

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง

UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY



โดย

นายจิรศักดิ์ สวัสดิ์นที
นายไชยพลา สมบัติวิรุณ
นายทศวัฒน์ อิมเอิบ
นายอำนวยการ มณเฑาะ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศส.ดร. วิจิตร ถินเรศ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 49918

วัน,เดือน,ปี..... 2 เม.ย. 2547

b.....

i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง

UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY

ผู้จัดทำ

1. นายจิรศักดิ์ สวัสดิ์นที รหัสประจำตัว 43015158
2. นายไชยพลา สมบัติบริบูรณ์ รหัสประจำตัว 43015162
3. นายพัศวัฒน์ อิมเอิบ รหัสประจำตัว 43015164
4. นายอานวย มณีทะ รหัสประจำตัว 43015193



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. วิจิตร กิณเรศ)

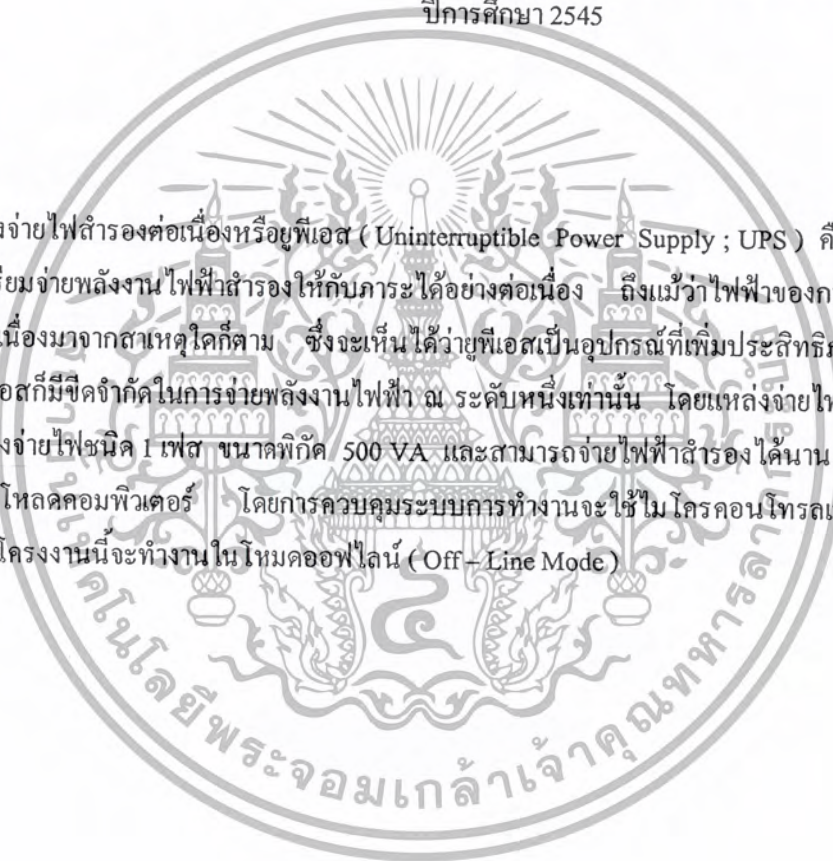
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง

นายจิรศักดิ์	สวัสดิ์นที	43015158
นายไชยพลา	สมบัติบริบูรณ์	43015162
นายทศวัฒน์	อิมเอิบ	43015164
นายอำนาจ	มณีทะ	43015193
ผศ.ดร.วิจิตร	กิมเรศ	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2545		

บทคัดย่อ

แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่องหรือยูพีเอส (Uninterruptible Power Supply ; UPS) คืออุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อเตรียมจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองให้กับภาระได้อย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าดับหรือเกิดขัดข้องอันเนื่องมาจากสาเหตุใดก็ตาม ซึ่งจะเห็นได้ว่ายูพีเอสเป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบไฟฟ้า แต่ยูพีเอสก็มีขีดจำกัดในการจ่ายพลังงานไฟฟ้า ณ ระดับหนึ่งเท่านั้น โดยแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองในโครงการนี้เป็นแหล่งจ่ายไฟชนิด 1 เฟส ขนาดพิกัด 500 VA และสามารถจ่ายไฟฟ้าสำรองได้นาน 10 นาทีเมื่อจ่ายไฟให้กับภาระโหลดคอมพิวเตอร์ โดยการควบคุมระบบการทำงานจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม ยูพีเอสในโครงการนี้จะทำงานในโหมดออฟไลน์ (Off-Line Mode)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Uninterruptible Power Supply

Jeerasak Sawatnatee
 Chaipala Sombatboariboon
 Thassawut Imorb
 Amnoy Maneeta

Asst.Prof.Dr.Vijit Kinnaret Advisor

ABSTRACT

Uninterruptible Power Supply or UPS is designed to supply reserved electrical energy to uninterruptable load. Despite failing of system or no power supply from source, load is able to work continuously. So UPS is equipment which improves efficiency to load but it is limited to supply electrical energy which is appropriate with a lower power system. The UPS in this project is 1 phase power supply, 500 VA rating. It can supply 10 minutes at computer load. It is controlled by microcontroller and UPS works in off-line mode.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจาก หลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ ผศ.ดร.วิจิตร กิมเรศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา รวมถึงรุ่นพี่ปริญญาโททุกคนที่ให้คำชี้แนะในปัญหาที่เกี่ยวกับโครงการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพี่โรมัส ธรรมาธิษฐาน ที่สละเวลามาให้คำแนะนำทุกครั้งที่ประสบปัญหา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้คณะผู้จัดทำได้มีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมาในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ คณะผู้จัดทำขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณนี้ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 วงจรอินเวอร์เตอร์	3
2.1 พื้นฐานการทำงานของวงจรถูก – พูล อินเวอร์เตอร์	4
2.2 มอสมิทกำลัง	7
2.3 คุณลักษณะของสัญญาณขับ	14
บทที่ 3 เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่	18
3.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแบตเตอรี่	18
3.2 พารามิเตอร์ในการอัดประจุ	19
3.3 วิธีอัดประจุแบตเตอรี่	19
3.4 การอัดประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว - กรดโดยทั่วไป	20
3.5 การประยุกต์ใช้งาน	21
3.6 คุณลักษณะที่สำคัญของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว - กรด	22
บทที่ 4 สวิตซ์สับเปลี่ยน	24
4.1 เงื่อนไขการทำงานของสวิตซ์สับเปลี่ยน	24
4.2 ลำดับการทำงานของสวิตซ์สับเปลี่ยน	26
บทที่ 5 ไมโครคอนโทรลเลอร์	31
5.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51	31
5.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51	32
5.3 โครงสร้างของหน่วยความจำภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51	33
5.4 โครงสร้างของพอร์ต MCS – 51	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5	รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ	40
บทที่ 6	การคำนวณและการออกแบบ	46
6.1	การออกแบบวงจรพวง – พูล อินเวอร์เตอร์	46
6.2	การออกแบบหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า	47
6.3	การเลือกเบตเตอร์ใช้ในโครงการ	50
6.4	การคำนวณเพื่อเลือกใช้ขนาดเบตเตอร์	51
6.5	การออกแบบวงจรภาคเรียงกระแสและวงจรอัดประจุเบตเตอร์	52
6.6	การออกแบบวงจรตรวจสอบสถานะการทำงาน	57
6.7	การออกแบบวงจรป้องกันกลับ	62
6.8	วงจรขับและแสดงผลการทำงาน	64
6.9	การออกแบบสวิตช์สับเปลี่ยน	67
บทที่ 7	ผลการทดลอง	68
7.1	ผลการทดลองในส่วนของการอัดประจุเบตเตอร์	69
7.2	ผลการทดลองในส่วนของการสำรองไฟฟ้า	72
บทที่ 8	วิเคราะห์และสรุปผลของโครงการ	84
ภาคผนวก		
บรรณานุกรม		



สารบัญรูป

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 แสดงวงจรพื้นฐานของวงจรพุก – พูล อินเวอร์เตอร์	4
รูปที่ 2.2 แสดงการหน่วงของช่วงเวลานำกระแสของอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งเนื่องจากประจุสะสม	5
รูปที่ 2.3 แสดงการกำหนดค่าเพื่อ t_b ให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์	6
รูปที่ 2.4 แสดงมอสเฟตประเภทใช้แรงดันควบคุม	7
รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างของมอสเฟตแบบ N และ P ชนิดดีฟลิชัน	8
รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของมอสเฟตแบบ N และ P ชนิดเอนฮานซ์เมนต์	9
รูปที่ 2.7 แสดงคุณลักษณะในการถ่ายโอนของอิมอสเฟตแบบแซนแนล N และ P และคุณลักษณะเอาท์พุทของอิมอสเฟตแบบแซนแนล N	10
รูปที่ 2.8 แสดงรูปคลื่นแรงดันในการสวิตซ์ของแรงดันเกท	11
รูปที่ 2.9 แสดงพื้นที่หน้าตัดของมอสเฟตชนิด N โดยจะประมาณพื้นที่ที่เกิดคาปาซิเตอร์	12
รูปที่ 2.10 แสดงวงจรโมเดลของมอสเฟต โดยแสดงพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	12
รูปที่ 2.11 แสดงส่วนประกอบที่เป็นผลรวมค่าความต้านทาน R_{Σ} ของมอสเฟตนำกระแส	13
รูปที่ 2.12 แสดงพื้นที่การใช้งานที่ปลอดภัย (Save Operation Area ; SOA) ของมอสเฟต	13
รูปที่ 2.13 แสดงรูปคลื่นแบบสี่เหลี่ยมที่ได้จากการรวมสัญญาณความถี่หลักและฮาร์โมนิกต่างๆ	14
รูปที่ 3.1 แสดงการคายประจุของแบตเตอรี่ที่ค่าประจุต่างๆ	23
รูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง แสดงให้เห็นส่วนสวิตซ์สับเปลี่ยน	24
รูปที่ 4.2 แสดงกระแสทรานเซียนส์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนโหมดการสับเปลี่ยน	25
รูปที่ 4.3 แสดงลำดับการทำงานของสวิตซ์สับเปลี่ยน เมื่อไฟฟ้าของระบบดับ	27
รูปที่ 4.4 แสดงลำดับการทำงานของสวิตซ์สับเปลี่ยน เมื่อแรงดันไฟฟ้าของระบบต่ำหรือเกินกว่าปกติ	28
รูปที่ 4.5 แสดงลำดับการทำงานของสวิตซ์สับเปลี่ยน เมื่อกระแสไฟฟ้าของภาระเกินกว่าพิกัด	29
รูปที่ 4.6 แสดงลำดับการทำงานเมื่อกระแสลัดวงจรที่ภาระ	30
รูปที่ 5.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์	32
รูปที่ 5.2 แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิพ MCS – 51	33
รูปที่ 5.3 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิพทั้ง 2 ส่วน	34
รูปที่ 5.4 แสดงการเลือกกรีตเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 – R7 แต่ละกลุ่ม	35
รูปที่ 5.5 แสดงโครงสร้างพอร์ต 0	37
รูปที่ 5.6 แสดงโครงสร้างพอร์ต 1	37
รูปที่ 5.7 แสดงโครงสร้างพอร์ต 2	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.8 แสดงโครงสร้างพอร์ต 3	39
รูปที่ 6.1 แสดงวงจรพืซ – พูล อินเวอร์เตอร์	47
รูปที่ 6.2 แสดงการแปลงแรงดันของรูปคลื่นสี่เหลี่ยม	48
รูปที่ 6.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมวงจรเรกติไฟเออร์และชาร์จเจอร์	52
รูปที่ 6.4 แสดงวงจรเรียงกระแสและอัดประจุแบตเตอรี่	54
รูปที่ 6.5 แสดงการตรวจสอบแรงดันไฟตกและแรงดันไฟเกินของระบบ	58
รูปที่ 6.6 แสดงการตรวจสอบกระแสไฟฟ้ามีค่าเกินพิกัด	59
รูปที่ 6.7 แสดงวงจรตรวจสอบแรงดันอัดประจุแบตเตอรี่	60
รูปที่ 6.8 แสดงวงจรตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่	61
รูปที่ 6.9 แสดงวงจรป้อนกลับ	63
รูปที่ 6.10 แสดงการทำงานของ ADC 0804	64
รูปที่ 6.11 แสดงวงจรขับเพาเวอร์มอสเฟต	65
รูปที่ 6.12 แสดงขั้วรีเลย์	65
รูปที่ 6.13 แสดงวงจรแสดงผลการทำงาน	66
รูปที่ 7.1 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะไม่มีภาระ	72
รูปที่ 7.2 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขับเพาเวอร์มอสเฟตขณะไม่มีภาระ	72
รูปที่ 7.3 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระ 100VA Pf.1.0	73
รูปที่ 7.4 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขับเพาเวอร์มอสเฟตขณะจ่ายภาระ 100VA Pf.1.0	73
รูปที่ 7.5 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระ 200VA Pf.1.0	74
รูปที่ 7.6 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขับเพาเวอร์มอสเฟตขณะจ่ายภาระ 200VA Pf.1.0	74
รูปที่ 7.7 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระ 300VA Pf.1.0	75
รูปที่ 7.8 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขับเพาเวอร์มอสเฟตขณะจ่ายภาระ 300VA Pf.1.0	75
รูปที่ 7.9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระ 400VA Pf.1.0	76
รูปที่ 7.10 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขับเพาเวอร์มอสเฟตขณะจ่ายภาระ 400VA Pf.1.0	76
รูปที่ 7.11 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระคอมพิวเตอร์	77
รูปที่ 7.12 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขับเพาเวอร์มอสเฟตขณะจ่ายภาระคอมพิวเตอร์	77
รูปที่ 7.13 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเมื่อเปลี่ยนสถานะจากระบบไฟฟ้ามาเป็นอินเวอร์เตอร์	78
รูปที่ 7.14 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเมื่อเปลี่ยนสถานะจากอินเวอร์เตอร์มาเป็นระบบไฟฟ้า	78
รูปที่ 7.15 แสดงสถานะแรงดันไฟฟ้าตกจากระบบไฟฟ้า	79
รูปที่ 7.16 แสดงการเปลี่ยนสถานะจากระบบไฟฟ้ามาเป็นอินเวอร์เตอร์เมื่อเกิดแรงดันไฟตก	79
รูปที่ 7.17 แสดงสถานะแรงดันไฟฟ้าเกินจากระบบไฟฟ้า	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7.18 แสดงการเปลี่ยนสภาวะจากระบบไฟฟ้ามาเป็นอินเวอร์เตอร์เมื่อเกิดแรงดันไฟเกิน

80



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันนี้การแก้ไขปัญหาผิดปกติที่เกิดจากระบบจ่ายไฟฟ้า อันเนื่องมาจากไฟฟ้าดับ, ไฟตก ไฟเกิน หรือการขัดข้องของระบบไฟฟ้า สามารถแก้ไขได้โดยแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง ซึ่งเป็นระบบที่ยอมรับว่าสามารถแก้ไขปัญหาในกรณีไฟฟ้าที่จ่ายมาเกิดการผิดปกติ โดยที่โหลดไม่สามารถยอมรับได้ โดยเฉพาะโหลดที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของไฟฟ้ามาก และโหลดที่ต้องการใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง เช่น โหลดฉุกเฉิน เป็นต้น

ในการทำโครงการนี้ได้ทำการวิเคราะห์ถึงหลักการทำงานในส่วนต่างๆของระบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 5 ส่วนที่สำคัญ ซึ่งอธิบายโดยย่อได้ดังนี้

1.1.1 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

เป็นชนิดพุช – พูล (Push – Pull Inverter) โดยใช้มอดเฟตเป็นอุปกรณ์สวิตชิง อาศัยหลักการสร้างรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) ที่มีความถี่ 50 Hz จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเมื่อก้าวถึงวงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ ในทางปฏิบัติแล้วรูปคลื่นที่ได้จากวงจรไม่มีโอกาสเป็นรูปคลื่นไซน์ได้เลย โดยรูปคลื่นที่ได้จากวงจรอินเวอร์เตอร์ จะมีลักษณะที่ประกอบไปด้วยคลื่นความถี่หลักมูลกับของค์ประกอบของส่วนฮาร์โมนิคที่มีความถี่เป็นจำนวนเท่าของความถี่หลักมูล ดังนั้นเพื่อกำจัดฮาร์โมนิคอันดับคี่ และให้รูปคลื่นเอาต์พุตมีลักษณะเป็นไซน์มากที่สุด ก็ทำได้โดยการใช้วงจรกรองความถี่ขนาดเล็กในการกรองฮาร์โมนิคออก แต่ในโครงการนี้ได้ออกแบบมาให้รูปคลื่นเอาต์พุตเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมจึงไม่จำเป็นต้องใช้วงจรกรองความถี่ ซึ่งการประยุกต์การใช้งานของวงจรอินเวอร์เตอร์ มีลักษณะการใช้งานหลายด้าน เช่น ใช้ในงานพาหนะต่างๆที่ไม่มีแหล่งจ่ายไฟสลับ ใช้เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์จากโซลาร์เซลล์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และใช้ควบคุมมอเตอร์กระแสสลับโดยใช้วงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส โดยสามารถควบคุมได้ทั้งแรงดันและความถี่ของระบบไฟฟ้า 3 เฟส เพื่อควบคุมความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ได้

1.1.2 เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ (Battery Charger)

โดยใช้หลักการอัดประจุแบบแรงดันคงที่ ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับแบตเตอรี่ที่ใช้ในงานเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง สำหรับแบตเตอรี่ที่ใช้ในโครงการนี้เป็นแบบตะกั่ว – กรด (Lead – Acid) ลักษณะปิดผนึก แรงดันไฟตรงปกติ 12 โวลต์ ขนาด 7.5 แอมป์ – ชั่วโมง โดยที่เครื่องชาร์จประจุจะใช้วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์ แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และผ่านเข้าไอซีรักษาระดับแรงดันแบบปรับค่าได้ (Adjustable Regulator) โดยใช้ IC LM 317 T และใช้ทรานซิสเตอร์ ควบคุมขาราวด์เพื่อควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้เป็นไปตามสภาวะปกติและผิดปกติ สำหรับส่วนเรกติไฟเออร์จะทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง และรักษาระดับแรงดันให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คงที่ และจำกัดกระแสไม่ให้เกิดค่าที่ต้องการ เพื่อจ่ายให้กับวงจรอับประจุแบบแคปซอร์ ซึ่งในโครงการนี้ใช้วงจรบริคส์เร็คตีไฟเออร์และใช้คาปาซิเตอร์กรองแรงดันรีเปลเพื่อให้อุปกรณ์เอาต์พุตเรียบขึ้น

1.1.3 สวิตช์สับเปลี่ยน (Transfer Switch)

เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่องนี้เป็นแบบออฟไลน์ (Off Line UPS) โดยที่ในส่วนของอินเวอร์เตอร์จะทำงานก็ต่อเมื่อระบบไฟฟ้าผิดปกติ ดังนั้นสวิตช์สับเปลี่ยนจะทำงานใน 2 สถานะคือ สถานะปกติจะต่อไปที่ระบบไฟฟ้า และเมื่อสถานะผิดปกติจะต่อไปที่วงจรอินเวอร์เตอร์ สวิตช์สับเปลี่ยนนี้จะถูกควบคุมโดยสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการทำงานได้ถูกต้องทั้ง 2 สถานะ โดยอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสวิตช์สับเปลี่ยนในโครงการนี้จะใช้รีเลย์ โดยจะทำการสับเปลี่ยนเมื่อได้รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์

1.1.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง โดยจะมีทั้งการรับอินพุตประมวลผล และส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ในส่วนต่างๆ และมีไอซี ACD 0804 เป็นตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล ซึ่งจะทำการรับสัญญาณอนาล็อกจากวงจรตรวจจับแล้วแปลงสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลผลแล้วทำการควบคุมระบบต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- เพื่อศึกษาวงจรและการทำงานของเครื่องสำรองไฟฟ้าในภาคต่างๆ
- เพื่อเป็นเครื่องต้นแบบสำหรับการศึกษาและพัฒนาต่อไป

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- เครื่องสำรองไฟฟ้าขนาดพิกัด 500-VA P.f.0.8
- อินพุตไฟฟ้ากระแสสลับ 220-V ความถี่ 50 Hz
- เอาต์พุตไฟฟ้ากระแสสลับขณะทำการสำรองไฟ 220-V \pm 10% ความถี่ 50 Hz. \pm 1%
- มีความสามารถอับประจุไฟแบบแคปซอร์หนึ่งได้
- เวลาในการสำรองไฟขณะทำการสำรองไฟได้ไม่น้อยกว่า 10 นาที ขณะจ่ายไฟฟ้าให้กับคอมพิวเตอร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้เครื่องสำรองไฟฟ้าขนาดพิกัด 500 VA P.f.0.8 จำนวน 1 เครื่อง
- ได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการศึกษาการทำงาน of เครื่องสำรองไฟฟ้า ซึ่งสัมพันธ์กับการประยุกต์ใช้งาน Power Electronics
- เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสำหรับผู้สนใจต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

สำหรับในโครงการนี้ วงจรอินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้งาน จะใช้แบบ พูช-พูล อินเวอร์เตอร์ (Push – Pull Inverter) ซึ่งคุณลักษณะที่เหมาะสมของการเลือกใช้แบบนี้ก็เพื่อ

1. สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูง 500 วัตต์ขึ้นไป ดังนั้นค่าพิกัดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองค่อนข้างอยู่ในโครงการนี้จึงอยู่ในเกณฑ์ที่พิจารณา

2. แรงดันที่ใช้ในการสวิทช์ของอุปกรณ์มีค่าต่ำ

3. ราคาถูกที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอินเวอร์เตอร์ชนิดอื่น เนื่องจากว่าใช้อุปกรณ์จำนวนน้อยในการสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์

4. ไม่คำนึงถึงผลของคุณสมบัติของรูปคลื่นเท่าไรนัก เนื่องจากว่าจุดประสงค์ของโครงการนี้เพื่อสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรองแทนระบบได้เท่านั้น เมื่อระบบเกิดผิดปกติขึ้น แต่สิ่งที่พิเศษกว่าคือการควบคุมที่ง่ายด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

5. เนื่องจากรูปคลื่นสัญญาณในการสวิทช์วงจรอินเวอร์เตอร์ จะสวิทช์ที่ความถี่ 50 Hz ดังนั้นอุปกรณ์สวิทช์จึงไม่จำเป็นต้องใช้เวลาตอบสนองที่รวดเร็ว (Slow dynamic Respond)

6. เนื่องจากสัญญาณที่ใช้ในการขับเป็นรูปคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยม มีความถี่ 50 Hz ดังนั้นการสร้างสัญญาณขับนี้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำได้ง่าย

7. การออกแบบวงจรได้ง่าย เนื่องจากว่าใช้งานที่ความถี่ต่ำ จึงมักไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องของสไปค (Spike) การใช้หม้อแปลงความถี่สูง หรือผลจากเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าไม่เท่ากัน

8. การออกแบบหม้อแปลงไม่ต้องใช้แกนเฟอร์ไรท์ ซึ่งจะช่วยประหยัดได้มาก

ดังนั้นจากคุณลักษณะข้างต้นจึงได้ทำการออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในโครงการนี้ให้มีเงื่อนไขเป็นไปตามคุณลักษณะดังกล่าว โดยแสดงเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1. วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้อุปกรณ์สวิทช์คือ มอสเฟต จำนวน 4 ตัวแบ่งเป็นกิ่งละ 2 ตัว

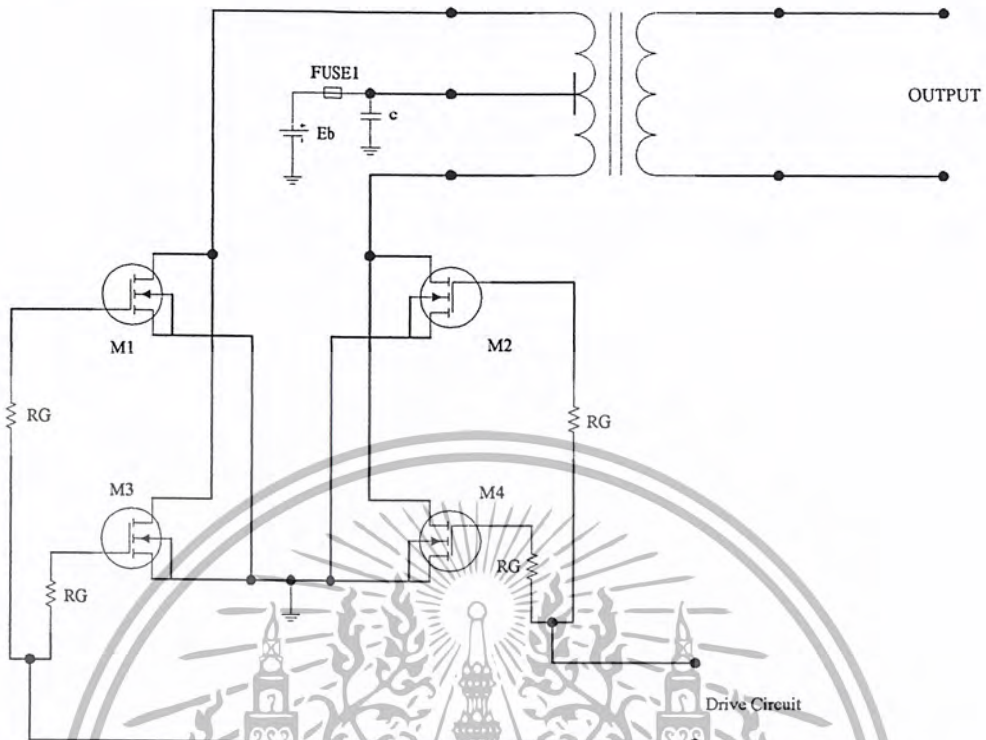
2. ใช้รูปคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square wave signal) มีความถี่ที่ 50 Hz จำนวน 2 สัญญาณกลับเฟสกัน 180 องศาไฟฟ้า ซึ่งสร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาขับวงจรอินเวอร์เตอร์

3. แรงดันไฟตรงที่ใช้ขับเกทมอสเฟตมีค่า 12 โวลต์

4. หม้อแปลงถูกออกแบบใช้งานที่ความถี่ 50 Hz

ดังนั้นในการออกแบบจะอาศัยคุณลักษณะและเงื่อนไขดังกล่าวนี้ในการออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์ โดยต่อไปจะกล่าวถึงทฤษฎีการใช้งานไปจนถึงการออกแบบวงจรที่ใช้ในโครงการนี้

2.1 พื้นฐานการทำงานของวงจร พูช – พูล อินเวอร์เตอร์ (Basic of Push – Pull operating Inverter)

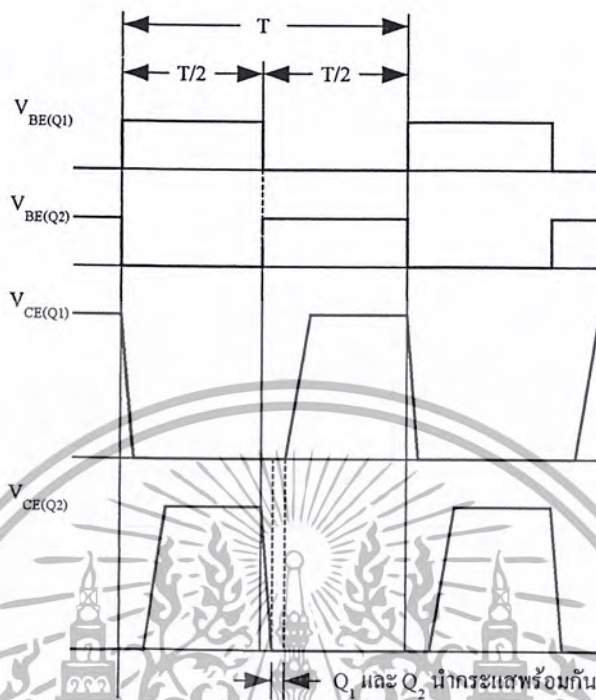


รูปที่ 2.1 แสดงวงจรพื้นฐานของวงจรพูช – พูล อินเวอร์เตอร์

หลักการการทำงานของวงจรพูช – พูล อินเวอร์เตอร์ โดยอธิบายได้คือเพาเวอร์มอสเฟต M1 และ M2 จะสลับการทำงานโดยผลัดกันนำกระแสในแต่ละครึ่งของคาบเวลา T ขณะที่ M1 นำกระแสจะมีกระแสไพรมารี (I_{p1}) ไหลผ่านขดไพรมารี (N_{p1}) เนื่องมาจากมีสัญญาณมาขับเกทและในจังหวะนี้จะไม่มีความขับที่เกทของ M2 ดังนั้น M2 จะไม่ทำงานแรงดันที่คร่อมเดรน – ซอร์ส (V_{DS}) จะมีค่าเป็น $2V_m$ ซึ่งเป็นผลรวมของแรงดันของขด NP1 และ NP2 รวมกันเนื่องจากถูกเหนี่ยวนำเกิดขึ้นมีทิศทางเดียวกัน ดังนั้นจากเหตุผลนี้ทั้ง M1 และ M2 จะต้องสามารถทนแรงดันอย่างต่ำได้เป็น 2 เท่าของแรงดันอินพุท โดยในสภาวะขณะนี้หม้อแปลงไฟฟ้าทำงานในครึ่งคาบ เหนี่ยวนำแรงดันขึ้นสมมติมีทิศทางตามจุดคอก ในเวลาต่อมาสัญญาณขับเกทจะขับที่ M2 แทนและ M1 สัญญาณขับจะเป็นศูนย์ ซึ่งจะมีค่าของสัญญาณเท่ากันแต่มีความต่างเฟสกัน 180 องศาไฟฟ้า กระแสไพรมารี (I_{p2}) จะไหลผ่านขดไพรมารี (N_{p2}) ไหลครบวงจรโดยผ่าน M2 ซึ่งหม้อแปลงก็จะเหนี่ยวนำแรงดันขึ้นโดยมีทิศทางคอกจะอยู่ด้านล่าง ซึ่งแรงดันที่ปรากฏที่ด้านทุติยภูมิจะมีลักษณะเป็นกระแสสลับ โดยเกิดจากการสลับการทำงานของอุปกรณ์สวิตซ์นี้เอง สำหรับสัญญาณขับจะเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) กลับเฟสกันและทำการขับเพียงครึ่งคาบเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงแล้วหากสัญญาณขับพร้อมกันหรือมีการทำงานที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางประการ ซึ่งจะเป็นส่วนที่ทำให้วงจรอินเวอร์เตอร์มีการทำงานผิดพลาดขึ้น ดังนั้นเพื่อความปลอดภัย จึงต้องมีเวลาเพื่อสำหรับการสวิตช์ของอุปกรณ์ด้วย ซึ่งจะแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.2 แสดงการหน่วงของช่วงเวลานำกระแสของอุปกรณ์สวิตช์ซึ่งเนื่องจากประจุสะสม

โดยจะขออธิบาย โดยการพิจารณาให้เป็นเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์แทน ซึ่งจะมีหลักการในการพิจารณาแบบเดียวกัน กล่าวคือ การกำหนดค่าเวลาเพื่อ (t_D ; dead time) ไว้ เพื่อไม่ให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีช่วงการนำกระแสมากเกินไป เมื่อสัญญาณเข้ามีความกว้างพัลส์ใกล้ 180 องศาไฟฟ้า ซึ่งจะมีเหตุผลหลักสองประการคือ

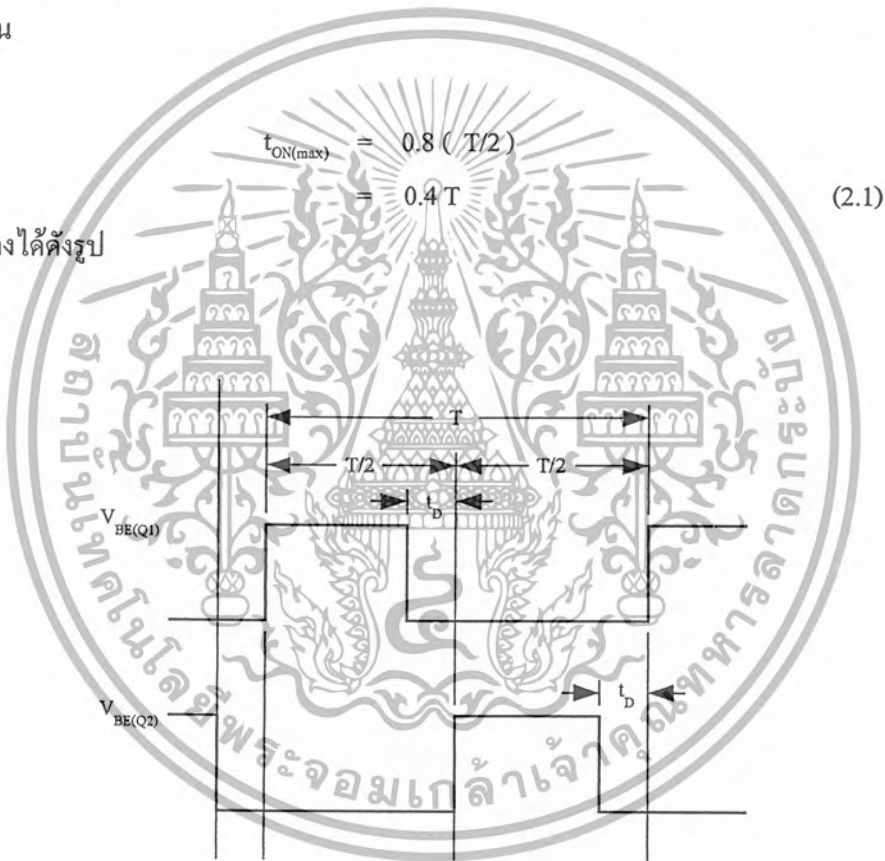
1. ถ้าไม่มีการจำกัดช่วงเวลานำกระแสเอาไว้ เมื่อเกิดกรณีโหลดดึงกระแสมากขึ้น วงจรควบคุมจะสั่งงานให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีค่าช่วงเวลานำกระแสเพิ่มขึ้น ทำให้ช่วงเวลากำหนดนำกระแสของอีกตัวหนึ่งลดลง และเกิดการไม่สมดุลฟลักซ์ (Flux imbalance) ขึ้นในแกนเหล็กของหม้อแปลง ซึ่งจะทำให้แกนอิ่มตัวอย่างรวดเร็วและอุปกรณ์สวิตช์ซึ่งเกิดพังเสียหายขึ้นได้ โดยสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เกิดการไม่สมดุลฟลักซ์ของแกนเหล็กนั้น เนื่องมาจากการมีช่วงเวลาก่อนหยุดนำกระแส (turn off time) ไม่เท่ากันอย่างแท้จริงเนื่องจากข้อจำกัดในการผลิต ถ้าหากว่าอุปกรณ์ตัวใดใช้ในการหยุดนำกระแสมากกว่าจะทำให้ค่ากระแสสูงสุดของมันในช่วงที่นำกระแสมีค่ามากกว่าของอีกตัวหนึ่ง ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงมีลักษณะไม่สมดุล และจะมีการเลื่อนของฟลักซ์ได้หรือที่เรียกว่า "Flux walking" เกิดขึ้น โดยค่าฟลักซ์สูงจะวิ่งเข้าหาจุดอิ่มตัวอย่างรวดเร็ว ถ้าแกนเหล็กเกิดการอิ่มตัวของฟลักซ์แม่เหล็ก ก็จะเป็นอันตรายต่อตัวเพาเวอร์มอสเฟตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ถึงแม้จะกำหนดให้วงจรควบคุมสั่งงานให้ทำงานครึ่งของคาบเท่ากันแล้วก็ตาม ก็ยังไม่มี การปลดคีย์เพียงพอเพราะการตอบสนองของอุปกรณ์อาจเป็นไปได้ช้า เนื่องจากเกิดประจุขึ้นในขณะ ที่นำกระแส เมื่อหยุดจ่ายสัญญาณขับให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ที่เวลา $t = T/2$ ประจุสะสมจะทำให้ นำกระแสต่อไปอีกช่วงระยะเวลาหนึ่ง ในขณะที่เดียวกันอีกตัวหนึ่งเริ่มรับสัญญาณขับที่เวลา $t = T/2$ เช่น เดียวกัน ทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวเกิดนำกระแสพร้อมกัน ในกรณีนี้แรงดันตกคร่อม ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวขณะนำกระแสจะเท่ากับค่าแรงดันของอินพุท และทำให้เกิดการพังเสียหายอย่าง รวดเร็ว

การกำหนดค่าเวลาเพื่อ t_b สำหรับช่วงเวลานำกระแสให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 ดังรูปที่ 2.3 จะช่วยป้องกันปัญหาที่กล่าวมาแล้วได้ ค่าเวลาเพื่อ t_b โดยทั่วไปจะกำหนดไว้ประมาณ 20% ของครึ่งคาบเวลา ดังนั้นช่วงเวลานำกระแสสูงสุดของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 จึงไม่ ควรมีค่าเกิน

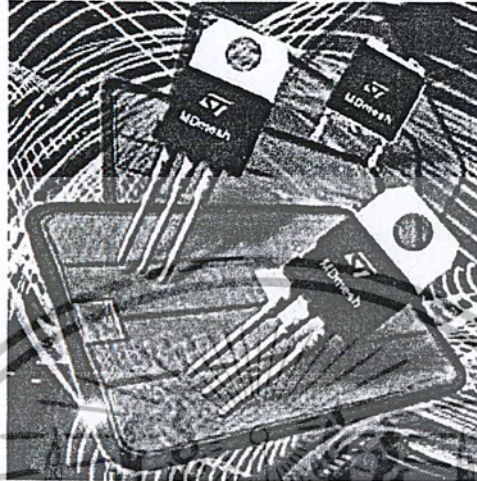
โดยจะแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.3 แสดงการกำหนดค่าเพื่อ t_b ให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

2.2 มอสเฟตกำลัง (Power MOSFET)

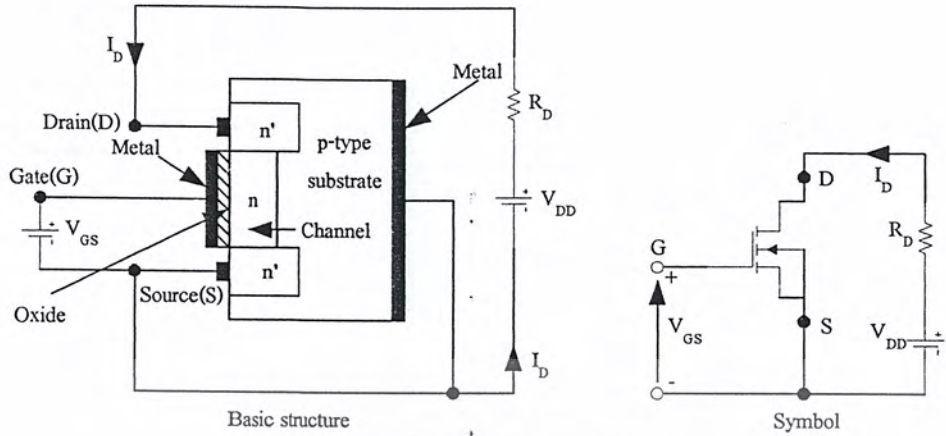
มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ประเภทใช้แรงดันในการควบคุม กล่าวคือ ต้องใช้แรงดัน V_{GS} ควบคุมในการไหลของกระแสเดรน (I_D)



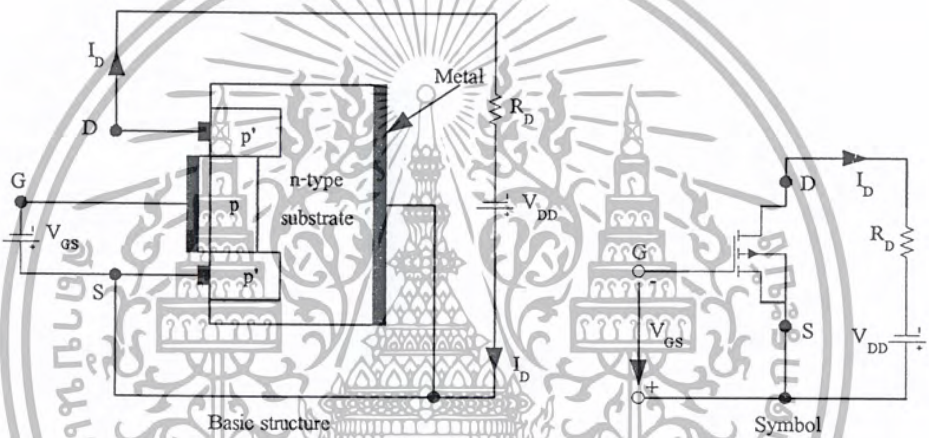
รูปที่ 2.4 แสดงมอสเฟตประเภทใช้แรงดันควบคุม

2.2.1 ประเภทของมอสเฟต

มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ที่มี 3 ขั้ว คือ ขั้วซอร์ส (Source ; S) เดรน (Drain ; D) และเกต (Gate ; G) แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ มอสเฟตแบบดีพลีชัน (Depletion MOSFET) เรียกสั้น ๆ ว่า ดีมอสเฟต และมอสเฟตแบบเอนฮานซ์เมนต์ (Enhancement MOSFET) หรือเรียกว่าอีมอสเฟต แต่ละประเภทยังแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แชนแนล N (N – Channel) และแชนแนล P (P – Channel) ซึ่งแสดงได้ดังรูป



(a) n-channel depletion-type MOSFET



(b) p-channel depletion-type MOSFET

รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างของมอสเฟตแบบ N และ P ชนิดดีพลีชัน

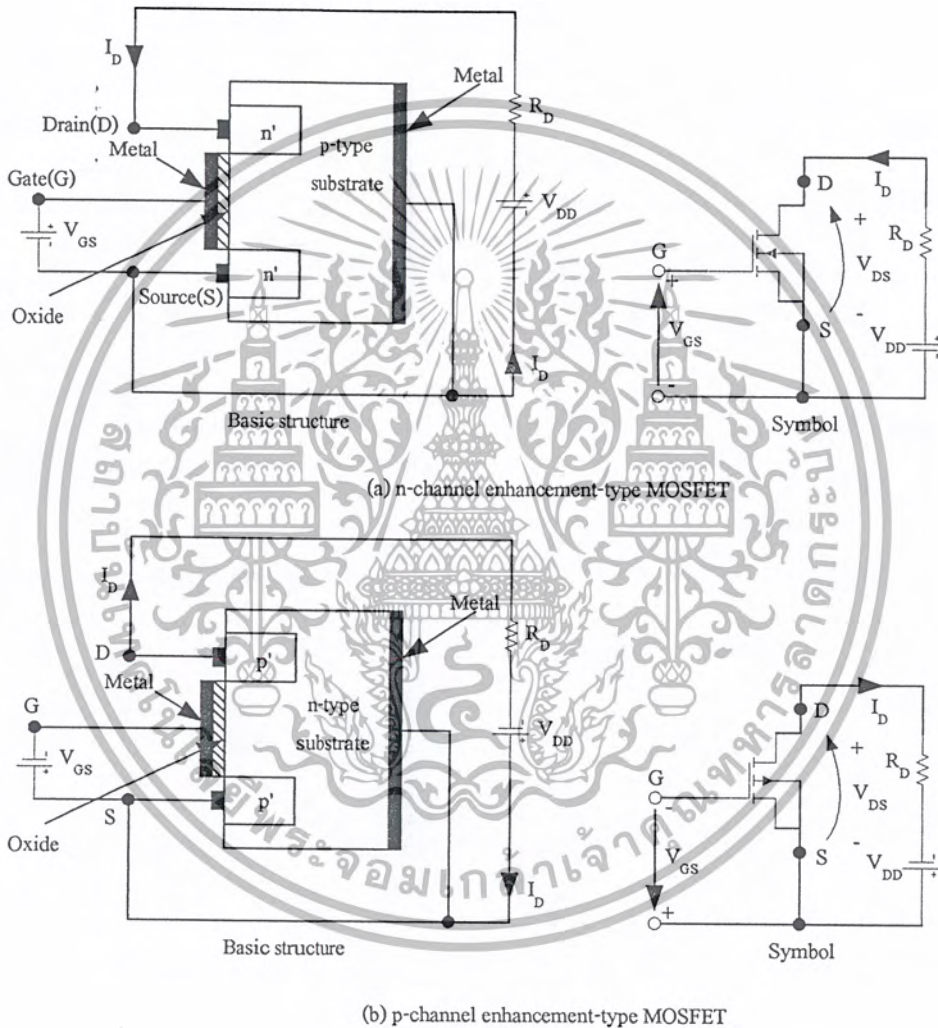
โครงสร้างของดีพลีชัน MOSFET แบบแชนเนล N ในรูปที่ a ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P ซึ่งสร้างขึ้นจากซิลิคอน และเรียกว่าแผ่นพนักฐาน P (P - type Substrate) โดยขั้ว D และขั้ว S ต่อกับบริเวณที่มีการกระตุ้นหรือโด๊ปให้เป็นบริเวณสารกึ่งตัวนำ N (N - Doped Region ; N) บริเวณสารกึ่งตัวนำ N ทั้งสองส่วนนี้ต่อกับวัสดุผิวนอกที่เป็นโลหะ (Metal) โดยมีซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) กั้นระหว่างแชนเนล N กับขั้ว G [ซิลิคอนไดออกไซด์เป็นฉนวนประเภทไดอิเล็กทริก (Dielectric)] ถ้าแรงดันเกต - ซอร์ส (V_{GS}) มีค่าเป็นลบ อิเล็กตรอนบางส่วนในแชนเนล N สร้างบริเวณปลอดพาหะ (Depletion Region) ภายในขั้วออกไซด์ ทำให้แชนเนลแคบลง ความต้านทานจากขั้วเดรนไปซอร์ส (R_{DS}) เริ่มมีค่าสูง เมื่อ V_{GS} มีค่าเป็นลบเพียงพอ แชนเนลจะหายไป R_{DS} จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าสูงมาก และไม่มีกระแสไหลจากขั้วเกรนไปซอร์ส นั่นคือ $I_{DS} = 0$ ระบุที่ V_{GS} นี้เรียกว่า แรงดันพินช์ออฟ (Pinch-off Voltage; V_p)

ในทางตรงกันข้าม ถ้า V_{GS} เป็นบวก แชนแนลจะกว้างขึ้นเป็นผลให้ I_{DS} มีค่าเพิ่มขึ้น นั้นเนื่องจาก R_{DS} มีค่าลดลง

หลักการที่กล่าวมานี้ ใช้ได้กับคิมอสเฟตแบบแชนแนล P (ดังรูป b) โดยขั้วของ V_{DS} , I_{DS} และ V_{GS} เปลี่ยนเป็นขั้วตรงข้ามกับกรณี คิมอสเฟตแบบแชนแนล N



รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของมอสเฟตแบบ N และ P ชนิดเอนฮานซ์เมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิมอสเฟตแบบแซนแนล N นั้นไม่มีแซนแนลดังรูปที่ a ถ้า V_{GS} เป็นบวก แรงดันเหนี่ยวนำจะดึงคู่อิเล็กตรอนจากแผ่นผนึกฐาน P และรวบรวมไว้ที่ผิวภายในชั้นออกไซด์ ถ้า V_{GS} มากกว่าหรือเท่ากับค่าแรงดันธรชโฮลด์ (Threshold Voltage; V_T) จึงมีกระแสไหลจากเดรนไปซอร์ส (I_{DS})

หลักการที่กล่าวมานี้ ใช้ได้กับอิมอสเฟตแบบแซนแนล P โดยขั้วของ V_{DS} , I_{DS} และ V_{GS} เปลี่ยนเป็นขั้วตรงข้ามกับกรณี อิมอสเฟตแบบแซนแนล N

2.2.2 คุณสมบัติของมอสเฟต (MOSFET Characteristic)

ได้กล่าวในตอนต้นแล้วว่า มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ประเภทใช้แรงดันในการควบคุมและมีอิมพีแดนซ์อินพุตสูงมาก โดยขั้วเกตจะดึงกระแสรั่วไหลต่ำมาก ซึ่งมีค่าโดยประมาณเป็นนาโนแอมป์ (nanoampere) และเราทราบว่า ทรานส์คอนดักแตนซ์ (Transconductance; g_m) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของ I_D ต่อแรงดันเกต (V_{GS}) เป็นตัวกำหนดคุณลักษณะการถ่ายโอนของมอสเฟต



รูปที่ 2.7 แสดงคุณลักษณะในการถ่ายโอนของอิมอสเฟตแบบแซนแนล N และ P และคุณลักษณะเอาต์พุตของอิมอสเฟตแบบแซนแนล N

โดยที่คุณลักษณะเอาต์พุตของอิมอสเฟตแบบแซนแนล N จะมีพื้นที่บริเวณการทำงาน 3 บริเวณ คือ

1. บริเวณคัตออฟ (Cutoff Region) เกิดขึ้นเมื่อ $V_{GS} < V_T$
2. บริเวณพินช์ออฟหรือบริเวณอิ่มตัว (Pinch-off or Saturation Region) เกิดขึ้นเมื่อ

$$V_{DS} > V_{GS} - V_T$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บริเวณที่เป็นเชิงเส้น (Linear Region) เกิดขึ้นเมื่อ $V_{DS} > V_{GS} - V_T$

ในบริเวณที่เป็นเชิงเส้น I_D จะเปลี่ยนแปลงตามสัดส่วนของ V_{DS} และเนื่องจาก I_D มีค่าสูงขณะ V_{DS} มีค่าต่ำ อิมอสเฟตจึงใช้บริเวณที่เป็นเชิงเส้นนี้สำหรับพิจารณาการใช้งานสวิตช์

สำหรับอิมอสเฟต แรงดันเกต (หรือแรงดันอินพุต) อาจเป็นบวกหรือลบก็ได้ แต่อิมอสเฟตตอบสนองกับแรงดันบวกเพียงอย่างเดียว ตามปกคิมอสเฟตกำลังมักเป็นประเภทอิมอสเฟต จึงขอกล่าวถึงเฉพาะคุณลักษณะของอิมอสเฟตเท่านั้น

2.2.3 คุณลักษณะในการสวิตช์ (Switching Characteristic)

ผลกระทบที่เกิดจากคาปาซิเตอร์บริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำในอิมอสเฟต ทำให้เขียนรูปคลื่นในการสวิตช์เป็นดังรูป



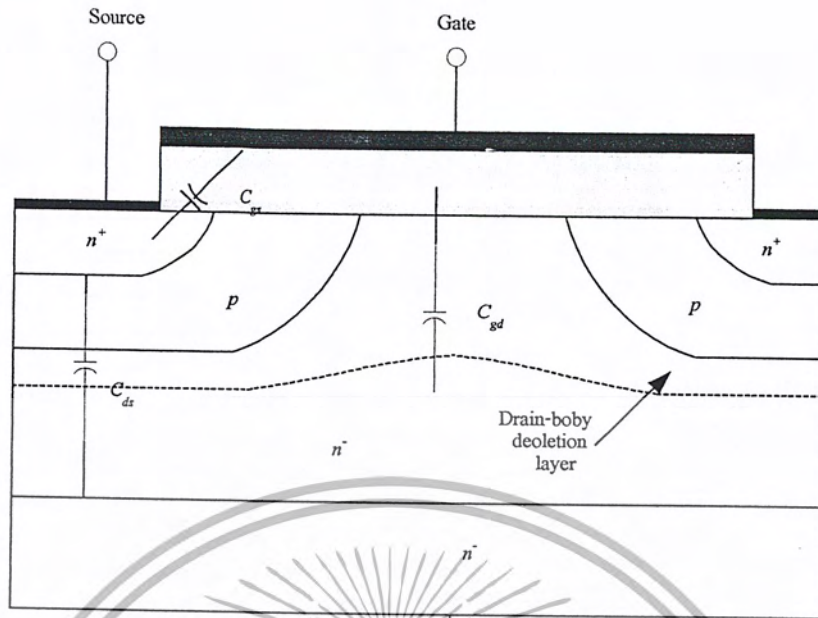
รูปที่ 2.8 แสดงรูปคลื่นแรงดันในการสวิตช์ของแรงดันเกต

เมื่อป้อนแรงดันเกตเพิ่มจากศูนย์ถึง V_1 เวลาที่ใช้ในการอัดประจุคาปาซิเตอร์ (ภายในตัวของอิมอสเฟต) ให้มีค่าถึงระดับแรงดันธรสโธลด์ (V_T) ซึ่งเรียกว่า ช่วงเวลาดีเลย์ในการเปิด (Turn-on Delay Time ; $t_{d(ON)}$) และช่วงเวลาดำขึ้น (t_r) เป็นเวลาอัดประจุจากระดับ V_T จนกระทั่งมีค่าถึงระดับแรงดันเกตเต็มที (Full Gate Voltage ; V_{GSP}) ซึ่งใช้ในการขับมอสเฟตไปสู่บริเวณเชิงเส้น โดยดูรูป c ประกอบ

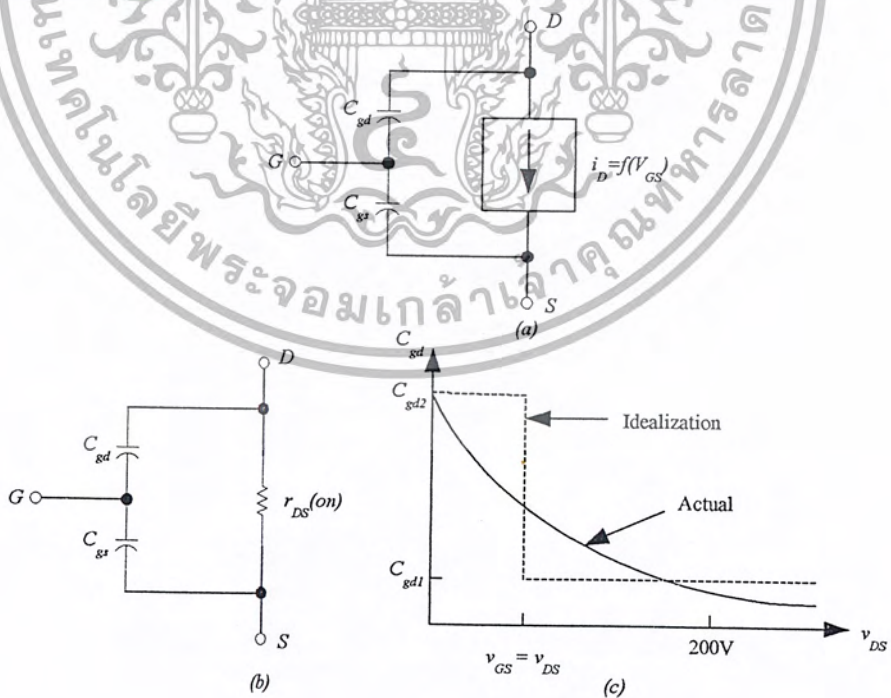
เวลาที่คาปาซิเตอร์ในการคายประจุจาก V_1 ไปจนถึงบริเวณพินซ์ออฟ เรียกว่าช่วงเวลาดีเลย์ในการปิด (Turn-off Delay Time ; $t_{d(OFF)}$) และช่วงเวลาลง (t_f) เป็นเวลาที่คาปาซิเตอร์ใช้ในการคายประจุจากบริเวณพินซ์ออฟจนถึง V_T (ถ้า $V_{GS} < V_T$ มอสเฟตจะปิด)

โดยจะแสดงค่าคาปาซิเตอร์ ณ จุดต่างๆ และ วงจรโมเดลภายในตัวมอสเฟต ที่มีผลต่อการทำงานสวิตช์ ได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

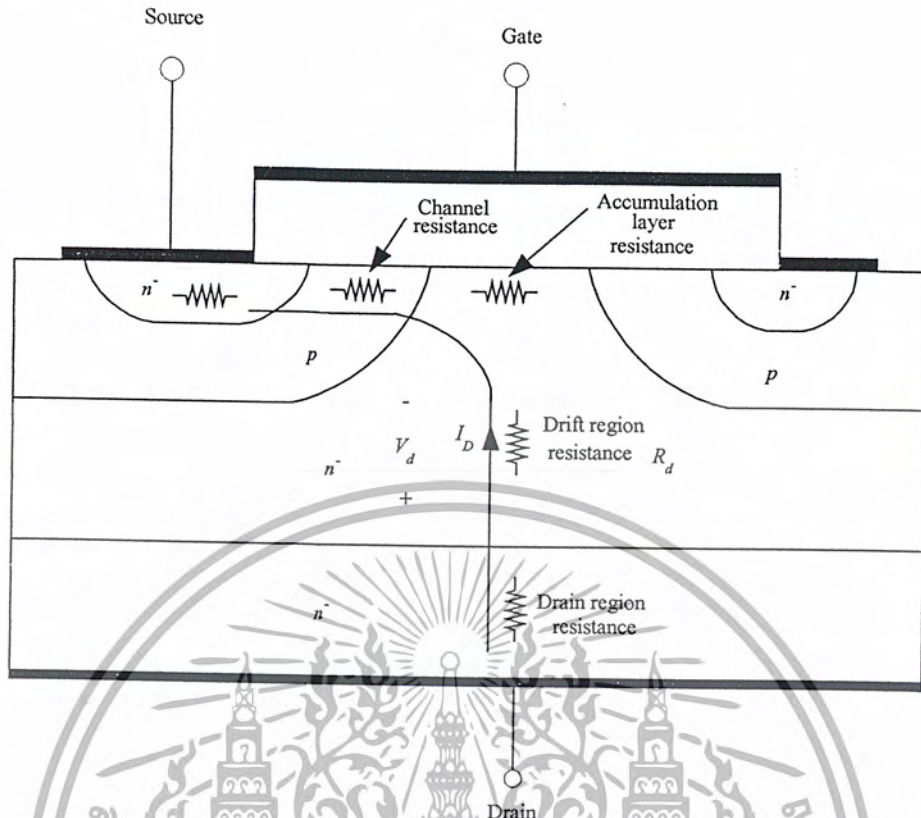


รูปที่ 2.9 แสดงพื้นที่หน้าตัดของมอสเฟตชนิด N โดยจะประมาณพื้นที่ที่เกิดคาปาซิเตอร์

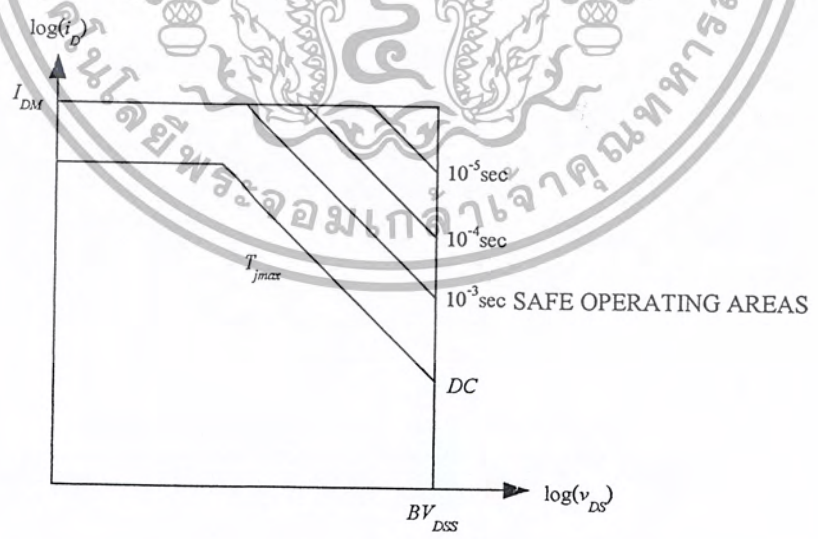


รูปที่ 2.10 แสดงวงจรโมเดลของมอสเฟตโดยแสดงพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงส่วนประกอบที่เป็นผลรวมค่าความต้านทาน R_{DS} ของมอสเฟตนำกระแส

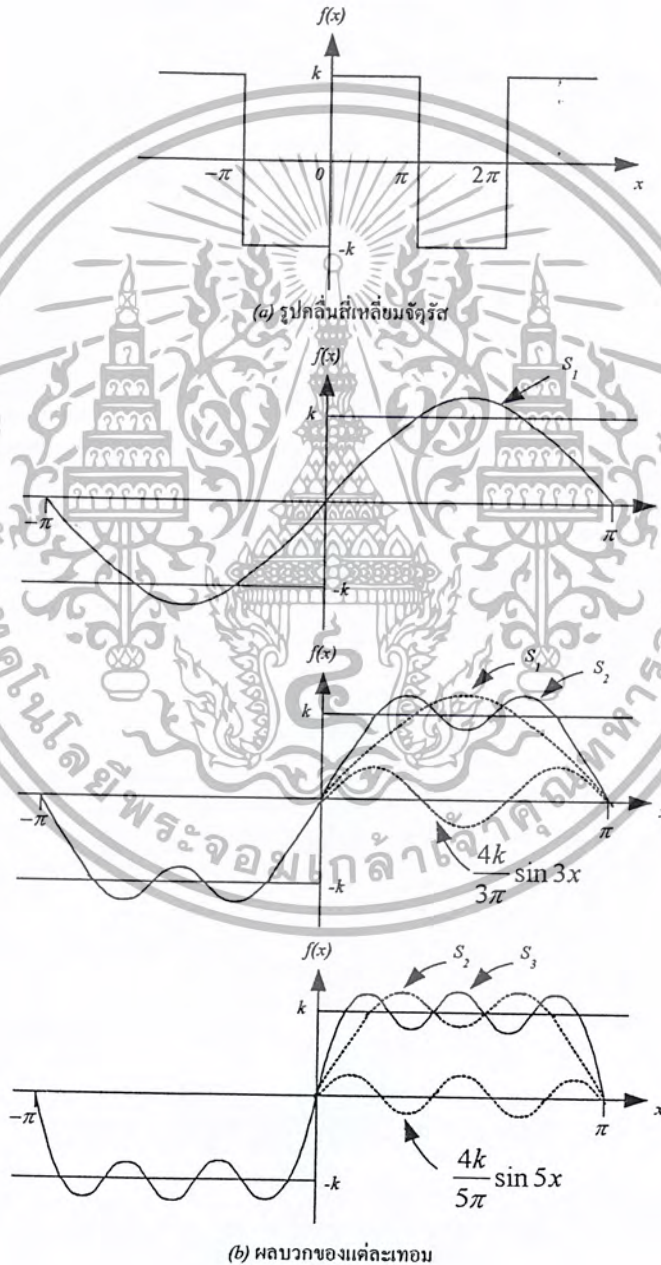


รูปที่ 2.12 แสดงพื้นที่การใช้งานที่ปลอดภัย (Save Operation Area ; SOA) ของมอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 คุณลักษณะของสัญญาณขับ (Drive Signal Characteristic)

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าสัญญาณที่ใช้ขับมอเตอร์จะเป็นรูปคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยม โดยมีค่าคือ ไชเคิล (k) เท่ากัน ดังนั้นค่าแรงดันที่ได้จากวงจรอินเวอร์เตอร์ และเข้าสู่หม้อแปลงเพื่อทำการแปลงแรงดันให้สูงขึ้นนั้นสัญญาณที่เอาท์พุทหรือภาระจะมีสัญญาณเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมเหมือนสัญญาณขับ ซึ่งแรงดันที่ใช้งานสำหรับภาระนั้นจะมีค่าเป็นแรงดันส่วนหลัก (Fundamental Voltage) ของสัญญาณสี่เหลี่ยมนี้ โดยที่แรงดันส่วนหลักเมื่อรวมกับแรงดันฮาร์โมนิกต่างๆ ฮาร์โมนิกจะรวมกันมีค่าเป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมนี้ ซึ่งแสดงดังรูป โดยจะต้องทำการฟูเรียร์สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมนี้เพื่อต้องการทราบค่าแรงดันส่วนหลัก โดยจะแสดงได้คือ



รูปที่ 2.13 แสดงรูปคลื่นแบบสี่เหลี่ยมที่ได้จากการรวมสัญญาณความถี่หลักและฮาร์โมนิกต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก
$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \quad (2.2)$$

เมื่อพิจารณาจากรูป พื้นที่ใต้กราฟในช่วง $-\pi$ ถึง π เป็นศูนย์ ดังนั้น $a_0 = 0$ จึงไม่จำเป็นต้องอินทิเกรต ดังนั้น

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx \quad (2.3)$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \left[\int_{-\pi}^0 (-k) \cos nx dx + \int_0^{\pi} k \cos nx dx \right]$$

$$= \frac{1}{\pi} \left[-\frac{k}{n} \sin(nx) \Big|_{-\pi}^0 + \frac{k}{n} \sin(nx) \Big|_0^{\pi} \right]$$

$$= 0$$

เพราะว่า $\sin nx = 0$ ที่ $x = 0, \pi, 2\pi$ สำหรับทุกๆ ค่าของ $n = 1, 2, \dots$ ดังนั้น

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx dx \quad (2.4)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \left[\int_{-\pi}^0 (-k) \sin nx dx + \int_0^{\pi} k \sin nx dx \right]$$

$$= \frac{1}{\pi} \left[\frac{k}{n} \cos(nx) \Big|_{-\pi}^0 - \frac{k}{n} \cos(nx) \Big|_0^{\pi} \right]$$

$$= \frac{k}{n\pi} [\cos 0 - \cos(-n\pi) - \cos n\pi + \cos 0]$$

เนื่องจาก $\cos(-A) = \cos A$ และ $\cos 0 = 1$ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 b_n &= \frac{k}{n\pi} (1 - \cos n\pi - \cos n\pi + 1) \\
 &= \frac{k}{n\pi} (2 - 2 \cos n\pi) \\
 &= \frac{2k}{n\pi} (1 - \cos n\pi)
 \end{aligned}$$

ซึ่ง $\cos \pi = -1$, $\cos 2\pi = 1$, $\cos 3\pi = -1$ ฯลฯ ดังนั้น

และ

ดังนั้น

เพราะฉะนั้น จะได้ว่า

$$\cos nx \begin{cases} -1, & n = 1, 3, 5, 7, \dots \\ 1, & n = 2, 4, 6, 8, \dots \end{cases}$$

$$1 - \cos nx \begin{cases} 2, & n = 1, 3, 5, 7, \dots \\ 0, & n = 2, 4, 6, 8, \dots \end{cases}$$

$$b_1 = \frac{4k}{\pi}, b_2 = 0, b_3 = \frac{4k}{3\pi}, b_4 = 0, b_5 = \frac{4k}{5\pi}, \dots$$

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin nx \quad \text{เมื่อ } n \text{ เป็นเฉพาะเลขคี่}$$

$$f(x) = \frac{4k}{\pi} \left(\sin x + \frac{1}{3} \sin 3x + \frac{1}{5} \sin 5x + \dots \right) \quad (2.5)$$

ผลบวกของเทอมคี่แสดงในรูปที่ 2.13 (b) คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$s_1 = \frac{4k}{\pi} \sin x, s_2 = \frac{4k}{\pi} \left(\sin x + \frac{1}{3} \sin 3x \right)$$

ซึ่งจากการฟูรีเยร์สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมแล้ว เมื่อคิดเฉพาะพจน์แรกที่เป็นค่าส่วนหลัก (Fundamental) โดยเทียบ $s_1 = V(t), k = V_d$ และ $X = \omega t$ จะได้สมการ

$$v(t) = \frac{4v_d}{\pi} \sin \omega t \tag{2.6}$$

ดังนั้นจากสมการนี้ จะใช้ในการกำหนดค่าการกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่สร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ (Battery Charger)

เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่อัดประจุให้กับแบตเตอรี่ โดยอุปกรณ์นี้จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับยูทีเอสระบบออฟ – ไลน์ (Off – Line UPS) ขณะระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้ามีสภาพปกตินั้น เครื่องอัดประจุจะทำการอัดประจุให้กับแบตเตอรี่เท่านั้น โดยไม่มีการจ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์ แต่เมื่อระบบไฟฟ้าผิดปกติขึ้น มันจะหยุดทำงานและแบตเตอรี่จะจ่ายพลังงานให้กับอินเวอร์เตอร์แทน

3.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่ใช้ในโครงงานนี้ เป็นแบตเตอรี่แบบตะกั่ว – กรด ซึ่งจะบอกค่าชนิดและคุณสมบัติกว้างๆ โดยแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

3.1.1 Non spill lead – acid Battery

แบ่งเป็น 2 ชนิดได้แก่

3.1.1.1 Standard Battery แบตเตอรี่ชนิดนี้เมื่อไม่ได้ใช้งานจะมี self – discharge ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม จึงต้องมีการอัดประจุใหม่ทุกๆ 4 – 6 สัปดาห์เพื่อชดเชยค่า self – discharge ซึ่งแบตเตอรี่นี้เหมาะสำหรับการใช้งานในช่วงสั้นๆ

3.1.1.2 Permanent Battery แบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถเก็บในที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสได้เป็นเวลานานหลาย ๆ เดือน โดยไม่ต้องมีการดูแลรักษาและสามารถอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ทุก ๆ 10 เดือนและมี self – discharge ต่ำ เนื่องจากใช้ lead alloy ชนิดพิเศษ เหมาะสำหรับการใช้งานพิเศษที่ต้องการ อายุการใช้งานสูงกว่าแบบ Standard Battery

3.1.2 Recombining sealed lead – acid Battery

ปกติแล้วเมื่อแบตเตอรี่อัดประจุถึงระดับ overcharge กรดซัลฟูริกที่เป็นอิเล็กโทรไลต์จะเกิดปฏิกิริยาเป็นก๊าซ H_2 และ O_2 ทำให้ความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุให้ต้องมีการเติมน้ำกลั่นมีฉะนั้นแบตเตอรี่จะเสื่อมคุณภาพได้ การเติมน้ำกลั่นเป็นการจำกัดวงในการใช้งานแบตเตอรี่ ฉะนั้นจึงมีการพัฒนาแบตเตอรี่ใช้งาน โดยไม่ต้องเติมน้ำกลั่นซึ่งแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

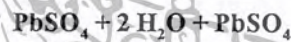
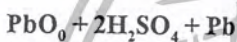
3.1.2.1 แบตเตอรี่แบบ Non – Recombining หรือ Partially Recombining แบตเตอรี่ชนิดนี้ไม่ต้องบำรุงรักษาใดๆ และไม่ต้องอัดประจุให้ถึงระดับ overcharge เพื่อให้แบตเตอรี่เต็ม ในกรณีที่อุณหภูมิใช้งานสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมมาก ๆ แบตเตอรี่จะเกิดก๊าซทำให้ความดันสูงขึ้น ซึ่งแบตเตอรี่จะมีวาล์วที่คอยเปิดให้ก๊าซออกไปในทันทีและวาล์วจะปิดอัตโนมัติเมื่อความดันก๊าซต่ำลง ด้วยเหตุนี้จึงใช้ได้กับทุกสภาวะแวดล้อม แบตเตอรี่แบบนี้จะปิดผนึกไว้ ซึ่งภายในแบตเตอรี่จะไม่เกิดก๊าซอีกทั้งมีความต้านทานภายในต่ำและจ่ายกระแสได้สูง ภายใต้การอัดประจุแบบรักษาระดับแรงดันคงที่ จะอัดประจุด้วยกระแสอัดประจุสูง ๆ ในตอนเริ่มต้น และในขั้นที่ 2 เมื่อแรงดันย้อนกลับของแบตเตอรี่เริ่มสูงขึ้นและต้องควบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุมกระแสในการอัดประจุ เมื่อแบตเตอรี่เต็มจะต้องรักษาระดับแรงดันแบตเตอรี่โดยลดกระแสให้เหลือน้อย ๆ เพื่อไม่ให้เกิด over voltage และป้องกัน electrolyte loss partially recombining แบตเตอรี่แบบตะกั่ว - กรดที่มีขนาดความจุเดียวกันสามารถต่อกันแบบอนุกรมหรือขนานก็ได้ ถ้าประจุแบตเตอรี่แบบอนุกรมจะใช้แรงดันสูงและกระแสน้อยๆ ส่วนถ้าอัดประจุแบตเตอรี่แบบขนานใช้แรงดันต่ำและกระแสสูงๆ แบตเตอรี่แบบนี้สามารถอัดประจุและจ่ายประจุ ได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ -20 ถึง 50 องศาเซลเซียส ซึ่งดีกว่าแบบนิเกิล - แคดเมียม (Nikel - Cadmium)

3.1.2.2 แบตเตอรี่แบบ Fully Recombining โครงสร้างคล้าย ๆ กับแบบ Standard Cylindrical Ni - cad เหมาะสำหรับใช้งาน standby มีการรวมตัวของก๊าซ O_2 ที่ดี ก๊าซเกิดขึ้นคือ H_2 และ O_2 จะรวมตัวกันเป็นน้ำ ทำให้ปริมาตรของอิเล็กโทรไลต์ที่ไม่ลดลง อายุการใช้งานขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและสภาพแวดล้อม มีความต้านทานภายในต่ำ อัตราการ discharge สูงการอัดประจุส่วนใหญ่เป็นแบบ constant voltage , constant current , pulse charging และอื่น ๆ

ขบวนการปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี



3.2 พารามิเตอร์ในการอัดประจุ

3.2.1 การชดเชยทางอุณหภูมิของการอัดประจุ โดยการอัดประจุจะปรับค่าแรงดันที่อัดประจุซึ่งต้องมีการชดเชยทางอุณหภูมิ โดยการตรวจจับอุณหภูมิของสถานะแวดล้อม

3.2.2 เวลาที่อัดประจุเสร็จ เวลาที่แบตเตอรี่ถูกอัดประจุเต็มขึ้นอยู่กับสถานะการชาร์จและลักษณะการอัดประจุ รวมทั้งอุณหภูมิด้วย

3.2.3 อุณหภูมิในขณะการอัดประจุ ควรทำการอัดประจุที่อุณหภูมิในช่วง 0 ถึง 40 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิในการอัดประจุมีประสิทธิภาพดีคือในช่วง 5 ถึง 30 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิต่ำกว่าหรือสูงกว่าที่กำหนด อาจทำให้การอัดประจุได้ไม่มากหรือร้อนเกินไป

3.2.4 การชาร์จประจุเกิน การอัดประจุเพิ่มขึ้นอีกหลังจากแบตเตอรี่อัดประจุเต็มแล้ว เรียกว่าโอเวอร์ชาร์จ (Overcharge) ซึ่งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องมีผลทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง

3.3 วิธีการอัดประจุแบตเตอรี่ แบ่งได้ 4 ชนิดคือ

3.3.1 การอัดประจุแบบกระแสคงที่ (Constant Current Charging)

วิธีนี้มีข้อดีตรงที่ว่าไม่จำเป็นต้องมีการชดเชยทางอุณหภูมิเหมือนกับการชาร์จแบบแรงดันคงที่ แต่ก็มีข้อเสียคือต้องระวังเรื่องเวลาในการอัดประจุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการอัดประจุด้วยกระแสสูง ๆ ซึ่งแบตเตอรี่จะเต็มภายในเวลาอันสั้น ๆ เท่านั้น การอัดประจุด้วยอัตราสูงมีผลทำให้แรงดันที่แบตเตอรี่สูงเกินไป น้ำจะเกิดการแตกตัวและมีความร้อนเกิดขึ้น การอัดประจุแบบนี้อาจใช้ในการอัดประจุใหม่ให้กับแบตเตอรี่ที่เก็บไว้นานแล้ว ซึ่งสามารถอัดประจุแบตเตอรี่ได้ที่เดียวหลาย ๆ ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การอัดประจุแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charging)

โดยมีความต้องการให้แบตเตอรี่อยู่ในสถานะประจุเต็ม (Fully Charge) เสมอ โดยต้องระวังเรื่องอัตราการอัดประจุสูงเกินไป ซึ่งการอัดประจุแบบนี้ทำให้แรงดันเอาต์พุตมีเสถียรภาพ พร้อมทั้งมีความจุกระแสดสูง ซึ่งในช่วงที่แรงดันแบตเตอรี่มีค่าต่ำๆ ความต้านทานของแบตเตอรี่มี ค่าน้อยมาก ฉะนั้นกระแสที่อัดประจุจึงมีค่าสูงมาก เป็นผลให้เครื่องอัดประจุต้องมีขนาดที่ใหญ่และราคาแพง อีกทั้งยังทำให้เกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่ ซึ่งปกติเครื่องอัดประจุแบบนี้จะมี อุปกรณ์ช่วยในการจำกัดกระแสเริ่มต้น โดยใช้ constant current regulation ซึ่งในช่วงสุดท้ายของการอัดประจุกระแสจะถูกลดลงอย่างอัตโนมัติ ซึ่งไม่ทำให้เกิดการสลายตัว

3.3.3 การอัดประจุแบบลดค่ากระแส (Tapered Current Charging)

เป็นวิธีการอัดประจุแบตเตอรี่ที่ง่ายไม่ซับซ้อน ราคาถูก วงจรการอัดประจุประกอบด้วย หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง วงจรเรกติไฟเออร์ และค่าความต้านทานที่เหมาะสมสำหรับจำกัดกระแส แต่วิธีนี้ไม่เหมาะสมสำหรับการอัดประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่ว - กรด ปิดผนึก เนื่องจากกระแสที่ใช้ อัดประจุจะกระเพื่อมตามแรงดันไฟฟ้าของระบบ ซึ่งทำให้แรงดันแบตเตอรี่เปลี่ยนแปลงไปด้วย แต่ก็สามารถลดผลอันนี้ได้โดยการใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีแรงดันด้านทุติยภูมิสูงกว่าแรงดัน แบตเตอรี่ และเลือกค่าความต้านทานที่เหมาะสมในการจำกัดกระแส โดยที่การอัดประจุ แบบนี้สามารถใช้แทนแบบการอัดประจุแบบกระแสคงที่ได้ ไม่เพียงเฉพาะการอัดประจุแบตเตอรี่ หลอดๆ ในครั้งเดียวเท่านั้น ยังสามารถใช้ในระบบ trickle charge ได้อีกด้วย

3.3.4 การอัดประจุแบบรวม (Combination Charging : two - step)

วิธีนี้บางทีเรียกว่า “ two - rate ” หรือ “ two - step ” โดยเกิดจากการรวมกัน 2 แบบ คือ การอัดประจุ แบบกระแสคงที่และแรงดันคงที่เข้าด้วยกัน โดยในขั้นแรกจะใช้วิธีการอัดประจุเร็ว และขั้นที่สองจะอัดประจุด้วยกระแสค่าต่ำๆ การสวิตช์จากขั้นแรกไปยังขั้นที่สองอาจทำได้หลายวิธีเช่น ตรวจสอบแรงดันที่แบตเตอรี่หรือควบคุมเวลาในการอัดประจุ หรือตรวจสอบกระแสในการอัดประจุ เป็นต้น

3.4 การอัดประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว - กรด โดยทั่วไป

ในการอัดประจุแบตเตอรี่ชนิดนี้ จะมีการจำกัดกระแสที่ใช้อัดประจุและแรงดันต้องพยายามให้คงที่มากที่สุด ปริมาณกระแสที่ใช้ในการอัดประจุโดยปกติจะจำกัดอยู่ที่ 0.2 C สำหรับ Lead - antimony Battery และ 0.5 C สำหรับ Lead - calcium Battery เมื่อ C คือ ความจุ แบตเตอรี่ (หน่วย Ampere - hour (Ah)) ถ้าหากการอัดประจุโดยใช้กระแสมากเกินไป จะทำให้อุณหภูมิภายในแบตเตอรี่สูงและทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลง และถ้าหากอัดประจุที่ กระแสน้อยเกินไปจะทำให้มี Lead - sulfate เกาะหลงเหลืออยู่ในแผ่นเพลท (plate) ของแบตเตอรี่ ซึ่งจะทำให้การจ่าย Ampere - hour ไม่ได้เท่ากับพิกัดของแบตเตอรี่ และถ้าต้องการให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานยาวนาน แรงดันพีกทูพีก (peak to peak ripple) ซึ่งเป็นแรงดันเอาต์พุตของอุปกรณ์อัดประจุแบตเตอรี่ ควรจะมีค่าไม่เกิน 0.5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแรงดันดีซี “พึงระลึกเสมอว่าการอัดประจุแบตเตอรี่ที่ค่าพิกัดของแบตเตอรี่ จะสามารถยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ได้ยาวนานขึ้น”

3.5 การประยุกต์ใช้งาน

ในการประยุกต์ใช้งานของ Sealed lead – acid Battery แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

3.5.1 Cyclic Operation

การทำงานเป็นรอบๆต้องการเวลาในการอัดประจุสั้น และต้องป้องกันการอัดประจุและ ดิสชาร์จเกิน สิ่งสำคัญในการอัดประจุด้วยเทคนิคการอัดประจุด้วยแรงดันคงที่ คือ การรักษาแรงดันเอาท์พุทไว้ที่ระดับสุดท้ายของการอัดประจุและจำกัดกระแสให้ต่ำกว่าค่าที่ออกแบบไว้สูงสุด ถ้าแบตเตอรี่ถูกอัดประจุในช่วงอุณหภูมิมีสภาวะแวดล้อมกว้างๆ จะต้องมีการชดเชยอุณหภูมิด้วย มิฉะนั้นการอัดประจุอาจสูงไปหรือต่ำไปในที่อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ

3.5.2 Standby / Backup Charging

ใช้งานในประเภทสำรองเอาไว้ใช้ในยามต้องการ ปกติจะเก็บในสภาวะแบตเตอรี่เต็ม ตลอดเวลา และจะจ่ายพลังงานไปให้ภาระเมื่อระบบผิดปกติ

ซึ่งการทำงานแบบนี้แบ่งเป็น 2 โหมด คือ

3.5.2.1 Trickle Charge

โดยปกติระบบของการไฟฟ้า ทำการจ่ายพลังงานให้ภาระหรืออุปกรณ์ในขณะที่แบตเตอรี่ไม่ได้ถูกต่อกับภาระ ถ้าหากเกิดความผิดปกติขึ้นที่ระบบนั้น วงจรแบตเตอรี่จะถูกเชื่อมเข้ากับภาระเพื่อจ่ายพลังงาน โดยจะต้องพิจารณาการชดเชยสำหรับ Self Discharge โดยการอัดประจุแบตเตอรี่ที่ค่ากระแสคงที่ต่ำๆ เพื่อให้แบตเตอรี่อยู่ในสภาวะประจุเต็มตลอดเวลาในกรณี Deep Discharge จะต้องอัดประจุแบตเตอรี่เป็นเวลานาน และวิธีอัดประจุแบบ two – rate และแบบแรงดันคงที่ จะเหมาะสมมากในการอัดประจุ เนื่องจากมีโหมดการอัดประจุเริ่มต้นเร็ว แต่แบบ two - rate charge จะเหมาะสมกว่าเพราะไม่จำเป็นต้องชดเชยทางอุณหภูมิ

3.5.2.2 Float Charge

โดยในแบบนี้ ทั้งภาระและแบตเตอรี่ต่อกันแบบขนานกับวงจรเรกติไฟเออร์ ระบบนี้จะใช้ได้เฉพาะการอัดประจุแบบแรงดันคงที่เท่านั้น ซึ่งแรงดันที่อัดประจุต้องมีเสถียรภาพ การกระเพื่อมอย่างมากของแรงดันที่อัดประจุ มีผลให้แบตเตอรี่ดิสชาร์จเพียงเล็กน้อย ซึ่งการอัดประจุแบบแรงดันคงที่ จะต้องออกแบบให้จ่ายได้ที่ภาระสูงสุด มิฉะนั้นจะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง โดยตามปกติอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แบบ Float จะสั้นกว่าการอัดประจุแบบ Trickle

3.6 คุณสมบัติที่สำคัญของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว - กรด

โดยปกติแบตเตอรี่ชนิด Lead – Acid ที่ออกแบบให้ใช้ได้กับ UPS ต้องมีความจุสูง อายุการใช้งานที่ยาวนานถึง 80 % ของช่วงเปิดวงจร แรงดันที่อัดประจุแบตเตอรี่จะเท่ากับ 2.1 เซลล์และจะลดลงขณะแบตเตอรี่คายประจุ หรืออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น โดยที่แรงดันของแบตเตอรี่และแรงดันที่ป้อนให้กับอินเวอร์เตอร์ เทียบกับย่านการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไป โดยจะแสดงไว้ดังในตารางข้างล่าง

ถ้าหากว่ากำลังเอาท์พุทเพิ่มขึ้น จำนวนเซลล์ที่ต่ออนุกรมกันจะต้องเพิ่มขึ้นเพื่อป้องกันกระแสเกิน

ส่วนรูปกราฟแสดงการคายประจุ (Discharge) ของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว – กรด ซึ่งเป็นการคายประจุที่ค่าความจุต่างๆของแบตเตอรี่ แสดงดังรูปที่ 3.1

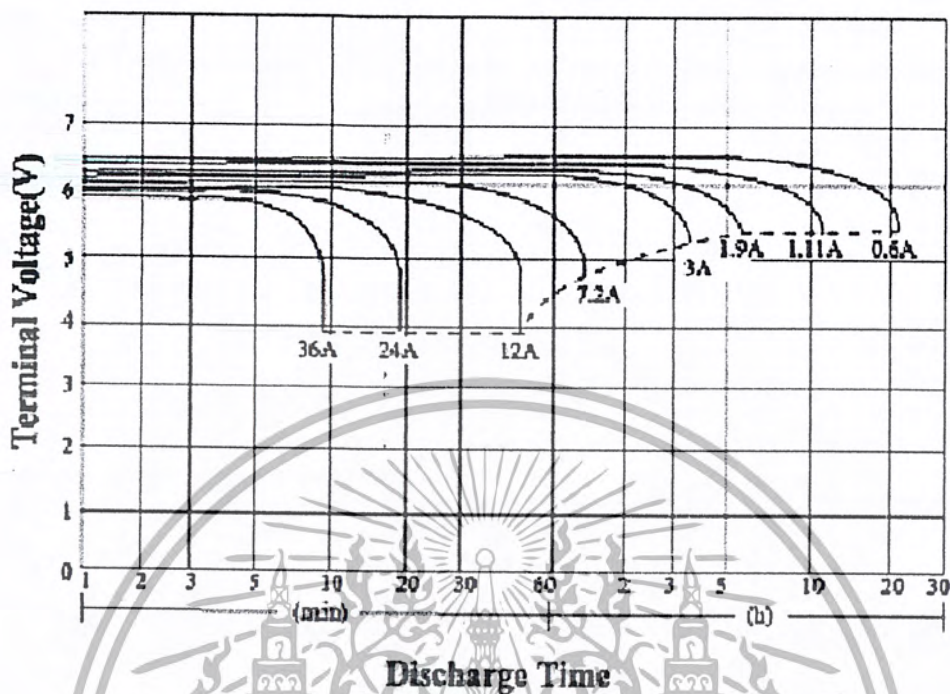
ตารางแสดงค่าต่างๆของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว - กรด

	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 cells	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

ส่วนกราฟการคายประจุแสดงได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Discharge Characteristics (20°C, 68°F)



รูปที่ 3.1 แสดงการคายประจุของแบตเตอรี่ที่ค่าความจุต่างๆ

จากกราฟอธิบายได้ว่า ในระดับแรงดันแบตเตอรี่ที่ค่าต่างๆ การคายประจุจะใช้เวลาไม่เท่ากัน ซึ่งขึ้นอยู่กับความจุที่ใช้ในขณะนั้น เช่น เมื่อพิจารณาที่ค่า 0.6 A. จะเห็นได้ว่าจะสามารถจ่ายกระแสได้ยาวนานถึง 20 ชั่วโมง แต่ถ้าความจุในขณะนั้นมีค่าสูง เวลาที่คายประจุจะต่ำคือ มีค่าไม่เกิน 0.3 ชั่วโมง

บทที่ 4

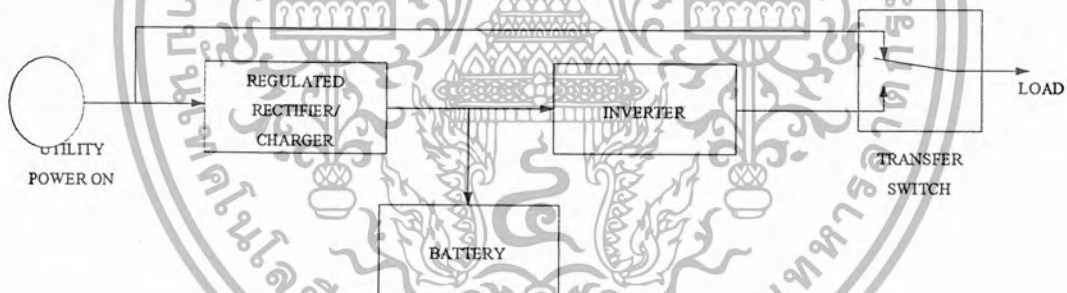
สวิตช์สับเปลี่ยน (Transfer Switch)

สวิตช์สับเปลี่ยน (Transfer Switch) นับได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอย่างมากทีเดียว ในแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง โดยจะทำงานใน 2 สถานะ คือ

1. ในสถานะปกติ สวิตช์สับเปลี่ยนจะสับไปที่ระบบ เพื่อรับกำลังไฟฟ้าจากระบบ โดยรีเลย์ จะถูกควบคุมการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในสถานะนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตรวจสอบแล้วว่าระบบมีสถานะปกติ มีสัญญาณแรงดันไฟฟ้าพร้อมที่จะจ่ายให้กับภาระ ดังนั้นรีเลย์จึงถูกสับเข้ากับระบบเพื่อเป็นทางผ่านของพลังงานไฟฟ้าของระบบ ไปสู่ภาระ

2. ในสถานะผิดปกติ สวิตช์สับเปลี่ยนจะสับไปที่อินเวอร์เตอร์ เพื่อรับกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์ ซึ่งในสถานะนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจสอบแล้วพบว่าระบบมีสถานะผิดปกติ เนื่องมาจากสาเหตุ ระบบไม่จ่ายกำลังไฟฟ้า (Brown out) แรงดันไฟฟ้าของระบบมีค่าต่ำเกินไป (Under Voltage) ซึ่งในสถานะนี้จะไม่มีสัญญาณแรงดันไฟฟ้าพร้อมที่จะจ่ายให้กับภาระ ดังนั้นรีเลย์จึงถูกสับเข้ากับอินเวอร์เตอร์เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปสู่ภาระแทนระบบ

ซึ่งจะแสดงบล็อกไดอะแกรมโดยรวมดังรูป

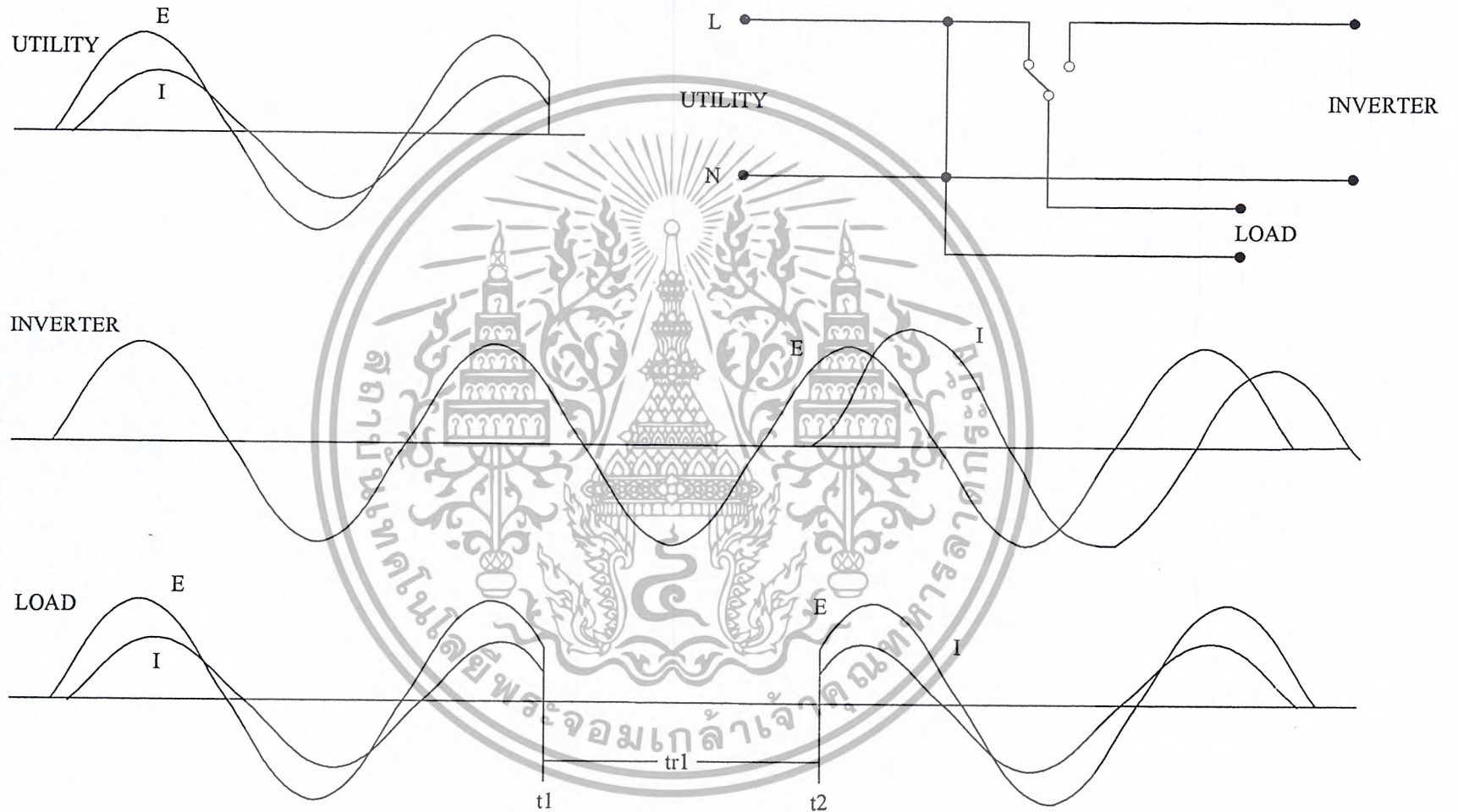


รูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง ซึ่งแสดงให้เห็นส่วนสวิตช์สับเปลี่ยน

4.1 เงื่อนไขการทำงานของสวิตช์สับเปลี่ยน

4.1.1 เมื่อมีการเปลี่ยนโหมดการทำงานของสวิตช์สับเปลี่ยนที่แรงดันศูนย์

เนื่องจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้จากอินเวอร์เตอร์มีค่าคงที่ แต่แรงดันของระบบมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 198 – 242 โวลต์ ซึ่งหากไม่มีการสับเปลี่ยนที่แรงดันศูนย์แล้ว อาจทำให้อินเวอร์เตอร์ ได้รับความเสียหายได้ กล่าวคือ ถ้าแรงดันของระบบมีค่าไม่เท่ากับแรงดันของอินเวอร์เตอร์ในช่วงที่มีการสับเปลี่ยน จะทำให้มีกระแสทรานเซียนส์เกิดขึ้น ดังนั้นเพื่อป้องกันในส่วนนี้จึงต้องมีการสับเปลี่ยนที่แรงดันศูนย์ ซึ่งจะดูได้ในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงกระแสทรานเซียนส์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนโหมดการสับเปลี่ยน

4.1.2 แรงดันไฟฟ้าผิดปกติเนื่องจากไฟฟ้าดับ (Brown out)

เป็นลักษณะเมื่อในสภาวะปกติ จะมีแรงดันไฟฟ้าจากระบบให้กับภาระ แต่ช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นได้มีการขาดหายไปของแรงดันระบบ ทำให้ภาระไม่ได้รับแรงดันไฟฟ้าจากระบบ

4.1.3 แรงดันไฟตกและแรงดันไฟเกินของระบบ (Under Voltage and Over Voltage)

คือ สภาพที่แรงดันไฟฟ้าสลับมีค่าต่ำกว่าหรือสูงกว่า 10 % ของแรงดันไฟฟ้าปกติ หรือมีค่าอยู่ในช่วง 198 - 242 โวลต์ ตามลำดับ จากค่าแรงดันปกติ 220 โวลต์ ซึ่งค่าแรงดันทั้งสองนี้ จะเป็นเหตุให้เกิดความเสียหายขึ้นกับภาระได้

4.1.4 กระแสไฟฟ้ามีค่าเกินพิกัด (Over Current)

คือ เมื่อขณะที่มีการเพิ่มภาระ ยูพีเอส จะทำการจ่ายกระแสให้กับภาระมากขึ้นจนอาจเกินพิกัดของยูพีเอส โดยแบ่งลักษณะของการเกิดกระแสไฟฟ้าเกินได้ 3 ประเภท คือ

4.1.4.1 กระแสลัดวงจร จะเกิดขึ้นจากการลัดวงจรของเอาต์พุต ค่าของกระแสที่จัดเป็นกระแสลัดวงจรคือ มีค่ามากกว่า 200 % ของค่ากระแสที่พิกัด

4.1.4.2 กระแสภาระเกิน เป็นค่าของกระแสที่มากกว่าพิกัดของยูพีเอส แต่อย่างน้อยก็กระแสลัดวงจร ซึ่งกระแสทั้งสองตัวนี้ได้มีการป้องกันไว้บางส่วน คือ ฟิวส์ที่ต่ออนุกรมไว้ด้านเอาต์พุต

4.1.4.3 กระแสอินรัช (Inrush Current) เป็นลักษณะของกระแสที่มีค่าสูงในเวลาสั้นๆและเกิดขึ้นไม่ถี่ ถูกคลื่น มักจะเกิดขึ้นในขณะที่เปิด-ปิดภาระ ซึ่งจะมีค่าประมาณ 150 % ของกระแสพิกัด แม้จะเกิดในช่วงเวลาสั้นๆ ก็อาจทำอันตรายให้กับยูพีเอสได้ แต่ได้มีการป้องกันไว้อีกลักษณะ คือ ใช้วารริสเตอร์ต่อคร่อมแหล่งจ่ายทางด้านอินพุต ซึ่งจะคอยจำกัดกระแสอินรัชนี้ไว้แล้ว

4.2 ลำดับการทำงานของสวิตช์สับเปลี่ยน

ที่กล่าวมาทั้งหมดอาจกล่าวได้ว่า สวิตช์สับเปลี่ยนมีหน้าที่หลัก คือ เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้า กระแสระดับที่ดีที่สุดให้กับภาระ ทั้งนี้อาจจะเป็นจากระบบหรืออินเวอร์เตอร์ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับภาระ ทั้งยังป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับอินเวอร์เตอร์ด้วย ซึ่งในการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นนั้น ในโครงการนี้จะมีการพิจารณาการออกแบบสวิตช์สับเปลี่ยนโดยจะแสดงให้เห็นเป็นลำดับในลักษณะโฟลชาร์ท ดังนี้

1. แรงดันไฟฟ้าผิดปกติ เนื่องจากไฟฟ้าดับ (Brown out)
2. แรงดันไฟตกและแรงดันไฟเกินของระบบและภาระ (Under Voltage and Over Voltage)
3. กระแสไฟฟ้ามีค่าเกินพิกัด (Over Current)
4. กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short circuit)

จากทั้ง 4 กรณีจะขอกล่าวขบวนการทำงานดังนี้

4.2.1 เมื่อแรงดันระบบเกิดผิดปกติขึ้น (Brown out)

โดยแรงดันได้มีการขาดหายไปทันทีทันใด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจสอบสถานะนี้ และเมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าแรงดันอินพุตเป็นศูนย์มันก็จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์รูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีความถี่ 50 Hz จำนวน 2 สัญญาณ ซึ่งมีความต่างเฟสกัน 180 องศาไฟฟ้า ไปขับให้กับวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

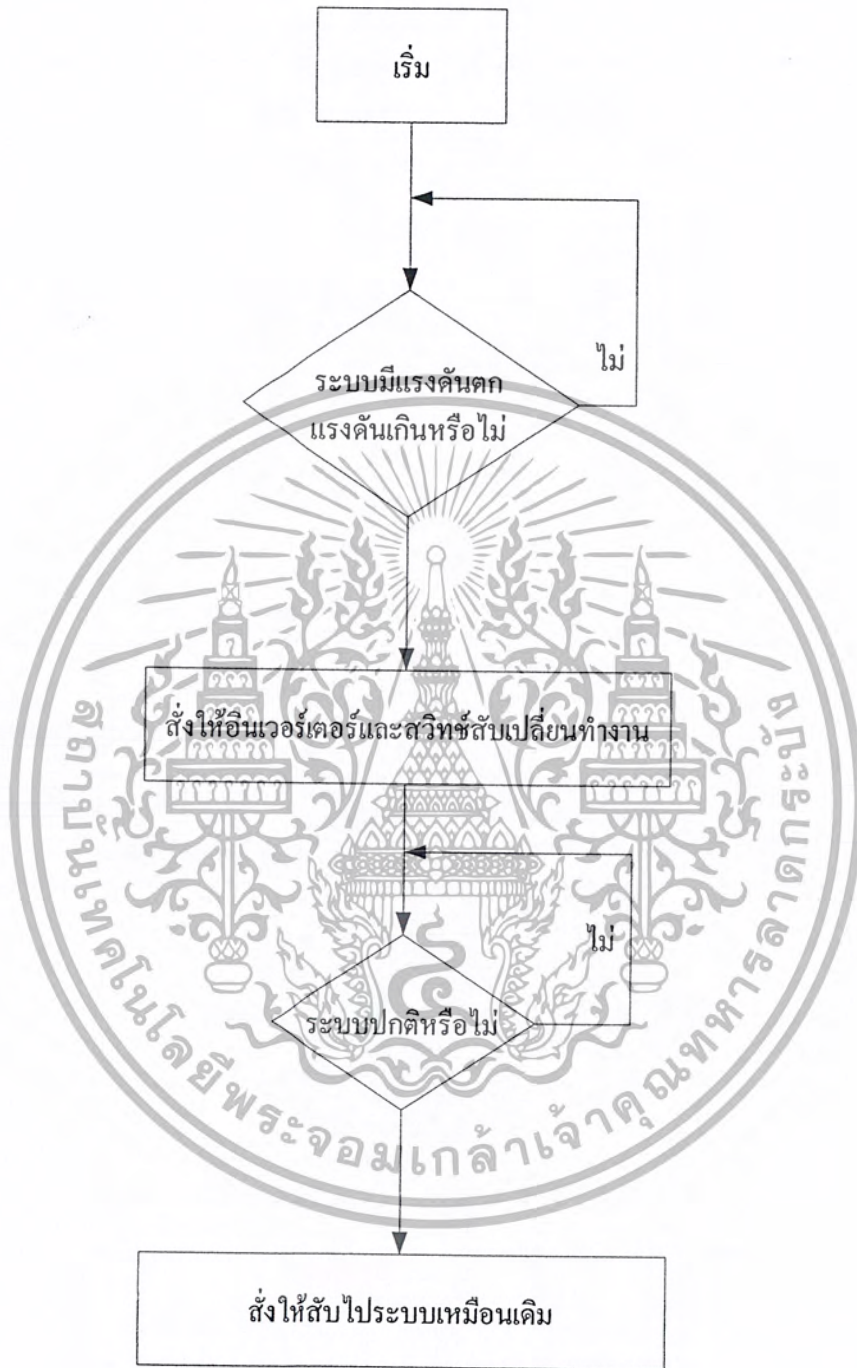
อินเวอร์เตอร์ทำงาน ในขณะที่เดียวกันก็ส่งสัญญาณทริกไปที่ สวิตช์สับเปลี่ยนเพื่อให้เปลี่ยนสถานะการทำงานมาทำในสภาวะผิดปกติ ดังนั้นในขณะที่ภาระจะได้รับกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์แทน ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการวนรอบตรวจสอบแรงดันของระบบตลอดเวลา ถ้าหากว่าระบบมีแรงดันไฟฟ้าอยู่ในสภาวะปกติแล้ว ก็จะเข้าสู่การทำงานในโหมดสภาวะปกติคือ ไม่ส่งสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์และส่งสัญญาณอีกสถานะให้กับสวิตช์สับเปลี่ยนเพื่อให้ทำงานในโหมดสภาวะปกติ แต่ถ้าหากว่าแรงดันของระบบยังผิดปกติอยู่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะยังทำงานในโหมดผิดปกติต่อไปจนกว่าถึงเวลาที่กำหนดไว้ มันก็จะหยุดทำงานโดยตัวมันเอง ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงลำดับการทำงานของสวิตช์สับเปลี่ยน เมื่อไฟฟ้าของระบบดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 เมื่อระบบเกิดแรงดันไฟตก - ไฟเกิน (Under and Over Voltage)

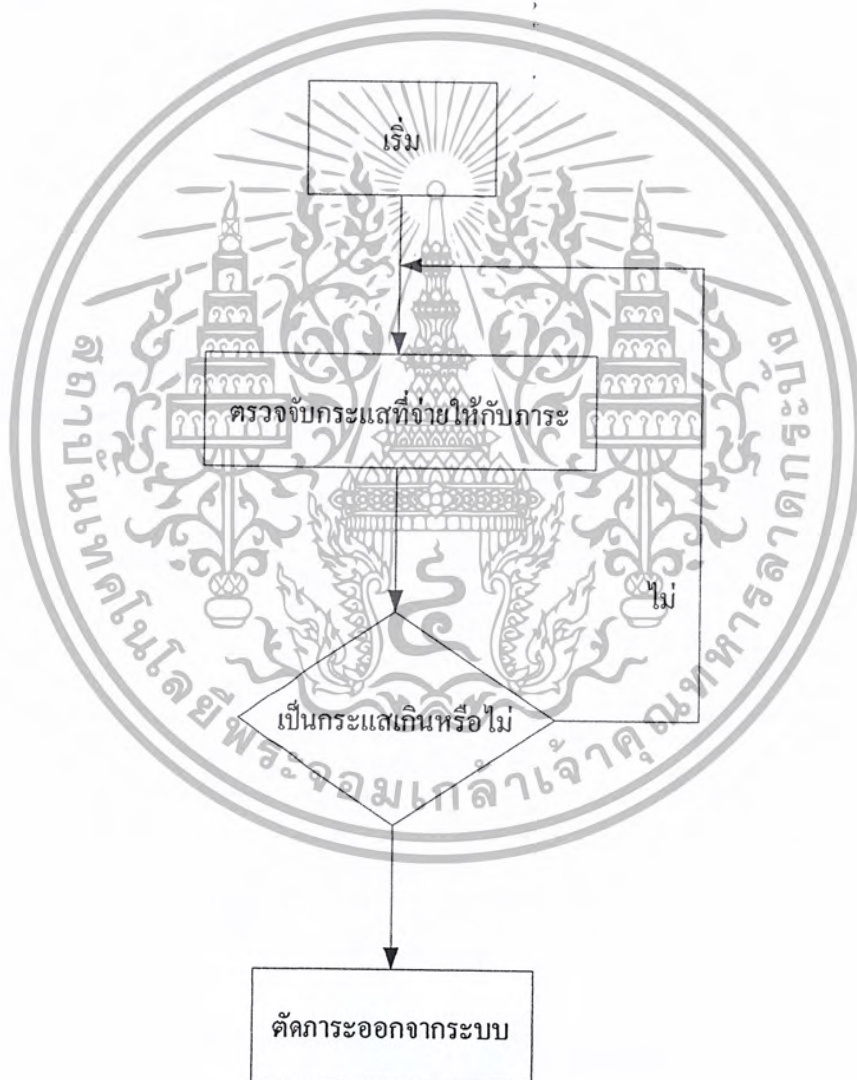


รูปที่ 4.4 แสดงลำดับการทำงานของสวิตช์สับเปลี่ยนเมื่อแรงดันไฟฟ้าของระบบต่ำหรือเกินกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อระบบเกิดแรงดันไฟตก - ไฟเกิน ทางด้านภาระจะมีแรงดันต่ำหรือสูงกว่าปกติ ในวงจรตรวจสอบโดยใช้หม้อแปลงเป็นตัวตรวจสอบสถานะและนำสัญญาณเข้าสู่วงจรตรวจสอบ ดังนั้น เมื่อไมโครฯตรวจสอบแล้วพบว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้น แรงดันที่ภาระมีสภาพไม่เหมาะสม ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อภาระอย่างมากทั้งสองสภาวะ ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะเข้าสู่โหมดการทำงานในสภาวะผิดปกติเช่นเดียวกับในกรณีแรกทีกล่าวมาแล้ว และจะทำการตรวจสอบแรงดันเอาท์พุทตลอดเวลา ถ้าหากแรงดันของระบบเสถียรภาพ มีค่าอยู่ในระดับที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ยอมรับได้ ก็จะกลับเข้าสู่โหมดการทำงานในสภาวะปกติเช่นเดิมต่อไป

4.2.3 กระแสไฟฟ้ามีค่าเกินพิกัด (Over Current)



รูปที่ 4.5 แสดงลำดับการทำงานของสวิทช์สับเปลี่ยนเมื่อกระแสไฟฟ้าของภาระเกินกว่าพิกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าเกินพิกัด แสดงว่าทางด้านภาระมีการใช้งานเกินพิกัด ซึ่งจะเป็นอันตรายอย่างยิ่งหากให้เหตุการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นต่อเนื่องไป ดังนั้นจะมีการป้องกันโดยไมโครฯได้ รับสัญญาณตรวจสอบมาจากหม้อแปลงกระแส (Current Transformer) ที่ต่ออนุกรมอยู่กับภาระ ซึ่งหากเกิดกระแสภาระเกินพิกัดจริง ไมโครฯจะทำการตัดภาระออกจากระบบทันที โดยไม่มีการหน่วงเวลาเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นตามมา ซึ่งจะมีควมไวในการตรวจสอบและตัดภาระที่เร็วมาก ดังนั้นภาระที่ใช้ งานจึงต้องมั่นใจว่าไม่ควรมียูทิลิตี้เกินพิกัด เมื่อภาระถูกตัดออกจากระบบแล้ว จำเป็นต้องตรวจสอบภาระ ให้มีค่าเหมาะสมก่อนที่จะทำการใช้งานครั้งใหม่ต่อไป

4.2.4 กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit Current)



รูปที่ 4.6 แสดงลำดับการทำงานเมื่อกระแสไฟฟ้าลัดวงจรที่ภาระ

เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจร แสดงว่ามีการลัดวงจรทางด้านภาระ ซึ่งในสภาวะนี้จะเป็นอันตรายต่อยูทิลิตี้มากที่สุด ดังนั้นเพื่อความแน่นอนและปลอดภัยต่อระบบจึงใช้อุปกรณ์ป้องกัน จากการลัดวงจร คือ ฟิวส์จำกัดกระแส โดยต่ออนุกรมกับภาระ ซึ่งถ้าหากมีการลัดวงจรด้านภาระ ฟิวส์ก็จะตัดภาระออกก่อนทันที เป็นการป้องกันก่อนที่จะเกิดความเสียหายต่อยูทิลิตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล MCS - 51 นี้มีอยู่ด้วยกันหลายเบอร์แต่โครงสร้างพื้นฐานจะมีลักษณะคล้ายกัน ซึ่งในโครงการนี้จะใช้เบอร์ AT 89C51

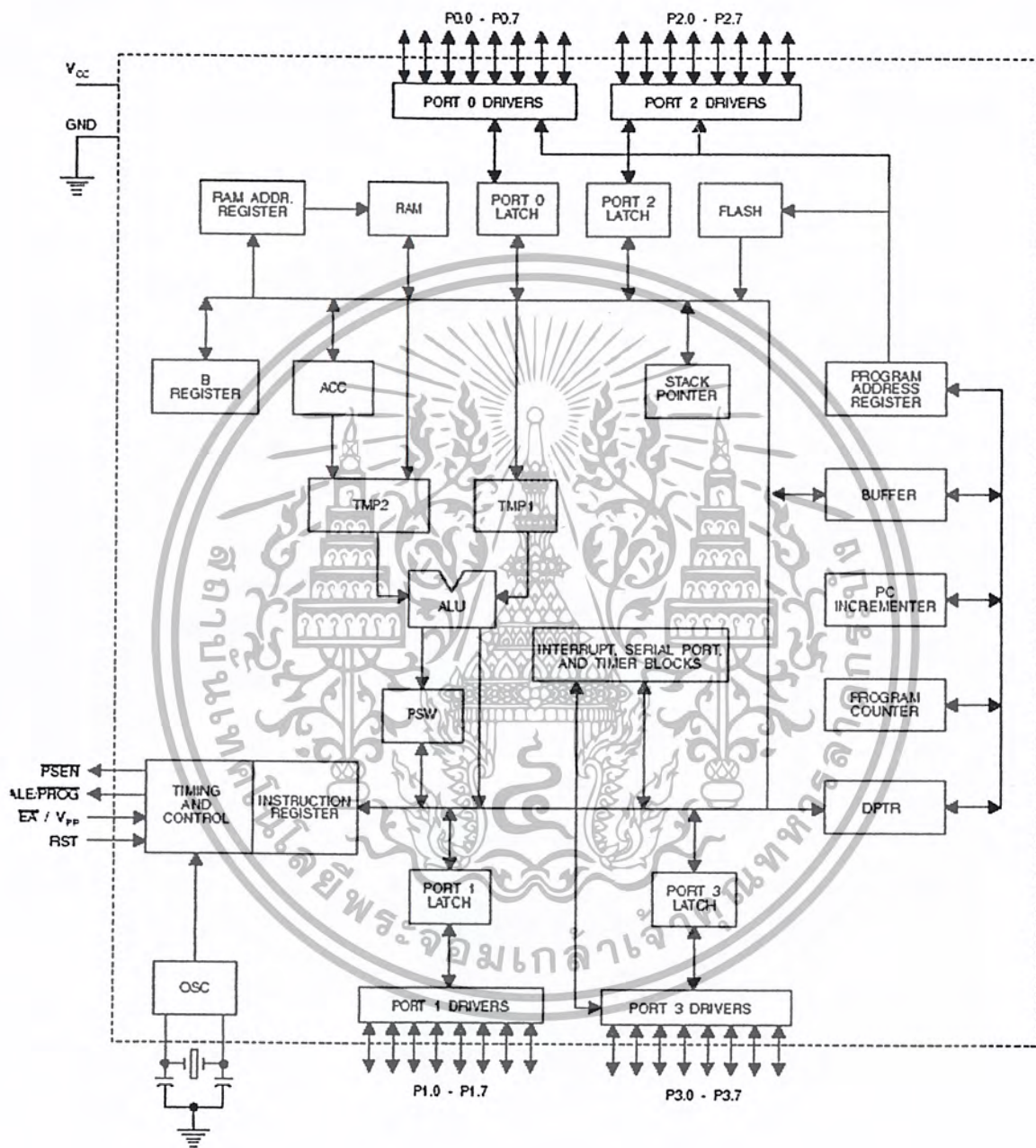
5.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้าเพียง 5 โวลท์ เพียงชุดเดียว
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ในชิพจำนวน 4 กิโลไบต์ สำหรับเบอร์ 8051 และเบอร์ AT 89C51 โดยเฉพาะเบอร์ AT 89C51 นี้เป็นเบอร์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ของบริษัท INTEL ซึ่งมีข้อเด่นกว่าเบอร์อื่นๆ คือหน่วยความจำโปรแกรมสามารถที่จะลบหรือเขียนโปรแกรมลงไปใหม่ได้ถึง 1000 ครั้ง ข้อมูลหรือโปรแกรมสามารถอยู่ได้ยาวนานถึง 10 ปี ส่วนเบอร์ 8031, 8032 ไม่มีหน่วยความจำส่วนนี้
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data memory) ขนาด 128 กิโลไบต์ สำหรับ 8031, 8032 และ AT 89C51 ส่วนเบอร์ 8052 มีถึง 256 กิโลไบต์
- สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิพได้อย่างละ 64 กิโลไบต์ แยกจากกัน
- คำสั่งส่วนใหญ่ใช้เวลาทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อทำงานที่ความถี่ 12 MHz และ 11.059 ไมโครวินาที สำหรับ 11.059 MHz
- มีพอร์ตสามารถรับและส่งข้อมูลได้ทั้งสองทิศทาง จำนวน 4 พอร์ตๆละ 8 บิต หรือสามารถใช้งานเป็นพอร์ตขนาด 1 บิตแยกจากกัน ทำให้เสมือนมีพอร์ตขนาด 1 บิตไว้ใช้งานรวมทั้งสิ้น 32 พอร์ต
- รับอินเตอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง 5 เวกเตอร์
- มีพอร์ตที่สามารถที่จะรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) 2 พอร์ต ทั้งรับและส่งในเวลาเดียวกันได้ (Full Duplex) เลือกรูปแบบการส่งข้อมูลได้ 4 โหมด
- มี Timer/counter ขนาด 16 บิต 2 ชุด สามารถทำงานได้ 4 โหมด
- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิตในตัวเอง
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนจะสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับบิตและระดับไบต์เพื่อให้การออกแบบโปรแกรมและควบคุมระบบทำได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

MCS - 51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตเป็นแบบ NMOS และ CMOS สำหรับเบอร์ AT 89C51 ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นแบบ CMOS ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวถึง 4 กิโลไบต์ โครงสร้างภายใน MCS - 51 สามารถที่จะแสดงได้ดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 5.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 โครงสร้างหน่วยความจำภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS - 51 ทุกเบอร์จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วน คือ

5.3.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program memory)

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะใช้เก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของชิพ MCS-51 ซึ่งบางเบอร์จะมีหน่วยความจำส่วนนี้อยู่ เช่น AT 89C51 มีอยู่ถึง 4 กิโลไบต์ แต่บางเบอร์จะไม่มีหน่วยความจำส่วนนี้อยู่ เช่น 8031 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมยังสามารถที่จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิพ (Internal program memory) และหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิพ (External program memory) ซึ่งหน่วยความจำส่วนนี้ในบอร์ดที่ใช้ในโครงงานนี้มีถึง 8 กิโลไบต์

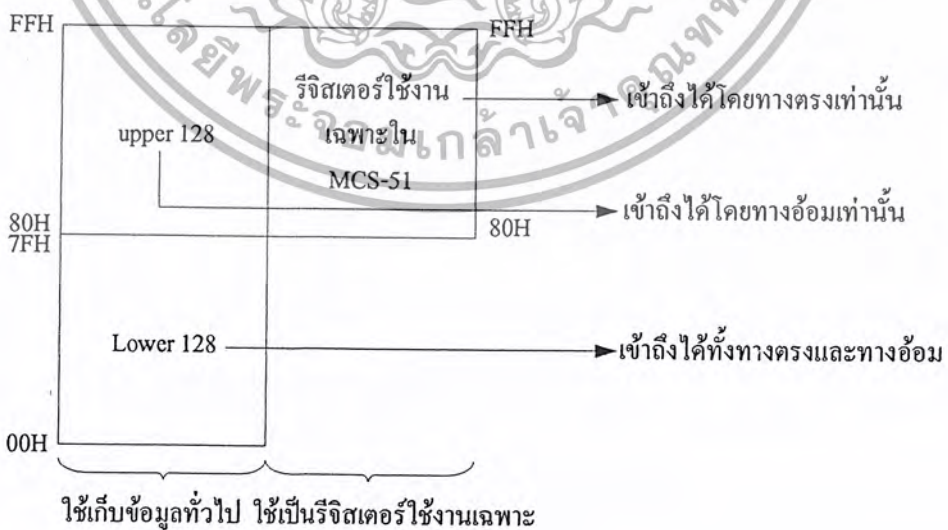
5.3.2 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data memory)

หน่วยความจำส่วนนี้ใช้สำหรับเก็บข้อมูล ในระหว่างการทำงานของ MCS - 51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำส่วนนี้อยู่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเบอร์ของชิพนั้นๆ นอกจากนี้หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลยังสามารถที่จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิพ ซึ่งในบอร์ดที่ใช้กับโครงงานนี้มีหน่วยความจำส่วนนี้อยู่ 128 ไบต์ และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิพ ในโครงงานนี้มีถึง 8 กิโลไบต์ เป็นหน่วยความจำแบบ SDRAM มี Back up ภายในตัว สามารถเป็นได้ทั้ง Program memory และ Data memory นอกจากนี้หน่วยความจำภายในยังสามารถที่จะแบ่งย่อยเป็น 2 ส่วนได้อีก คือ

5.3.2.1 ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไป (Internal Ram)

5.3.2.2 ส่วนที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (Special function register)

แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิพทั้งสองบริเวณสามารถที่จะแสดงได้ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิพ MCS - 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCS-51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิพอย่างน้อย 128 ไบต์ ไปจนถึง 256 ไบต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเบอร์ของชิพ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิพบริเวณ 128 ไบต์แรกมีชื่อเรียกว่า Lower 128 และในบริเวณ 128 ไบต์หลังที่มีเพิ่มในบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า Upper 128 ดังแสดงในรูปที่ 5.3



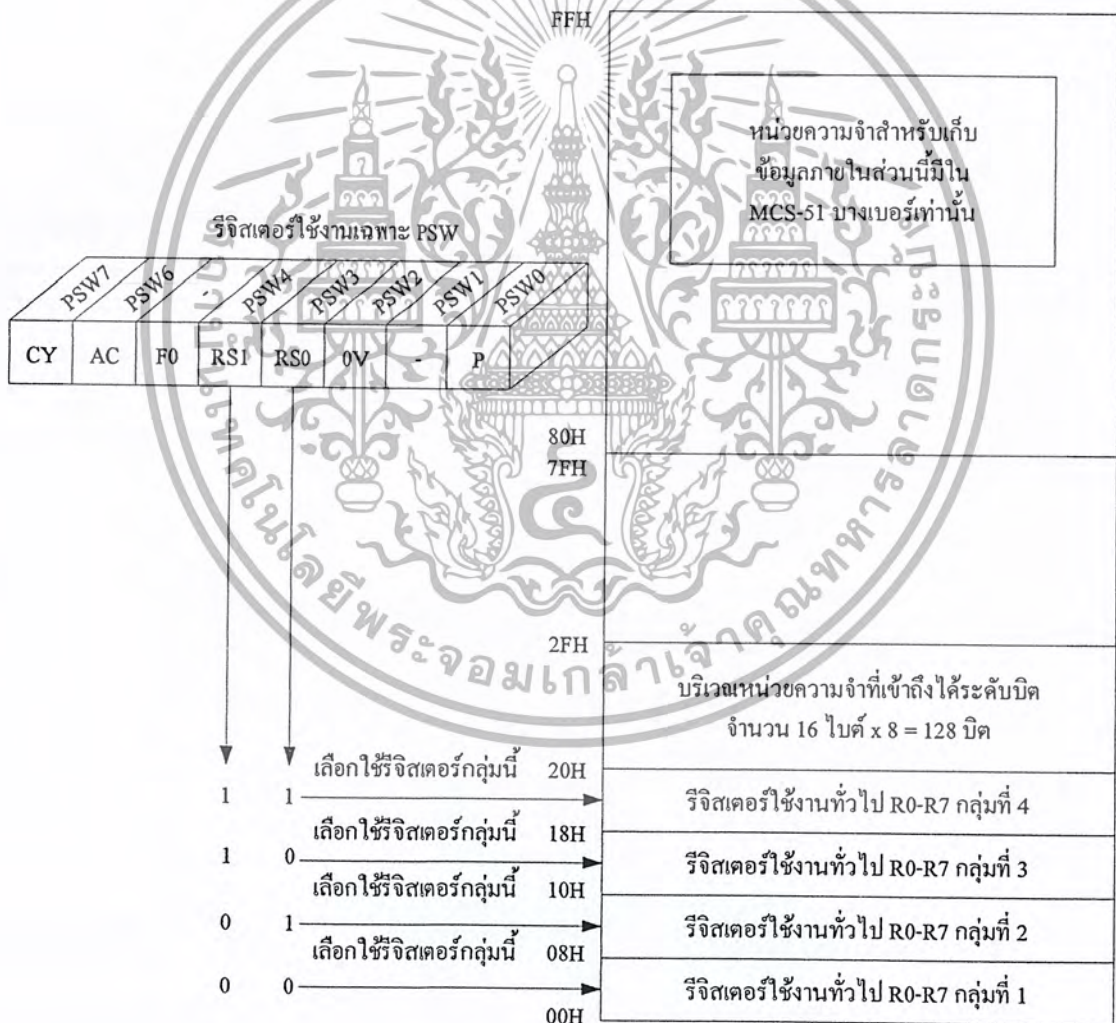
รูปที่ 5.3 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิพทั้งสองส่วน

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิพ 128 ไบต์หลัง (ตำแหน่ง 80H ขึ้นไป) จะมีตำแหน่งตรงกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิพที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะ (ตำแหน่ง 80H ขึ้นไปเช่นกัน) โดยมีวิธีการเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำทั้งสองส่วนนี้ไม่เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป

MCS-51 จะมีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ผู้เขียนโปรแกรมสามารถนำมาใช้งานได้คือ รีจิสเตอร์ A,B (อยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิพที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ แต่นับเป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไปเพราะไม่ถูกกำหนดหน้าที่ใช้งานโดยตรง) และรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป R0 – R7 ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลโดยทั่วไปภายในชิพบริเวณ 128 ไบต์แรก รีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป R0 – R7 ใน MCS – 51 มีด้วยกันทั้งหมด 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยรีจิสเตอร์ 8 ตัว (R0 – R7) ซึ่งมีชื่อเรียกเหมือนกันหมด ดังนั้นจำนวนรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไปใน MCS – 51 จึงมีทั้งหมด 32 ตัว ในการทำงานขณะใดๆรีจิสเตอร์ทั้ง 4 กลุ่ม จะถูกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น การเรียกใช้งานรีจิสเตอร์กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 4 กลุ่ม ทำได้โดยการเซตหรือเคลียร์บิต RS0 , RS1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW ดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แสดงการเลือกรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 – R7 แต่ละกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.4 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ

เนื่องจาก MCS - 51 ถูกออกแบบไว้สำหรับควบคุมระบบโดยเฉพาะจึงทำให้มีความสามารถเฉพาะตัวหลายอย่าง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยวงจรภายในชิพที่มีเพิ่มขึ้นจากไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป การควบคุมการทำงานของวงจรภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระทำผ่านรีจิสเตอร์ที่ได้กำหนดหน้าที่ไว้ก่อนแล้ว ดังนั้นหากต้องการใช้ MCS - 51 ให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องทราบหน้าที่การทำงานของรีจิสเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะแต่ละตัวให้ละเอียด รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดจะอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิพ บริเวณที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเป็นเฉพาะดังจะกล่าวรายละเอียดต่อไปในหัวข้อที่ 5.5

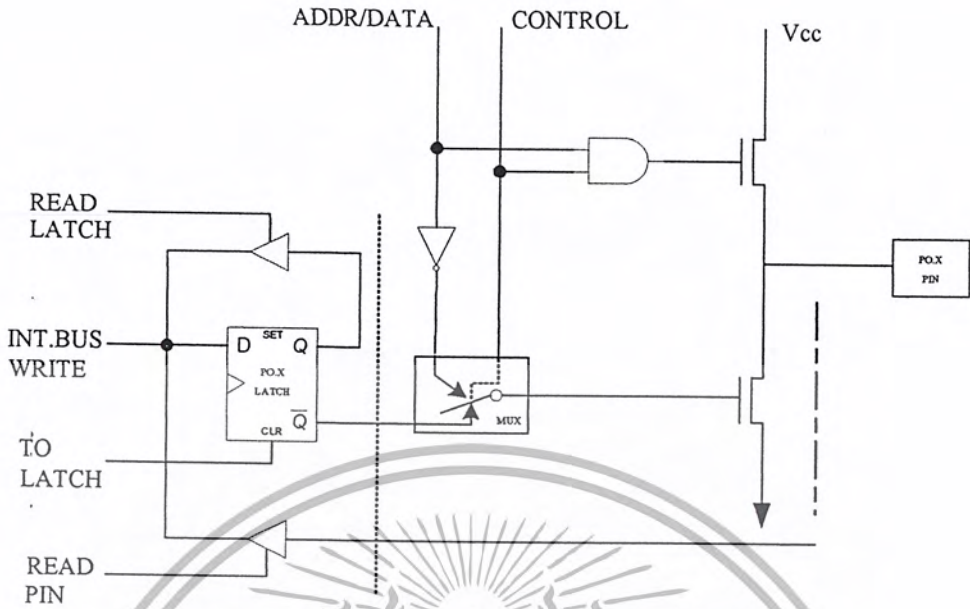
ในส่วนของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่นอกชิพ จะเป็นหน่วยความจำส่วนที่อยู่ภายนอกชิพ MCS - 51 ซึ่งผู้ใช้ต้องคิดตั้งเพิ่มเอง

5.4 โครงสร้างของพอร์ต MCS - 51

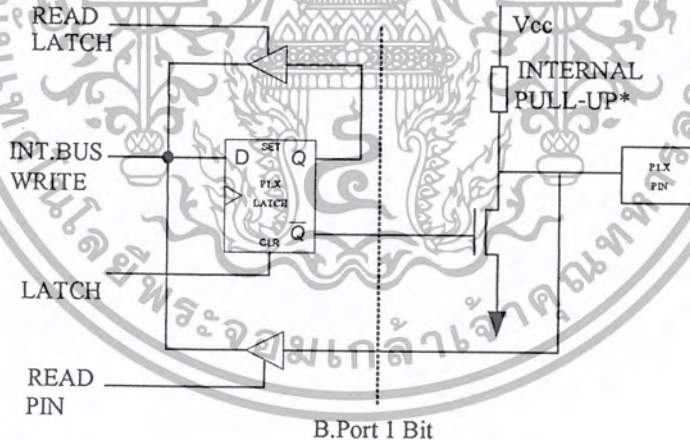
MCS - 51 ทุกเบอร์จะมีพอร์ตขนาด 8 บิตจำนวน 4 พอร์ต (P0,P1,P2,P3) โดยสามารถกำหนดให้ทำงานแบบพอร์ตขนานขนาด 8 บิต 4 พอร์ต หรือจะใช้เป็นพอร์ตขนาด 1 บิตได้ถึง 32 พอร์ต ทั้งนี้ผู้ใช้ยังสามารถกำหนดให้แต่ละพอร์ตใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตหรือเอาต์พุทพอร์ต (I/O) อย่างไม่อย่างหนึ่งได้อย่างอิสระ รายละเอียดของพอร์ตแต่ละพอร์ตมีดังนี้

- พอร์ต 0 (ขา 32 - 39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.0 - P0.7) มีโครงสร้างเป็นแบบ Open Drain Bi-directional ใช้งานได้ 2 หน้าที่ คือ ส่งแอดเดรส (Address) และค่าตัว (Data) ออกไปให้หน่วยความจำภายนอกเมื่อทำการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำภายนอกควบคุมด้วยขา Control รูปที่ 5.5 ประกอบ และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือเป็นพอร์ตอินพุทพอร์ตหรือเอาต์พุทพอร์ต ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ตต้องใส่ลอจิก 1 ไปยังพอร์ตนี้ จะมีผลให้ Q ของ D-FF เป็น 0 ทำให้ FET ตัวล่างมีสถานะ OFF สัญญาณที่ใช้อ่านอินพุทพอร์ต PIN (พอร์ต P0.X PIN) จะใช้สัญญาณ READ LATCH เมื่อถูกกระตุ้นที่ Tri-state Buffer ตัวบน

- พอร์ต 1 (ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P1.0 - P1.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 0 แต่จะใช้ความต้านทานภายในพูลอัพแทน (Internal pull up Register) มีโครงสร้างดังรูปที่ 5.6



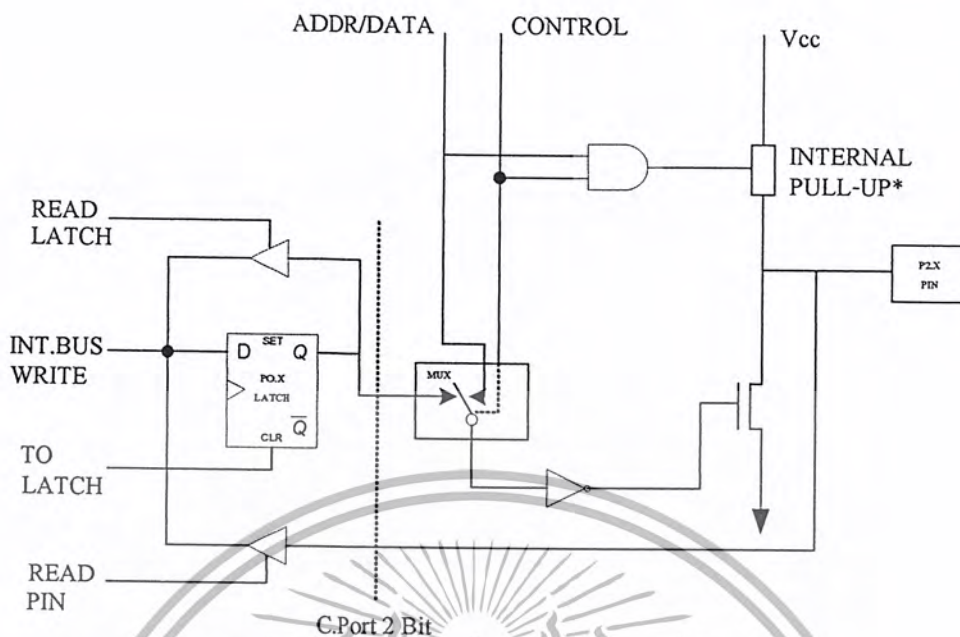
รูปที่ 5.5 แสดงโครงสร้างพอร์ต 0



รูปที่ 5.6 โครงสร้างของพอร์ต 1

- พอร์ต 2 (ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P2.0 – 2.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 0 โดยมี FET ตัวล่างตัวเดียว ด้านบนใช้ความต้านทานพูลอัพแทน (Internal Pull up) พอร์ตนี้ทำหน้าที่ 2 อย่างคือ สามารถเป็นพอร์ตสำหรับส่งแอดเดรส 8 บิตบน (A8 – A15) และเป็นอินพุทพอร์ตหรือเอาต์พุทพอร์ตใช้งานทั่วไป เมื่อจะใช้งานเป็นอินพุทพอร์ต ต้องส่งลอจิก “1” มาที่พอร์ตนี้ก่อนเพื่อบังคับให้ FET อยู่ในสถานะ OFF ดังแสดงในรูปที่ 5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 โครงสร้างของพอร์ต 2

- พอร์ต 3 (ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P3.0 – P3.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 1 พอร์ตนี้ทำหน้าที่ คือ เป็นอินพุทพอร์ตหรือเอาต์พุทพอร์ต ถ้าจะให้พอร์ตนี้เป็นอินพุทพอร์ตก็ให้ส่งลอจิกเป็น “1” มาที่พอร์ตนี้ก่อนและอีกหน้าที่หนึ่งก็คือ ส่งสัญญาณควบคุมออกมา และรับสัญญาณเข้าไป สัญญาณต่างๆมีดังนี้ และสามารถแสดงโครงสร้างของพอร์ต 3 ได้ดังรูปที่ 5.8

P3.0/RXD (Serial input port) เป็นขาที่รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1/RXD (Serial output port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2/ $\overline{\text{INT0}}$ (External interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3/ $\overline{\text{INT1}}$ (External interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

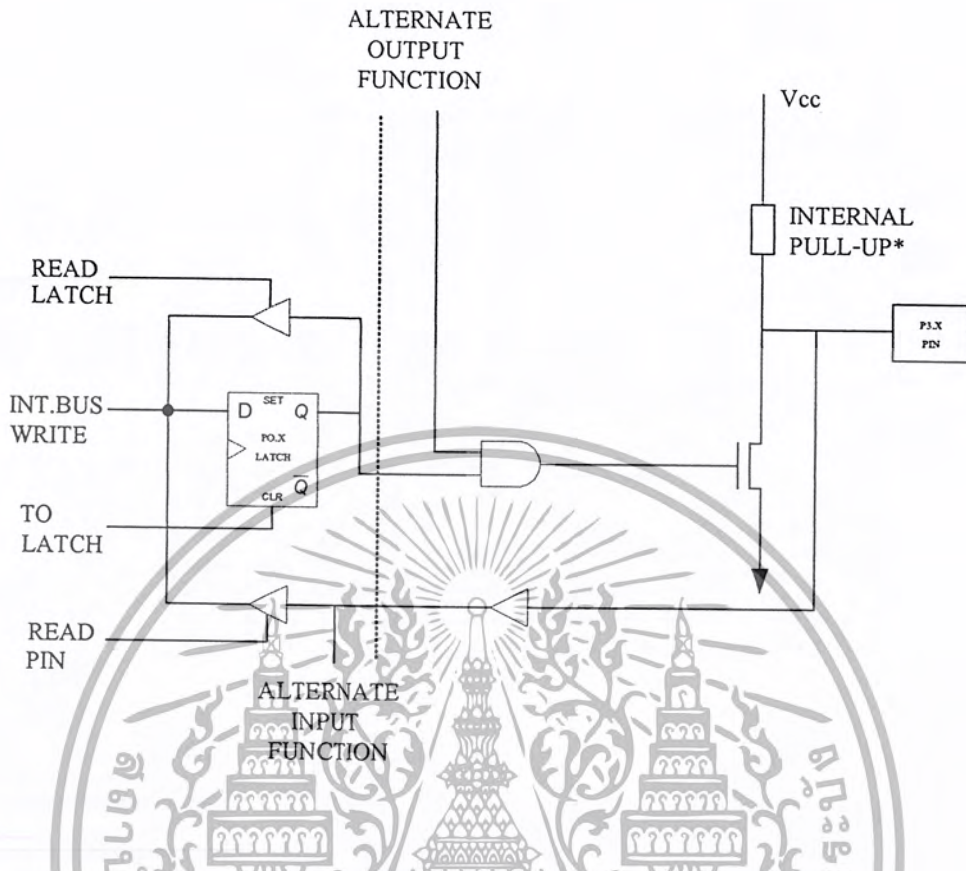
P3.4/T0 (Timer/Counter 0 External interrupt) ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Timer/Counter 0 ที่ทำหน้าที่นับจำนวนไซเคิลของสัญญาณ T0 หรือสัญญาณนาฬิกาก็ได้

P3.5/T1 (Timer/Counter 1 External interrupt) ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Timer/Counter 1 ซึ่งมีการทำงานเหมือนกันกับ T0

P3.6/ $\overline{\text{WR}}$ (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอก 8051

P3.7/ $\overline{\text{RD}}$ (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 โครงสร้างของพอร์ต 3

- ALE (ขา 30) เป็นขาส่งสไตรบสำหรับใช้ในการแลตซ์แอดเดรสไบต์ค่า (A0-A7) ที่ส่งออกมาจาก (พอร์ต 0) สัญญาณนี้จะแอดคี่ทุกๆ 2 ครั้งใน 1 แมกซ์อินไซเคิล (1/16 ของสัญญาณนาฬิกา)
- $\overline{\text{PSEN}}$ (ขา 29) เป็นขาที่ใช้ส่งสไตรบสำหรับอ่านข้อมูลจาก Program memory ภายนอก (หน่วยความจำประเภท ROM EPROM) สัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้ง ในแต่ละแมกซ์อินไซเคิล ถ้าเป็นการอ่าน Internal Program memory จะไม่มีสัญญาณออกที่ขานี้
- $\overline{\text{EA}}$ (ขา 30) ถ้าป้อนลอจิก "0" เข้าที่ขานี้ซีพียูจะอ่านค่าจาก Program memory ภายนอกซิพเท่านั้น แต่ถ้าป้อนด้วยลอจิก "1" ก็จะอ่านโปรแกรมภายในซิพ
- RST (ขา 9) เป็นขารีเซตซีพียู จะรีเซตได้ก็ต่อเมื่อป้อนลอจิก "1" เข้าที่ขานี้นานอย่างน้อย 2 แมกซ์อินไซเคิล
- XTALK1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นอินพุทเข้าสู่จอร์จอสซิลเลเตอร์
- XTALK2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นเอาต์พุทของจอร์จอสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (Special Function Register)

Special Function Register (SFR) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานในหน้าที่ต่าง ๆ กัน ซึ่งบรรจุไว้ในหน่วยความจำภายใน (Internal Ram) ตำแหน่ง (80h-FFh) การติดต่อกับรีจิสเตอร์ใน SFR นี้ ต้องใช้คำสั่งเข้าถึงข้อมูลแบบทางตรงเท่านั้น (Direct Addressing Mode) ทั้งแบบบิตและไบต์ ก็ได้ เช่นถ้าต้องการโหลดค่า 21 เข้ารีจิสเตอร์ A จะเขียนคำสั่งได้ดังนี้ MOV A,#21h แบบนี้เป็นการเขียนข้อมูลเข้ารีจิสเตอร์ทีละไบต์ ถ้าเขียนข้อมูลเข้าทีละบิต จะต้องใช้คำสั่งเกี่ยวกับการเซตบิต เช่น

SETB 0E0h เซตบิต D0 ของรีจิสเตอร์ A

CLR 0F0h เซตบิต D1 ของรีจิสเตอร์ A

รายละเอียดเกี่ยวกับตำแหน่งบิตต่างๆของรีจิสเตอร์ใดๆดังแสดงได้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การจัดวางตำแหน่งบิตของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ

Direct Byte Address (MSB)	Bit Address (LSB)								Special Function Register Symbol
0F8H	WDT	T32	SERR	IZC	P3HZ	P2HZ	P1HZ	ALF	IOCON
	FF	FE	FD	FC	FB	FA	F9	F8	
0F0H	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	B
0E0H	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0	ACC
	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	F1	P	
0D0H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	PSW
0CDH	Not Bit Addressable								TH2
0CCH	Not Bit Addressable								TL2
0C8H	Not Bit Addressable								RCAP2H
0CAH	Not Bit Addressable								RCAP2L
0C8H	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	OP/RL2	T2CON
	CF	CE	CD	CC	CB	CA	C9	C8	
0B8H	PCT		PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0	IP
	BF	-	BD	BC	BB	BA	B9	B8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0B0H	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	P3
	EA		ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	
0A8H	AF	-	AD	AC	AB	AA	A9	A8	IE
0A0H	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	P2
99H	Not Bit Addressable								SBUF
	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	T1	R1	
98H	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98	SCON
90H	97	96	95	94	93	92	91	90	P1
8DH	Not Bit Addressable								TH1
8CH	Not Bit Addressable								TH0
8BH	Not Bit Addressable								TL1
8AH	Not Bit Addressable								TL0
89H	Not Bit Addressable								TMOD
	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	
88H	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88	TCON
87H	Not Bit Addressable								PCON
83H	Not Bit Addressable								DPH
82H	Not Bit Addressable								DPL
81H	Not Bit Addressable								SP
80H	87	86	85	84	83	82	81	80	P0

5.5.1 รายละเอียดของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ

- Accumulator (ACC) อยู่ที่ตำแหน่ง 0E0h

เป็นรีจิสเตอร์ 8 บิตที่ใช้ประมวลผลทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร หรือเป็นแนวทางผ่านในการเคลื่อนย้ายข้อมูล

- B Register (B) อยู่ที่ตำแหน่ง 0F0h

เป็นรีจิสเตอร์ 8 บิตที่ใช้ในคำสั่งคูณและหารร่วมกับรีจิสเตอร์ A เช่น MUL AB , DIV AB

- Program Status Word อยู่ที่ตำแหน่ง 0D0h

เป็นรีจิสเตอร์ 8 บิตแต่ใช้งานเพียง 7 บิต โดยบิตที่ 5 เป็นแฟลกซ์และอีก 2 บิตเลือกรีจิสเตอร์แบบคี่เลือกได้ 4 แบบคี่ คือ แบบคี่ 0-3 นั่นเอง

- Stack Pointer (SP) อยู่ที่ตำแหน่ง 081h

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตที่ใช้ชี้ตำแหน่งของสแตคทุกครั้งที่ถูกรีเซทก็จะมีค่าเท่ากับ 07h ทันที

และจะเพิ่มขึ้น 1 เสมอ เมื่อทำคำสั่ง CALL, PUSH และจะลดลงเมื่อทำคำสั่ง RET, RETI, POP ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Data pointer Register อยู่ที่ตำแหน่ง 82h และ 83h

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต แบ่งเป็น 8 บิตล่างและ 8 บิตบน มีชื่อว่า DPL และ DPH อยู่ที่ตำแหน่ง 82h และ 83h ตามลำดับ มีประโยชน์ในการชี้แอดเดรสของหน่วยความจำเช่น MOVX A,@DPTR, JMP @A+DPTR เป็นต้น

- Port (0-3) อยู่ที่ตำแหน่ง 80h,90h,0A0,0B0h ตามลำดับ รายละเอียดคงได้อธิบายมาแล้ว ในหัวข้อที่ 5.4

- Serial Data Buffer (SBUF) อยู่ที่ตำแหน่ง 99h

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตที่ใช้เก็บข้อมูลไว้ก่อน แล้วทำการส่งข้อมูลอนุกรมออกไปหรือเป็นบัฟเฟอร์เก็บข้อมูลในช่วงที่รับข้อมูลเข้ามา SBUF มีอยู่ 2 ตัว คือ ตัวรับและตัวส่ง แยกจากกัน การรับส่งข้อมูลอนุกรมมี 4 โหมดด้วยกัน แต่ที่ใช้ในโครงงานนี้จะใช้โหมด 1

- Interrupt Priority Register (IP) อยู่ที่ตำแหน่ง 0B8h

เป็นรีจิสเตอร์ควบคุมลำดับความสำคัญของการอินเทอร์รัพต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

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

คำอธิบายความหมายในแต่ละบิตใน IP

PT2 :	0	Timer 2 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
	1	Timer 2 มีลำดับความสำคัญสูงสุด
PS :	0	พอร์ตสื่อสารอนุกรมมีลำดับความสำคัญต่ำสุด
	1	พอร์ตสื่อสารอนุกรมมีลำดับความสำคัญสูงสุด
PT1 :	0	Timer 1 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
	1	Timer 1 มีลำดับความสำคัญสูงสุด
PT0 :	0	Timer 0 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
	1	Timer 0 มีลำดับความสำคัญสูงสุด
PX0 :	0	อินเทอร์รัพต์ภายนอกชนิด 0 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
	1	อินเทอร์รัพต์ภายนอกชนิด 0 มีลำดับความสำคัญสูงสุด

- Interrupt Enable Register (IE) อยู่ที่ตำแหน่ง 0A8h

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้กำหนดให้ทำหรือไม่ทำอินเทอร์รัพต์ (Enable หรือ Disable) โดยที่อินเทอร์รัพต์ จาก 6 แหล่ง 5 เวกเตอร์ เช่น ถ้าต้องการให้ พอร์ตอนุกรมทำการอินเทอร์รัพต์ได้ก็ต้องเซตบิต ES (บิต D4 ใน IE) ด้วยคำสั่งนี้ SETB ES หรือจะห้ามไม่ให้พอร์ตอนุกรมทำการอินเทอร์รัพต์ก็ต้องใช้คำสั่ง CLR ES รายละเอียดมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ความหมายของสัญลักษณ์

- E = Enable หรือ External
 T = Timer
 0,1,2 = Channel 0, Channel 1, Channel 2

คำอธิบายความหมายในแต่ละบิตใน IE

- EA : 0 จะเป็นห้ามอินเทอร์รัพต์ จากแหล่งทุกแหล่ง
 1 ยอมให้มีการอินเทอร์รัพต์ ทั้งหมดได้
- ET2 : 0 ห้ามอินเทอร์รัพต์จาก Timer 2
 1 ยอมให้อินเทอร์รัพต์จาก Timer 2
- ES : 0 ห้ามอินเทอร์รัพต์จากพอร์ตอนุกรม
 1 ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์จากพอร์ตอนุกรม
- ET1 : 0 ห้ามอินเทอร์รัพต์จาก Timer 1
 1 ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์จาก Timer 1
- EX1 : 0 ห้ามอินเทอร์รัพต์จาก สัญญาณภายนอกชนิดที่ 1
 1 ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์จากสัญญาณภายนอกชนิดที่ 1
- ET0 : 0 ห้ามอินเทอร์รัพต์จาก Timer 0
 1 ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์จาก Timer 0
- EX0 : 0 ห้ามอินเทอร์รัพต์จากสัญญาณภายนอกชนิด 0
 1 ยอมให้ทำอินเทอร์รัพต์จากสัญญาณภายนอกชนิดที่ 0

- Timer / Counter Mode Control Register (TMOD) อยู่ที่ตำแหน่ง 89h เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้เลือกโหมดการทำงานซึ่งเลือกได้ทั้งหมด 4 โหมด โดยเลือกที่บิต M0 และ M1 ส่วนบิต Gate เป็นบิตที่ใช้เลือกการสตาร์ท Timer / Counter โดยควบคุมร่วมกับ TRx ใน TCON ส่วนบิต C/T ใช้เลือก Timer หรือ Counter รายละเอียดดังนี้

GATE	C/T	M1	M2	GATE	C/T	M1	M2
------	-----	----	----	------	-----	----	----

M1 : เลือกโหมดในการทำงาน

M2 : เลือกโหมดในการทำงาน

GATE : เมื่อบิต TRx (ใน TCON) และบิต GATEx (ใน TMOD) ถูกเซต

Timer 0 หรือ Counter จะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เมื่อขา INT0 หรือ INT1 (ขา 12 และ 13) ถูกป้อนด้วย High

2. เมื่อใช้คำสั่งเซตบิต GATE ใน TCON แล้ว

- ถ้าเซต TRx จะทำให้ Timer หรือ Counter เริ่มทำงาน
- ถ้ารีเซต TRx จะทำให้ Timer หรือ Counter ไม่ทำงาน

C/T : บิตเลือกการทำงานของ Timer หรือ Counter โดยเลือกได้ดังนี้

- ถ้า C/T = 0 เป็นการเลือกโหมด Timer
- ถ้า C/T = 1 เป็นการเลือกโหมด Counter
- หมายเลข: x = 0 หรือ 1

- Timer / Counter Control Register (TCON) อยู่ที่ตำแหน่ง 88h

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมให้ Timer / Counter เริ่มนับโดยเซตที่บิต TRx (TR0 หรือ TR1 นั้นเอง) อีกหน้าที่หนึ่งใช้แสดงผลการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของ Timer / Counter โดยจะแสดงที่บิต TFX (TF0 หรือ TF1 นั้นเอง) อีกหน้าที่หนึ่งก็คือ แสดงสถานะเมื่อเกิดอินเตอร์รัพต์จากภายนอก โดยแสดงที่บิต IEO หรือ IE1 หน้าที่สุดท้ายคือ บิตเลือกสัญญาณอินเตอร์รัพต์ว่าจะเอาแบบ Trig ที่ขอขาลงหรือ Trig ที่ระดับศูนย์รายละเอียดมีดังนี้

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

TF1 : บิตแสดงผลการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1 จะเซตเมื่อ Timer 1 เกิดโอเวอร์โฟลว์ และจะถูกเคลียร์เองเมื่อซีพียูย้ายการทำงานไปที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพต์

TR1 : บิตควบคุมการนับของ Timer1 ควบคุมจากโปรแกรม

- ถ้าเป็น 1 Timer1 เริ่มทำงานต่อ
- ถ้าเป็น 0 Timer1 หยุดการทำงาน

(ในกรณีนี้ต้องเซตบิต GATE ใน TMOD ก่อน)

TF0 : บิตแสดงผลการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของ Timer0 จะถูกเซตเมื่อ Timer0 เกิดโอเวอร์โฟลว์เช่นเดียวกับ TF1

TR0 : เช่นเดียวกับ TR1 แต่ใช้ควบคุม Timer0

IE1 : บิตแสดงสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกหมายเลข 1 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพต์เข้ามาที่ขา $\overline{INT1}$ และจะถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ที่อยู่ในส่วนโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพต์นั้น ๆ

IT1 : บิตเลือกประเภทการตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัพต์ที่เกิดขึ้นที่ขา $\overline{INT1}$

- ถ้าเป็น 1 จะตรวจสอบการเปลี่ยนสัญญาณจาก 1 เป็น 0 ที่ขา INT1
- ถ้าเป็น 0 จะตรวจสอบระดับศูนย์ของสัญญาณ ที่ขา INT1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรสังเกต :

- T หมายถึง Timer / Counter หรือ Type
- R หมายถึง RUN
- F หมายถึง Flag
- E หมายถึง External
- 1,0 หมายถึง Channel 1 หรือ Channel 0 บางที่จะใช้คำว่า x เช่น TRx

- Power Control Register (PCON) อยู่ที่ตำแหน่ง 87h

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการประหยัดพลังงานมีการทำงาน 2 โหมด คือ Ideal mode และ Power down mode และยังใช้เพิ่ม Baud Rate เป็น 1 เท่า หรือ 2 เท่า โดยเซตที่บิต SMOD

SMODE	HPD	RPD	-	GF1	GF0	PD	IDL
-------	-----	-----	---	-----	-----	----	-----

โดยที่

SMOD = 0 ความเร็ว Baud Rate เมื่อส่งข้อมูลอนุกรม โหมด 1,2,3 จะเป็น 1 เท่า

SMOD = 1 ความเร็ว Baud Rate เมื่อส่งข้อมูลอนุกรม โหมด 1,2,3 จะเป็น 2 เท่า (Double Baud

Rate)

GF1 และ GF0 เป็นแฟล็กซ์ที่ใช้งานทั่วไป

PD (Power Down Mode) เมื่อถูกเซตเป็น "1" จะเข้าสู่โหมดนี้ทันที

IDL (Idle Mode) เมื่อถูกเซตเป็น "1" จะเข้าสู่โหมดนี้ทันที

- Serial Port Control Register (SCON) อยู่ที่ตำแหน่ง 98h

ใช้เลือกโหมดการทำงาน (เลือกได้ 4 โหมด) เลือกที่ SM1, SM0 ส่วน SM2 ใช้เลือกการทำงานแบบ Processor เดี่ยวหรือ หลาย Processor บิต REN ใช้ควบคุมให้รับหรือไม่รับข้อมูลเข้ามา บิต TB8 คือ ข้อมูลบิตที่ 9 ที่ส่งออกไป และ RB8 ก็คือข้อมูลที่ 9 ที่รับเข้ามาได้ สุดท้ายคือ TI และ RI ก็คือ Transmit interrupt Flag และ Receive Interrupt Flag ตามลำดับ TI จะถูกเซตเมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูลออกไป 1 ไบต์ และ RI จะเซตเมื่อสิ้นสุดการรับข้อมูลเข้ามา 1 ไบต์

บทที่ 6

การคำนวณและการออกแบบ

การออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์นั้น มีดังนี้

6.1 การออกแบบวงจรพืซ-พูล อินเวอร์เตอร์

6.1.1 การเลือกพิกัดแรงดัน V_{ds} ของ มอสเฟต

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร Push - pull Inverter} &= 2 \times (V_{\text{normal Battery}} \times 1.5) \\ &= 2 \times (12 \times 1.5) \\ &= 36 \end{aligned}$$

ดังนั้นจะเลือกใช้แรงดันพิกัดของมอสเฟต (V_{DS}) = 60 V

6.1.2 การเลือกค่ากระแสพิกัดของมอสเฟต

จากพิกัดกระแสทางค่านไฟรมารี่ของหม้อแปลงเท่ากับ 45 A ดังนั้นเลือกใช้พิกัดกระแสของมอสเฟต (I_{DS}) เท่ากับ 2 เท่าของกระแสพิกัดทางค่านไฟรมารี่ของหม้อแปลง

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

6.1.3 การเลือกค่าแรงดันเกต-ซอร์ส (V_{GS})

เลือกค่าพิกัดแรงดัน

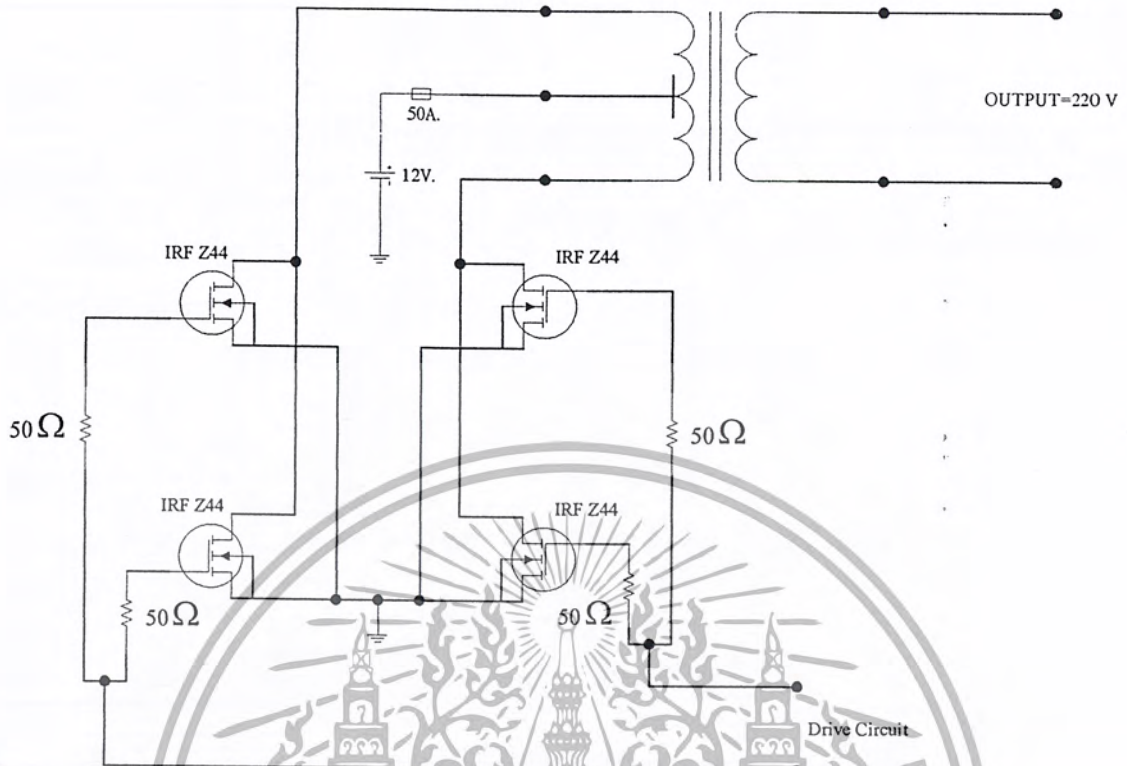
$$\begin{aligned} V_{GS} &= 2 \times V_{\text{Battery}} \\ &= 2 \times 12 \end{aligned}$$

$$= 24 \text{ V}$$

ดังนั้นเลือกใช้ค่าแรงดันพิกัด V_{GS} ของมอสเฟตเท่ากับ 30 V

จากตารางภาคผนวกเลือกเบอร์ IRF Z44 ค่อนข้างกันเพื่อช่วยกันจ่ายกระแสเดรน ซึ่งมีพิกัดค่าต่าง ๆ ดังแสดง ในภาคผนวก

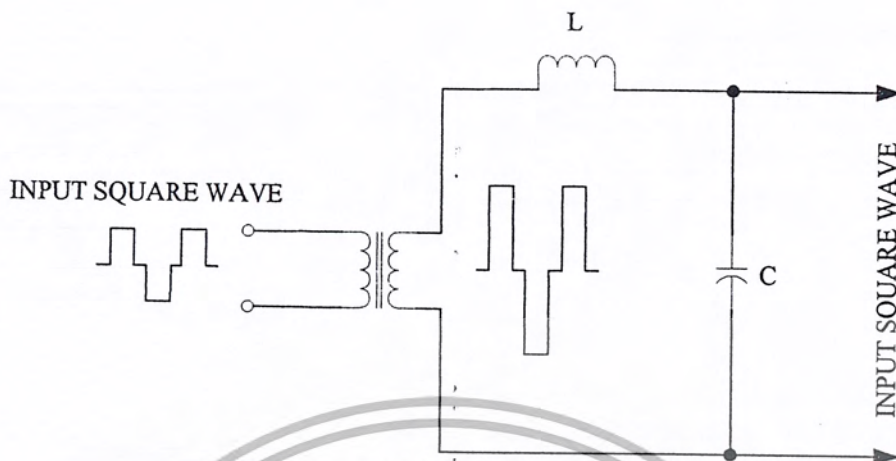
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 แสดงวงจรพหุ-ฟูลอินเวอร์เตอร์

6.2 การออกแบบหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า

สำหรับหม้อแปลงที่ใช้ในโครงการนี้ เพื่อแปลงสัญญาณสี่เหลี่ยมด้านเอ้าท์พุทของอินเวอร์เตอร์ให้มีแรงดันสูงขึ้น จะได้สัญญาณสี่เหลี่ยมทางค่านการะเช่นกัน และนำสัญญาณนี้ไปใช้งาน โดยแรงดันที่โหลดใช้จะเป็นค่าส่วนหลัก (Fundamental) แกนที่ใช้จะเป็นแกน EI ทดสอบโดยป้อนสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม ปรากฏว่าสัญญาณที่ได้ออกมาเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมเช่นเดียวกัน แต่มีขนาดแรงดันที่สูงขึ้น สัญญาณที่ออกมาก็ไม่ได้ผิดเพี้ยนไปมาก จึงใช้หม้อแปลงแกนเหล็กเพื่อเพิ่มแรงดันสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ได้จากการขับโดยเพาเวอร์มอสเฟท



รูปที่ 6.2 แสดงการแปลงแรงดันของรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

พิกัดต่าง ๆ ของหม้อแปลงที่ใช้ในโครงการ

6.2.1 ค่าโวลท์แอมป์ (VA) ของหม้อแปลง

แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองในโครงการนี้มีขนาด 500 VA

6.2.2 พิกัดทางด้านแรงดันและกระแส

- ด้านปฐมภูมิ

ทางด้านปฐมภูมิรับแรงดันรูปสี่เหลี่ยมจากการขับโดยมอเตอร์ ซึ่งมีความแรงดัน 12 โวลต์ ดังนั้นกระแสทางด้านปฐมภูมิจะมีค่า

$$VA = V_p \times I_p$$

$$I_p = \frac{VA}{V_p}$$

$$I_p = \frac{500}{12} = 41.67 \text{ A.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกำหนดให้	$V_A =$ โวลต์ - แอมป์	(VA)
	$V_p =$ แรงดันด้านปฐมภูมิ	(V)
	$I_p =$ กระแสด้านปฐมภูมิ	(A)

- ด้านทุติยภูมิ

ทางด้านทุติยภูมิเป็นแรงดันเอาต์พุต ซึ่งมีขนาดแรงดัน 220 โวลต์ ดังนั้นกระแสทางด้านทุติยภูมิจะมีค่า

$$I_s = \frac{VA}{V_s}$$

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

$$= 2.27 \text{ A.}$$

6.2.3 ขนาดแรงดันปฐมภูมิและทุติยภูมิ

แรงดันปฐมภูมิจะใช้ค่า 12 V และแรงดันด้านทุติยภูมิใช้ค่า 220 V
ดังนั้น

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

เมื่อ $E_1 = 12 \text{ V}$, $E_2 = 220 \text{ V}$ เมื่อ $N_1 = 25$ รอบ

ดังนั้น

$$N_2 = \frac{N_1 \times E_2}{E_1}$$

$$= \frac{25 \times 220}{12}$$

$$= 460 \text{ รอบ.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.4 การเลือกเบอร์ของขดลวด

- ด้านปฐมภูมิ

ขนาดกระแสเบตเตอร์มีค่าประมาณ 45 A ดังนั้นจะใช้ลวดเบอร์ AWG# 14 ทำการพันครั้งละ 25 รอบทางด้านปฐมภูมิ

- ด้านทุติยภูมิ

ขนาดกระแสเบตเตอร์มีค่าประมาณ 2 A ดังนั้นจะใช้ลวดเบอร์ AWG# 23 ทำการพัน 460 รอบทางด้านทุติยภูมิ

6.2.5 ขนาดของแกนเหล็ก

$$A = \frac{\sqrt{VA}}{5.58} \quad (\text{inch})^2$$

$$A = \frac{\sqrt{500}}{5.58} \quad (\text{inch})^2$$

$$= 4.00 \quad (\text{inch})^2$$

ดังนั้นใช้แกนเหล็กขนาด 1.5 x 1.5 inch²

6.3 การเลือกเบตเตอร์ใช้ในโรงงาน

ในโรงงานแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองนี้ เบตเตอร์ที่เลือกใช้นั้นจะเป็นชนิดตะกั่ว - กรด ปิดผนึก แบบ Free Maintenance ขนาด 7.5 แอมป์เร่ - ชั่วโมง โดยที่เบตเตอร์นี้ไม่มีก๊าซเกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลดีในการช่วยแก้ปัญหาอายุการใช้งานแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองสั้น เนื่องจากการเกิดก๊าซในการอัดประจุมากเกินไปส่วนการอัดประจุเบตเตอร์จะเป็นแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charging) เนื่องจากเบตเตอร์ในแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองจะทำงานแบบแบ็คอัพ (Backup) หรือ Standby ซึ่งเบตเตอร์เป็นแหล่งพลังงานสำรองที่ต้องนำมาใช้ในสภาวะเกิดความผิดปกติของระบบการไฟฟ้าฯ ฉะนั้นเบตเตอร์จะต้องถูกอัดประจุตลอดเวลา โดยในช่วงที่เบตเตอร์เต็มแล้วจะต้องอัดประจุให้กับเบตเตอร์ด้วยอัตราการอัดประจุต่ำ ๆ เพื่อชดเชยค่าแรงดันเนื่องจากความต้านทานภายในเบตเตอร์โดยแรงดันที่จ่ายให้เบตเตอร์เพื่ออัดประจุ จะเป็นแบบ Float Charge ที่ 12.6 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปแบตเตอรี่ที่ใช้ในโครงการงาน

1. ชนิด Sealed Lead – Acid Battery ขนาด 7.5 Ah
2. การใช้งานแบบ Standby สำรองเวลาได้ 10 นาทีที่ภาระโหลดคอมพิวเตอรื
3. การทำงานเป็นแบบ Float Charge
4. เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่เป็นแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charging)
5. การอัดประจุจะใช้กระแสเท่ากับ $0.13 \times 7.5 \text{ Ah} = 975 \text{ mA}$

6.4 การคำนวณเพื่อเลือกใช้นาขนาดแบตเตอรี่

ก่อนอื่นต้องทราบพารามิเตอร์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่อเนื่องในโครงการงานนี้ก่อน เพื่อที่จะนำค่าต่างๆ มาคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ ซึ่งกำหนดค่าต่าง ๆ ที่สำคัญได้ดังนี้

1. กำลังไฟฟ้าพิกัดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง 500 VA ที่ภาระมีค่า PF = 0.8
2. เวลาสำรองจ่ายภาระได้ระยะเวลา 10 นาทีที่ภาระโหลดคอมพิวเตอรื
3. ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์เท่ากับ 0.9
4. แรงดันปกติของแบตเตอรี่ 12 โวลต์

ในการคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ จะกำหนดให้

VA = โวลต์แอมป์พิกัดของภาระ

PF = ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของภาระ

N = ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ (Efficiency of Inverter)

V_B = แรงดันปกติของแบตเตอรี่

ดังนั้นการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ส่งจากแบตเตอรี่ คือ

$$\text{- กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่} = VA \times PF \times \text{Efficiency of Inverter}$$

$$= 500 \times 0.8 \times \frac{1}{0.9}$$

$$= 444.44 \text{ W.}$$

- กระแสจากแบตเตอรี่

$$= \frac{W}{EV_{\text{Battery}}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

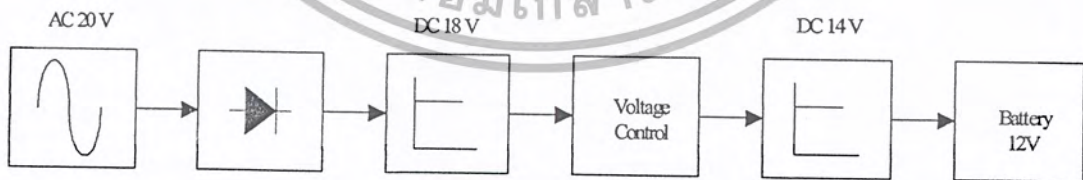
$$= \frac{444.44}{12} = 37.07 \text{ A.}$$

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

ดังนั้นขนาดของแอมแปร์ - ชั่วโมง จะใช้ขนาด 7.5 Ah ที่พิกัดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองนี้

6.5 การออกแบบวงจรภาคเรียงกระแสและวงจรอัดประจุแบตเตอรี่ (Rectifier/Charger)

วงจรที่ใช้ในโครงการนี้เป็นชนิดแรงดันคงที่ (Constant Voltage) ออกแบบให้เป็นวงจร Regulator ที่สามารถปรับแรงดันเอาท์พุทได้ในช่วง 12 - 18 V (ขึ้นอยู่กับความต้องการนำไปใช้งาน) วงจรใช้ IC Voltage Regulator เบอร์ LM317 เป็นตัวทำงานหลักซึ่ง LM317 สามารถปรับแรงดันได้ 1.2 - 37 V และได้ใช้ทรานซิสเตอร์คาร์ลิงค์ชนิด PNP เบอร์ TIP 127 ช่วยในการ จ่ายกระแสให้โหลด เพื่อแบ่งภาระการทำงานของ LM317 ในการชาร์จแบตเตอรี่ 12 V ที่ใช้ในโครงการนี้ และจะปรับแรงดันไว้ที่ 14 V โดยการปรับจูน R_5 ฉะนั้นจึงเลือกใช้ R_5 เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ดังรูปที่ 6.3 โดยแรงดันที่เอาท์พุทส่วนหนึ่งจะถูก Regulate ด้วย IC 7812 เพื่อเป็นไฟเลี้ยงหรือ Power Supply +12 V ให้กับอุปกรณ์ ในวงจรอื่น



รูปที่ 6.3 แสดง Block Diagram วงจร Rectifier / Charger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5.1 อธิบายการทำงานของภาคเรียงกระแส (Rectifier / Charger)

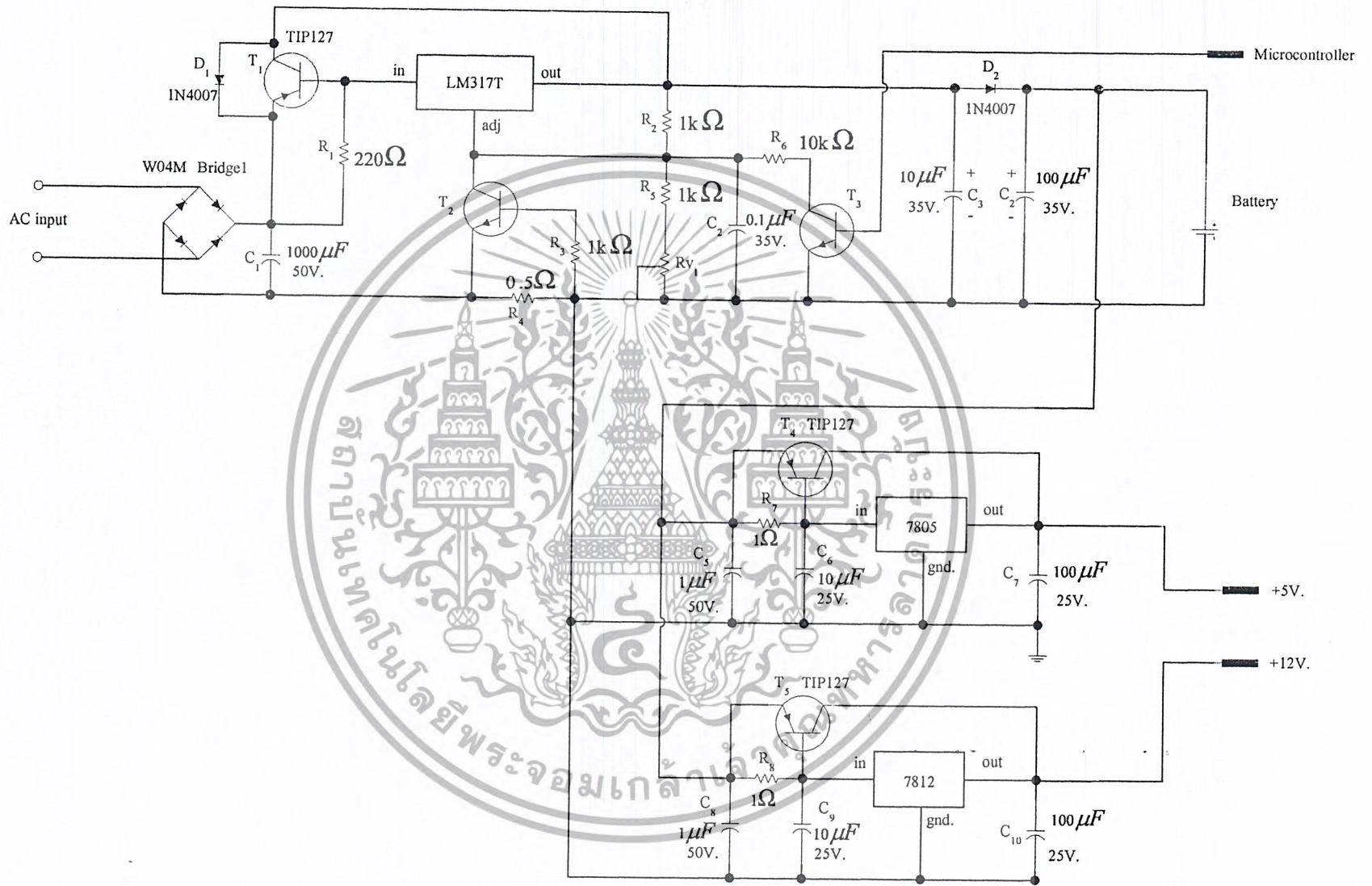
จากรูปที่ 6.3 อินพุตจะเป็นแรงดันไฟสลับที่ได้จากหม้อแปลง Step down 220 V เป็น 20 V ซึ่งไฟ 220 นี้ได้จากเอาท์พุทของเครื่อง UPS (ดังนั้นจึงมีไฟ 220 V ตลอดเวลาแม้กระทั่งในช่วงที่ไฟฟ้าดับ) จากนั้นจะผ่าน Bridge Rectifier เพื่อ Rectify เป็นไฟตรง ซึ่งถูกกรองต่อด้วย C_1 ค่าสูง 1000 μF ให้ลดลงเป็นแรงดันไฟตรงที่เรียก V_{in} เป็นตัวต้านทานเพื่อกำหนดกระแสไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ TIP 127 ใช้ค่าประมาณ 220Ω แต่ถ้าโหลดของวงจรเรียงกระแสมาก (IC สูง) จะทำให้กระแสไหลผ่าน R_1 มากขึ้นเป็นผลให้แรงดัน V_{in} สูงขึ้นด้วยซึ่งจะให้ I_o สูงขึ้นตามเป็นผลให้กระแสคอลเล็กเตอร์ (I_c) สูงขึ้น เวลาทำงานจึงต้องคิดถึงซิงค์ เพื่อระบายความร้อนออกจากตัวถัง อัตราขยายกระแสเป็นไปตามสมการข้างล่าง

$$I_c = \beta I_o$$

β คือ อัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์

ไดโอด D_1 ที่ต่อคร่อมขา C และ E ของ TIP 127 เพิ่มเข้าไปเพื่อป้องกันกระแสและแรงดันสูงขณะใช้งาน โดย D_1 จะป้องกันอุปกรณ์จากการคายประจุของ C_1 กลับมายังทรานซิสเตอร์ ในโอกาสที่เกิดการลัดวงจรที่อินพุต D_1 ใช้เบอร์ 1N4007 (หรือเบอร์อื่นที่มีพิกัดทนกระแสสูงกว่า 1.5 A)

ส่วนของ Q_2, R_3 และ R_4 ต่อกันอยู่เป็นวงจรอยู่ที่ขา adj ของ LM317 เพื่อป้องกันกระแสเกินเมื่อเกิดการลัดวงจรที่เอาท์พุทของวงจร Rectifier โดยกระแสสูงจะถูกตรวจจับโดย R_4 ส่วน R_3 ทำหน้าที่ไบอัสกระแสให้กับ Q_2 เลือกใช้ค่า $1 \text{ K}\Omega$ เมื่อ Q_2 ทำงานจะทำให้ขา adj ของ LM317 ต่อลงกราวด์โดยตรงจะทำให้แรงดันเอาท์พุทของวงจรตกลงจนถึงระดับ 0 V จะทำให้หยุดการจ่ายไฟให้แก่วงจรอื่นด้วย



รูปที่ 6.4 แสดงวงจรเรียงกระแสและอัดประจุแบตเตอรี่

เมื่อกำหนดค่ากระแสลัดวงจร (I_s) ที่ทำให้ Q_2 ทำงานคือ 1.6 A หาค่า R_4 ได้ดังนี้

$$R_4 = \frac{V_{be}}{I_s}$$

$$R_4 = \frac{0.7}{1.6} = 0.44 \Omega$$

เนื่องจากกระแสไหลผ่านสูงจึงต้องหาขนาดวัตต์ของ R_4

$$P = I^2 R$$

$$P = (1.6)^2 \times 0.44$$

$$= 1.1 \text{ W}$$

ใช้ค่า R มาตรฐานใกล้เคียง คือ 0.5Ω 1 W

แรงดันเอาต์พุตของวงจรขึ้นอยู่กับค่าของ R_2 และ $R_5 + R_{v1}$ โดยอ้างอิงจากสมการ ดังนี้

$$V_{out} = \left[1 + \frac{(R_5 + R_{v1})}{R_2} \right] V_{ref} + I_{adj} (R_5 + R_{v1})$$

R_2 กำหนดเองตามความเหมาะสมใช้ค่า $1 \text{ K}\Omega$

V_{ref} คือ 1.25 V จาก Data Sheet ของ LM317 ในภาคผนวก

I_{adj} คือ 50 μA จาก Data Sheet ของ LM317 ในภาคผนวก

$$\text{จากสมการ จะได้ } R_5 + R_{v1} = \frac{V_{out} - V_{ref}}{(V_{ref}/R_2) + I_{adj}}$$

ต้องการ V_{out} สูงสุดที่ให้อ่านได้คือ 18 V จะได้ค่า $R_5 + R_{v1}$ คือ

$$\begin{aligned} R_5 + R_{v1} &= \frac{18 - 1.25}{(1.25/1K) + 50\mu A} \\ &= 12.9 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ค่า $R_5 + R_{v1}$ มาตรฐานคือ $25 \text{ K}\Omega$

เนื่องจากต้องการปรับ V_{out} ได้จึงเลือกค่า R_6 เป็นตัวต้านทานปรับค่า $7 \text{ K}\Omega$ และ R_5 เป็นตัวต้านทานคงที่ $6 \text{ K}\Omega$ ฉะนั้น R_5 จะเป็นตัวกำหนดค่า V_{out} ค่าสุด เมื่อ R_6 ถูกปรับจนมีค่า 0Ω

ค่า V_{out} ค่าสุดที่สามารถปรับได้คือ

$$R_5 + R_{v1} = \frac{V_{out} - V_{ref}}{(V_{ref} / R_2) + I_{adj}}$$

$$5\text{K}\Omega + 0 = \frac{V_{out} - 1.25}{(1.25 / 1\text{K}) + 50\mu\text{A}}$$

$$V_{out} = (5\text{K}\Omega \times 1.3\text{mA}) + 1.25$$

$$= 9.05 \text{ V}$$

กำหนดแรงดันขั้วชาร์จแบตเตอรี่ 27 V (กำหนดตามความเหมาะสมเมื่อแบตเตอรี่มีขนาด 24 V) ค่า R_{v1} ที่ปรับได้คือ

$$R_5 + R_{v1} = \frac{V_{out} - V_{ref}}{(V_{ref} / R_2) + I_{adj}}$$

$$15\text{K}\Omega + R_{v1} = \frac{27 - 1.25}{(1.25 / 1\text{K}) + 50\mu\text{A}}$$

$$R_{v1} = 3.8 \text{ K}\Omega$$

Q_3 และ R_7 มีหน้าที่ทำให้ V_{out} ตกลงอัตโนมัติ เมื่อ UPS อยู่ในช่วง Back up โดย V_{out} จะลดลงต่ำกว่าแรงดันแบตเตอรี่ เพื่อให้แรงดันและกระแสของแบตเตอรี่จ่ายให้แก่ภาคอินเวอร์เตอร์ เมื่อ Q_3 ได้รับสัญญาณสถานะเป็น 1 จากจุด A ทำให้ Q_3 นำกระแส R_7 จะขนานกับ $R_5 + R_{v1}$ ทำให้ค่าความต้านทานที่ขา adj เป็นผลให้แรงดัน V_{out} ลดลง ส่วน C_2 มีค่าได้ตั้งแต่ $0.1 - 10\mu\text{F}$ ต่อไว้เพื่อปรับค่ารีเปลในวงจรให้น้อยลง C_3 เป็นตัวเก็บประจุที่เอาท์พุทใช้ค่า $10 \mu\text{F} 35 \text{ V}$

ระหว่างวงจร Rectifier/Charger กับแบตเตอรี่จะมีไดโอด D_2 ต่อขวางไว้ดังรูปที่ 6.4 เพื่อป้องกันกระแสจากแบตเตอรี่ไหลกลับเข้าวงจรเมื่อปรับแรงดันวงจรต่ำกว่าแรงดันแบตเตอรี่จึงให้ไดโอด D_2 เบอร์ 1N5401 ทนกระแสได้ 3 A C_4 ค่า $100\mu\text{F} 35 \text{ V}$ ต่อขนานกับแบตเตอรี่ด้านแคโทดของไดโอดเพื่อรักษา

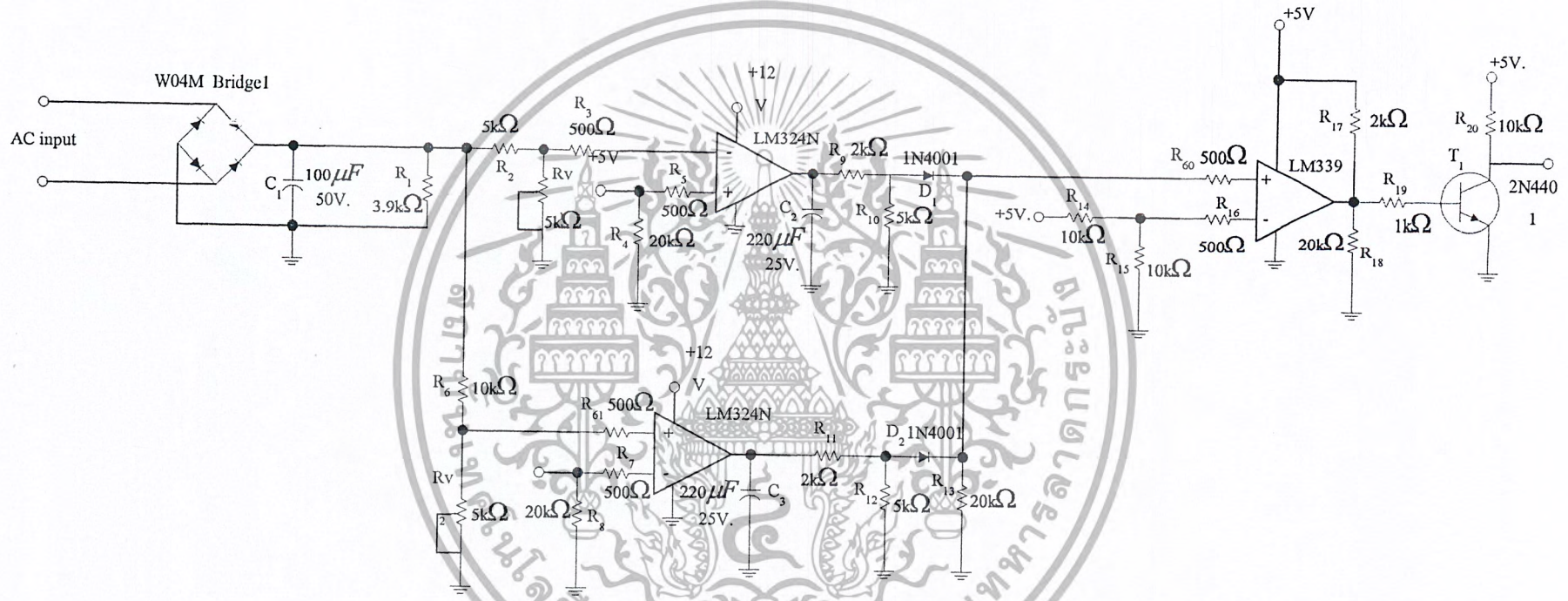
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับแรงดันไฟตรง แรงดันที่ได้นี้จะนำไปจ่ายให้กับวงจรอื่นด้วยการ Regulate ของ IC 7812 เป็นแรงดัน +12V และ Regulate ของ IC 7805 จะเป็นแรงดัน +5V เพื่อจ่ายให้กับวงจรควบคุมและไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่ง IC 7812 และ IC 7805 จะมีทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP 127 เพื่อช่วยในการไบอัส กระแสซึ่งจะทำให้ IC 7812 และ 7805 ไม่รับภาระดึงกระแสจากโหลดมากเกินไป

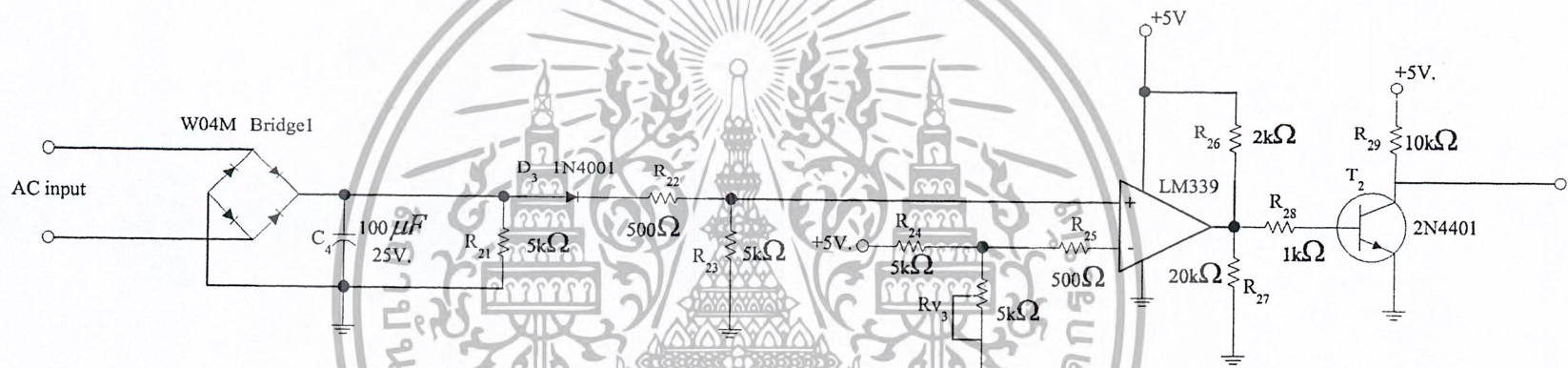
6.6 การออกแบบวงจรตรวจสอบสถานะการทำงาน

6.6.1 การตรวจสอบระดับแรงดันไฟตกไฟเกินของระบบ

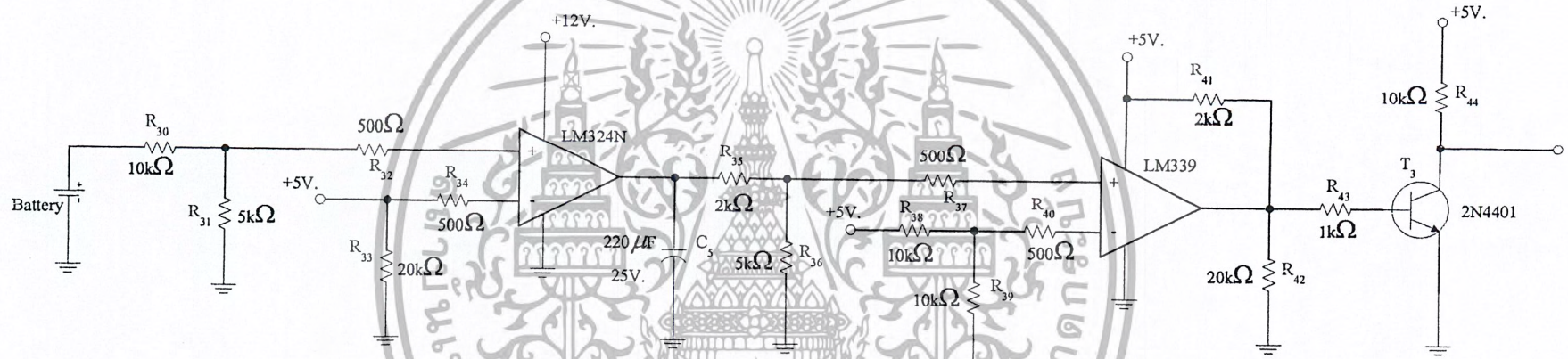
สำหรับการตรวจสอบของระดับแรงดันไฟตกและไฟเกินของระบบนั้น สามารถดูได้ดังรูปที่ 6.5 ซึ่งจะใช้หม้อแปลงเอาท์พุทที่มีแรงดันพิกัด 220/15 V หม้อแปลงเดียวกันกับวงจรอัดประจุ โดยจะใช้ IC 2 ตัว คือ LM 324N และ LM 339 ในการตรวจสอบระดับแรงดันซึ่งผลจากการตรวจสอบ จะถูกส่งเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่พอร์ต P0.0 เพื่อประมวลผลทำตามโปรแกรมในสถานะผิดปกติ ซึ่งจะสั่งให้สวิทช์สับเปลี่ยนสับมาที่อินเวอร์เตอร์ และถ้าแรงดันการไฟฟ้ามีค่าเป็นปกติที่แรงดัน 220 V ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้สวิทช์สับเปลี่ยนสับมาที่ระบบไลน์แทน เพื่อทำการจ่ายโหลดอย่างต่อเนื่องโดยแรงดันที่ปกติจะอยู่ในช่วง 198 – 242 V การทำงานของวงจรเมื่อจ่ายแรงดัน 220 V ผ่านหม้อแปลงลดแรงดันลงมาเหลือ 15 V และผ่านวงจรเรียงและกรองกระแสจะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ 20 V เมื่อทำการลดแรงดันโดยวงจรลดทอนแรงดัน จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับ แรงดันอ้างอิง ที่ IC LM 339 อีกที และส่งสถานะการทำงานเข้าไปประมวลผลการทำงานในไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 6.5 แสดงวงจรตรวจสอบแรงดันไฟตกและแรงดันไฟเกินของระบบ

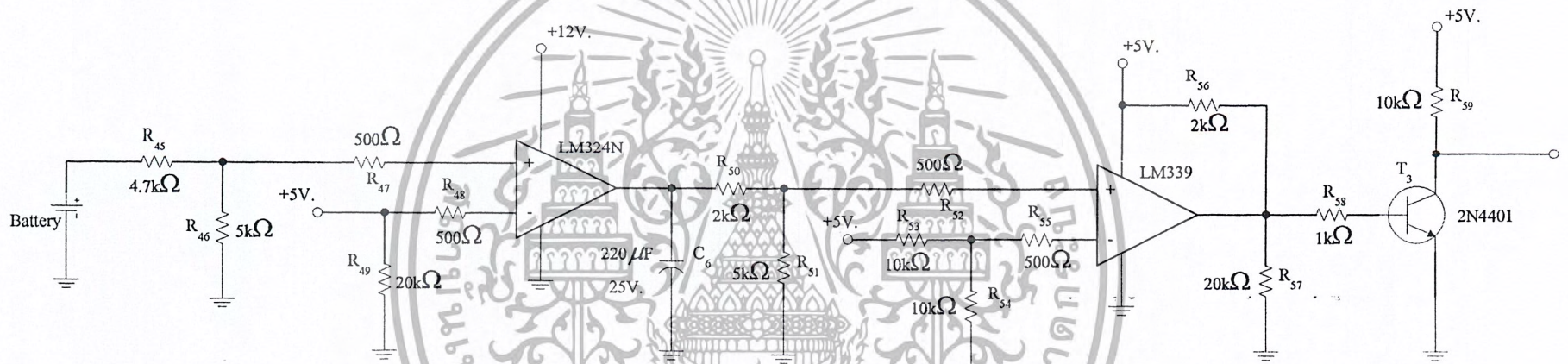


รูปที่ 6.6 แสดงวงจรตรวจสอบกระแสเกินพิกัด



รูปที่ 6.7 แสดงวงจรตรวจสอบแรงดันอัดประจุแบตเตอรี่





รูปที่ 6.8 แสดงวงจรตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่

6.6.2 การตรวจสอบกระแสไฟฟ้าเกินพิกัด

ในส่วนของ การตรวจสอบสถานะของกระแสการจะใช้หม้อแปลงกระแส (C.T.) จะมาผ่าน วงจรรีเลย์เฟลเตอร์และฟิลเตอร์ แรงดันไฟตรงที่ได้จะไปเข้าขา 4 ของ LM 339N ตัวที่ 2 โดยถ้าค่า สัญญาณมีค่ามากกว่าค่าแรงดันอ้างอิงที่กำหนดไว้ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ 2N4401 ทำงาน (on) ทำให้ขา P0.1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์มีค่าเป็น 0 โปรแกรมจะตัดการออกจากระบบทันที จะไม่ทำการหน่วง เวลาไว้ วงจรแสดงดังรูปที่ 6.6

6.6.3 การตรวจสอบแรงดันอัดประจุแบตเตอรี่

ขณะอยู่ในสถานะปกติ คือ ระบบไฟฟ้าไลน์ทำงาน จะมีการตรวจสอบแรงดันในการอัด ประจุแบตเตอรี่ไม่ให้เกินที่กำหนดไว้ที่ 14 V โดยมีการทำงาน คือ แรงดันจากแบตเตอรี่จะถูกเปรียบ เทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ IC LM 324N และเอาที่พูนนั้นจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ IC LM 339 อีกทีหนึ่ง ก่อนสัญญาณที่ได้เข้าทรานซิสเตอร์ 2N4401 เพื่อให้ผลของสถานะการทำงานเข้าสู่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ P0.2 เพื่อประมวลผลส่งสัญญาณควบคุมแรงดันในการอัดประจุ ที่วงจร อัดประจุแบตเตอรี่ ดังนั้นแรงดันในการอัดประจุแบตเตอรี่จะถูกควบคุมได้ที่ 14 V วงจรที่ใช้อยู่ใน รูปที่ 6.7

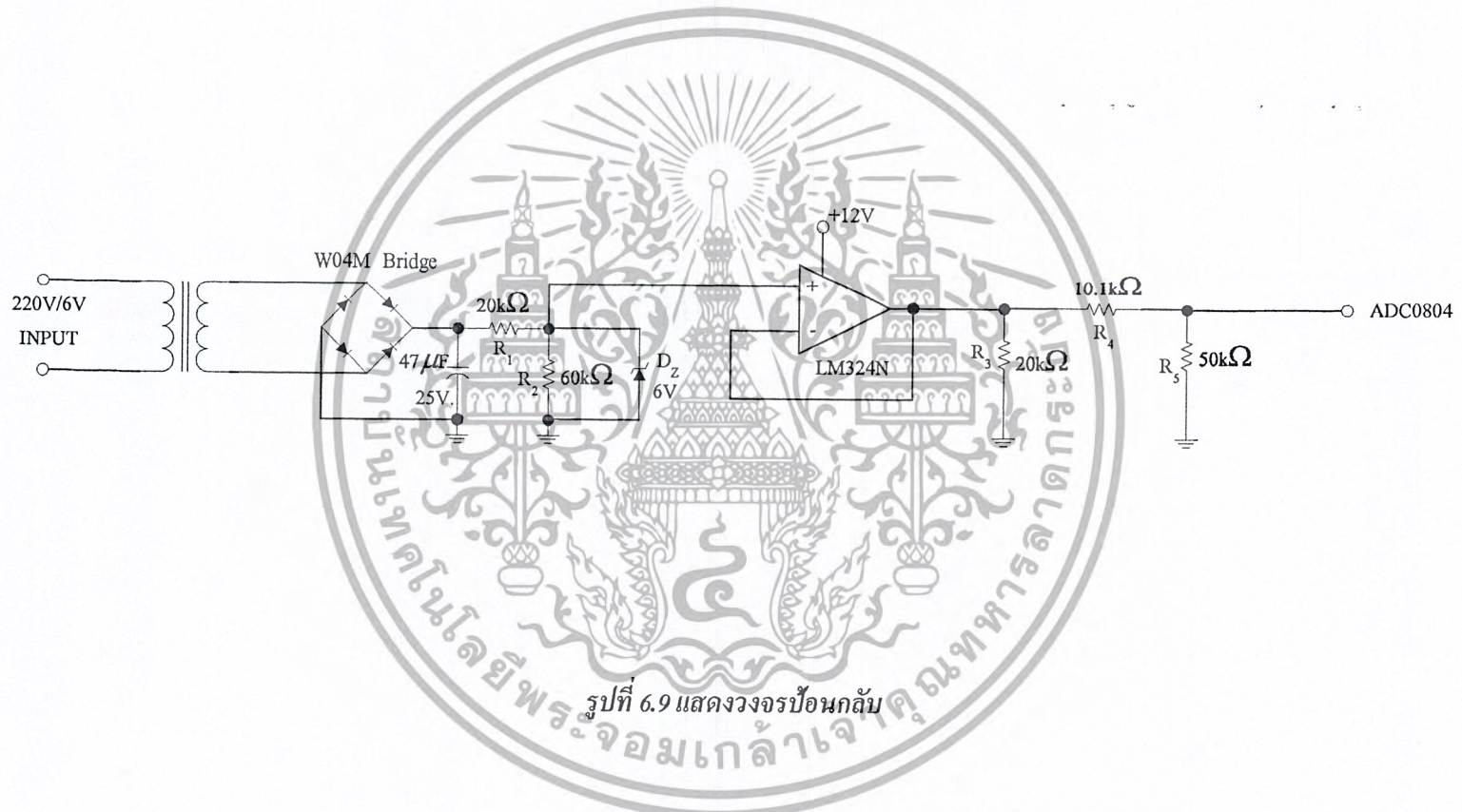
6.6.4 ตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ขณะทำการสำรองไฟฟ้า (Back Up)

ขณะที่ทำการสำรองไฟแรงดันของแบตเตอรี่จะค่อยๆลดลง เพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่เสียหาย จากแรงดันสุดท้ายของแบตเตอรี่ (End of cell) จึงต้องมีการคอยตรวจสอบระดับแรงดันของแบตเตอรี่ โดยวงจรที่ใช้ตรวจสอบจะมีดังรูป 6.8 ซึ่งการทำงานของวงจร คือ เมื่อขณะเริ่มทำการสำรองไฟฟ้า ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้วงจรตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ทำงาน โดยแรงดันแบตเตอรี่จะถูกลด ทอนลงมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ LM 324N และนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงอีกครั้งหนึ่ง LM 339 ก่อนนำผลของสัญญาณที่ได้ไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อีกทีที่ P0.3 ซึ่งถ้าแรงดัน แบตเตอรี่ต่ำกว่าแรงดันสุดท้ายของแบตเตอรี่ จะทำการตัดการะโหลดออกจากระบบการสำรองไฟทันที ในการทดลองของโครงการนี้แรงดันสุดท้ายของแบตเตอรี่ที่ใช้คือ 9.7 V วงจรแสดงได้ดังรูปที่ 6.8

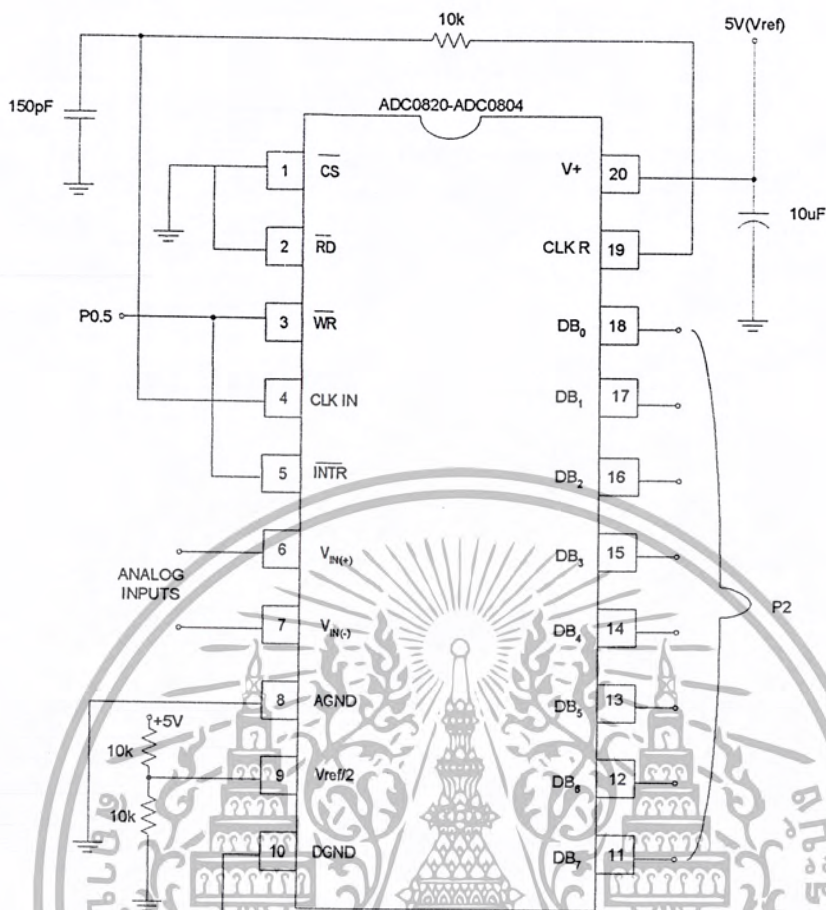
6.7 การออกแบบวงจรป้อนกลับ (Feed Back)

ในขณะที่ทำการสำรองไฟนั้นแรงดันที่โหลดนั้นจะต้องคงที่ ที่แรงดัน 220 V (rms) ดังนั้นจึงต้อง มีวงจรป้อนกลับ (Feed Back) เพื่อให้การตอบสนองตามโหลดที่ต้องการ ในโครงการนี้จะมีการป้อน กลับที่มีการทำงานดังนี้ เพื่อทำการสำรองไฟฟ้าจะมีหม้อแปลงลดแรงดันจาก 220 V ที่โหลดมาเป็น 6 V ก่อนแปลงมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อเข้าสู่ IC ADC 0804 ซึ่งเป็น IC สำหรับแปลงสัญญาณ อนาล็อกเป็นดิจิทัล โดยเมื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกที่ได้จากโหลด จะได้เป็นสัญญาณดิจิทัล จะเข้าสู่ พอร์ต 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการปรับลด หรือ ขยาย พัลส์ ให้ได้ค่าแรงดันที่โหลดต้องการ ซึ่งวงจรป้อนกลับสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 6.9 และวงจร ADC 0804 แสดงดังรูปที่ 6.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 แสดงวงจรป้องกันกลับ



รูปที่ 6.10 แสดงวงจรการทำงานของ ADC 0804

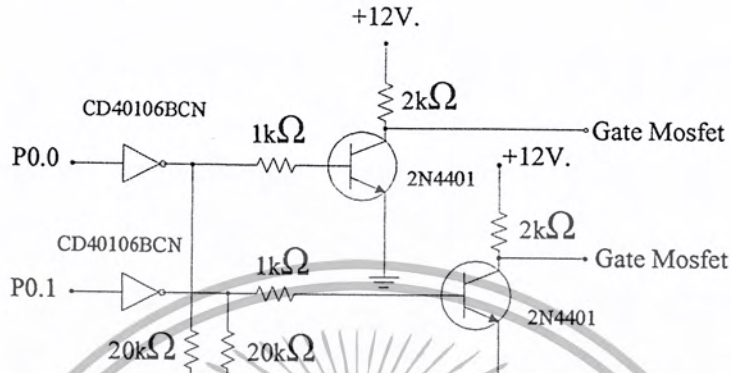
6.8 วงจรขับและแสดงผลการทำงาน

วงจรขับและแสดงผลการทำงาน สัญญาณที่ได้นั้นจะมาจากการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ ก่อนจะถูกผ่านเข้า IC NOT GATE เบอร์ CD40106 CN เพื่อขยายสัญญาณแบบอินเวอร์ต (Inverse) ไปขับวงจรต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.8.1 วงจรขับ Mosfet

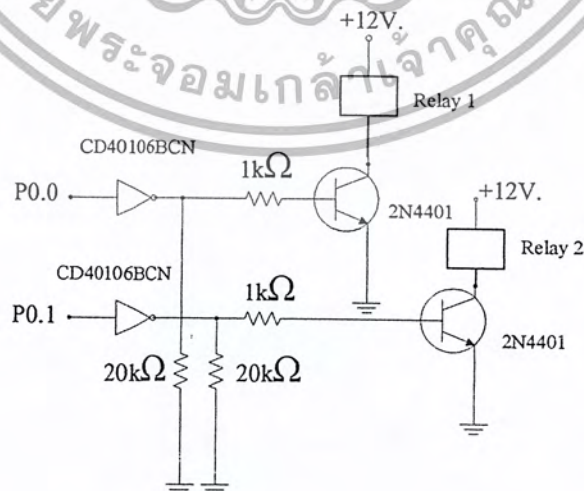
สัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ P1.0 และ P1.1 จะเป็นพัลส์ที่มีสัญญาณกลับกัน ก่อนเข้าสู่ NOT GATE เพื่อขยายสัญญาณเข้าสู่ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N4401 ก่อนเข้าขาเกตของ Power Mosfet เบอร์ IRFZ 44 ซึ่งวงจรเป็นดังรูปที่ 6.11



รูปที่ 6.11 แสดงวงจรขับ Power Mosfet

6.8.2 วงจรขับ Relay

สัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ P1.2 และ P1.3 จะเป็นสัญญาณที่ควบคุมการทำงานของรีเลย์ โดย P1.2 จะส่งสัญญาณเข้า NOT GATE และเข้าสู่ทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2N4401 เพื่อควบคุมการทำงานของ Relay ตัวที่ 1 และ P1.3 จะควบคุมการทำงานของรีเลย์ตัวที่ 2 ซึ่งวงจรที่ได้จะเป็นไปดังรูปที่ 6.12

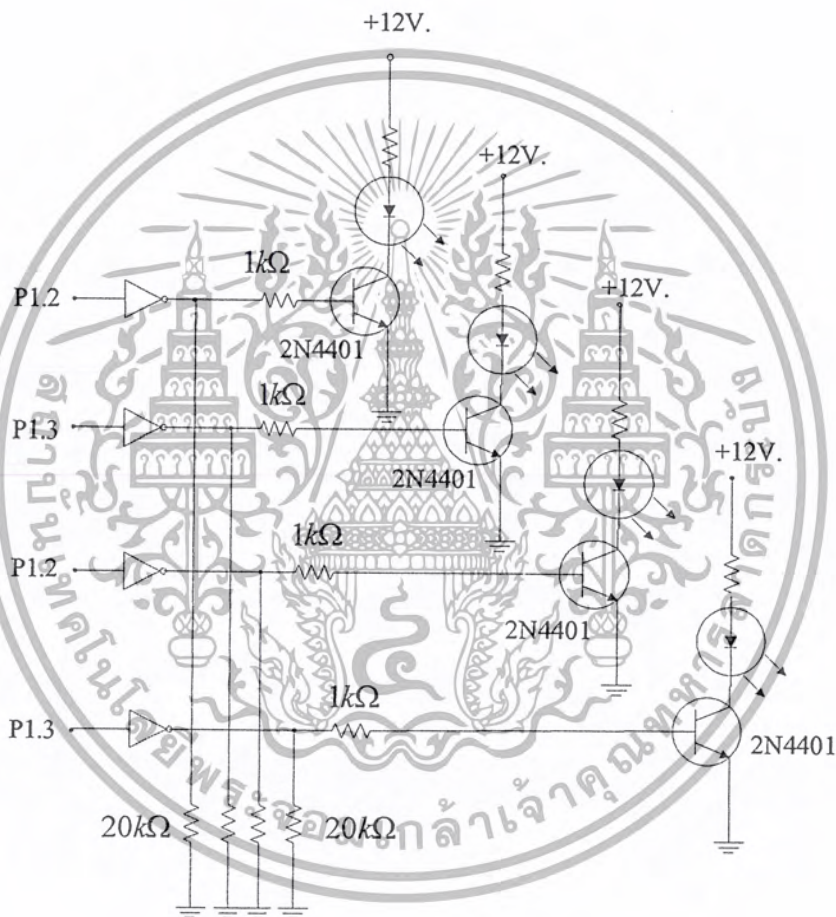


รูปที่ 6.12 แสดงวงจรขับ Relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.8.3 วงจรส่วนของการแสดงผลการทำงาน

สัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ P1.4 – P1.7 จะเข้าสู่ NOT GATE ก่อนที่จะส่งสัญญาณไปควบคุมหลอด LED เพื่อแสดงผลการทำงานต่างๆ ของสถานะการทำงาน โดยที่ P1.4 จะควบคุมการแสดงผลการทำงานของระบบไฟไลน์ (Line) ส่วน P1.5 จะควบคุมการแสดงผลการทำงานของระบบสำรองไฟฟ้า (Back up) P1.6 จะควบคุมการแสดงผลการทำงานของสถานะโหลดว่าเกินหรือไม่ (Over load) P1.7 จะควบคุมการแสดงผลการทำงานของการอัดประจุแบตเตอรี่ (Charger) โดยวงจรจะแสดงได้ดังรูปที่ 6.13



รูปที่ 6.13 แสดงวงจรการแสดงผลการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.9 การออกแบบสวิตช์สับเปลี่ยน

ในการออกแบบสวิตช์สับเปลี่ยนนั้น ในโครงการนี้ใช้รีเลย์จำนวน 2 ตัวโดยจะทำงานร่วมกัน ซึ่งการทำงานที่ง่ายและรวดเร็ว และง่ายต่อการออกแบบจึงเลือกใช้รีเลย์เป็นสวิตช์สับเปลี่ยน (Mechanical Transfer Switch) แทนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Solid Stage) ซึ่งค่อนข้างที่จะแพงและในบางครั้งจะยากต่อการออกแบบ ซึ่งนี่เป็นเหตุผลหนึ่งในการเลือกใช้รีเลย์

ซึ่งในการออกแบบรีเลย์ จะมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

- พิจารณากระแสที่ใช้งานที่กระแสสลับหรือกระแสตรง
- พิจารณาค่ากระแสเอาท์พุทของภาระว่ามีพิกัดเท่าไร ซึ่งอาจจะเผื่อไว้ประมาณ 25 % ของกระแสพิกัดในการออกแบบ

- พิจารณาแรงดันที่ใช้งานที่แรงดันเท่าไร ซึ่งโดยปกติแล้วอุปกรณ์จะเผื่อไว้อยู่แล้วสำหรับการทนได้ของหน้าสัมผัส

- พิจารณาขดลวดรีเลย์ว่าต้องการกระแสเท่าไร ซึ่งต้องจ่ายกระแสไปอัสให้เหมาะสม

ซึ่งรายละเอียดการคำนวณสวิตช์สับเปลี่ยนมีดังนี้

1. กระแสขั้วรีเลย์มีค่า

$$I = \frac{V}{R_{\text{Relay}}}$$

$$I = \frac{12}{450} \\ = 25 \text{ mA}$$

2. ภาระมีพิกัดที่ 500 VA ดังนั้นกระแสเอาท์พุทเป็น

$$I_{\text{load}} = \frac{500}{200} \\ = 2.5 \text{ A}$$

ดังนั้นจะมีพิกัดออกแบบคือ ทนกระแสได้ $2.5 \times 1.25 = 3.1 \text{ A}$ ที่ 250 Vac

เลือกใช้รีเลย์ 5 A. 250 Vac.

บทที่ 7

ผลการทดลอง

จุดประสงค์ในการทดลอง

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

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

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



สำหรับผลการทดลองใน โครงการงานแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS) นี้ จะแบ่งผลออกเป็น 2 ส่วน คือ

7.1 ผลการทดลองในส่วนของการอัดประจุแบตเตอรี่

- การเปรียบเทียบแรงดันและกระแสขณะทำการอัดประจุกับระยะเวลาในการอัดประจุ ซึ่งผลการทดลอง แรงดันที่แบตเตอรี่ และกระแสชาร์จเทียบกับเวลาจะมีค่าตามตาราง

ตารางผลการทดลองครั้งที่ 1

ระยะเวลา (นาที)	แรงดัน (V)	กระแส (A)
0	12.70	0.37
30	12.85	0.34
60	13.00	0.32
90	13.13	0.31
120	13.31	0.27
150	13.40	0.25
180	13.52	0.23
210	13.59	0.18
240	13.63	0.17
270	13.70	0.17
300	13.75	0.16
330	13.79	0.15
360	13.82	0.15
390	13.87	0.15
420	13.91	0.14
450	13.94	0.14
480	13.96	0.13
510	13.97	0.12
540	13.99	0.12

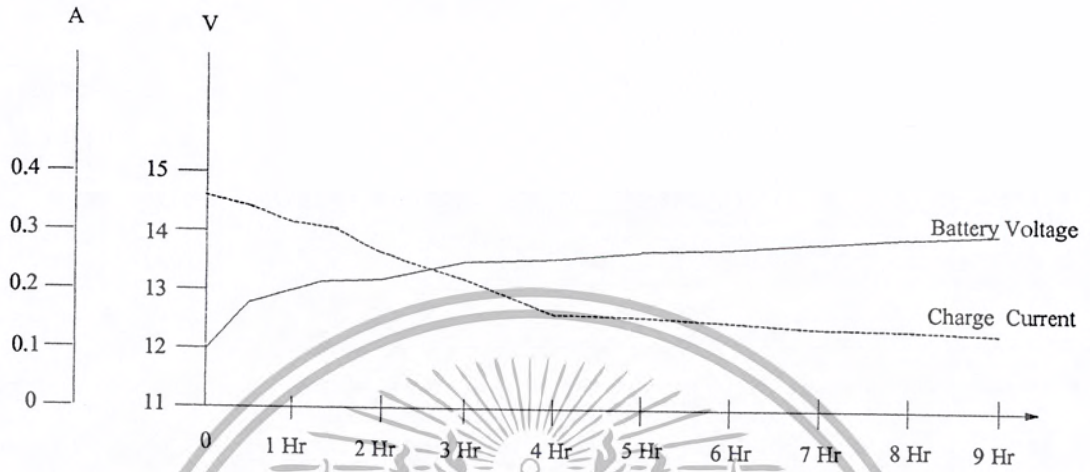
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผลการทดลองครั้งที่ 2

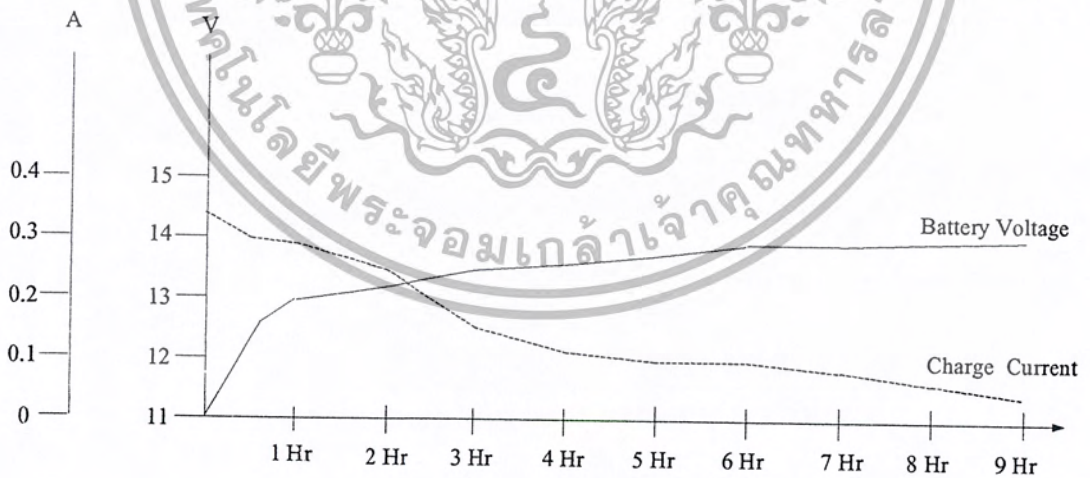
ระยะเวลา (นาทีก)	แรงดัน (V)	กระแส (A)
0	12.75	0.34
30	12.87	0.30
60	12.96	0.29
90	13.09	0.28
120	13.28	0.25
150	13.38	0.21
180	13.64	0.16
210	13.74	0.13
240	13.81	0.12
270	13.85	0.11
300	13.87	0.10
330	13.91	0.10
360	13.93	0.10
390	13.96	0.09
420	13.98	0.07
450	13.99	0.07
480	14.00	0.07
510	14.00	0.06
540	14.00	0.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1



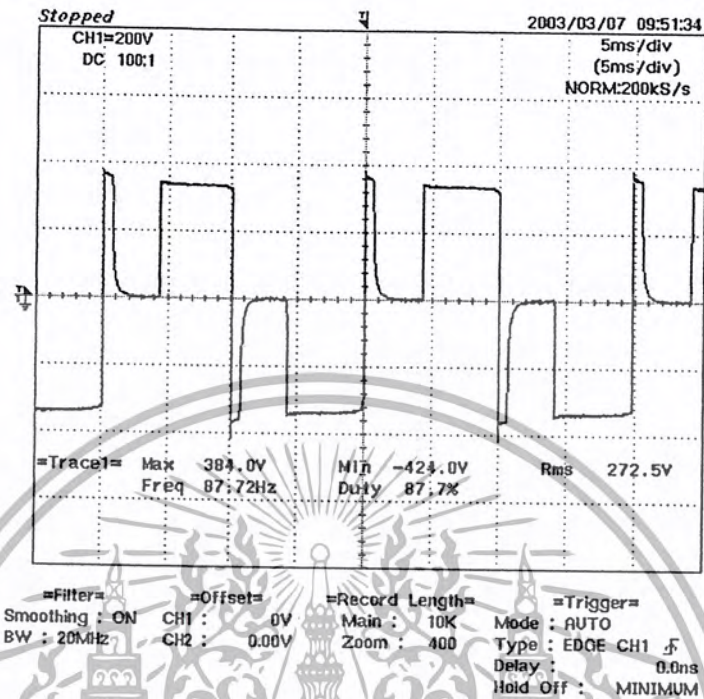
กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2



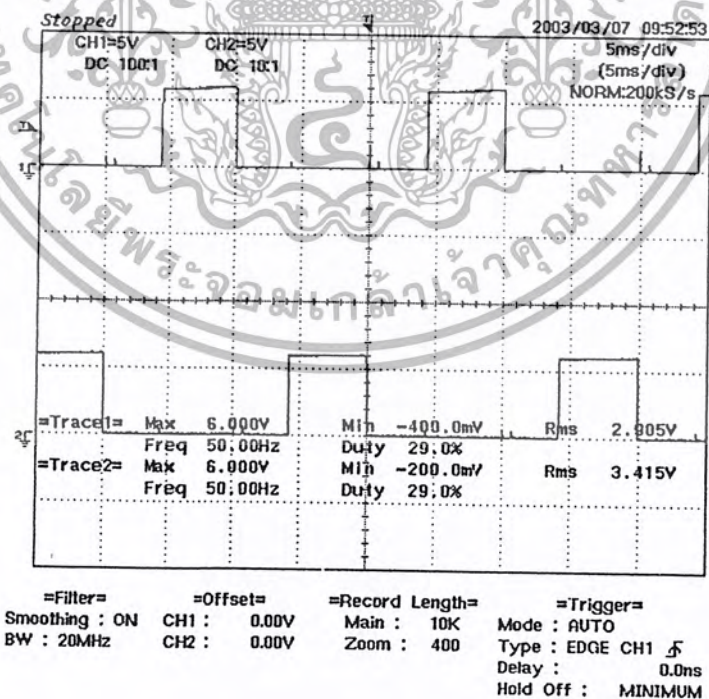
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 ผลการทดลองในส่วนของการสำรองไฟฟ้า (Back up)

- แสดงรูปคลื่นสัญญาณการขั้ววงจรอินเวอร์เตอร์ในสภาวะผิดปกติ

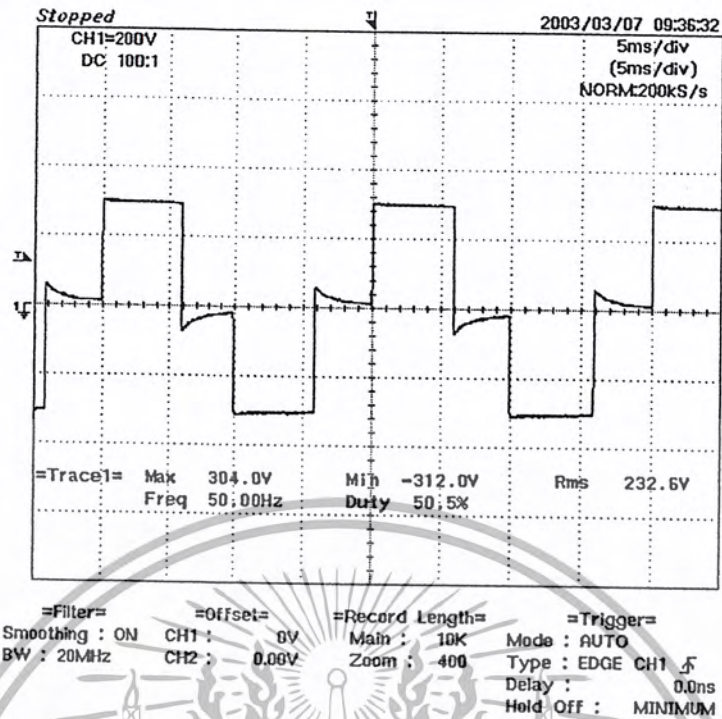


รูปที่ 7.1 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะไม่มีภาระ

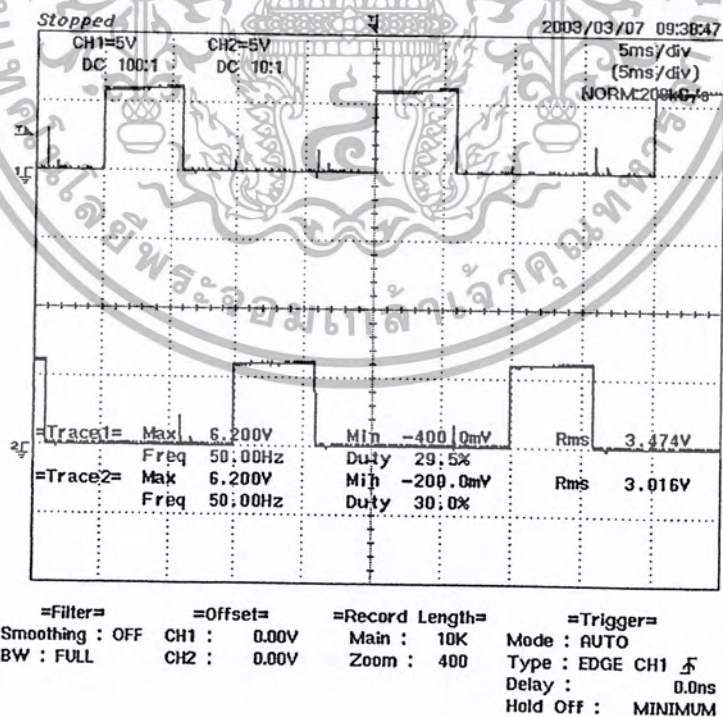


รูปที่ 7.2 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขั้วเพาเวอร์มอสเฟตขณะไม่มีภาระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

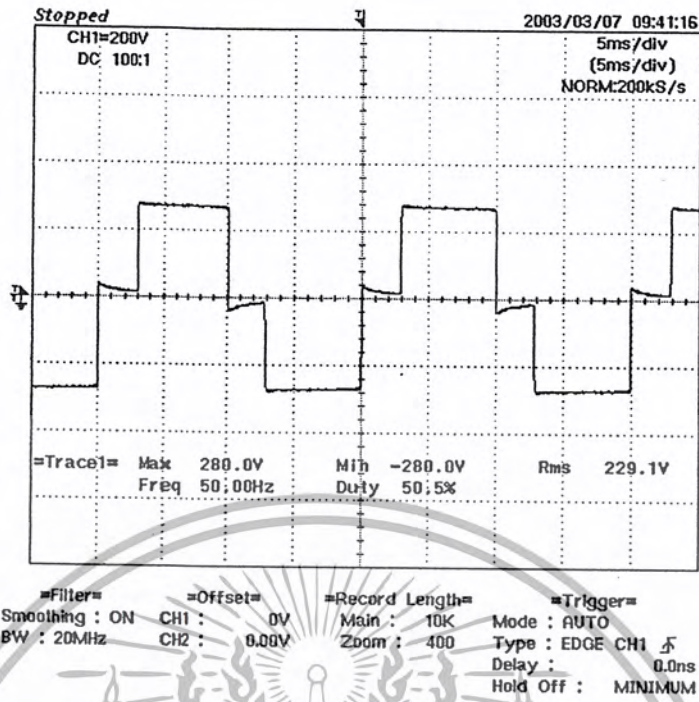


รูปที่ 7.3 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระ 100 VA Pp.1.0

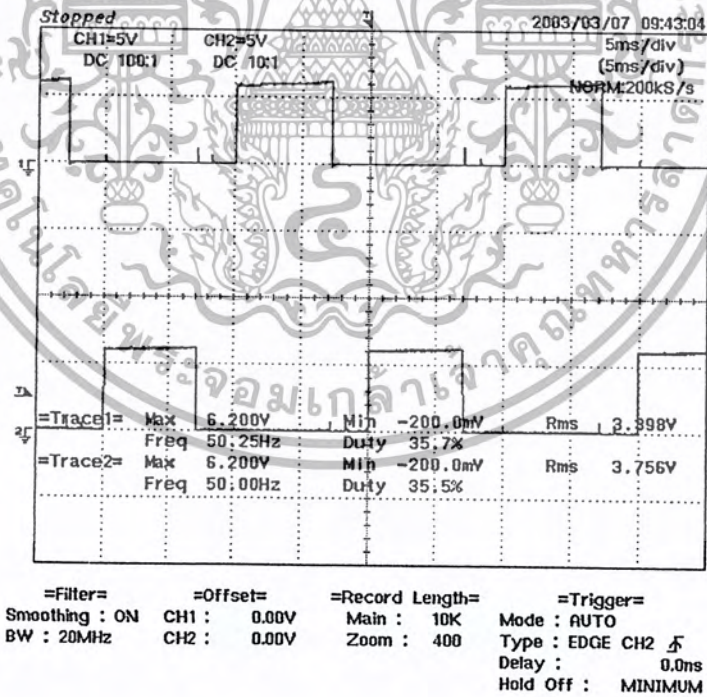


รูปที่ 7.4 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขับเพาเวอร์มอสเฟตขณะจ่ายภาระ 100VA Pp.1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

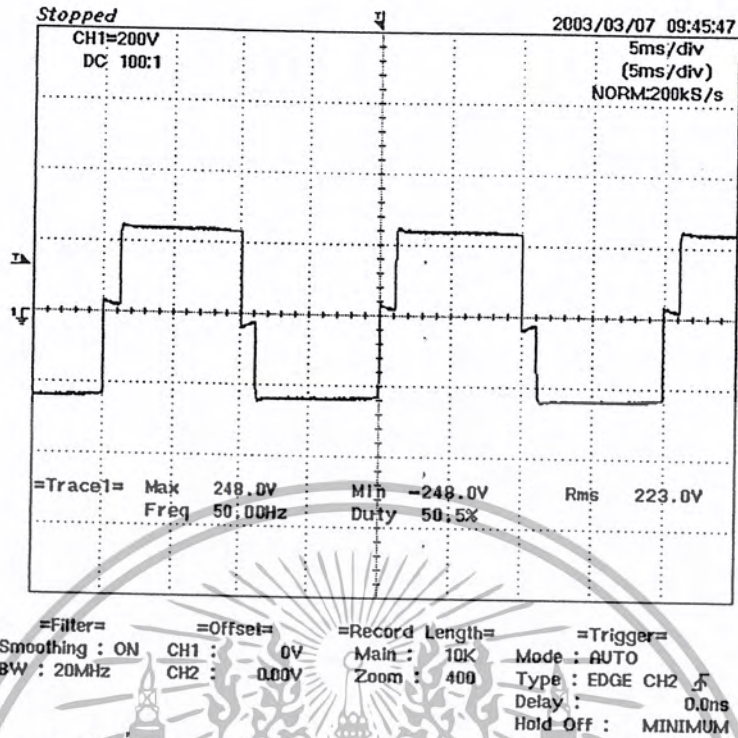


รูปที่ 7.5 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระ 200 VA Pf.1.0

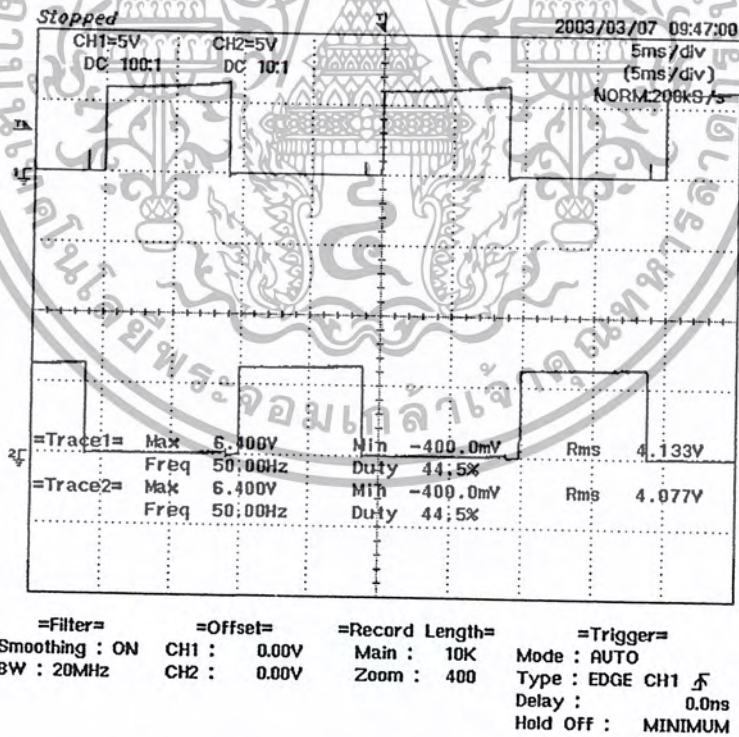


รูปที่ 7.6 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขับเคลื่อนมอเตอร์ขณะจ่ายภาระ 200VA Pf.1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

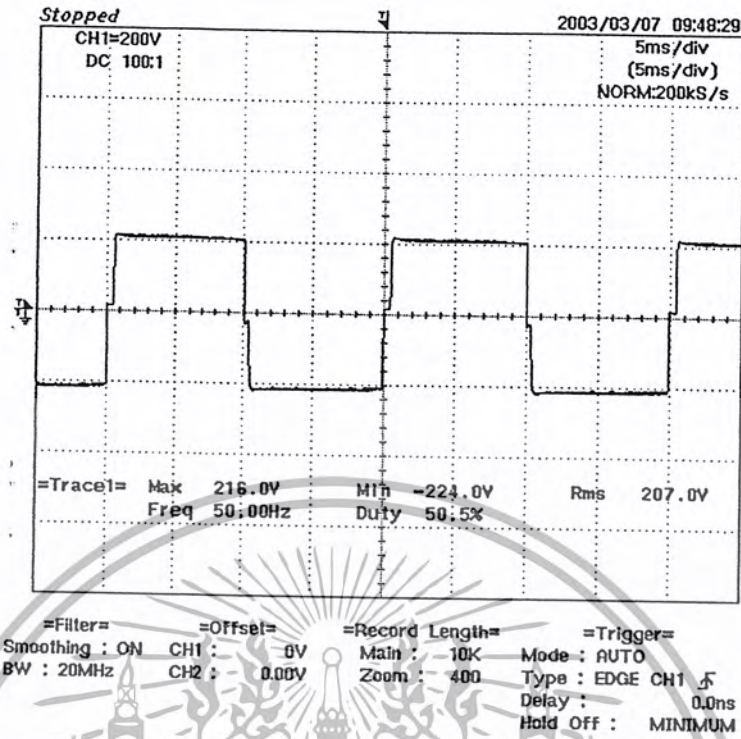


รูปที่ 7.7 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระ 300 VA P_f.1.0

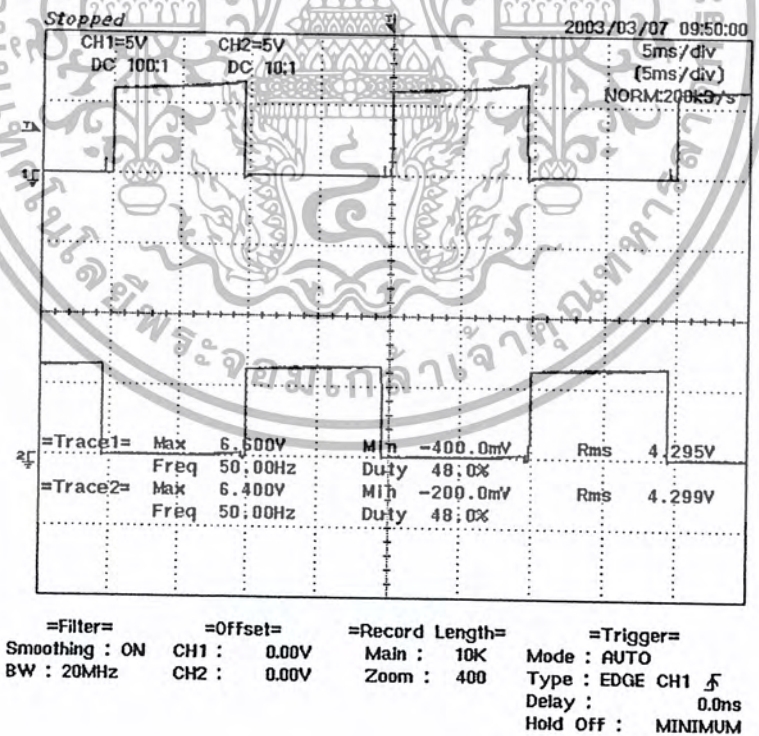


รูปที่ 7.8 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขั้วเพาเวอร์มอสเฟตขณะจ่ายภาระ 300VA P_f.1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

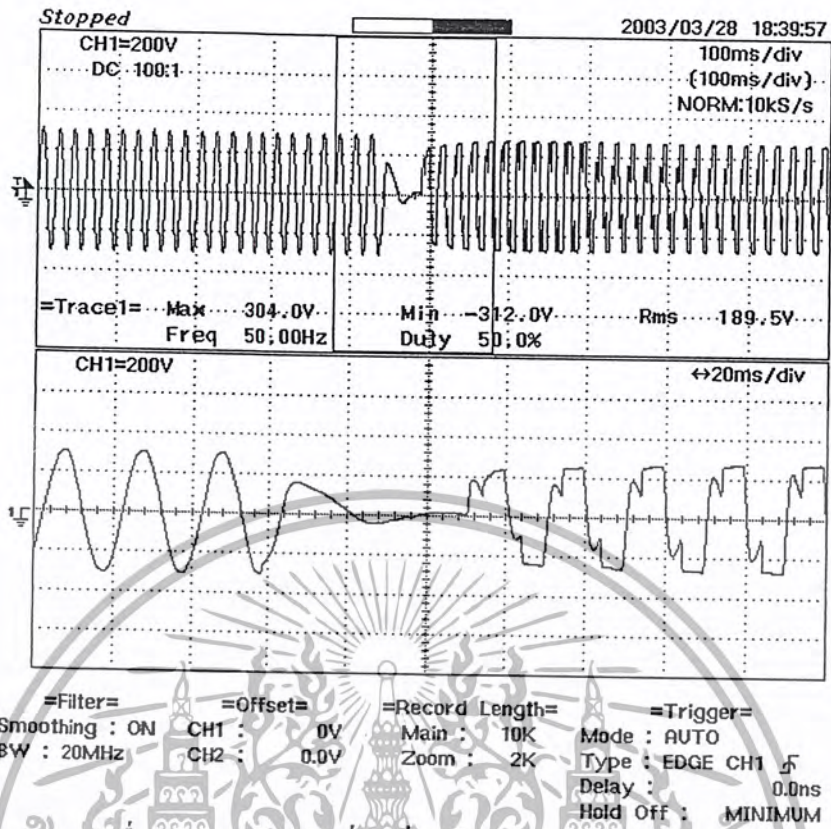


รูปที่ 7.9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์รับภาระจ่ายภาระ 400 VA Pf.1.0

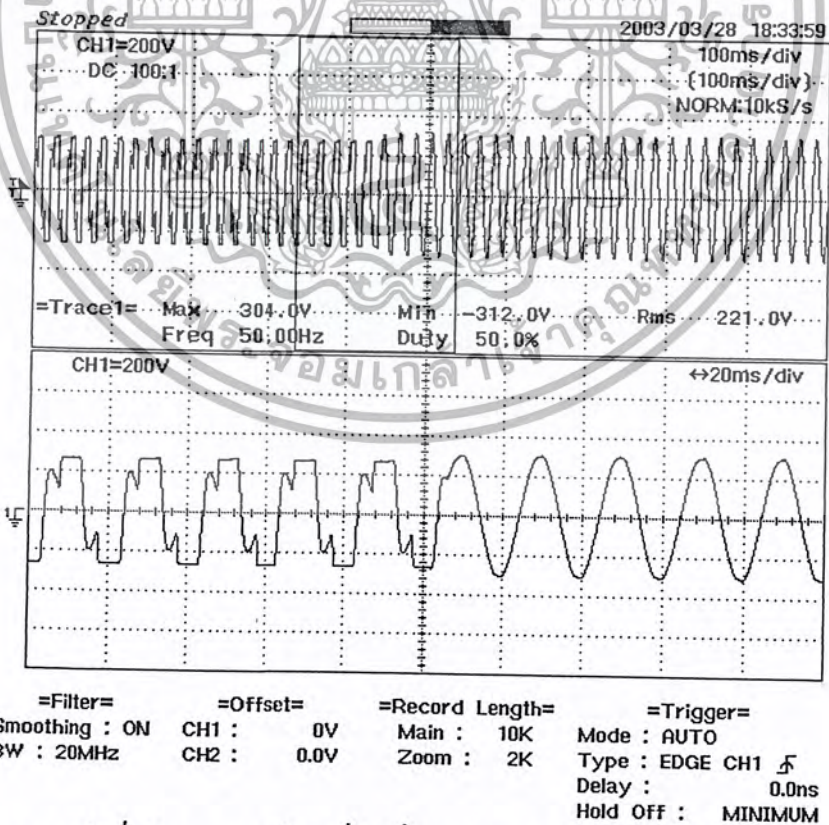


รูปที่ 7.10 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขับเพาเวอร์มอสเฟตขณะจ่ายภาระ 400VA Pf.1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

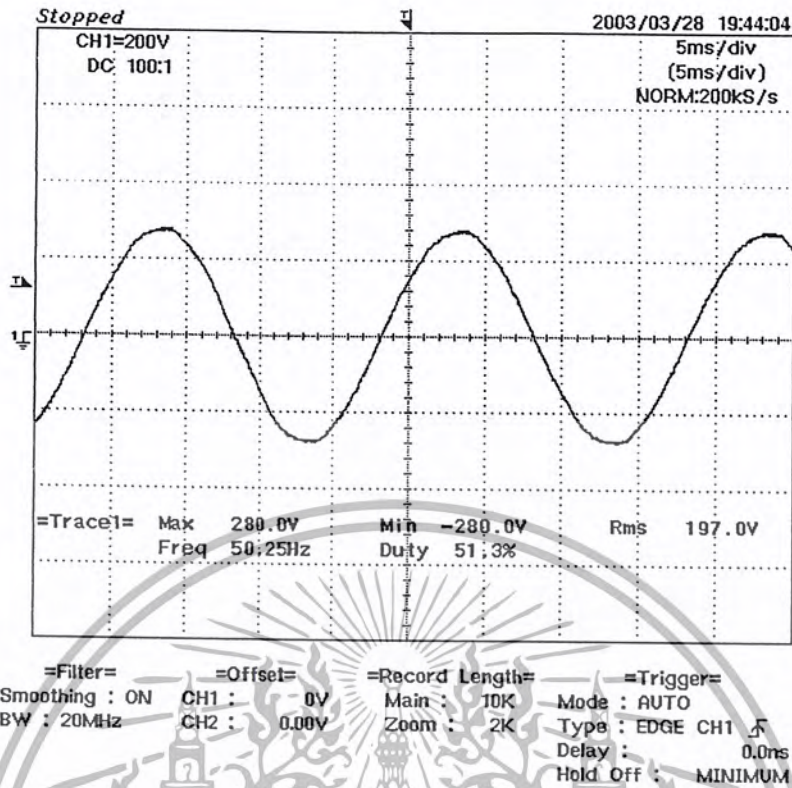


รูปที่ 7.13 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเมื่อเปลี่ยนสถานะจากระบบไฟฟ้ามาเป็นอินเวอร์เตอร์

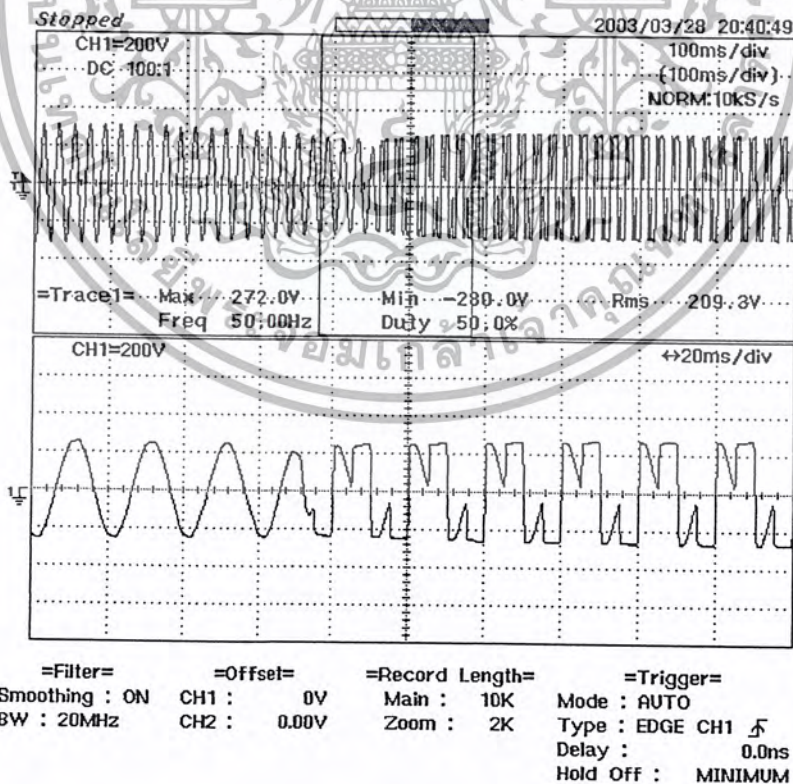


รูปที่ 7.14 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเมื่อเปลี่ยนสถานะจากอินเวอร์เตอร์มาเป็นระบบไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

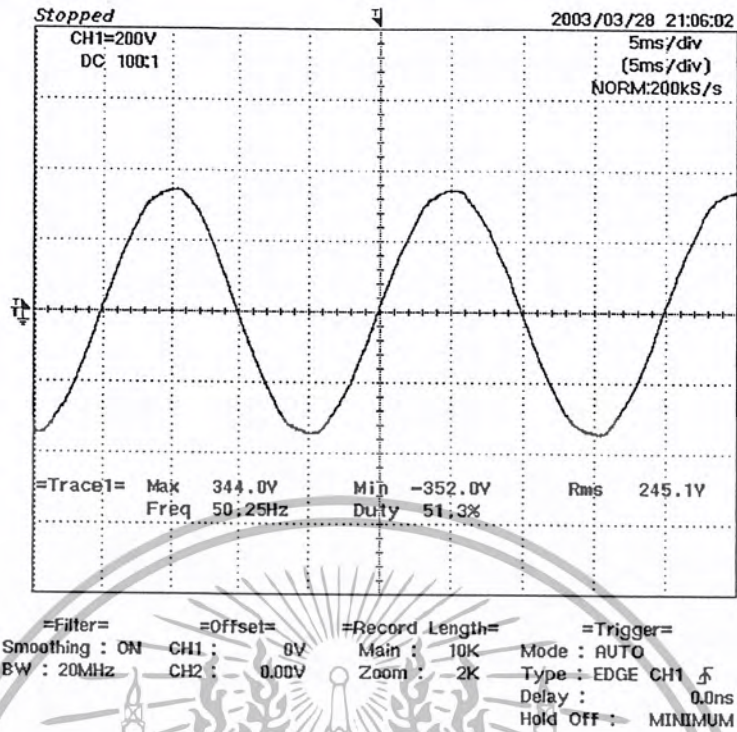


รูปที่ 7.15 แสดงสภาวะแรงดันไฟฟ้าตกจากระบบไฟฟ้า

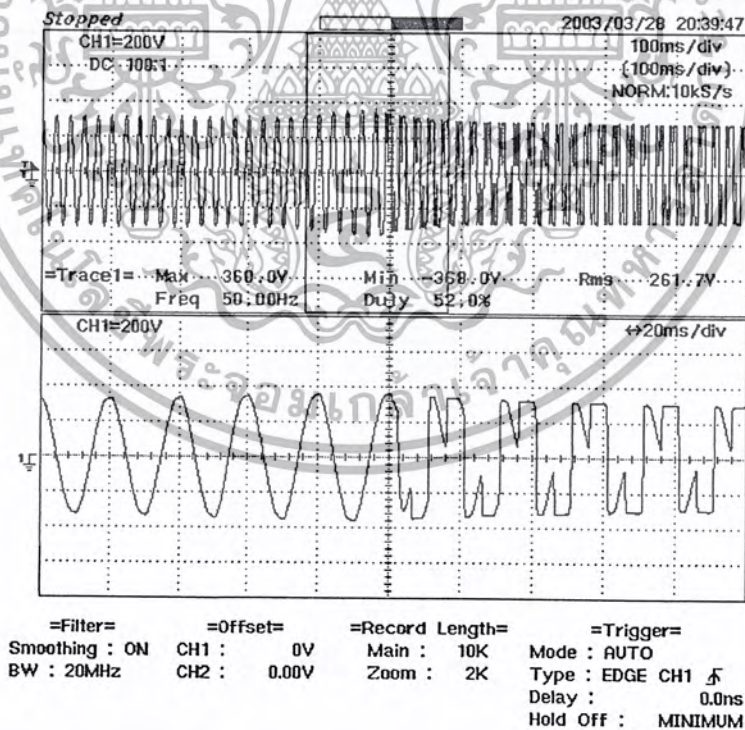


รูปที่ 7.16 แสดงการเปลี่ยนสภาวะจากระบบไฟฟ้ามาเป็นอินเวอร์เตอร์เมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.17 แสดงสถานะแรงดันไฟฟ้าเกินจากระบบไฟฟ้า



รูปที่ 7.18 แสดงการเปลี่ยนสถานะจากระบบไฟฟ้ามาเป็นอินเวอร์เตอร์เมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แสดงตารางผลการทดลองของภาระที่ค่าต่างๆ

ตารางแสดงผลการทดลองที่ค่าต่างๆ

ตารางแสดงผลการทดลองที่ภาระค่าต่างๆ		
ภาระ (VA)	แรงดันเอาต์พุต (V)	กระแสภาระ (A)
สภาวะปกติรับกำลังไฟฟ้าจากระบบการไฟฟ้า		
ไม่มีภาระ	225	0
100	223	0.45
200	220	0.95
300	220	1.40
400	220	1.90
ภาระคอมพิวเตอร์	220	0.50
สภาวะผิดปกติรับกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์		
ไม่มีภาระ	270	0
100	232	0.47
200	229	0.90
300	223	1.40
400	207	1.91
ภาระคอมพิวเตอร์	228	0.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดลองที่ค่าต่างๆ (ต่อ)

ตารางแสดงผลการทดลองที่ภาระค่าต่างๆ		
ภาระ (VA)	กำลังอินพุต(VA)	กำลังเอาต์พุต (VA)
สภาวะปกติรับกำลังไฟฟ้าจากระบบการไฟฟ้า		
ไม่มีภาระ	0	0
100	100.35	96.75
200	213.75	209.00
300	315.00	308.00
400	427.50	418.00
ภาระคอมพิวเตอร์	112.50	110.00
สภาวะผิดปกติรับกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์		
ไม่มีภาระ	0	0
100	0	108.97
200	0	206.1
300	0	284.2
400	0	394.2
ภาระคอมพิวเตอร์	0	145.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลการทดลองที่ค่าต่างๆ (ต่อ)

ตารางแสดงผลการทดลองที่ภาระค่าต่างๆ		
ภาระ (VA)	ความถี่อินพุท (Hz)	ความถี่เอาต์พุท (Hz)
สภาวะปกติรับกำลังไฟฟ้าจากระบบการไฟฟ้า		
ไม่มีภาระ	50	50
100	50	50
200	50	50
300	50	50
400	50	50
ภาระคอมพิวเตอร์	50	50
สภาวะผิดปกติรับกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์		
ไม่มีภาระ	0	50
100	0	50
200	0	50.05
300	0	50.05
400	0	50
ภาระคอมพิวเตอร์	0	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

วิเคราะห์และสรุปผลของโครงการ

จากการทดลองทุกส่วนของ โครงการสรุปได้ว่า แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่องสามารถจ่ายไฟได้ ประมาณ 10 นาที ที่ภาระคอมพิวเตอร์ โดยการควบคุมส่วนต่างๆทั้งหมดมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีการทำงานที่แน่นอน และรวดเร็วกว่าแบบอนาล็อก จึงเป็นจุดเด่นของโครงการนี้ การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นยังทำให้ช่วยในการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ได้ง่ายเนื่องจากการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่ง ไม่ซับซ้อนยุ่งยากเหมือนการควบคุมแบบอนาล็อก ส่วนสวิทช์สับเปลี่ยนของโครงการนี้จะใช้เบบริเลย์เป็นตัวสับเปลี่ยน เนื่องจากไม่ค่อยมีปัญหาเหมือนกับสวิทช์สับเปลี่ยนอิเล็กทรอนิกส์ จึงสรุปได้ว่าการทดลองในโครงการนี้ได้ผลเป็นที่น่าพอใจคือสามารถจ่ายให้กับภาระโหลดได้ 400 VA ที่ PF 1.0 โดยระดับแรงดันที่ภาระโหลดค่อนข้างคงที่ ณ ภาระโหลดใดๆ อีกทั้งความถี่ที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่องกำเนิดขึ้นจะได้ 50 Hz ซึ่งมีความผิดพลาดน้อยมากเนื่องจากการสร้างพัลส์ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์รวมถึงการตรวจสอบ การทำงานในสถานะต่างๆ สามารถทำได้ อย่างแม่นยำถูกต้องตามสถานะที่เกิดขึ้น ส่วนปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงการนี้ส่วนใหญ่เกิดจากการออกแบบ โปรแกรมของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้การทำงานผิดพลาดและเกิดปัญหานั้น แต่อย่างไรก็ตาม ก็ได้ทำการศึกษาข้อผิดพลาดและแก้ไขปัญหานั้นจนสามารถเข้าใจและดำเนินไปได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. ในส่วนของฮาร์ดแวร์

- แสดงรูปวงจรกำลัง ประกอบด้วย หม้อแปลง
- แสดงรูปวงจรตรวจสอบ เปรียบเทียบและรักษาระดับแรงดัน
- แสดงรูปวงจรอินเวอร์เตอร์และรีเลย์
- แสดงรูปวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
- แสดงรูปวงจรป้อนกลับ

2. ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

- แสดงโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

3. ในส่วนของรายละเอียดของอุปกรณ์

- 2N4401
- ADC 0804
- LM324N
- LM339
- TIP127
- LM317T
- IRF Z44



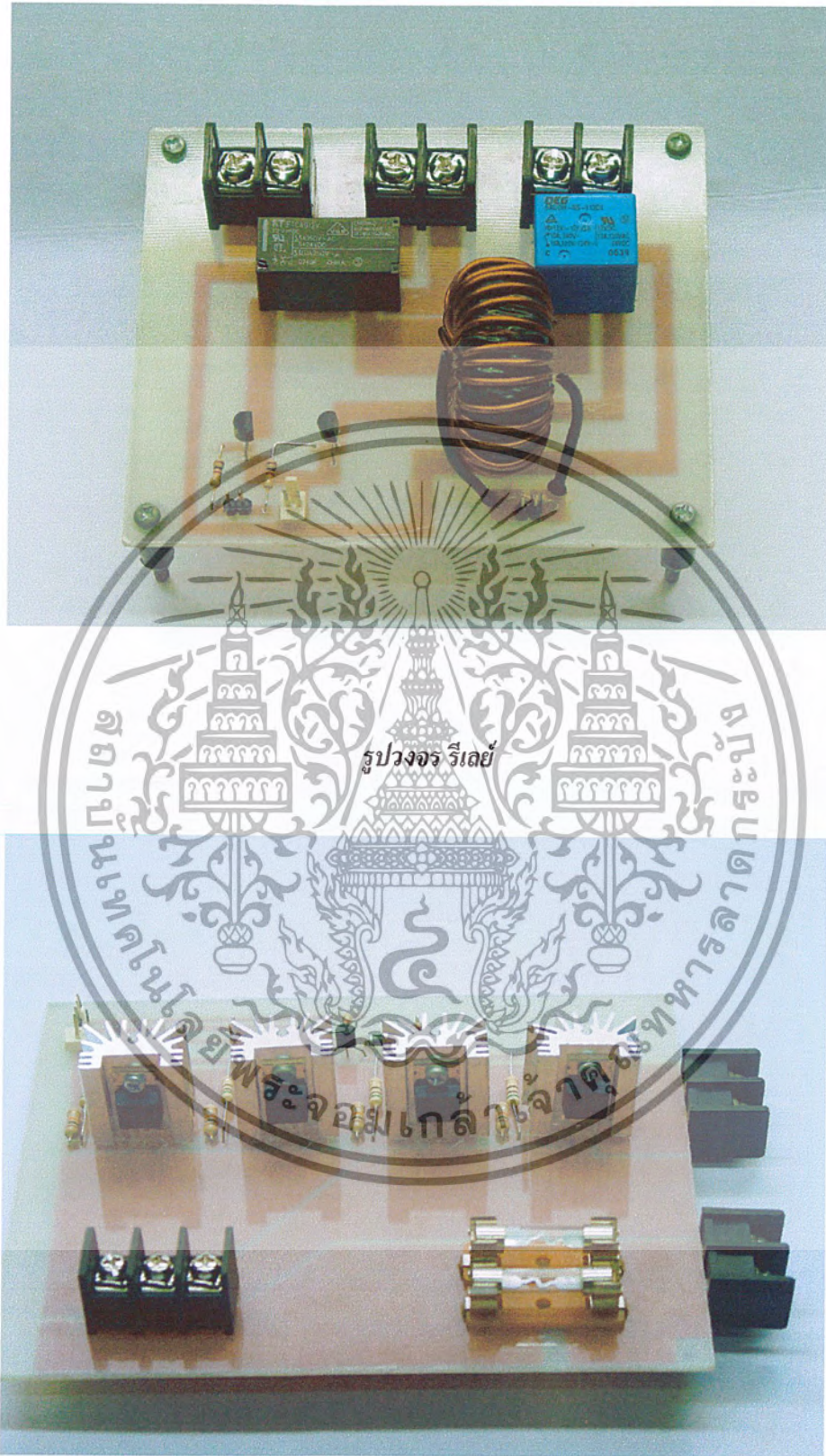
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนประกอบต่างๆของฮาร์ดแวร์



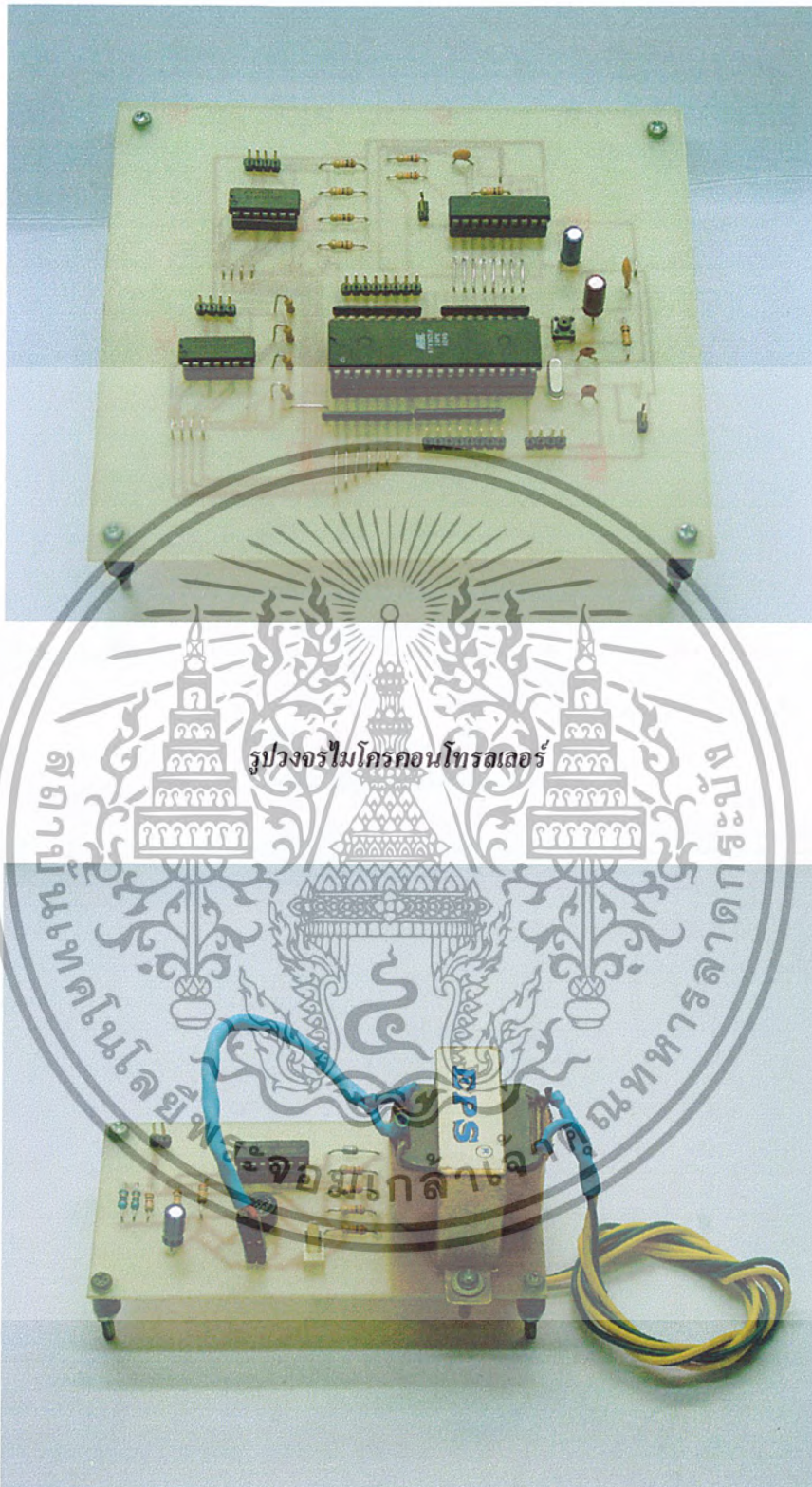
รูปวงจรตรวจสอบ เปรียบเทียบและรักษาระดับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



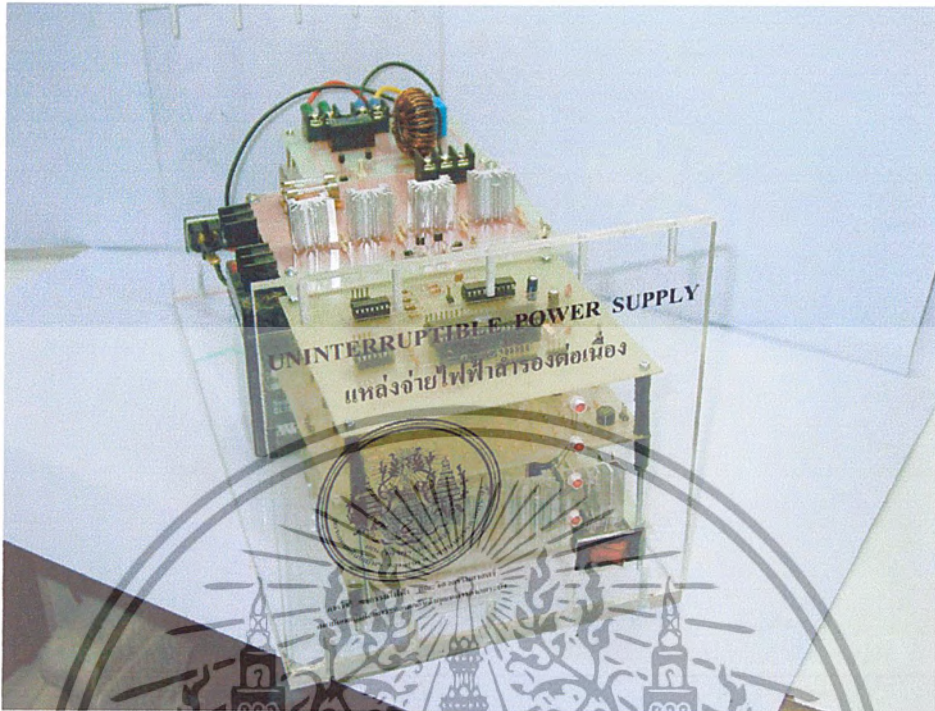
รูปวงจรถ่ายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปวงจรป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุมแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่อง

```

;*****input*****
SENSE_VOLT          BIT    P0.0
SENSE_AMP           BIT    P0.1
SENSE_BATTERY_CHARGER BIT    P0.2
SENSE_BATTERY       BIT    P0.3
;*****

```

```

;*****address*****
COUNT    EQU    20H
WH         EQU    22H
WL         EQU    23H
ADC        EQU    10H
ASUBB     EQU    12H

KITCAT     EQU    13H
SPALL      EQU    15H
SPALL_1    EQU    17H
;*****

```

```

ORG        0000H
CLR        P1.0
CLR        P1.1
SETB       P1.2
SETB       P1.3
AJMP       MAIN

ORG        000BH
LJMP       INT_T0

MAIN:
CLR        EA
JNB        SENSE_VOLT,INVERTER
CLR        P1.0
CLR        P1.1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SETB      P1.2
SETB      P1.3
CLR       P1.4
SETB      P1.5
CLR       P0.5
LCALL    DELAY50uS

JNB       SENSE_AMP,SUB_FAULT_AMP
SETB      P1.6
JNB       SENSE_BATTERY_CHARGER,SUB_BATT_FULL
CLR       P1.7
JNB       SENSE_BATTERY,SUB_BATTERY
SETB      P0.7
AJMP     MAIN

SUB_BATT_FULL:  LJMP     BATT_FULL
SUB_FAULT_AMP:  LJMP     FAULT_AMP
SUB_BATTERY:    LJMP     BATTERY_INVERTER

INVERTER:      CLR      P1.2
                SETB    P1.4
                CLR     P1.5
                JNB     SENSE_AMP,SUB_FAULT_AMP
                SETB    P1.3
                SETB    P1.6
                SETB    P1.7
                AJMP    MAIN_1

```

*****initail agreement*****

```

MAIN_1:      MOV      SP,#256-32
                MOV     COUNT,#00H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      R0,#00H
MOV      R1,#00H
MOV      R2,#0H
MOV      R3,#00H
MOV      R4,#00H
MOV      WH,#073D
MOV      WL,#181D

MOV      ADC,#255D
MOV      ASUBB,#00H

```

```

CLR      P1.0
CLR      P1.1
MOV      TH0,#184D
MOV      TL0,#184D
MOV      TMOD,#02H
MOV      IE,#10000010B
MOV      TCON,#00010000B

```

*****loop increase and decrease pulse*****

CHECK:

```

SETB     EA
JB       SENSE_VOLT,MAIN
JNB      SENSE_AMP,SUB_FAULT_AMP
JNB      SENSE_BATTERY,SUB_BATTERY
CLR      P0.5
SETB     P0.5
ACALL    DELAY10uS
CLR      P0.5
ACALL    DELAY100uS
CLR      P0.5

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	MOV	R7,P2
	MOV	A,R7
	MOV	KITCAT,A ;R7 into KITCAT
	CLR	C
	SUBB	A,#170D
	JZ	CHECK
	JC	CHECK
	AJMP	AMNOY
AMNOY:	MOV	A,KITCAT
	MOV	R7,A
	MOV	A,ADC
	MOV	ADC,P2
	CLR	C
	SUBB	A,R7
	JZ	SUB_EQUAL1
	JC	SUB_LESS1
	AJMP	SUB_MORE1
SUB_EQUAL1:	CLR	EA
	AJMP	EQUAL1
SUB_LESS1:	AJMP	LESS1
SUB_MORE1:	AJMP	MORE1
EQUAL1:	AJMP	CHECK
LESS1:	CPL	A
	INC	A
	MOV	B,#02H
	DIV	AB
	MOV	R5,A
	MOV	A,B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      R6,#00H
SUBB    A,#00H
JNZ     LESS002
LESS001: MOV      A,R6
ADD     A,R5

MOV     ASUBB,A
MOV     A,#00H
AJMP   LESS01

```

```

LESS002: MOV     R6,A
AJMP   LESS001

```

```

LESS01: MOV     R4,WH
CJNE   R4,#073D,LESS011
LJMP   CHECK

```

```

LESS011: CLR     EA
;#####
CJNE   A,ASUBB,LESS02
LJMP   CHECK

```

```

LESS02: CLR     EA
DEC    WH
INC    WL
SETB  EA
INC    A
AJMP  LESS01

```

```

MORE1: MOV     B,#02H ;because div 2
DIV    AB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      R5,A
MOV      A,B
MOV      R6,#00H
SUBB    A,#00H
JNZ     MORE002
MORE001: MOV      A,R6
ADD     A,R5
MOV     ASUBB,A
MOV     A,#00H
AJMP    MORE01

```

```

MORE002: MOV      R6,A
AJMP    MORE001

```

```

MORE01:  MOV      R4,WH
CJNE    R4,#125D,MORE011
LJMP    CHECK

```

```

MORE011: CLR      EA
;#####
CJNE    A,ASUBB,MORE02
LJMP    CHECK

```

```

MORE02: CLR      EA
INC     WH
DEC     WL
SETB   EA
INC     A
AJMP    MORE01

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-----delay loop-----

```
DELAY10Us : MOV R6,#04H
DELAY10uS_1 : DJNZ R6,DELAY10uS_1
RET
```

```
DELAY50uS : MOV R6,#23H
DELAY50uS_1 : MOV R5,#05H
DELAY50uS_2 : DJNZ R5,DELAY50uS_2
              DJNZ R6,DELAY50uS_1
RET
```

```
DELAY100uS : MOV R6,#0AH
DELAY100uS_1 : MOV R5,#0BH
DELAY100uS_2 : DJNZ R5,DELAY100uS_2
              DJNZ R6,DELAY100uS_1
RET
```

```
FAULT_AMP: CLR EA
            CLR P1.0
            CLR P1.1
            CLR P1.3
            SETB P1.4
            SETB P1.5
            CLR P1.6
            SETB P1.7
            CLR P0.7
            AJMP FAULT_AMP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;-----
BATT_FULL:      SETB      P1.7
                  LJMP      MAIN
;-----

```

```

BATTERY_INVERTER:  CLR      EA
                   CLR      P1.0
                   CLR      P1.1
                   CLR      P1.3
                   SETB     P1.4
                   SETB     P1.5
                   CLR      P1.6
                   SETB     P1.7
                   CLR      P0.7
                   AJMP     FAULT_AMP

```

```

;----- interrupt product pulse1,2

```

```

INT_T0:          PUSH     ACC
                 PUSH     PSW

```

```

CHK_C0:          MOV      A,COUNT
                 CJNE     A,#00H,INC_C0 ; DEFAULT 01H @11.0592M
                 MOV      COUNT,#00H

```

```

COMPARE:         MOV      A,WH          ;COMPARE ROUTINE
                 CLR      C
                 SUBB     A,WL
                 JZ       SUB_EQUAL
                 JC       LESS
                 AJMP     MORE

```

```

LESS:           AJMP     SUB_LESS

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MORE:          AJMP      SUB_MORE
INC_C0:        AJMP      SUB_INC_C0

```

```

SUB_EQUAL:    MOV       A,R0
              CJNE     A,WH,F1
              MOV     A,R1
              CJNE     A,WL,F2
              MOV     R0,#00H
              MOV     R1,#00H
              CLR     C
              AJMP    EXIT

```

```

F1:          SETB     P1.0
              CLR     P1.1
              INC     R0
              AJMP    EXIT

```

```

F2:          CLR     P1.0
              SETB     P1.1
              INC     R1
              AJMP    EXIT

```

```

SUB_LESS:    MOV     A,WH
              MOV     SPALL,R0
              CLR     C
              SUBB    A,SPALL
              JZ      K1
              JC      K2
              AJMP   K1

```

```

K1:          MOV     A,R0
              CJNE     A,WH,F3

```

```

K2:          MOV     A,R1
              CJNE     A,#127D,F4
              MOV     A,WH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	MOV	SPALL_1,R2
	CLR	C
	SUBB	A,SPALL_1
	JZ	K3
	JC	K4
	AJMP	K3
K3:	MOV	A,R2
	CJNE	A,WH,F5
K4:	MOV	A,R3
	CJNE	A,#127D,F6
	MOV	R0,#00H
	MOV	R1,#00H
	MOV	R2,#00H
	MOV	R3,#00H
	CLR	C
	AJMP	EXIT
F3:	SETB	P1.0
	CLR	P1.1
	INC	R0
	INC	R1
	AJMP	EXIT
F4:	CLR	P1.0
	CLR	P1.1
	INC	R0
	INC	R1
	AJMP	EXIT
F5:	CLR	P1.0
	SETB	P1.1
	INC	R2
	INC	R3
	AJMP	EXIT
F6:	CLR	P1.0
	CLR	P1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

INC      R2
INC      R3
AJMP     EXIT

```

```

SUB_MORE: MOV     A,R0
          CJNE   A,WH,F7
          MOV    A,R1
          CJNE   A,WL,F8
          MOV    R0,#00H

```

```

          MOV    R1,#00H
          CLR    C
          AJMP   EXIT
F7:      SETB   P1.0

```

```

          CLR    P1.1
          INC    R0
          AJMP   EXIT

```

```

F8:      CLR    P1.0
          SETB   P1.1
          INC    R1
          AJMP   EXIT

```

```

SUB_INC_C0: INC    COUNT

```

```

EXIT:    POP    PSW
          POP    ACC

```

```

RETI

```

```

END

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

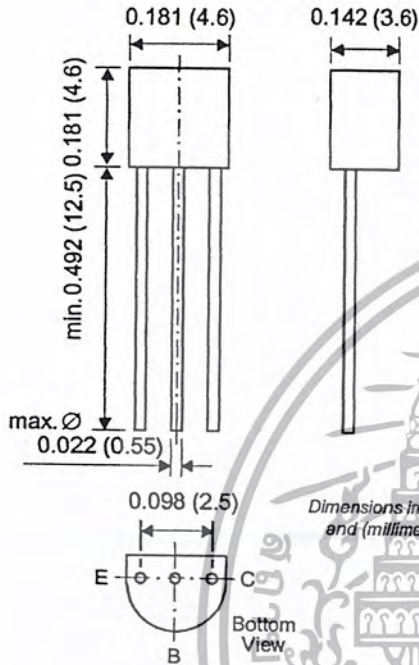
3. ในส่วนของรายละเอียดของอุปกรณ์

- 2N4401
- ADC 0804
- LM324N
- LM339
- TIP127
- LM317T
- IRF Z44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Small Signal Transistor (NPN)


TO-226AA (TO-92)


Features

- NPN Silicon Epitaxial Transistor for switching and amplifier applications.
- As complementary type, the PNP transistor 2N4403 is recommended.
- On special request, this transistor is also manufactured in the pin configuration TO-18.
- This transistor is also available in the SOT-23 case with the type designation MMBT4401,

Mechanical Data

Case: TO-92 Plastic Package

Weight: approx. 0.18g

Packaging Codes/Options:

E6/Bulk – 5K per container, 20K/box

E7/4K per Ammo mag., 20K/box

Maximum Ratings & Thermal Characteristics

Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.

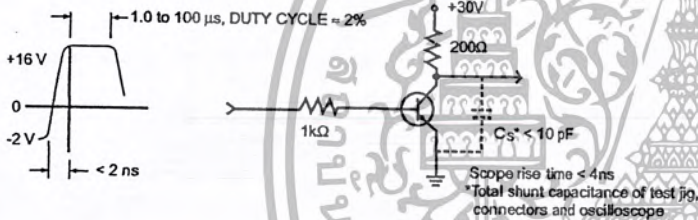
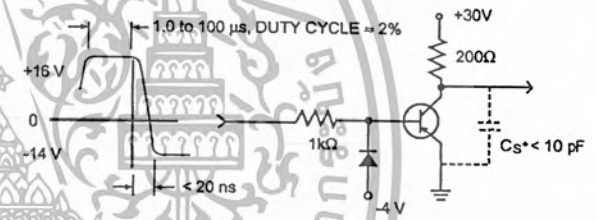
Parameter	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	40	V
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	60	V
Emitter-Base Voltage	V_{EB0}	6.0	V
Collector Current	I_C	600	mA
Power Dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_{tot}	625 5.0	mW mW/°C
Power Dissipation at $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_{tot}	1.5 12	mW mW/°C
Thermal Resistance Junction to Ambient Air	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W
Junction Temperature	T_j	150	°C
Storage Temperature Range	T_s	-55 to +150	°C

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

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
Collector-Base Breakdown Voltage	$V_{(BR)CBO}$	$I_C = 0.1\text{ mA}, I_E = 0$	60	—	—	V
Collector-Emitter Breakdown Voltage ⁽¹⁾	$V_{(BR)CEO}$	$I_C = 1\text{ mA}, I_B = 0$	40	—	—	V
Emitter-Base Breakdown Voltage	$V_{(BR)EBO}$	$I_E = 0.1\text{ mA}, I_C = 0$	6.0	—	—	V
Collector-Emitter Saturation Voltage	V_{CEsat}	$I_C = 150\text{ mA}, I_B = 15\text{ mA}$ $I_C = 500\text{ mA}, I_B = 50\text{ mA}$	— —	— —	0.40 0.75	V
Base-Emitter Saturation Voltage	V_{BEsat}	$I_C = 150\text{ mA}, I_B = 15\text{ mA}$ $I_C = 500\text{ mA}, I_B = 50\text{ mA}$	0.75 —	— —	0.95 1.20	V
Collector Cutoff Current	I_{CEV}	$V_{EB} = 0.4\text{ V}, V_{CE} = 35\text{ V}$	—	—	100	nA
Base Cutoff Current	I_{BEV}	$V_{EB} = 0.4\text{ V}, V_{CE} = 35\text{ V}$	—	—	100	nA
DC Current Gain	h_{FE}	$V_{CE} = 1\text{ V}, I_C = 0.1\text{ mA}$	20	—	—	—
		$V_{CE} = 1\text{ V}, I_C = 1\text{ mA}$	40	—	—	
		$V_{CE} = 1\text{ V}, I_C = 10\text{ mA}$	80	—	—	
		$V_{CE} = 1\text{ V}, I_C = 150\text{ mA}$	100	—	300	
		$V_{CE} = 2\text{ V}, I_C = 500\text{ mA}$	40	—	—	
Input Impedance	h_{ie}	$V_{CE} = 10\text{ V}, I_C = 1\text{ mA}$ $f = 1\text{ kHz}$	1.0	—	15	k Ω
Voltage Feedback Ratio	h_{re}	$V_{CE} = 10\text{ V}, I_C = 1\text{ mA}$ $f = 1\text{ kHz}$	$0.1 \cdot 10^{-4}$	—	$8 \cdot 10^{-4}$	—
Current Gain-Bandwidth Product	f_T	$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 20\text{ mA}$ $f = 100\text{ MHz}$	250	—	—	MHz
Collector-Base Capacitance	C_{CBO}	$V_{CB} = 5\text{ V}, I_E = 0,$ $f = 1.0\text{ MHz}$	—	—	6.5	pF
Emitter-Base Capacitance	C_{EBO}	$V_{CB} = 0.5\text{ V}, I_C = 0,$ $f = 1.0\text{ MHz}$	—	—	30	pF
Small Signal Current Gain	h_{fe}	$V_{CE} = 10\text{ V}, I_C = 1\text{ mA},$ $f = 1\text{ kHz}$	40	—	500	—
Output Admittance	h_{oe}	$V_{CE} = 10\text{ V}, I_C = 1\text{ mA},$ $f = 1\text{ kHz}$	1.0	—	30	μS

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

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
Delay Time (see fig. 1)	t_d	$I_C = 150\text{ mA}, I_{B1} = 15\text{ mA}$ $V_{CC} = 30\text{ V}, V_{BE} = 2.0\text{ mA}$	—	—	15	ns
Rise Time (see fig. 1)	t_r	$I_C = 150\text{ mA}, I_{B1} = 15\text{ mA}$ $V_{CC} = 30\text{ V}, V_{BE} = 2.0\text{ mA}$	—	—	20	ns
Storage Time (see fig. 2)	t_s	$I_{B1} = I_{B2} = 15\text{ mA}$ $V_{CC} = 30\text{ V}, I_C = 150\text{ mA}$	—	—	225	ns
Fall Time (see fig. 2)	t_f	$I_{B1} = I_{B2} = 15\text{ mA}$ $V_{CC} = 30\text{ V}, I_C = 150\text{ mA}$	—	—	30	ns

Switching Time Equivalent Test Circuit
Figure 1 - Turn-ON Time

Figure 2 - Turn-OFF Time


ADC0802, ADC0803 ADC0804

8-Bit, Microprocessor-
Compatible, A/D Converters

August 1997

Features

- 80C48 and 80C80/85 Bus Compatible - No Interfacing Logic Required
- Conversion Time < 100 μ s
- Easy Interface to Most Microprocessors
- Will Operate in a "Stand Alone" Mode
- Differential Analog Voltage Inputs
- Works with Bandgap Voltage References
- TTL Compatible Inputs and Outputs
- On-Chip Clock Generator
- 0V to 5V Analog Voltage Input Range (Single +5V Supply)
- No Zero-Adjust Required

Description

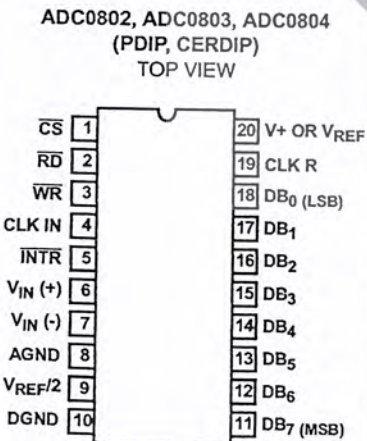
The ADC0802 family are CMOS 8-Bit, successive-approximation A/D converters which use a modified potentiometric ladder and are designed to operate with the 8080A control bus via three-state outputs. These converters appear to the processor as memory locations or I/O ports, and hence no interfacing logic is required.

The differential analog voltage input has good common-mode-rejection and permits offsetting the analog zero-input-voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

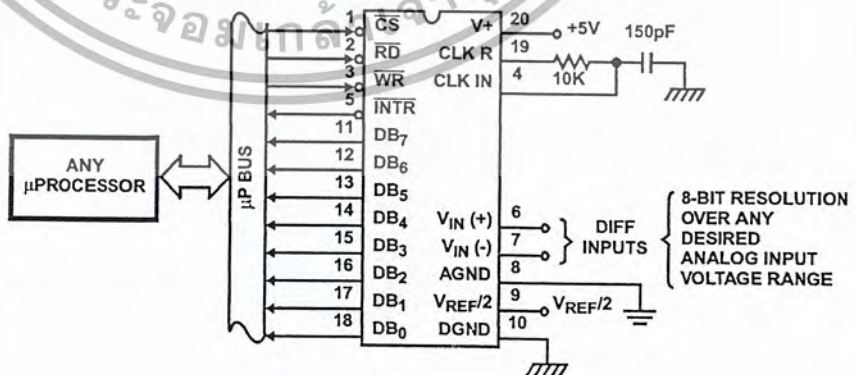
Ordering Information

PART NUMBER	ERROR	EXTERNAL CONDITIONS	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO
ADC0802LCN	$\pm 1/2$ LSB	$V_{REF/2} = 2.500V_{DC}$ (No Adjustments)	0 to 70	20 Ld PDIP	E20.3
ADC0802LCD	$\pm 3/4$ LSB		-40 to 85	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0802LD	± 1 LSB		-55 to 125	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0803LCN	$\pm 1/2$ LSB	$V_{REF/2}$ Adjusted for Correct Full Scale Reading	0 to 70	20 Ld PDIP	E20.3
ADC0803LCD	$\pm 3/4$ LSB		-40 to 85	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0803LCWM	± 1 LSB		-40 to 85	20 Ld SOIC	M20.3
ADC0803LD	± 1 LSB		-55 to 125	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0804LCN	± 1 LSB	$V_{REF/2} = 2.500V_{DC}$ (No Adjustments)	0 to 70	20 Ld PDIP	E20.3
ADC0804LCD	± 1 LSB		-40 to 85	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0804LCWM	± 1 LSB		-40 to 85	20 Ld SOIC	M20.3

Pinout



Typical Application Schematic

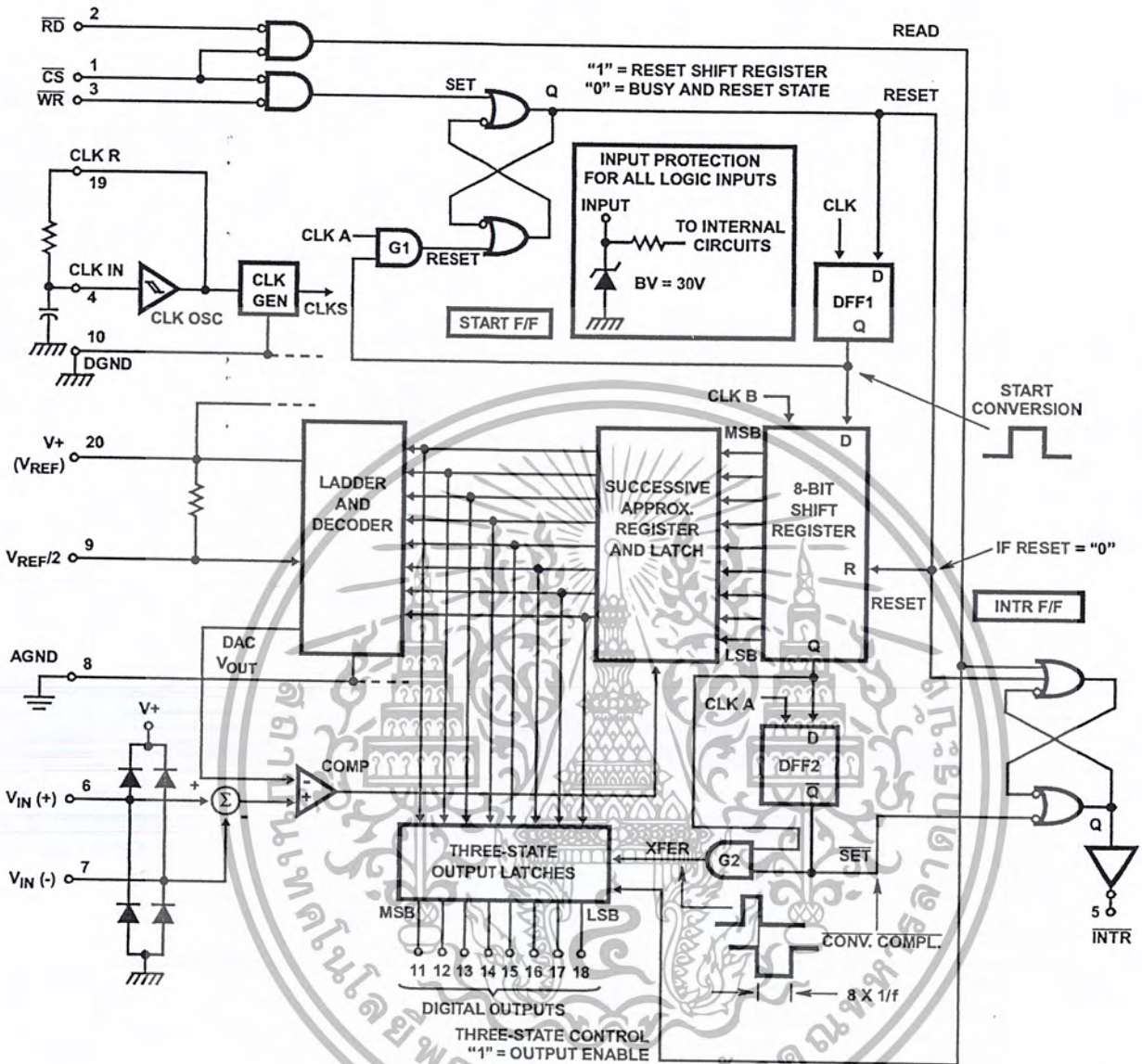


CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge; follow proper IC Handling Procedures.
1-888-INTERSIL or 321-724-7143 | Copyright © Intersil Corporation 1999

File Number 3094.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADC0802, ADC0803, ADC0804

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage 6.5V
 Voltage at Any Input -0.3V to (V⁺ + 0.3V)

Operating Conditions

Temperature Range
 ADC0802/03LD -55°C to 125°C
 ADC0802/03/04LCD -40°C to 85°C
 ADC0802/03/04LCN 0°C to 70°C
 ADC0803/04LCWM -40°C to 85°C

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 1)	θ_{JA} (°C/W)	θ_{JC} (°C/W)
PDIP Package	125	N/A
CERDIP Package	80	20
SOIC Package	120	N/A

Maximum Junction Temperature
 Hermetic Package 175°C
 Plastic Package 150°C
 Maximum Storage Temperature Range -65°C to 150°C
 Maximum Lead Temperature (Soldering, 10s) 300°C
 (SOIC - Lead Tips Only)

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

- θ_{JA} is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.

Electrical Specifications (Notes 1, 7)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CONVERTER SPECIFICATIONS V ⁺ = 5V, T _A = 25°C and f _{CLK} = 640kHz, Unless Otherwise Specified					
Total Unadjusted Error					
ADC0802	V _{REF/2} = 2.500V	-	-	±1/2	LSB
ADC0803	V _{REF/2} Adjusted for Correct Full Scale Reading	-	-	±1/2	LSB
ADC0804	V _{REF/2} = 2.500V	-	-	±1	LSB
V _{REF/2} Input Resistance	Input Resistance at Pin 9	1.0	1.3	-	kΩ
Analog Input Voltage Range	(Note 2)	GND-0.05	-	(V ⁺) + 0.05	V
DC Common-Mode Rejection	Over Analog Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB
Power Supply Sensitivity	V ⁺ = 5V ±10% Over Allowed Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB
CONVERTER SPECIFICATIONS V ⁺ = 5V, 0°C to 70°C and f _{CLK} = 640kHz, Unless Otherwise Specified					
Total Unadjusted Error					
ADC0802	V _{REF/2} = 2.500V	-	-	±1/2	LSB
ADC0803	V _{REF/2} Adjusted for Correct Full Scale Reading	-	-	±1/2	LSB
ADC0804	V _{REF/2} = 2.500V	-	-	±1	LSB
V _{REF/2} Input Resistance	Input Resistance at Pin 9	1.0	1.3	-	kΩ
Analog Input Voltage Range	(Note 2)	GND-0.05	-	(V ⁺) + 0.05	V
DC Common-Mode Rejection	Over Analog Input Voltage Range	-	±1/8	±1/4	LSB
Power Supply Sensitivity	V ⁺ = 5V ±10% Over Allowed Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB
CONVERTER SPECIFICATIONS V ⁺ = 5V, -25°C to 85°C and f _{CLK} = 640kHz, Unless Otherwise Specified					
Total Unadjusted Error					
ADC0802	V _{REF/2} = 2.500V	-	-	±3/4	LSB
ADC0803	V _{REF/2} Adjusted for Correct Full Scale Reading	-	-	±3/4	LSB
ADC0804	V _{REF/2} = 2.500V	-	-	±1	LSB
V _{REF/2} Input Resistance	Input Resistance at Pin 9	1.0	1.3	-	kΩ
Analog Input Voltage Range	(Note 2)	GND-0.05	-	(V ⁺) + 0.05	V
DC Common-Mode Rejection	Over Analog Input Voltage Range	-	±1/8	±1/4	LSB
Power Supply Sensitivity	V ⁺ = 5V ±10% Over Allowed Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2902, LM324/LM324A, LM224/ LM224A

Quad Operational Amplifier

Features

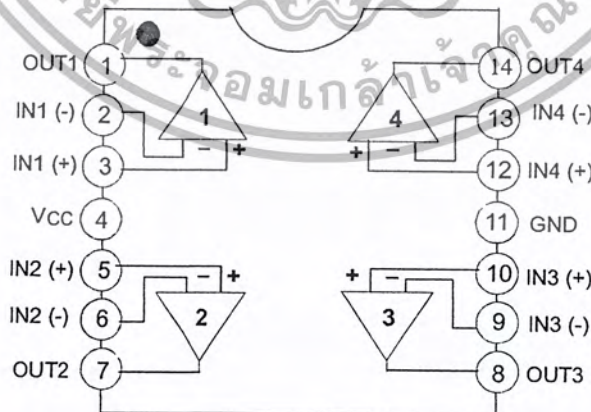
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100dB
- Wide Power Supply Range:
LM224/LM224A, LM324/LM324A : 3V~32V (or $\pm 1.5 \sim 15V$)
LM2902: 3V~26V (or $\pm 1.5V \sim 13V$)
- Input Common Mode Voltage Range Includes Ground
- Large Output Voltage Swing: 0V to $V_{CC} - 1.5V$
- Power Drain Suitable for Battery Operation

Description

The LM324/LM324A, LM2902, LM224/LM224A consist of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide voltage range. Operation from split power supplies is also possible so long as the difference between the two supplies is 3 volts to 32 volts. Application areas include transducer amplifier, DC gain blocks and all the conventional OP-AMP circuits which now can be easily implemented in single power supply systems.



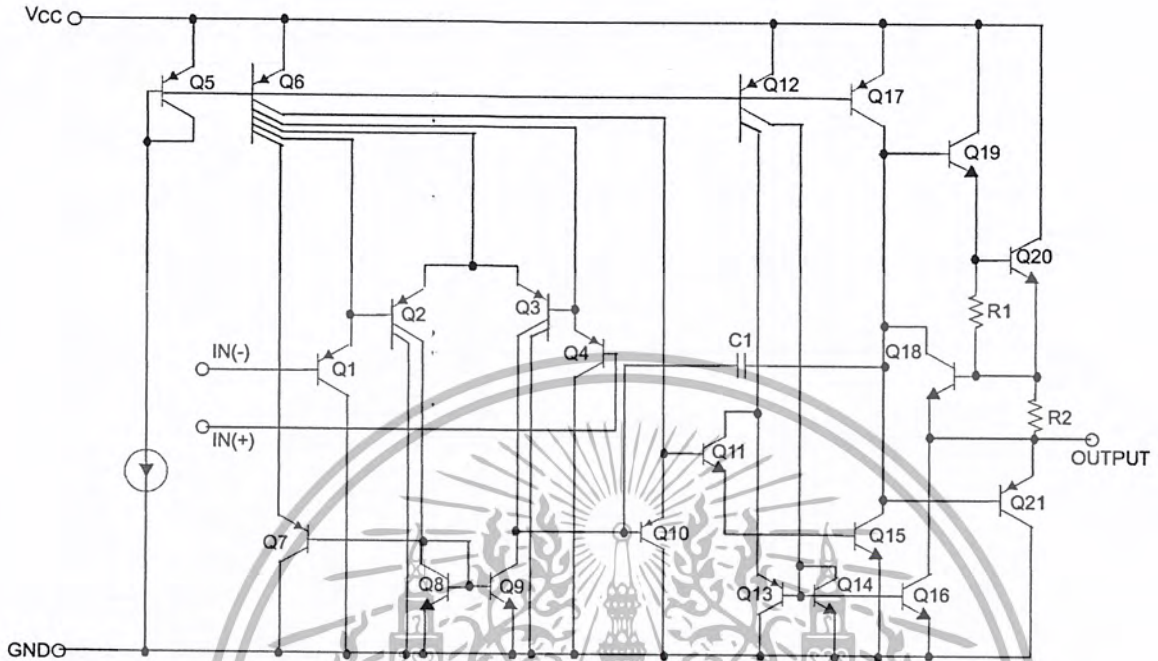
Internal Block Diagram



Rev. 1.0.3

Schematic Diagram

(One Section Only)



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	LM224/LM224A	LM324/LM324A	LM2902	Unit
Power Supply Voltage	V _{CC}	±16 or 32	±16 or 32	±13 or 26	V
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	32	32	26	V
Input Voltage	V _I	-0.3 to +32	-0.3 to +32	-0.3 to +26	V
Output Short Circuit to GND V _{CC} ≤15V, T _A =25°C(one Amp)	-	Continuous	Continuous	Continuous	-
Power Dissipation, T _A =25°C	P _D	1310	1310	1310	mW
14-DIP		640	640	640	
14-SOP					
Operating Temperature Range	T _{OPR}	-25 ~ +85	0 ~ +70	-40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	T _{STG}	-65 ~ +150	-65 ~ +150	-65 ~ +150	°C

Thermal Data

Parameter	Symbol	Value	Unit
Thermal Resistance Junction-Ambient Max.			
14-DIP	R _{θja}	95	°C/W
14-SOP		195	

Electrical Characteristics

($V_{CC} = 5.0V$, $V_{EE} = GND$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM224			LM324			LM2902			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V_{IO}	$V_{CM} = 0V$ to V_{CC} $-1.5V$ $V_{O(P)} = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$	-	1.5	5.0	-	1.5	7.0	-	1.5	7.0	mV
Input Offset Current	I_{IO}	-	-	2.0	30	-	3.0	50	-	3.0	50	nA
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	40	150	-	40	250	-	40	250	nA
Common-Mode Input Voltage Range	$V_{I(R)}$	Note1	0	-	$V_{CC} - 1.5$	0	$V_{CC} - 1.5$	-	0	-	$V_{CC} - 1.5$	V
Supply Current	I_{CC}	$R_L = \infty$, $V_{CC} = 30V$ (all Amps)	-	1.0	3	-	1.0	3	-	1.0	3	mA
		$R_L = \infty$, $V_{CC} = 5V$ (all Amps) ($V_{CC} = 26V$ for LM2902)	-	0.7	1.2	-	0.7	1.2	-	0.7	1.2	mA
Large Signal Voltage Gain	G_V	$V_{CC} = 15V$, $R_L \geq 2K\Omega$ $V_{O(P)} = 1V$ to $11V$	50	100	-	25	100	-	-	100	-	V/ mV
Output Voltage Swing	$V_{O(H)}$	$R_L = 2K\Omega$	26	-	-	26	-	-	22	-	-	V
		$R_L = 10K\Omega$	27	28	-	27	28	-	23	24	-	V
	$V_{O(L)}$	$V_{CC} = 5V$, $R_L \geq 10K\Omega$	-	5	20	-	5	20	-	5	100	mV
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	70	85	-	65	75	-	50	75	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	65	100	-	65	100	-	50	100	-	dB
Channel Separation	CS	$f = 1KHz$ to $20KHz$	-	120	-	-	120	-	-	120	-	dB
Short Circuit to GND	I_{SC}	-	-	40	60	-	40	60	-	40	60	mA
Output Current	I_{SOURCE}	$V_{I(+)} = 1V$, $V_{I(-)} = 0V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(P)} = 2V$	20	40	-	20	40	-	20	40	-	mA
		$V_{I(+)} = 0V$, $V_{I(-)} = 1V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(P)} = 2V$	10	13	-	10	13	-	10	13	-	mA
	I_{SINK}	$V_{I(+)} = 0V$, $V_{I(-)} = 1V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(R)} = 200mV$	12	45	-	12	45	-	-	-	-	μA
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V	

Note :

1. $V_{CC} = 30V$ for LM224 and LM324, $V_{CC} = 26V$ for LM2902

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2901, LM339/LM339A, LM3302, LM239/LM239A

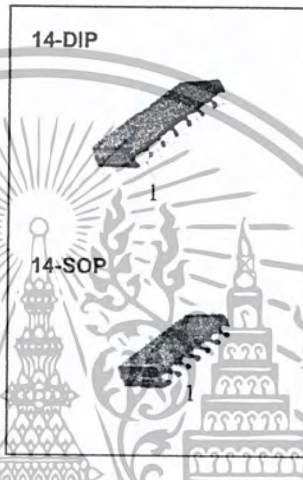
Quad Comparator

Features

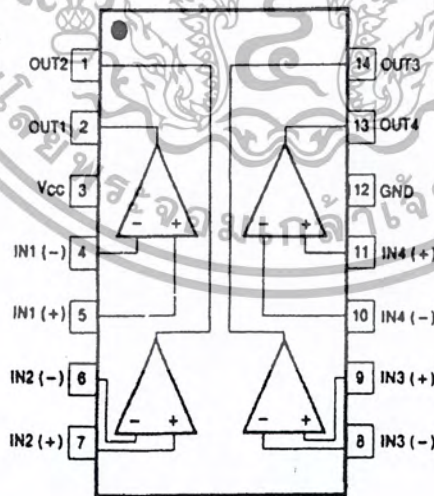
- Single or dual supply operation
- Wide range of supply voltage
LM2901, LM339/LM339A, LM239/LM239A : 2 ~ 36V (or $\pm 1 \sim \pm 18V$)
LM3302 : 2 ~ 28V (or $\pm 1 \sim \pm 14V$)
- Low supply current drain 800 μA Typ.
- Open collector outputs for wired and connectors
- Low input bias current 25nA Typ.
- Low Input offset current $\pm 2.3nA$ Typ.
- Low input offset voltage $\pm 1.4mV$ Typ.
- Common mode input voltage range includes ground.
- Low output saturation voltage
- Output compatible with TTL, DTL and MOS logic system

Description

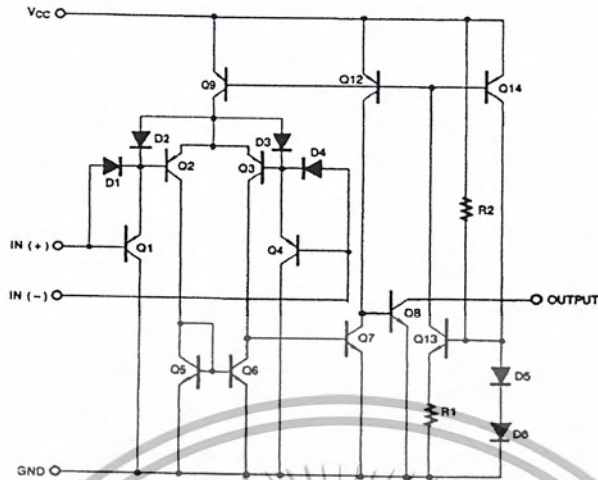
The LM2901, LM339/LM339A, LM239/LM239A, LM3302 consist of four independent voltage comparators designed to operate from single power supply over a wide voltage range.



Internal Block Diagram



Schematic Diagram



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	VCC	±18 or 36	V
Supply Voltage only LM3302	VCC	±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	T _{OPR}	0 ~ + 70	°C
LM2901/LM3302		-40 ~ + 85	
LM239/LM239A		-25 ~ + 85	
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}	$V_{O(P)} = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$ Note 1	-	± 1	± 2	-	± 1.4	± 5	mV
			-	-	± 4.0	-	-	± 9.0	
Input Offset Current	I_{IO}	Note 1	-	± 2.3	± 50	-	± 2.3	± 50	nA
			-	-	± 150	-	-	± 150	
Input Bias Current	I_{BIAS}	Note 1	-	57	250	-	57	250	nA
			-	-	400	-	-	400	
Input Common Mode Voltage Range	$V_{I(R)}$	Note 1	0	-	$V_{CC}-1.5$	0	-	$V_{CC}-1.5$	V
			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}	$V_I = \text{TTL Logic Swing}$ $V_{REF} = 1.4V$, $V_{RL} = 5V$, $R_L = 5.1K\Omega$	-	350	-	-	350	-	ns
Response Time	T_{RES}	$V_{RL} = 5V$, $R_L = 5.1K\Omega$	-	1.4	-	-	1.4	-	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
		$I_{SINK} = 4mA$ Note 1	-	-	700	-	-	700	
Output Leakage Current	$I_{o(LKG)}$	$V_{I(-)} = 0V$	-	0.1	-	-	0.1	-	nA
		$V_{I(+)} = 1V$	-	-	1.0	-	-	1.0	μA
Differential Voltage	$V_{I(DIFF)}$	Note 1	-	-	36	-	-	36	V

Note 1.

LM339/LM339A : $0 \leq T_A \leq +70^\circ C$

LM2901/LM3302 : $-40 \leq T_A \leq +85^\circ C$

LM239/LM239A : $-25 \leq T_A \leq +85^\circ C$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIP125/126/127

Medium Power Linear Switching Applications

- Complementary to TIP120/121/122



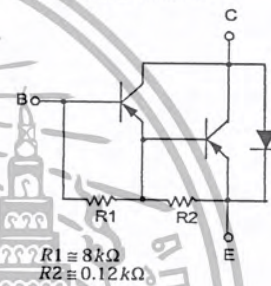
1 TO-220
1.Base 2.Collector 3.Emmitter

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	- 60	V
	: TIP126	- 80	V
	: TIP127	- 100	V
V_{CEO}	Collector-Emmitter Voltage : TIP125	- 60	V
	: TIP126	- 80	V
	: TIP127	- 100	V
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
$V_{CEO(sus)}$	Collector-Emmitter Sustaining Voltage	$I_C = -100\text{mA}, I_B = 0$	-60		V
			-80		V
			-120		V
I_{CEO}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = -30\text{V}, I_B = 0$		-2	mA
		$V_{CE} = -40\text{V}, I_B = 0$		-2	mA
		$V_{CE} = -50\text{V}, I_B = 0$		-2	mA
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	$V_{CB} = -60\text{V}, I_E = 0$		-1	mA
		$V_{CB} = -80\text{V}, I_E = 0$		-1	mA
		$V_{CB} = -100\text{V}, I_E = 0$		-1	mA
		$V_{BE} = -5\text{V}, I_C = 0$		-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-Emmitter 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-Emmitter 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 $\leq 2\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics

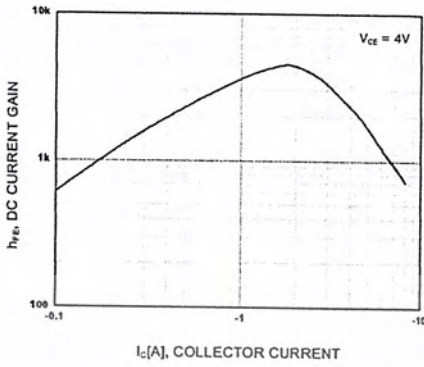


Figure 1. DC current Gain

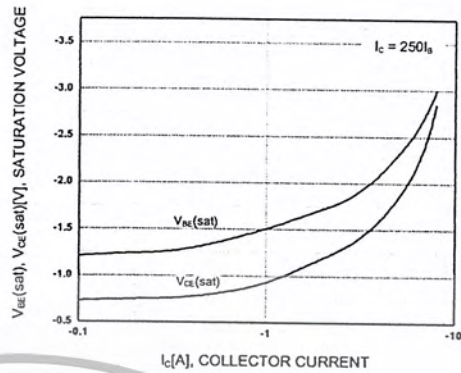


Figure 2. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

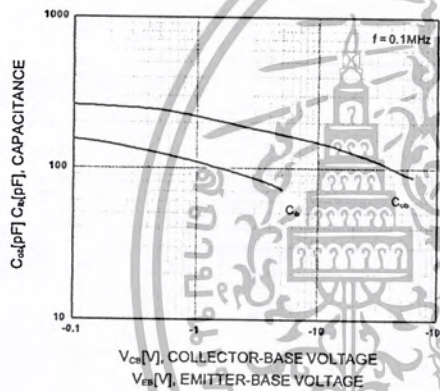


Figure 3. Output and Input Capacitance vs. Reverse Voltage

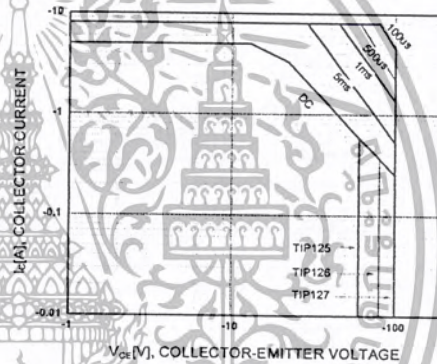


Figure 4. Safe Operating Area

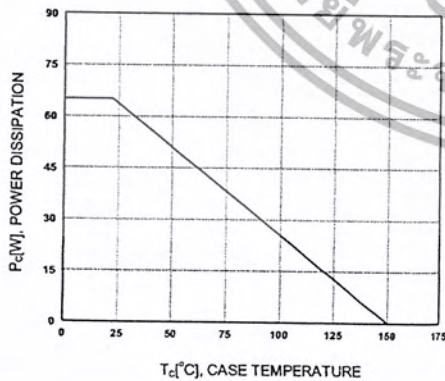


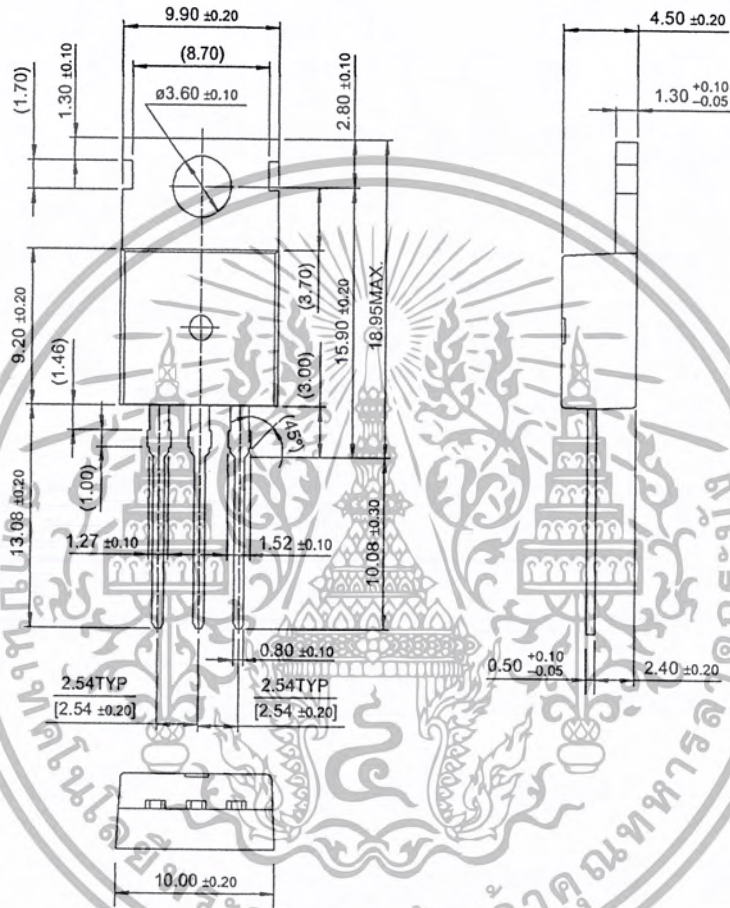
Figure 5. Power Derating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Dimensions

TIP125/126/127

TO-220



Dimensions in Millimeters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM317

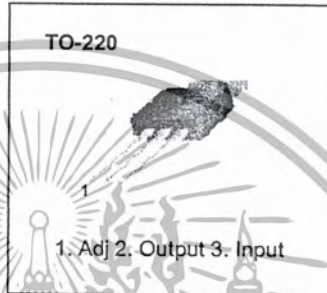
3-Terminal Positive Adjustable Regulator

Features

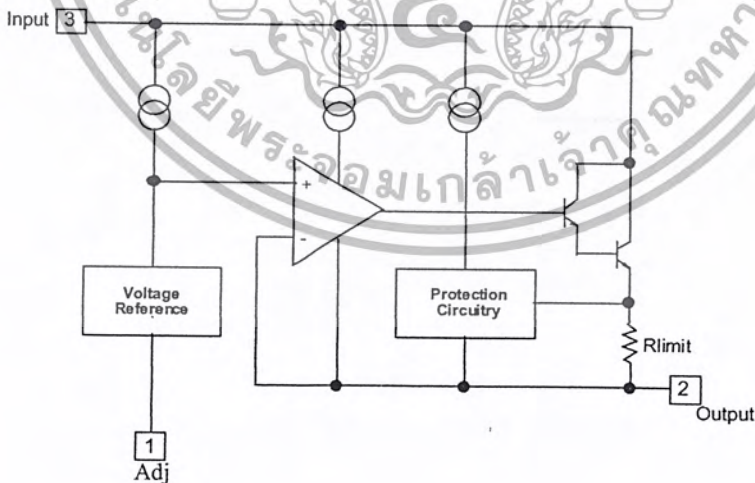
- Output Current In Excess of 1.5A
- Output Adjustable Between 1.2V and 37V
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe Operating Area Compensation
- TO-220 Package

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.



Internal Block Diagram



Rev. 1.0.0

©2001 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	PD	Internally limited	W
Operating Junction Temperature Range	T_j	0 ~ +125	°C
Storage Temperature Range	TSTG	-65 ~ +125	°C
Temperature Coefficient of Output Voltage	$\Delta V_O / \Delta T$	±0.02	%/°C

Electrical Characteristics

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

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ.	Max.	Unit
Line Regulation (Note1)	Rline	$T_A = +25^\circ C$ $3V \leq V_I - V_O \leq 40V$	-	0.01	0.04	% / V
		$3V \leq V_I - V_O \leq 40V$	-	0.02	0.07	% / V
Load Regulation (Note1)	Rload	$T_A = +25^\circ C$, $10mA \leq I_O \leq I_{MAX}$ $V_O < 5V$ $V_O \geq 5V$	-	18 0.4	25 0.5	mV% / V_O
		$10mA \leq I_O \leq I_{MAX}$ $V_O < 5V$ $V_O \geq 5V$	-	40 0.8	70 1.5	mV% / V_O
Adjustable Pin Current	IADJ	-	-	46	100	μA
Adjustable Pin Current Change	ΔI_{ADJ}	$3V \leq V_I - V_O \leq 40V$ $10mA \leq I_O \leq I_{MAX}$ $P_D \leq P_{MAX}$	-	2.0	5	μA
Reference Voltage	VREF	$3V \leq V_I - V_O \leq 40V$ $10mA \leq I_O \leq I_{MAX}$ $P_D \leq P_{MAX}$	1.20	1.25	1.30	V
Temperature Stability	STT	-	-	0.7	-	% / V_O
Minimum Load Current to Maintain Regulation	$I_L(MIN)$	$V_I - V_O = 40V$	-	3.5	12	mA
Maximum Output Current	$I_O(MAX)$	$V_I - V_O \leq 15V$, $P_D \leq P_{MAX}$ $V_I - V_O \leq 40V$, $P_D \leq P_{MAX}$ $T_A = 25^\circ C$	1.0	2.2 0.3	-	A
RMS Noise, % of V_{OUT}	eN	$T_A = +25^\circ C$, $10Hz \leq f \leq 10KHz$	-	0.003	0.01	% / V_O
Ripple Rejection	RR	$V_O = 10V$, $f = 120Hz$ without CADJ CADJ = $10\mu F$ (Note2)	66	60 75	-	dB
Long-Term Stability, $T_J = T_{HIGH}$	ST	$T_A = +25^\circ C$ for end point measurements, 1000HR	-	0.3	1	%
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$	-	-	5	-	°C / W

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_D due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used. ($P_{MAX} = 20W$)
2. CADJ, when used, is connected between the adjustment pin and ground.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

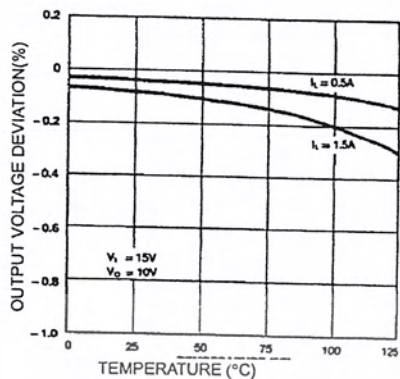


Figure 1. Load Regulation

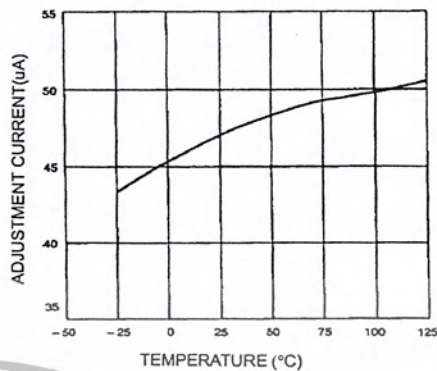


Figure 2. Adjustment Current

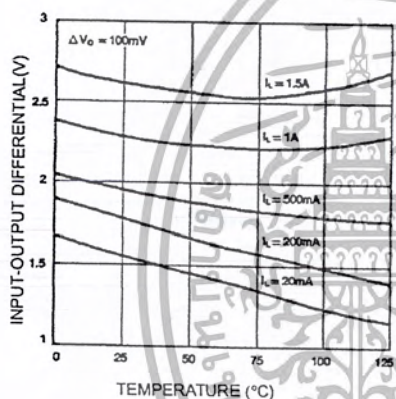


Figure 3. Dropout Voltage

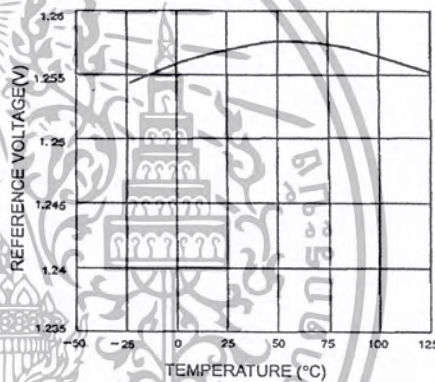


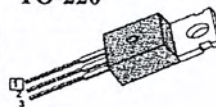
Figure 4. Reference Voltage

FEATURES

- ◆ Avalanche Rugged Technology
- ◆ Rugged Gate Oxide Technology
- ◆ Lower Input Capacitance
- ◆ Improved Gate Charge
- ◆ Extended Safe Operating Area
- ◆ 175°C Operating Temperature
- ◆ Lower Leakage Current: 10µA (Max.) @ $V_{DS} = 60V$
- ◆ Lower $R_{DS(ON)}$: 0.020Ω (Typ.)

$BV_{DSS} = 60 V$
 $R_{DS(on)} = 0.024\Omega$
 $I_D = 50 A$

TO-220



1.Gate 2. Drain 3. Source

Absolute Maximum Ratings

Symbol	Characteristic	Value	Units
V_{DSS}	Drain-to-Source Voltage	60	V
I_D	Continuous Drain Current ($T_C=25^\circ C$)	50	A
	Continuous Drain Current ($T_C=100^\circ C$)	35.4	
I_{DM}	Drain Current-Pulsed (1)	200	A
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS}	Single Pulsed Avalanche Energy (2)	857	mJ
I_{AR}	Avalanche Current (1)	50	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy (1)	12.6	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt (3)	5.5	V/ns
P_D	Total Power Dissipation ($T_C=25^\circ C$)	126	W
	Linear Derating Factor	0.84	
T_J, T_{STG}	Operating Junction and Storage Temperature Range	- 55 to +175	°C
T_L	Maximum Lead Temp. for Soldering Purposes, 1/8, from case for 5-seconds	300	

Thermal Resistance

Symbol	Characteristic	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	1.19	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink	0.5	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	62.5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Symbol	Characteristic	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Condition
BV_{DSS}	Drain-Source Breakdown Voltage	60	--	--	V	$V_{GS}=0V, I_D=250\mu A$
$\Delta BV/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coeff.	--	0.063	--	V/°C	$I_D=250\mu A$ See Fig 7
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	--	4.0	V	$V_{DS}=5V, I_D=250\mu A$
I_{GSS}	Gate-Source Leakage, Forward	--	--	100	nA	$V_{GS}=20V$
	Gate-Source Leakage, Reverse	--	--	-100		$V_{GS}=-20V$
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	--	--	10	μA	$V_{DS}=60V$
		--	--	100		$V_{DS}=48V, T_C=150^\circ\text{C}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-Source On-State Resistance	--	--	0.024	Ω	$V_{GS}=10V, I_D=25A$ (4)
g_{fs}	Forward Transconductance	--	32.6	--	\bar{v}	$V_{DS}=30V, I_D=25A$ (4)
C_{iss}	Input Capacitance	--	1770	2300	pF	$V_{GS}=0V, V_{DS}=25V, f=1\text{MHz}$ See Fig 5
C_{oss}	Output Capacitance	--	590	680		
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	--	220	255		
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	--	20	40	ns	$V_{DD}=30V, I_D=50A,$ $R_G=9.1\Omega$ See Fig 13 (4) (5)
t_r	Rise Time	--	16	40		
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	--	68	140		
t_f	Fall Time	--	70	140		
Q_g	Total Gate Charge	--	64	83	nC	$V_{DS}=48V, V_{GS}=10V,$ $I_D=50A$ See Fig 6 & Fig 12 (4) (5)
Q_{gs}	Gate-Source Charge	--	12.3	--		
Q_{gd}	Gate-Drain (. Miller.) Charge	--	23.6	--		

Source-Drain Diode Ratings and Characteristics

Symbol	Characteristic	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Condition
I_S	Continuous Source Current	--	--	50	A	Integral reverse pn-diode in the MOSFET
I_{SM}	Pulsed-Source Current (1)	--	--	200		
V_{SD}	Diode Forward Voltage (4)	--	--	1.8	V	$T_J=25^\circ\text{C}, I_S=50A, V_{GS}=0V$
t_{rr}	Reverse Recovery Time	--	85	--	ns	$T_J=25^\circ\text{C}, I_F=50A$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	--	0.24	--	μC	$di_F/dt=100A/\mu s$ (4)

Notes;

- (1) Repetitive Rating: Pulse Width Limited by Maximum Junction Temperature
- (2) $L=0.4\text{mH}, I_{AS}=50A, V_{DD}=25V, R_G=27\Omega,$ Starting $T_J=25^\circ\text{C}$
- (3) $I_{SD} \leq 50A, di/dt \leq 350A/\mu s, V_{DD} \leq BV_{DSS},$ Starting $T_J=25^\circ\text{C}$
- (4) Pulse Test : Pulse Width = 250 $\mu s,$ Duty Cycle $\leq 2\%$
- (5) Essentially Independent of Operating Temperature

Fig 1. Output Characteristics

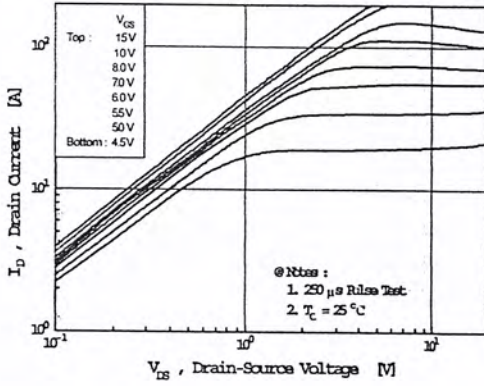


Fig 2. Transfer Characteristics

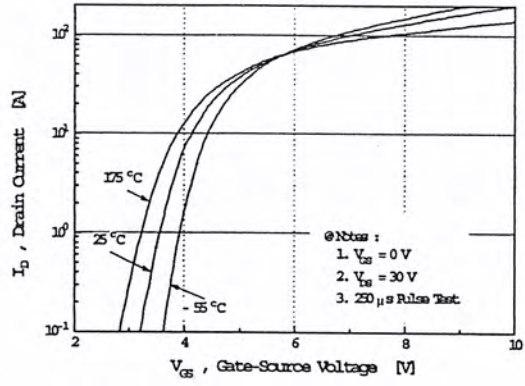


Fig 3. On-Resistance vs. Drain Current

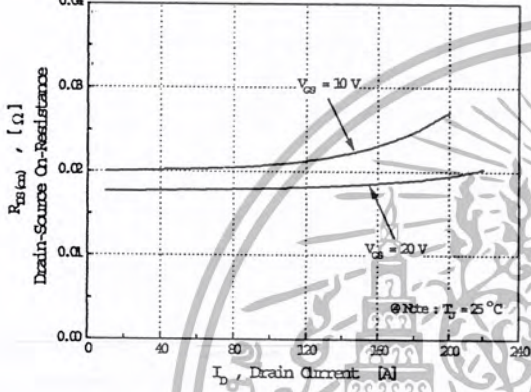


Fig 4. Source-Drain Diode Forward Voltage

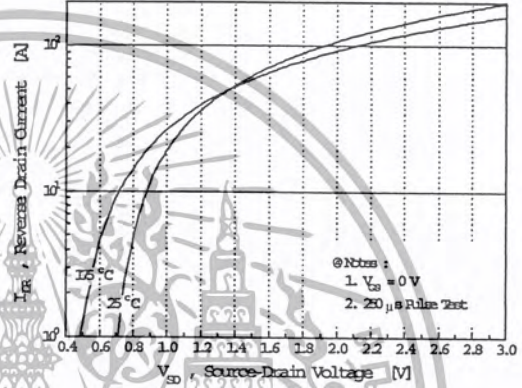


Fig 5. Capacitance vs. Drain-Source Voltage

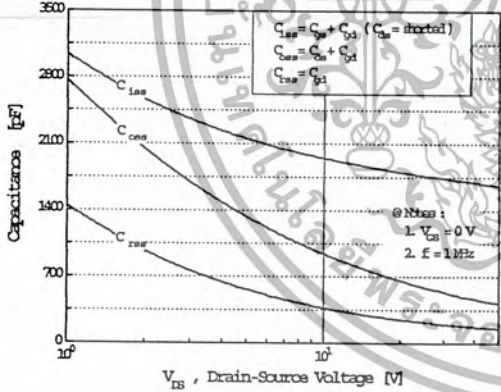
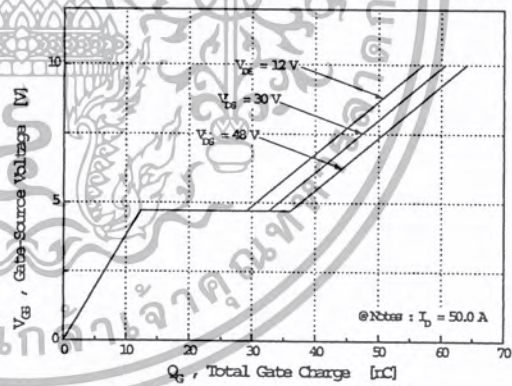


Fig 6. Gate Charge vs. Gate-Source Voltage



บรรณานุกรม

1. Robert Boylestad and Louis Nashelsky , *Electronic Devices and Circuit Theory* , Simon & Schuster Asia Pte. Ltd., 6th Edition 1996.
2. ดร.วีระเชษฐ ชันเงิน , “ Semiconductor Material ”, *Electrical Engineering Material* , หน้า 12 – 17.
3. มงคล ทองสงคราม , “ มอสเฟตกำลัง ”, *อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 2540* , พิมพ์ครั้งที่ 3 ห้างหุ้นส่วน จำกัด วิ.เจ.พรินติ้ง , พฤศจิกายน 2540 , หน้า 17 – 21.
4. สุวัฒน์ คั่น , “ พุช – พูล คอนเวอร์เตอร์ ”, *เทคนิคและการออกแบบสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย 2538* , พิมพ์ครั้งที่ 2 บริษัทเอนเทลไทย จำกัด , มิถุนายน 2538 , หน้า 41 – 45.
5. รศ.ศุดี บรรจงจิตร , “ ระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน / สำรอง ”, *อุปกรณ์และการติดตั้งในงานระบบไฟฟ้า 2537* , พิมพ์ครั้งที่ 2 บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , สิงหาคม 2539 , หน้า 17 – 19.
6. รศ.สมยศ จุณณะปิยะ , “ การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ”, พิมพ์ครั้งที่ 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2543.
7. ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และ วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล , “ เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ”, บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด , 2543.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้