008LT	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
10 A	Q6008LT	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q4008LTH	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q6008LTH	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q2010LT	200	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
15 A	Q4010LT	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q6010LT	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q4010LTH	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q6010LTH	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
15 A	Q2015LT	200	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q4015LT	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q6015LT	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q4015LTH	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	
	Q6015LTH	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1	

Specific Test Conditions

- [ΔV±] — Dynamic breakback voltage (forward and reverse)
- ΔV_{BO} — Breakover voltage symmetry
- C_T — Trigger firing capacitance
- di/dt — Maximum rate-of-change of on-state current
- dv/dt — Critical rate-of-rise of off-state voltage at rated V_{DRM} gate open
- dv/dt(c) — Critical rate-of-rise of commutation voltage at rated V_{DRM} and I_{T(RMS)} commutating di/dt = 0.54 rated I_{T(RMS)}/ms; gate unenergized
- I_{2t} — RMS surge (non-repetitive) on-state current for period of 8.3 ms for fusing
- I_{BO} — Peak breakover current
- I_{DRM} — Peak off-state current gate open; V_{DRM} = maximum rated value
- I_{GTM} — Peak gate trigger current (10 μs Max)
- I_H — Holding current; gate open
- I_{T(RMS)} — RMS on-state current, conduction angle of 360°
- I_{TSM} — Peak one-cycle surge
- t_{gt} — Gate controlled turn-on time
- V_{BO} — Breakover voltage (forward and reverse)

- V_{DRM} ← Repetitive peak blocking voltage
- V_{TM} → Peak on-state voltage at maximum rated RMS current

General Notes

- All measurements are made at 60 Hz with resistive load at an ambient temperature of +25 °C unless otherwise specified.
- Operating temperature range (T_J) is -40 °C to +125 °C.
- Storage temperature range (T_S) is -40 °C to +125 °C.
- Lead solder temperature is a maximum of +230 °C for 10 seconds maximum; ≥1/16" (1.59 mm) from case.
- The case temperature (T_C) is measured as shown on dimensional outline drawings. See "Package Dimensions" section of this catalog.

Electrical Specification Notes

- (1) For either polarity of MT2 with reference to MT1
- (2) See Figure E3.1 for I_H versus T_C.
- (3) See Figure E3.4 and Figure E3.5 for i_T versus v_T.
- (4) See Figure E3.9 for surge ratings with specific durations.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

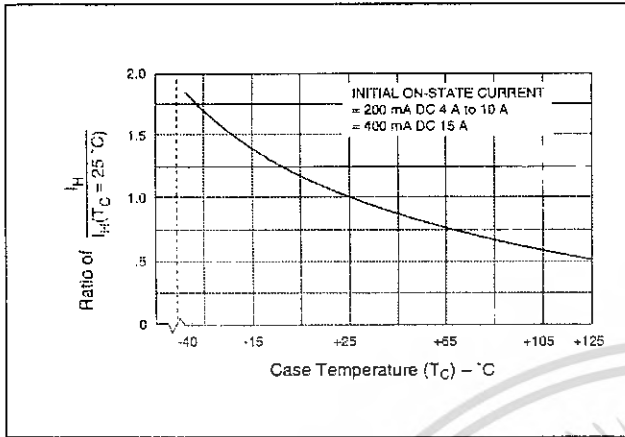


Figure E3.1 Normalized DC Holding Current versus Case Temperature

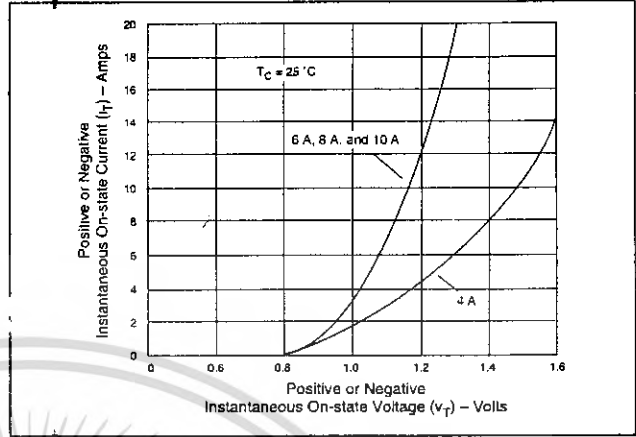


Figure E3.4 On-state Current versus On-state Voltage (Typical) (4 A to 10 A)

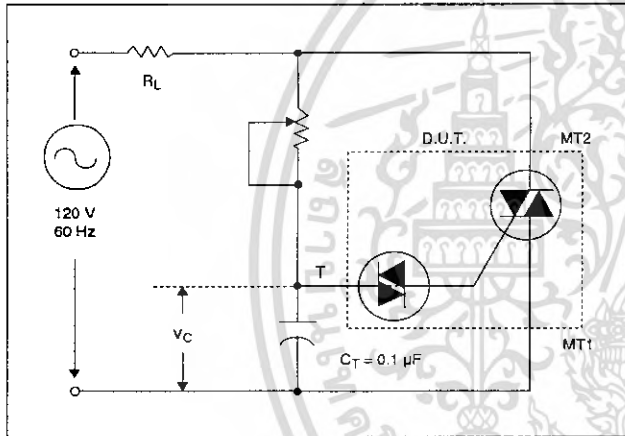


Figure E3.2 Test Circuit

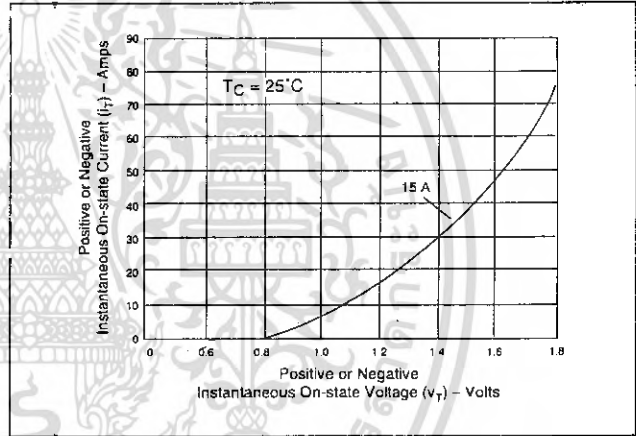


Figure E3.5 On-state Current versus On-state Voltage (Typical) (15 A)

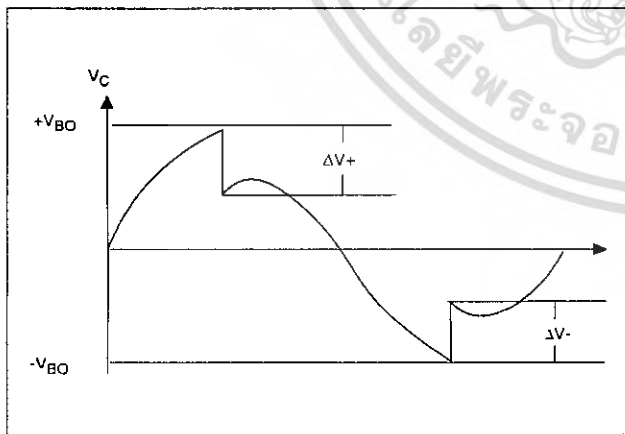


Figure E3.3 Test Circuit Waveforms

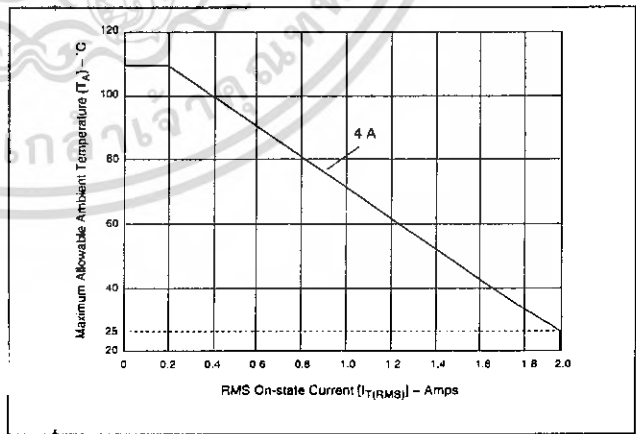


Figure E3.6 Maximum Allowable Ambient Temperature versus On-state Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

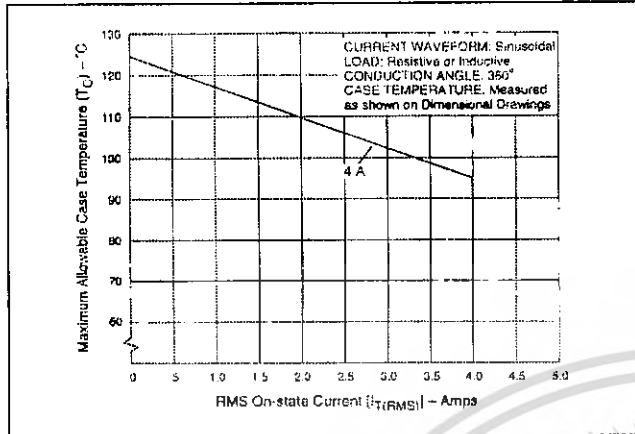


Figure E3.7 Maximum Allowable Case Temperature versus On-state Current (4 A)

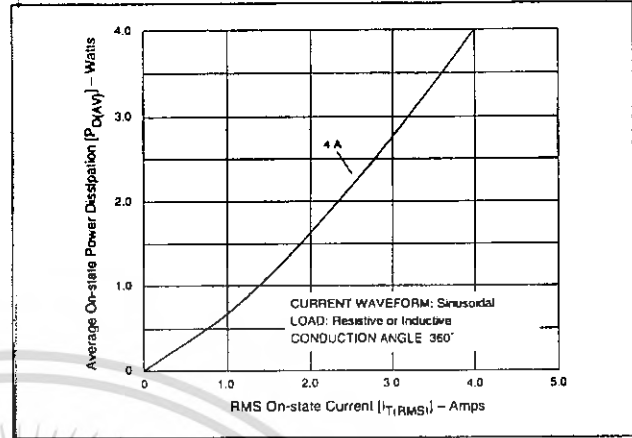


Figure E3.10 Power Dissipation (Typical) versus On-state Current (4 A)

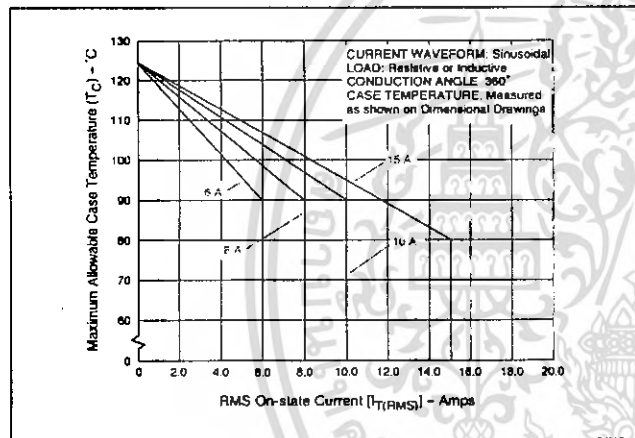


Figure E3.8 Maximum Allowable Case Temperature versus On-state Current (6 A to 15 A)

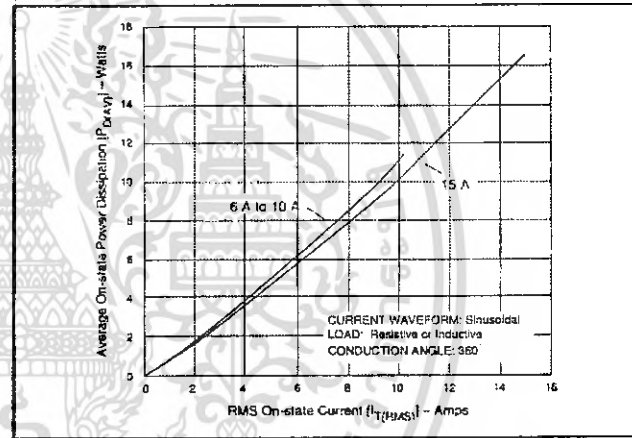


Figure E3.11 Power Dissipation (Typical) versus On-state Current (6 A to 10 A and 15 A)

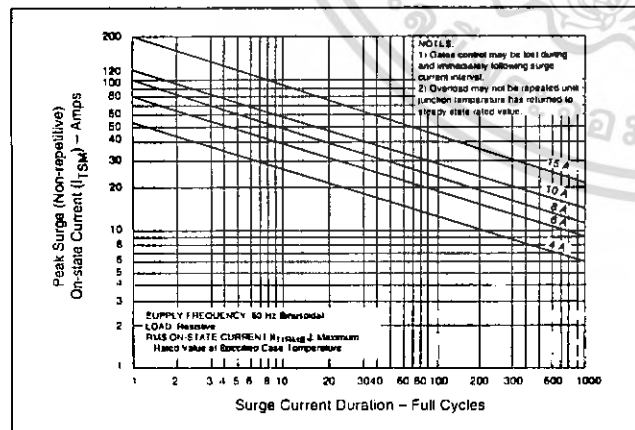


Figure E3.9 Peak Surge Current versus Surge Current Duration

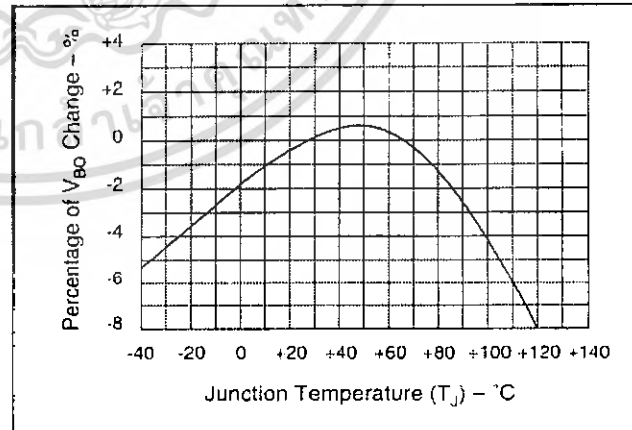


Figure E3.12 Normalized diac V_{BO} versus Junction Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้จะไม่สามารถประสบความสำเร็จได้ถ้าปราศจากอาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ และ อาจารย์ ชัยทัต มณีอินทร์ ผู้ซึ่งคอยให้คำปรึกษาและคอยเสนอแนะอย่าง
เอาใจใส่ รวมทั้งขอขอบคุณพี่ปริญญาโททุกคนที่ช่วยแก้ปัญหาด่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขอขอบคุณ เพื่อนและ
พี่ภาคไฟฟ้ากำลังทุกคนสำหรับน้ำใจที่มีให้อย่างไม่ขาด ขอขอบคุณครอบครัวที่คอยสนับสนุนทั้งเรื่อง
เงินทุนและความรัก และที่สำคัญที่สุดขอขอบคุณ สถาบันอันเป็นที่รักยิ่งของเรา สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ญัฐพล วงศ์สุนทรชัย และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, "เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์PIC16F877", บริษัท อินโนไวต์ฟ เอ็กเพอร์เมนท์ จำกัด.
- [2] สุวัฒน์ ตัน , "เทคนิคและการออกแบบสวิตซ์ชิงเพาเวอร์ซัพพลาย", พิมพ์ครั้งที่ 2, บริษัทเอนเทลไทย จำกัด, มิถุนายน 2538
- [3] มงคล ทองสงคราม , "อิเล็กทรอนิกส์กำลัง" , พิมพ์ครั้งที่ 3 ห้างหุ้นส่วน จำกัด วี.เจ.พรีนติ้ง, พฤศจิกายน 2540
- [4] นายจිරศักดิ์ สวัสดิ์นที และคณะ , "แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง", ปรียญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2545.

