

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรอง

SMART UPS



โดย

ว่าที่ ร.ต. สุกิจ รัศมี

นาย จตุรงค์ สวณจิตร

นาย ทศพล ดีศรี

นาย วิษณุ ลูกอินทร์

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. วิจิตร กิณเรศ

อ. ชัยทัต มณีอินทร์



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ✕

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55622

วัน,เดือน,ปี 20 พ.ค. 2548



ปริญญาโทปีการศึกษา 2546

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรอง

SMART UPS

ผู้จัดทำ

1. ว่าที่ รต. สุกิจ รัศมี รหัสประจำตัว 44015132
2. นาย จตุรงค์ สวนจิตร รหัสประจำตัว 44015140
3. นาย ทศพล ดีศรี รหัสประจำตัว 44015145
4. นาย วิษณุ ลูกอินทร์ รหัสประจำตัว 44015168



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. วิจิตร กิณเรศ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. ชัยทัต มณีอินทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรอง

ว่าที่ ร.ต. สุกิจ รัศมี 44015132
 นาย จตุรงค์ สวนจิตร 44015140
 นาย ทศพล ดีศรี 44015145
 นาย วิษณุ ลูกอินทร์ 44015468
 รศ.ดร. วิจิตร กิมเรศ อาจารย์ที่ปรึกษา
 อ. ชัยทัต มณีอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง หรือ ยูพีเอส เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อเป็นแหล่งไฟฟ้ากำลังไฟฟ้าสำรองให้กับโหลดคอมพิวเตอร์ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่า ระบบไฟฟ้ามีปัญหาขัดข้องอันเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ ยูพีเอสเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยทำให้โหลดทำงานได้อย่างต่อเนื่องในระดับหนึ่ง ทั้งนี้ขีดจำกัดในการจ่ายพลังงานไฟฟ้า โดยแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองในโครงการนี้เป็นแหล่งจ่ายชนิด 1 เฟส ขนาดพิกัด 500 VA สามารถจ่ายไฟฟ้าสำรองได้นานถึง 10-15 นาที ในขณะที่ระบบไฟฟ้าขัดข้อง โดยการควบคุมการทำงานจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม โดยมีการตรวจสอบแรงดันป้อนกลับ เพื่อรักษาระดับแรงดันที่จ่ายให้กับโหลดและยังมีระบบป้องกันเพิ่มเติมให้กับตัวเครื่องในทุก ๆ ส่วน มีการแสดงสถานการณ์ทำงาน ของ ยูพีเอส อย่างชัดเจน มีส่วนที่สามารถติดต่อกันทางพอร์ตอนุกรมระหว่างยูพีเอสและคอมพิวเตอร์ ในส่วนขนาดของยูพีเอสมีการออกแบบให้มีขนาดเล็ก กะทัดรัด สวยงาม เทียบเท่ากับที่มีในท้องตลาด โดย ยูพีเอส ในโครงการนี้จะทำงานอยู่ในโหมดออฟไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SMART UPS

Sukid Rutsamee

Jaturong Soujit

Thotsapon Deesri

Vitsanu Lookin

Assoc.Prof.Dr. Vijit Kinnaret Advisor

Mr. Chaitouch Manee-in Advisor

ABSTRACT

Uninterruptible Power Supply or UPS is designed to supply reserved electrical energy to uninterruptible computer load, despite failing of system or no supply from source. Computer load is able to work continuously. It had level limited energy. The UPS in this project is 1 phase power supply, 500 VA rating. It can supply 10-15 minutes at source failing. It controlled by microcontroller. It has feedback control system and protection every part for UPS and connected UPS with computer is interface by serial port RS 232. The smart UPS is compact and intelligent compared to commercial one. The UPS operates in off-line mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดีหากไม่ได้รับความช่วยเหลือและร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกันบุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์เสร็จลงได้ก็คือ รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ และอาจารย์ ชัยทัต มณีอินทร์ ซึ่งทั้งสองท่านนี้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา รวมถึงรุ่นพี่ปริญญาโททุก ๆ คนที่สละเวลามาคอยให้ความรู้ แนวคิด และคำแนะนำในปัญหาต่างๆที่เกี่ยวกับโครงการ ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้คณะผู้จัดทำได้มีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักรยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมาในทุกๆ ด้านอันที่เปรียบมิได้ คณะผู้จัดทำขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณนี้ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย



ศุภกิจ รัศมี
จตุรงค์ สวานจิตร
ทศพล ดีศรี
วิษณุ ลูกอินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ	1
1.5 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	3
2.1 ลักษณะและชนิดของยูพีเอส	3
2.2 ส่วนประกอบของยูพีเอสที่ใช้ในโครงการ	3
2.2.1 อินเวอร์เตอร์	3
2.2.1.1 หลักการทำงานพื้นฐานของวงจร พุช-พูล อินเวอร์เตอร์	5
2.2.1.2 คุณลักษณะและเงื่อนไขในการออกแบบอินเวอร์เตอร์	7
2.2.1.3 มอสเฟตกำลัง	7
2.2.1.4 คุณลักษณะของสัญญาณขับ	10
2.2.2 การอัดประจุแบตเตอรี่	12
2.2.2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแบตเตอรี่	12
2.2.2.2 พารามิเตอร์ในการอัดประจุ	13
2.2.2.3 วิธีการอัดประจุแบตเตอรี่	14
2.2.2.4 การอัดประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว – กรด โดยทั่วไป	15
2.2.2.5 การประยุกต์ใช้งาน	15
2.2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F258	17
2.2.3.1 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 18F258)	17
2.2.3.2 คุณลักษณะพิเศษของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F258	19
2.2.3.3 ชนิดของพอร์ตต่างๆในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F258	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.4 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F258	29
2.2.3.5 ซอร์สโค้ดของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F258	31
2.2.4 การเขียนโปรแกรมและการสื่อสาร	32
2.2.4.1 การสื่อสารแบบอนุกรม	32
2.2.4.2 การเขียนโปรแกรมวิซวลเบสิกเพื่อการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	38
บทที่ 3 การคำนวณและการออกแบบสร้างยูพีเอส	43
3.1 ชุดอินเวอร์เตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F258	44
3.2 ชุดอัคปรจุแบตเตอรี่	46
3.3 ชุดสวิตช์สับเปลี่ยน	51
3.4 ชุดตรวจสอบสถานะการทำงาน	57
3.5 ชุดวงจรป้องกันกลับ	59
3.6 ชุดวงจรขับและแสดงผลการทำงาน	59
3.7 ชุดโปรแกรมและวงจรสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมระหว่างคอมพิวเตอร์กับฮาร์ดแวร์	61
บทที่ 4 ผลการทดลอง	66
4.1 ผลการทดลองในส่วนของการอัคปรจุแบตเตอรี่	67
4.2 ผลการทดลองในส่วนของการสำรองไฟฟ้า	70
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลของโครงการ	81
ภาคผนวก	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2-1 สัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับขับมอเตอร์	5
รูปที่ 2-2 วงจรการทำงานแบบ พุช – พูล อินเวอร์เตอร์	5
รูปที่ 2-3 แสดงการกำหนดการเพื่อ τ_p ให้กับมอเตอร์	6
รูปที่ 2-4 แสดงโครงสร้างของมอเตอร์แบบ N และ P ชนิดดีฟลีชั่น	8
รูปที่ 2-5 แสดงโครงสร้างของมอเตอร์แบบ N และ P ชนิดเอนฮานท์เมนต์	9
รูปที่ 2-6 แสดงรูปคลื่นแรงดันในการสวิตช์ของแรงดันเกท	10
รูปที่ 2-7 รูปคลื่นสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ได้มาจากอุปกรณ์สวิตช์ซึ่ง	11
รูปที่ 2-8 รูปร่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 18F258) ที่ใช้งาน	17
รูปที่ 2-9 แสดงบล็อกไดอะแกรมโครงสร้างและสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 18F258)	18
รูปที่ 2-10 แสดงบล็อกไดอะแกรมขาของ RA3:RA0 และ RA5	24
รูปที่ 2-11 แสดงบล็อกไดอะแกรมขาของ RA4/TOCKI	24
รูปที่ 2-12 แสดงบล็อกไดอะแกรมขาของ RB3:R0	25
รูปที่ 2-13 แสดงบล็อกไดอะแกรมขาของ RB7:RB:4	26
รูปที่ 2-14 แสดงบล็อกไดอะแกรมทางเอาต์พุตขาของ RC0:2 และ RC5:7	28
รูปที่ 2-15 แสดงบล็อกไดอะแกรมทางเอาต์พุตขาของ RC3:4	28
รูปที่ 2-16 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของการทำงานของการเขียนภาษาแอสเซมบลีแบบไฟล์เดียว	30
รูปที่ 2-17 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของการทำงานของการเขียนภาษาแอสเซมบลีแบบหลายไฟล์	30
รูปที่ 2-18 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของการทำงานของการเขียนด้วยภาษาชั้นสูง	31
รูปที่ 2-19 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม	33
รูปที่ 2-20 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส	34
รูปที่ 2-21 คอนเน็คเตอร์อนุกรม 9 ขาแบบ DB9	36
รูปที่ 2-22 คอนเน็คเตอร์อนุกรม 25 ขาแบบ DB 25	36
รูปที่ 2-23 ก) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบนัลโมเด็ม (Null Modem)	37
รูปที่ 2-23 ข) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น RS – 232	37
รูปที่ 3-1 บล็อกไดอะแกรมแสดงวงจรการทำงานรวมของระบบ SMART UPS	43
รูปที่ 3-2 วงจรการทำงานแบบ พุช – พูล อินเวอร์เตอร์สร้างสัญญาณับด้วย PIC 18F258	44
รูปที่ 3-3 แสดง Block Diagram วงจร Rectifier/Charger	47
รูปที่ 3-4 แสดงวงจรเรียงกระแสและวงจรอัดประจุแบตเตอรี่	49
รูปที่ 3-5 แสดงบล็อกไดอะแกรม ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองเมื่อระบบอยู่ในสภาวะปกติ	52
รูปที่ 3-6 แสดงบล็อกไดอะแกรม ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองเมื่อระบบอยู่ในสภาวะผิดปกติ	52
รูปที่ 3-7 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อระบบไฟฟ้าปกติดับ	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-8 โพลีชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อแรงดันเกินหรือตก $\pm 10\%$ จาก 220 V	55
รูปที่ 3-9 โพลีชาร์ตแสดงการทำงานของฟิวส์เมื่อเกิดกระแสลัดวงจรหรือภาระเกิน	56
รูปที่ 3-10 วงจรตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าตกไฟฟ้าเกิน	58
รูปที่ 3-11 แสดงวงจรตรวจสอบแรงดันอับประจุแบตเตอรี่	59
รูปที่ 3-12 แสดงวงจร Feedback Control	59
รูปที่ 3-13 แสดงวงจรขับ Power Mosfet	60
รูปที่ 3-14 แสดงวงจรขับ Relay	60
รูปที่ 3-15 แสดงวงจรการแสดงผลการทำงาน	61
รูปที่ 3-16 แสดงการต่อวงจรสื่อสารพอร์ตอนุกรมและ IC MAX232 เข้ากับ PIC 18F258	62
รูปที่ 3-17 แสดงหน้าต่างของฟอร์มย่อยของเมนู Status	63
รูปที่ 3-18 แสดงหน้าต่างของฟอร์มย่อยของเมนู Shutdown	63
รูปที่ 3-19 แสดงหน้าต่างของฟอร์มย่อยของเมนู How to	64
รูปที่ 3-20 แสดงหน้าต่างหลักของโปรแกรม SMART UPS Version 1.0	65
รูปที่ 4-1 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1	69
รูปที่ 4-2 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2	69
รูปที่ 4-3 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะไม่มีภาระ	70
รูปที่ 4-4 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากมอสเฟทขณะไม่มีภาระ	70
รูปที่ 4-6 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระ 200 VA ,PF 1.0	71
รูปที่ 4-7 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากมอสเฟทขณะจ่ายภาระ 200VA PF 1.0	71
รูปที่ 4-8 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระ 300 VA ,PF 1.0	72
รูปที่ 4-9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากมอสเฟทขณะจ่ายภาระ 300VA PF 1.0	72
รูปที่ 4-10 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระ 400 VA ,PF 1.0	73
รูปที่ 4-11 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากมอสเฟทขณะจ่ายภาระ 400VA PF 1.0	73
รูปที่ 4-12 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระคอมพิวเตอร์	74
รูปที่ 4-13 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากมอสเฟทขณะจ่ายภาระคอมพิวเตอร์	74
รูปที่ 4-14 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเมื่อเปลี่ยนสถานะจากระบบไฟฟ้ามาเป็นอินเวอร์เตอร์	75
รูปที่ 4-15 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเมื่อเปลี่ยนสถานะจากอินเวอร์เตอร์มาเป็นระบบไฟฟ้า	75
รูปที่ 4-16 แสดงสภาวะแรงดันไฟฟ้าตกจากระบบไฟฟ้า	76
รูปที่ 4-17 แสดงสภาวะจากระบบไฟฟ้ามาเป็นอินเวอร์เตอร์เมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าตก	76
รูปที่ 4-18 สภาวะแรงดันไฟฟ้าเกินจากระบบไฟฟ้า	77
รูปที่ 4-19 แสดงสภาวะจากระบบไฟฟ้ามาเป็นอินเวอร์เตอร์เมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าเกิน	77
รูปที่ 4-20 แสดงกราฟเปรียบเทียบพิกัดกำลังทางด้านเอาต์พุตระหว่างสภาวะปกติและไม่ปกติ	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 2-1 แสดงค่าต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว – กรด	16
ตารางที่ 2-2 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC 18FXXX	19
ตารางที่ 2-3 แสดงค่าฟังก์ชันต่างๆและรีจิสเตอร์เสริมของพอร์ต A	25
ตารางที่ 2-4 แสดงค่าฟังก์ชันต่างๆและรีจิสเตอร์เสริมของพอร์ต B	27
ตารางที่ 2-5 แสดงค่าฟังก์ชันต่างๆและรีจิสเตอร์เสริมของพอร์ต C	29
ตารางที่ 2-6 แสดงบิตพริตซ์ของข้อมูล	35
ตารางที่ 2-7 แสดงตำแหน่งและชื่อขาของ DB-9 และ DB-25	36
ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองครั้งที่ 1	67
ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองครั้งที่ 2	68
ตารางที่ 4-3 แสดงผลการทดลองที่ค่าต่างๆ	78
ตารางที่ 4-4 แสดงผลการทดลองที่ค่าต่างๆ(ต่อ)	79
ตารางที่ 4-5 แสดงผลการทดลองที่ค่าต่างๆ(ต่อ)	80



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในภาวะที่จะต้องรักษาเสถียรภาพของระบบคอมพิวเตอร์ ให้มีเสถียรภาพการทำงานอยู่ตลอดเวลาในช่วงระยะเวลาที่ใช้งานนั้นจึงมีความสำคัญมาก เพราะสามารถที่จะรักษาข้อมูลของระบบ และรักษาอุปกรณ์ภายในที่สำคัญ ๆ ของซีพียู เช่น ฮาร์ดดิสก์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะต้องรักษาความมีเสถียรภาพของคอมพิวเตอร์ ซึ่งแม้กระทั่งระบบไฟฟ้าขัดข้องไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้หรือภาวะที่ระบบไฟฟ้าตกหรือระบบไฟฟ้าเกิน สิ่งเหล่านี้จะเป็นปัญหาสำคัญของคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมาก ฉะนั้นจึงต้องมีการสร้างอุปกรณ์ที่เรียกว่า แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง ขึ้นมาเพื่อรักษาสถานะภาพของคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ทำงานได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น และทำการจัดการกับระบบข้อมูลของคอมพิวเตอร์ก่อนที่จะทำการปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาวงจรและการทำงานของ ยูพีเอส ในส่วนต่างๆ ได้
2. เพื่อทำการศึกษาและพัฒนายูพีเอส ให้มีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพพร้อมทั้งมีขนาด และรูปร่างที่กะทัดรัดมากขึ้นกว่าตัวต้นแบบชุดก่อนก่อน
3. เพื่อให้ผลงานชิ้นนี้สามารถผลิตและออกสู่ตลาดในเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรองขนาดพิกัด 500 VA P.f. 0.8
2. รับไฟฟ้ากระแสสลับแบบลูกคลื่นไซน์เวฟ 220-230 V ที่ความถี่ 50 Hz
3. จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแบบลูกคลื่นสี่เหลี่ยม 220 V $\pm 10\%$ ที่ความถี่ 50 Hz $\pm 1\%$
4. สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าในภาวะระบบไฟฟ้าขัดข้องได้ไม่น้อยกว่า 10 นาทีเมื่อมีโหลดเป็นคอมพิวเตอร์
5. ระบบภายในเครื่องสามารถอัดประจุแบตเตอรี่ แบบชนิดแห้งได้
6. สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อดูสถานะของยูพีเอสโดยสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS232 ได้

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. ได้รับความรู้และประสบการณ์ในการทำโปรเจกต์เป็นกลุ่ม ซึ่งจะรวมทั้งการรู้ถึงปัญหาพร้อมทั้งวิธีการแก้ไขของการทำงานต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
2. ได้นำความรู้ในวิชาต่างๆ ทั้งทฤษฎีและภาคปฏิบัติที่ได้เรียนมามาประยุกต์ และใช้ประโยชน์กับโครงการเช่นวิชาเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น
3. เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลหรือเป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจในการพัฒนายูพีเอสให้มีเสถียร

ภาพรวมคู่กับประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 วิธีการดำเนินงาน

1. ทำการศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของโครงการ และทำการเจาะลึกในรายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆของยูทีเอส พร้อมทั้งศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC18F258) และการสื่อสารทางพอร์ตอนุกรมโดยใช้โปรแกรมวิซวลเบสิก

2. ทำการสร้างชุดทดลองในส่วนต่างๆของ UPS ซึ่งจะประกอบไปด้วย

2.1 ชุดอินเวอร์เตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2 ชุดอัดประจุแบตเตอรี่

2.3 ชุดสวิทช์สับเปลี่ยน

2.4 ชุดวงจรตรวจสอบสถานะการทำงาน

2.5 ชุดวงจรป้องกันกลับ

2.6 ชุดวงจรขับและแสดงผลการทำงาน

2.7 ชุดโปรแกรมและวงจรสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมระหว่างคอมพิวเตอร์กับฮาร์ดแวร์

3. ทำการรวบรวมส่วนประกอบทุกๆส่วนเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างชุดต้นแบบออกมา แล้วทำการทดสอบพร้อมทั้งหาข้อสรุปและแนวทางการแก้ไขปัญหาทั้งหมดที่เกิดขึ้น

4. ทำการสร้าง SMART UPS ที่สมบูรณ์ที่สุดออกมาพร้อมทั้งทำการทดลองและทดสอบพร้อมทั้งบันทึกผลออกมา

6. เขียนโปรแกรมวิซวลเบสิก เพื่อทำการอินเทอร์เฟสระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และ ชุดฮาร์ดแวร์สมาทยูทีเอส โดยจะสามารถสื่อสารเพื่อดูสถานะและติดต่อสั่งงานระหว่างกันได้

5. จัดทำและเรียบเรียงเนื้อหาข้อมูลที่ใช้ประกอบทั้งหมด พร้อมทั้งผลการทดสอบเพื่อการทำปริญญานิพนธ์ของวิชาโปรเจก2 และเตรียมข้อมูลและตัวเครื่องสมาทยูทีเอสเพื่อการ สอบปริญญานิพนธ์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ลักษณะและชนิดของยูพีเอส

ระบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองสามารถแบ่งออกตามลักษณะการทำงานได้เป็น 2 ชนิดคือ

2.1.1 ยูพีเอสที่ทำงานในโหมดออนไลน์ (On Line Mode)

จะเป็นยูพีเอสที่ทำงานในลักษณะที่ชุดอินเวอร์เตอร์จะทำงานอยู่ตลอดเวลา โดยในสภาวะปกติจะรับพลังงานมาจากการไฟฟ้าเข้าสู่วงจรเรกติฟาย ไปยังอินเวอร์เตอร์เข้าสู่โหลดและอัดประจุเข้าสู่แบตเตอรี่ด้วย แต่เมื่อเกิดสภาวะที่ผิดปกติ (Brownout) จะได้รับพลังงานมาจากแบตเตอรี่และเข้าสู่ชุดอินเวอร์เตอร์แทนและจ่ายไปยังโหลด โดยจะมีสวิตช์สับเปลี่ยนเป็นตัวตัดต่อเมื่อเกิดสภาวะการทำงานที่ปกติและไม่ผิดปกติเกิดขึ้น จากหลักการนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าสลับที่จ่ายให้กับโหลดจะมีสัญญาณไฟฟ้าที่คงที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลงหรือสัญญาณ ไฟฟ้าขาดหายไปทั้ง ในสภาวะปกติและผิดปกติ

2.1.2 ยูพีเอสที่ทำงานในโหมดออฟไลน์ (Off Line Mode)

จะเป็นยูพีเอสที่ทำงานในลักษณะที่ เมื่อมีสภาวะระบบเป็นปกติโหลดจะได้รับกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าโดยตรงและในขณะนี้จะมีการอัดประจุเข้าสู่แบตเตอรี่ด้วย แต่เมื่อระบบมีสภาวะที่ผิดปกติเกิดขึ้นสวิตช์สับเปลี่ยนจะเป็นตัวเลือกกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลด ที่ได้มาจากแบตเตอรี่ซึ่งจะจ่ายให้กับชุดอินเวอร์เตอร์และปรับแรงดันขึ้นโดยใช้หม้อแปลงและจ่ายไปยังโหลดต่อไป ซึ่งสัญญาณไฟฟ้าที่โหลดได้รับอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงตามการทำงานของระบบยูพีเอสเมื่อเกิดสภาวะที่ปกติหรือผิดปกติเกิดขึ้น

2.2 ส่วนประกอบของยูพีเอสที่ใช้ในโครงการ

ยูพีเอสที่ใช้ในโครงการนี้จะเป็นระบบการทำงานในโหมดออฟไลน์ (Off Line Mode) ฉะนั้นจากที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นต่อมาก็จะลงมารายละเอียดที่จะลึกลงไปในส่วนประกอบของยูพีเอสในโครงการนี้ซึ่งสามารถแบ่งการอธิบายต่างๆ ได้ในทางทฤษฎีได้ดังต่อไปนี้

2.2.1 อินเวอร์เตอร์ (INVERTER)

ถ้าจะกล่าวถึงอินเวอร์เตอร์ ก็จะหมายถึงอุปกรณ์ใดๆหนึ่งที่ทางด้านอินพุต ของอินเวอร์เตอร์เป็นกระแสตรงป้อนเข้ามาโดยอินเวอร์เตอร์ จะทำหน้าที่ก็คือเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับโดยมีขนาดของแรงดันที่เข้าทางอินเวอร์เตอร์ จะเท่ากับแรงดันออกจากอินเวอร์เตอร์ที่เป็นแรงดันไฟสลับ จะกล่าวโดยสรุปก็คือมีขนาดของแรงดันคงที่แต่มีความถี่เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น โดยอินเวอร์เตอร์ จะมีทั้งขนาด 1 เฟสและ 3 เฟส

สำหรับ ยูพีเอส ในโครงการนี้จะใช้ อินเวอร์เตอร์ แบบพุช-พูล (Push-pull Inverter) โดยใช้มอสเฟสเป็นอุปกรณ์สวิตซ์ชิ่ง โดยอาศัยหลักการสร้างรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) ที่มีขนาดความถี่ 50 Hz จากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC18F258) ซึ่งเมื่อจะกล่าวถึงวงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ในทางปฏิบัติไม่สามารถมีโอกาสรูปคลื่นออกมาเป็นคลื่นไซน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวฟได้เลย ถ้าจะกล่าวกันจริงๆแล้วรูปคลื่นที่ได้จากวงจรอินเวอร์เตอร์ จะมีลักษณะที่ประกอบไปด้วย คลื่นความถี่หลักมูลกับองค์ประกอบของส่วน ฮาร์โมนิกที่มีความถี่เป็นจำนวนเท่าของความถี่หลักมูล ดังนั้นเพื่อกำจัดฮาร์โมนิกอันดับต่ำๆ และให้รูปคลื่น เอาท์พุท มีลักษณะเป็นลูกคลื่นไซน์เวฟมากที่สุด ก็จะสามารถทำได้โดยใช้วงจรกรองความถี่ หรือเรียกว่า (Low pass filter) ซึ่งจะใช้ค่าอินดักแตนซ์ กับค่า คาปาซิเตอร์ ในการกรองฮาร์โมนิกออกไปทำให้เหลือแต่ความถี่ที่ใกล้กับความถี่ หลักมูล(fundamental) มากที่สุด

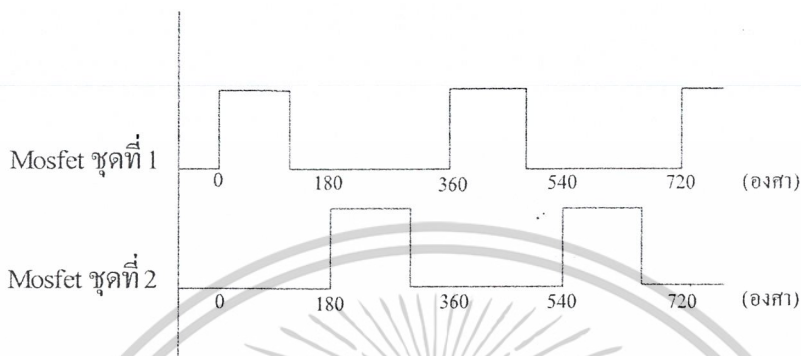
แต่สำหรับโครงการนี้ ไม่เจาะจงถึงรูปคลื่นไซน์เวฟแต่จะได้ออกมาเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมจึงไม่ จำเป็นที่จะต้อง ใช้วงจรกรองความถี่แต่อย่างใดเพราะโหลดที่ใช้จะเกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอรืเท่านั้น จึงไม่จำเป็นที่จะต้องได้รูปคลื่นไซน์เวฟมาจากอินเวอร์เตอร์ ส่วนการประยุกต์การใช้งานของ อินเวอร์เตอร์ นั้นสามารถนำไปใช้งานได้หลายๆด้าน เช่น จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับภาวะที่ต้องการไฟ กระแสสลับ หรือใช้กับการแปลงพลังแสงอาทิตย์จากแรงดันกระแสตรงที่โซลาเซลล์ให้เป็น ไฟฟ้า กระแสสลับจาก อินเวอร์เตอร์ หรือการใช้ควบคุมอินดักชันมอเตอร์ โดยใช้ อินเวอร์เตอร์ 3 เฟส โดย สามารถควบคุมได้ทั้งแรงดันและความถี่ของระบบไฟฟ้า 3 เฟส เพื่อควบคุมความเร็วและแรงบิดของ มอเตอร์ได้

จากนิยามที่เราได้กล่าวกัน ไปบ้างแล้วว่า Inverter ก็คือ เป็นอุปกรณ์ที่ปรับเปลี่ยนกระแสไฟตรง ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่ต่างๆกัน ได้ โดยมีขนาดแรงดันที่คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งหัวใจหลักที่ สำคัญของ Inverterก็คือสัญญาณที่ใช้ขับให้กับอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งให้สร้างตามที่ออกมาตามต้องการ เช่น สัญญาณ PWM, SIX STEP ที่มีทั้ง 3 เฟสและ 1 เฟส ก็ตามแต่ว่าจะไปประยุกต์ใช้กัน แต่สำหรับ โครงการนี้ จะเป็นการใช้การกำเนิดสัญญาณที่ใช้ขับมอเตอร์เฟสที่ได้มาจากไมโครคอนโทรลเลอร์(PIC) ที่ให้ความถี่รูป สัญญาณสี่เหลี่ยมออกมา โดยมีการเพื่อสัญญาณไม่ให้เต็ม 100% ต่อสัญญาณครึ่งคาบหรือตั้งแต่ 0-180 องศา สำหรับขับมอเตอร์เฟส 3 เฟส มีวัตถุประสงค์ในการเพื่อไว้ก็เพื่อ

1. เมื่อเกิดกรณีที่โหลดดึงกระแสมากขึ้น วงจรควบคุมจะสั่งให้มอเตอร์เฟสมีค่าช่วงเวลานำกระแส เพิ่มขึ้น ทำให้ช่วงเวลาการนำกระแสของอีกตัวหนึ่งลดลง และเกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์ ขึ้นในแกน เหล็กของหม้อแปลง ซึ่งจะทำให้แกนเหล็กเกิดการอิ่มตัวอย่างรวดเร็วและในที่สุดจะทำให้ มอเตอร์เฟสเกิด การพังเสียหายได้ โดยสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์ของแกนเหล็กนั้น เนื่องมาจากการมี ช่วงเวลาก่อนหยุดนำกระแส (Turn of time) ไม่เท่ากันอย่างแท้จริงเนื่องจากข้อจำกัดในการผลิต ถ้าหากว่า อุปกรณ์ตัวใดใช้ในการหยุดนำกระแสมากกว่าจะทำให้ค่ากระแสสูงสุดของมันในช่วงที่นำกระแสมีค่ามาก กว่าของอีกตัวหนึ่ง ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงมีลักษณะไม่สมมาตร และ จะมีการเลื่อนของฟลักซ์ได้หรือที่เรียกว่า (Flux walking) เกิดขึ้น โดยค่าฟลักซ์สูงสุดจะวิ่งเข้าหาจุดอิ่มตัว อย่างรวดเร็ว ถ้าแกนเหล็กเกิดการอิ่มตัวของฟลักซ์แม่เหล็ก ก็จะเป็นอันตรายต่อมอเตอร์เฟสเป็นอย่างมาก

2. ถึงแม้จะกำหนดให้วงจรควบคุมสั่งงานให้ทำงานในครึ่งคาบเท่ากันแล้วก็ตาม ก็ยังไม่แน่ใจ ได้ว่าจะมีความปลอดภัยอย่างเพียงพอต่อมอเตอร์เฟส เพราะการตอบสนองของอุปกรณ์เหล่านี้อาจจะ เป็นไป ได้ช้า เนื่องจากเกิดประจุขึ้นในขณะที่นำกระแสเมื่อหยุดจ่ายสัญญาณขับให้กับมอเตอร์เฟสที่เวลา $t = T/2$ ประจุสะสมจะทำให้นำกระแสต่อไปอีกช่วงระยะเวลาหนึ่ง ในขณะที่เดียวกันอีกตัวหนึ่งเริ่มรับสัญญาณขับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

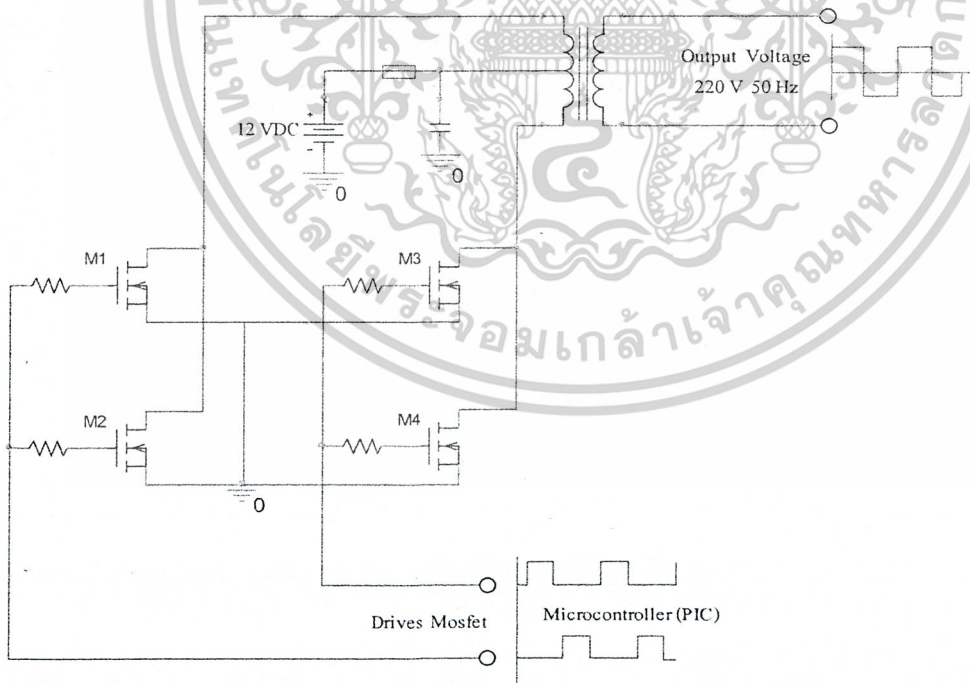
ที่เวลา $t = T/2$ เช่นเดียวกัน อาจจะทำให้มอสเฟสเกิดการ ทำงานนำกระแสพร้อมกันทั้ง 2 ชุด และจะเกิดแรงดันตกคร่อมมอสเฟสทั้ง ชุด ขณะนำกระแสจะเท่ากับค่าแรงดัน Input ในเวลาต่อมามอสเฟสก็จะพังเสียหายอย่างรวดเร็ว การกำหนดเวลาเพื่อ td นั้นสำหรับช่วงเวลานำกระแสให้กับมอสเฟสทั้ง 2 ชุด ซึ่งจะช่วยป้องกันปัญหามอสเฟสพังเสียหายได้ โดยทั่วไปจะกำหนดไว้ที่การเผื่อประมาณ 20% ของครึ่งคาบเวลาของทั้งมอสเฟสทั้ง 2 ชุด



สัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC)
สำหรับขับ Mosfet 2 ชุด แบบพุ่มพุ่ม อินเวอร์เตอร์

รูปที่ 2-1 สัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับขับมอสเฟต

2.2.1.1 หลักการทำงานพื้นฐานของวงจร พุ่ม-พุ่ม อินเวอร์เตอร์

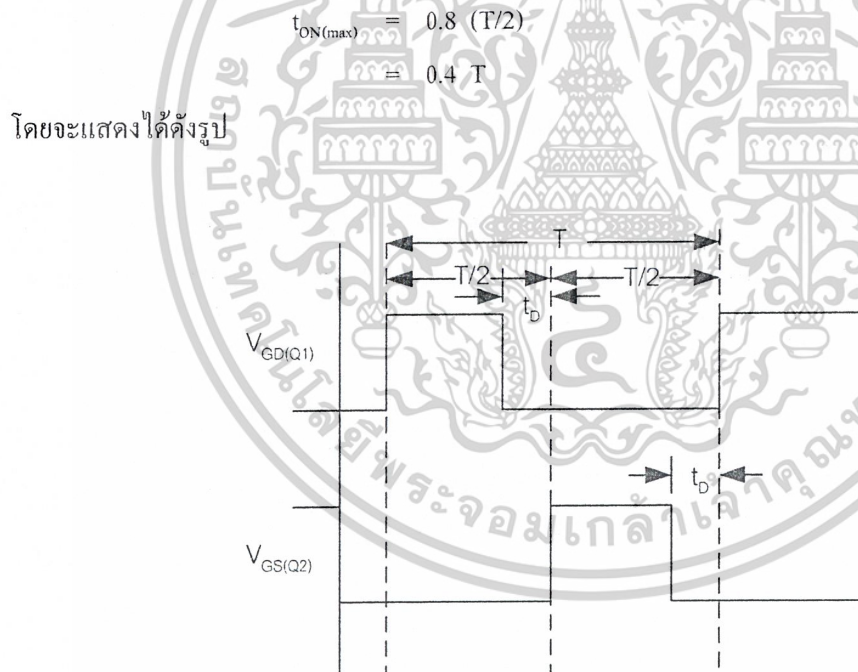


รูปที่ 2-2 วงจรการทำงานแบบ พุ่ม – พุ่ม อินเวอร์เตอร์

หลักการทำงานของวงจร พุ่ม – พุ่ม อินเวอร์เตอร์สามารถอธิบายได้คือ จะมี มอสเฟส M1 และ M2 ทำงานคู่กันเป็นชุดที่ 1 ส่วนมอสเฟส M3 กับ M4 ก็จะทำงานคู่กันเป็นชุดที่ 2 โดยการทำงานระหว่างเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดที่ 1 กับชุดที่ 2 จะทำงานนำกระแสสลับกันในแต่ละครึ่งคาบเวลา T ขณะที่ มอสเฟตชุดที่ 1 กำลังนำกระแสก็จะมีกระแสไหลในขดลวดปฐมภูมิ เนื่องจากว่ามีสัญญาณมาขับขาเกทที่ชุดที่ 1 แต่ในจังหวะเดียวกันก็จะมีสัญญาณมาขับขาเกทของมอสเฟตชุดที่ 2 จึงทำให้ไม่มีแรงดันตกคร่อมขา เดรน-ซอร์ส (V_{DS}) จะมีค่าเป็น $2 V_m$ ซึ่งเป็นผลรวมของแรงดันของขดปฐมภูมิรวมกันเนื่องจากถูกเหนี่ยวนำเกิดขึ้นมีทิศทางเดียวกัน ดังนั้นจากเหตุผลนี้มอสเฟตทุกตัวที่ใช้จะต้องทนแรงดันอย่างต่ำได้เป็น 2 เท่า ของแรงดัน Input โดยในสภาวะที่กำลังกล่าวอยู่นี้หม้อแปลงไฟฟ้าทำงานในครึ่งคาบ เหนี่ยวนำแรงดันขึ้นในเวลาต่อมาสัญญาณจากไมโคร ก็จะมาขับขาเกทชุดที่ 2 และตอนนี้สัญญาณขับชุดที่ 1 จะเป็นศูนย์ ซึ่งจะมีค่าความถี่ของสัญญาณที่เท่ากันแต่มีความต่างเฟสกัน 180 องศาทางไฟฟ้า และแรงดันที่ปรากฏด้านทุติยภูมิจะมีลักษณะเป็นกระแสสลับ โดยเกิดจากการสลับกันทำงานของอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งทั้ง 2 ชุดนั้นเองสำหรับสัญญาณความถี่ที่ได้ออกมาจากด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงก็จะเป็นแบบรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave)

การกำหนดค่าเวลาเพื่อ t_D สำหรับช่วงเวลานำกระแสให้กับมอสเฟต Q1 และ Q2 ดังรูปที่ 2.3 จะช่วยป้องกันปัญหาที่กล่าวมาแล้วได้ ค่าเวลาเพื่อ t_D โดยทั่วไปจะกำหนดไว้ประมาณ 20 % ของครึ่งคาบเวลา ดังนั้นช่วงเวลานำกระแสสูงสุดของมอสเฟต Q1 และ Q2 จึงไม่ควรมีค่าเกิน



รูปที่ 2-3 แสดงการกำหนดการเพื่อ t_b ให้กับมอสเฟต

2.2.1.2 คุณลักษณะและเงื่อนไขในการออกแบบอินเวอร์เตอร์

1. สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูง 500 วัตต์ ขึ้นไป ดังนั้นค่าพิคคของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง ต่อเนื่องในโครงการนี้จึงอยู่ในเกณฑ์ที่จะใช้พิจารณา

2. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการสวิตซ์ซิ่งของอุปกรณ์มีค่าต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มีราคาถูกที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอินเวอร์เตอร์ชนิดอื่นๆ เนื่องจากว่าใช้อุปกรณ์จำนวนน้อยกว่าในการสร้างอินเวอร์เตอร์

4. ไม่มีการคำนึงถึงผลของคุณสมบัติของรูปเท้าไคร์ เนื่องจากว่าจุดประสงค์ของโครงงานนี้เพื่อสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรองแทนระบบได้เท่านั้น เมื่อระบบเกิดผิดปกติขึ้น แต่สิ่งที่พิเศษกว่าคือการควบคุมที่ง่ายกว่าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC18F258)

5. เนื่องจากรูปคลื่นสัญญาณในการสวิตซ์ซึ่งวงจรอินเวอร์เตอร์ จะสวิตซ์ซึ่งที่ความถี่ 50 Hz ดังนั้นอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งจึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้การตอบสนองที่รวดเร็ว (Slow dynamic Respond)

6. เนื่องจากสัญญาณที่ใช้ในการขับเป็นรูปคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยม มีความถี่ 50 Hz ดังนั้นการสร้างสัญญาณขับมอสเฟตด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์จึงทำได้ง่ายกว่า

7. การออกแบบวงจรและชิ้นส่วนต่างๆสามารถทำได้ง่าย เนื่องจากว่าใช้งานที่ความถี่ต่ำ จึงมักไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องการ สไปค์ (Spike) จากการใช้หม้อแปลงความถี่สูง หรือผลจากเส้นแรงสนามแม่เหล็กมีค่าไม่เท่ากัน

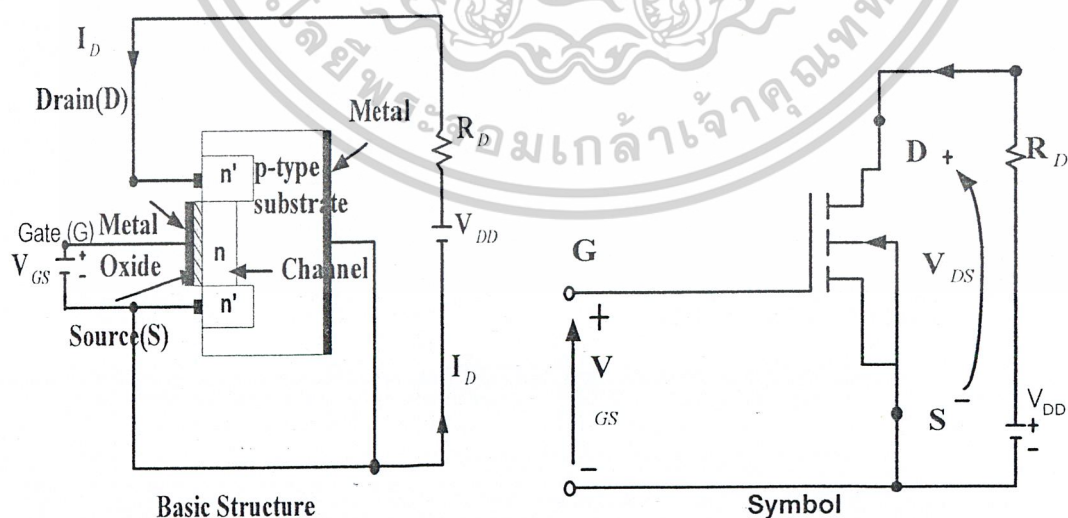
8. การออกแบบหม้อแปลงไม่จำเป็นต้องใช้แกนเฟอร์ไรท์ ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดได้มาก

2.2.1.3 มอสเฟตกำลัง (Power Mosfet)

มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ประเภทใช้แรงดันในการควบคุม กล่าวคือ ต้องใช้แรงดัน V_{GS} ควบคุมในการไหลของกระแสเดรน (I_D)

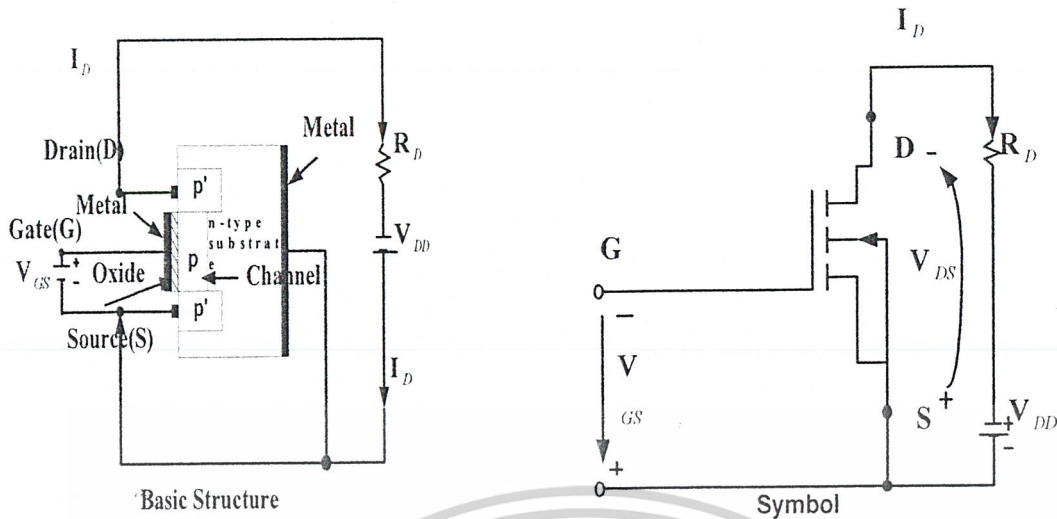
2.2.1.3.1 ประเภทของมอสเฟต

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



(a) n-channel depletion-type Mosfet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



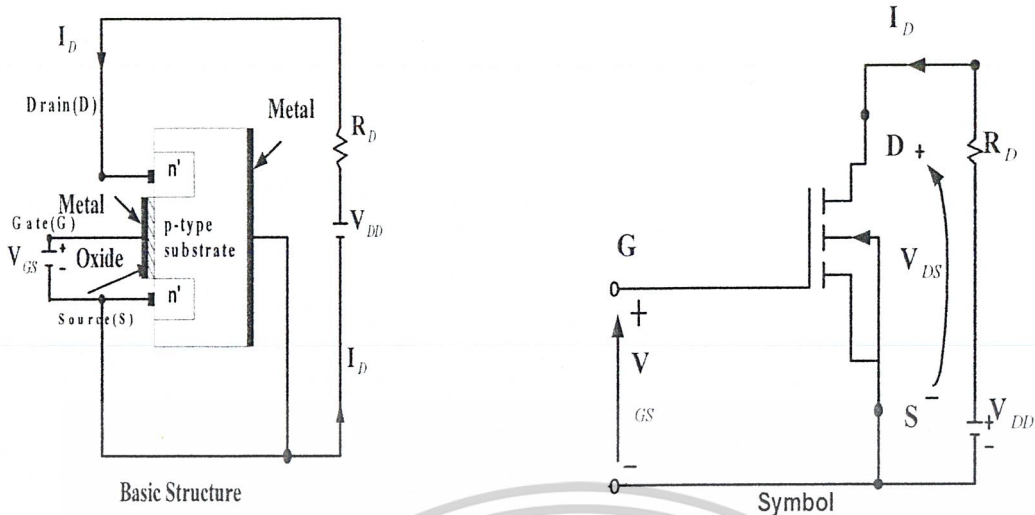
(b) p-channel depletion-type Mosfet

รูปที่ 2-4 แสดง โครงสร้างของมอสเฟตแบบ N และ P ชนิดดีพลีชัน

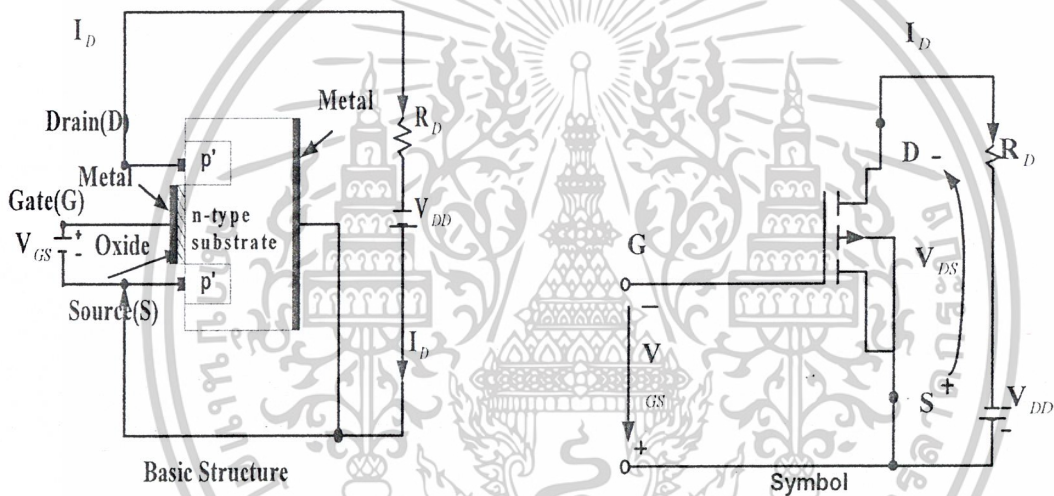
โครงสร้างของดีมอสเฟตแบบแชนแนล N ในรูปที่ a ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P ซึ่งสร้างขึ้นจากซิลิคอน และเรียกว่าแผ่นพนักฐาน P (P-type Substrate) โดยขั้ว D และขั้ว S ต่อกับบริเวณที่มีการกระตุ้น หรือโด๊ปให้เป็นบริเวณสารกึ่งตัวนำ N (N-Doped Region ; N) บริเวณสารกึ่งตัวนำ N ทั้งสองส่วนนี้ต่อกับวัสดุผิวนอกที่เป็นโลหะ (Metal) โดยมีซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) กั้นระหว่างแชนแนล N กับขั้ว G [ซิลิคอนไดออกไซด์เป็นฉนวนประเภทไดอิเล็กทริก (Dielectric)] ถ้าแรงดันเกต - ซอร์ส (V_{GS}) มีค่าเป็นลบ อิเล็กตรอนบางส่วนในแชนแนล N สร้างบริเวณปลอดพาหะ (Depletion Region) ภายในขั้วออกไซด์ ทำให้แชนแนลแคบลง ความต้านทานจากขั้วเดรนไปซอร์ส (R_{DS}) เริ่มมีค่าสูง เมื่อ V_{GS} มีค่าเพียงพอ แชนแนลจะหายไป R_{DS} จึงมีค่าสูงมาก และ ไม่มีกระแสไหลจากขั้วเดรนไปซอร์ส นั่นคือ I_{DS} เท่ากับ ศูนย์ ระดับ V_{GS} นี้เรียกว่าแรงดันพินช์ออฟ (Pinch-off Voltage ; V_p)

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

หลักการที่กล่าวมานี้ ใช้ได้กับดีมอสเฟตแบบแชนแนล P (ดังรูป b) โดยขั้วของ V_{DS} , I_{DS} และ V_{GS} เปลี่ยนเป็นขั้วตรงข้ามกับกรณีดีมอสเฟตแบบแชนแนล N



(a) n-channel enhancement-type Mosfet



(b) p-channel enhancement-type Mosfet

รูปที่ 2-5 แสดง โครงสร้างของมอสเฟตแบบ N และ P ชนิดเอนแฮนซ์เมนต์

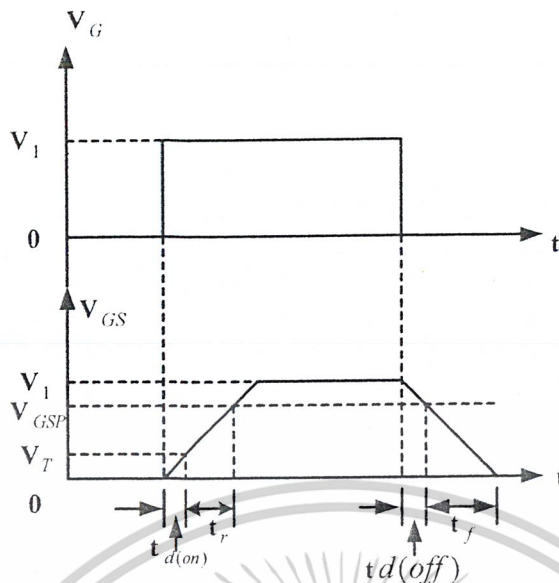
อิมอสเฟตแบบแซนแนล N นั้นไม่มีแซนแนลดังรูป a ถ้า V_{GS} เป็นบวก แรงดันเหนี่ยวนำจะดึงดูดอิเล็กตรอนจากแผ่นพนักฐาน P และรวบรวมไว้ที่ผิวภายในชั้นออกไซด์ ถ้า V_{GS} มากกว่าหรือเท่ากับค่าแรงดันธรชโฮลด์ (Threshold Voltage; V_T) จึงมีกระแสไหลจากเดรนไปซอร์ส (I_{DS})

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

2.2.1.3.2 คุณสมบัติในการสวิตช์

ผลกระทบที่เกิดจากคาปาซิเตอร์บริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำในอิมอสเฟตทำให้เขียนรูปคลื่นในการสวิตช์เป็นดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



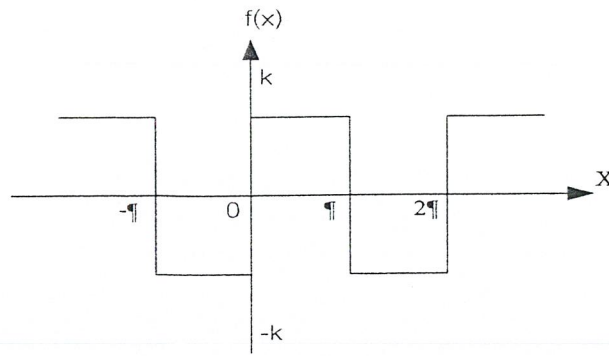
รูปที่ 2-6 แสดงรูปคลื่นแรงดันในการสวิตช์ของแรงดันเกต

เมื่อป้อนแรงดันเกตเพิ่มจากศูนย์ถึง V_1 เวลาที่ใช้ในการอัดประจุพาซิเตอร์ (ภายในตัวของอีมอสเฟต) ให้มีค่าถึงระดับแรงดันเรตไฮลด์ V_R ซึ่งเรียกว่า ช่วงเวลาดีเลย์ในการเปิด (Turn – on Delay Time ; $t_{d(on)}$) และช่วงเวลาที่ขาขึ้น (t_r) เป็นเวลาอัดประจุจากระดับ V_R จนกระทั่งมีค่าถึงระดับแรงดันเกตเต็มที (Full Gate Voltage ; V_{GSP}) ซึ่งใช้ในการขับมอสเฟตไปสู่บริเวณเชิงเส้น โดยดูรูป c ประกอบ

เวลาที่กาพาซิเตอร์ในการคายประจุจาก V_1 ไม่จนถึงบริเวณพินซ้อฟ เรียกว่าช่วงเวลาดีเลย์ในการปิด (Turn – off Delay Time ; $t_{d(off)}$) และช่วงเวลาที่ขาลง (t_f) เป็นเวลาที่กาพาซิเตอร์ใช้ในการคายประจุจากบริเวณพินซ้อฟจนถึง V_T (ถ้า $V_{GS} < V_T$ มอสเฟตจะปิด)

2.2.1.4 คุณลักษณะของสัญญาณขับ (Drive Mosfet Signal)

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าสัญญาณที่ใช้ขับมอสเฟตจะเป็นรูปคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยม โดยมีค่าดีวีดีไซเคิล (k) เท่ากัน ดังนั้นค่าแรงดันที่ได้จากวงจรอินเวอร์เตอร์ และเข้าสู่หม้อแปลงเพื่อทำการแปลงแรงดันให้สูงขึ้นนั้นสัญญาณที่เอาท์พุทหรือภาระจะทีสัญญาณเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมเหมือนสัญญาณขับ ซึ่งแรงดันที่ใช้งานสำหรับภาระนั้นจะมีค่าเป็นแรงดันส่วนหลัก (Fundamental Voltage) ของสัญญาณสี่เหลี่ยมนี้ โดยที่แอมพลิจูดส่วนหลักเมื่อรวมกับแรงดันฮาร์โมนิกทุก ๆ ฮาร์โมนิกจะรวมกันมีค่าเป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมนี้ ซึ่งแสดงดังรูป โดยจะต้องทำการฟูเรียร์สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมนี้เพื่อต้องการทราบค่าแรงดันส่วนหลัก โดยจะแสดงได้คือ



รูปที่ 2-7 รูปคลื่นสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ได้มาจากอุปกรณ์สวิตซ์ซิ่ง

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

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

$$\begin{aligned} a_n &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx \\ &= \frac{1}{\pi} \left[\int_{-\pi}^0 (-k) \cos nx dx + \int_0^{\pi} k \cos nx dx \right] \\ &= \frac{1}{\pi} \left[-\frac{k}{n} \sin(nx) \Big|_{-\pi}^0 + \frac{k}{n} \sin(nx) \Big|_0^{\pi} \right] \\ &= 0 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} b_n &= \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx dx \\ &= \frac{1}{\pi} \left[\int_{-\pi}^0 (-k) \sin nx dx + \int_0^{\pi} k \sin nx dx \right] \\ &= \frac{1}{\pi} \left[\frac{k}{n} \cos(nx) \Big|_{-\pi}^0 - \frac{k}{n} \cos(nx) \Big|_0^{\pi} \right] \\ &= \frac{k}{n\pi} [\cos 0 - \cos(-n\pi) - \cos n\pi + \cos 0] \end{aligned}$$

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ถ้า $\cos nx$ คือ $-1, n = 1, 3, 5, 7, \dots$ และ $1, n = 2, 4, 6, 8, \dots$

และ $1 - \cos nx$ คือ $2, n = 1, 3, 5, 7, \dots$ และ $0, n = 2, 4, 6, 8, \dots$

ดังนั้น

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

เพราะฉะนั้นจะได้ว่า

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

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

ซึ่งจากการฟูรีเยร์สัญชาตญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมแล้ว จะคิดเฉพาะพจน์แรกที่เป็นค่าส่วนหลัก (Fundamental)

และจะตัดในส่วนที่เป็นรูปคลื่นฮาร์โมนิกในความถี่ต่างๆทิ้งไป

โดย $b_1 = V(t), k = V_d$ และ $x = \omega t$ จะได้สมการ

$$v(t) = \frac{4V_d}{\pi} \sin \omega t$$

ดังนั้นจากสมการนี้จะนำไปใช้ในการกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่สร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 18F258) ต่อไป

2.2.2 การอัดประจุแบตเตอรี่ (Battery Charge)

เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่อัดประจุให้กับแบตเตอรี่ โดยอุปกรณ์นี้จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับยูทีเอสระบบออฟ-ไลน์ (Off-Line UPS) ขณะระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้ามีสภาพปกตินั้น เครื่องอัดประจุจะทำการอัดประจุให้กับแบตเตอรี่เท่านั้น โดยไม่มีการจ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์ แต่เมื่อระบบไฟฟ้าผิดปกติขึ้น มันจะหยุดทำงานและแบตเตอรี่จะจ่ายพลังงานให้กับอินเวอร์เตอร์

2.2.2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่ใช้ในโรงงานนี้เป็นแบตเตอรี่แบบตะกั่ว - กรด ซึ่งจะขอกว่าชนิดและคุณสมบัติกว้าง ๆ โดยแบ่งได้เป็น 2 ชนิดดังนี้

2.2.2.1.1 Non spill lead - acid Battery

แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

2.2.2.1.1.1 Standard Battery แบตเตอรี่ชนิดนี้เมื่อไม่ได้ใช้งานจะมี self - discharge ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม จึงต้องมีการอัดประจุใหม่ทุก ๆ 4-6 สัปดาห์เพื่อชดเชย self - discharge ซึ่งแบตเตอรี่นี้เหมาะสำหรับการใช้งานในช่วงสั้น ๆ

2.2.2.1.1.2 Permanent Battery แบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถเก็บในที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสได้เป็นเวลานานหลาย ๆ เดือน โดยไม่ต้องมีการดูแลรักษาและสามารถอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ทุก ๆ 10 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมี self – discharge ต่ำ เนื่องจากใช้ lead alloy ชนิดพิเศษ เหมาะสำหรับการใช้งานพิเศษที่ต้องการ อายุการใช้งานสูงกว่าแบบ Standard Battery

2.2.2.1.2 Recombining sealed lead – acid Battery

ปกติแล้วเมื่อแบตเตอรี่อัดประจุจนถึงระดับ overcharge กรดซัลฟูริกที่เป็นอิเล็กโทรไลต์จะเกิดปฏิกิริยาเป็นก๊าซ H_2 และ O_2 ทำให้ความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุให้ต้องมีการเติมน้ำกลั่นมิฉะนั้นแบตเตอรี่จะเสื่อมคุณภาพได้ การเติมน้ำกลั่นเป็นการจำกัดวงในการใช้งานแบตเตอรี่ ฉะนั้นจึงมีการพัฒนาแบตเตอรี่ใช้งาน โดยไม่ต้องเติมน้ำกลั่นซึ่งแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

2.2.2.1.2.1 แบตเตอรี่แบบ Non – Recombining หรือ Partia Recombining แบตเตอรี่ชนิดนี้ไม่ต้องบำรุงรักษาใด ๆ และไม่ต้องอัดประจุให้ถึงระดับ overcharge เพื่อให้แบตเตอรี่เต็ม ในกรณีที่อุณหภูมิใช้งานสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมมาก ๆ แบตเตอรี่จะเกิดก๊าซทำให้ความดันสูงขึ้น ซึ่งแบตเตอรี่จะมีวาล์วที่คอยเปิดให้ก๊าซออกไปในทันทีและวาล์วจะปิดอัตโนมัติเมื่อความดันก๊าซต่ำลง ด้วยเหตุนี้จึงใช้ได้กับทุกสภาวะแวดล้อม แบตเตอรี่แบบนี้จะปิดผนึกไว้ ซึ่งภายในแบตเตอรี่จะไม่เกิดก๊าซอีกทั้งมีความต้านทานภายในต่ำและจ่ายกระแสได้สูง ภายใต้การอัดประจุแบบรักษาระดับแรงดันคงที่ จะอัดประจุด้วยกระแสอัดประจุสูง ๆ ในตอนเริ่มต้น และในขั้นที่ 2 เมื่อแรงดันย้อนกลับของแบตเตอรี่เริ่มสูงขึ้นจะต้องควบคุมกระแสในการอัดประจุ เมื่อแบตเตอรี่เต็มจะต้องรักษาแรงดันแบตเตอรี่โดยลดกระแสให้เหลือน้อย ๆ เพื่อไม่ให้เกิด over voltage และป้องกัน electrolyte loss partially recombining แบตเตอรี่แบบตะกั่ว – กรดที่มีขนาดความจุเดียวกันสามารถต่อกันแบบอนุกรมหรือขนานก็ได้ ถ้าประจุแบตเตอรี่แบบอนุกรมจะใช้แรงดันสูงและกระแสน้อย ๆ ส่วนถ้าอัดประจุแบตเตอรี่แบบขนานใช้แรงดันต่ำกระแสสูง ๆ แบตเตอรี่แบบนี้สามารถอัดประจุและจ่ายประจุ ได้ที่อุณหภูมิ -20 ถึง 50 องศาเซลเซียส ซึ่งดีกว่าแบบนิกเกิล – แคดเมียม (Nikel – Cadmium)

2.2.2.1.2.2 แบตเตอรี่แบบ Fully Recombining โครงสร้างคล้าย ๆ กับแบบ Standard Cylindrical Nicad เหมาะสำหรับการใช้งาน standby มีการรวมตัวของก๊าซ O_2 ที่ดี ก๊าซเกิดขึ้นคือ H_2 และ O_2 จะรวมตัวกันเป็นน้ำ ทำให้ปริมาณของอิเล็กโทรไลต์ไม่ลดลง อายุการใช้งานขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและสภาพแวดล้อม มีความต้านทานภายในต่ำ อัตราการ discharge สูงการอัดประจุส่วนใหญ่เป็นแบบ constant voltage , constant current , pulse charging และอื่น ๆ

ขบวนการปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี



2.2.2.2 พารามิเตอร์ในการอัดประจุ

2.2.2.2.1 การชดเชยทางอุณหภูมิของการอัดประจุ โดยการอัดประจุจะปรับค่าแรงดันที่อัดประจุซึ่งต้องมีการชดเชยทางอุณหภูมิโดยการตรวจจับอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 เวลาที่อัดประจุเสร็จ เวลาที่แบตเตอรี่ถูกอัดประจุเต็มขึ้นอยู่กับสภาวะการดิชาร์จและลักษณะการอัดประจุ รวมทั้งอุณหภูมิด้วย

2.2.2.3 อุณหภูมิในขณะการอัดประจุ ควรทำการอัดประจุที่อุณหภูมิ 0 ถึง 40 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิในการอัดประจุมีประสิทธิภาพดีคือในช่วง 5 ถึง 30 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิต่ำกว่าหรือสูงกว่าที่กำหนด อาจทำให้การอัดประจุได้ไม่มากหรือร้อนเกินไป

2.2.2.4 การชาร์จประจุเกิน การอัดประจุเพิ่มขึ้นอีกหลังจากแบตเตอรี่อัดประจุเต็มแล้ว เรียกว่า โอเวอร์ชาร์จ (Overcharge) ซึ่งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องมีผลทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง

2.2.2.3 วิธีการอัดประจุแบตเตอรี่

แบ่งได้ 4 ชนิด คือ

2.2.2.3.1 การอัดประจุแบบกระแสคงที่ (Constant Current Charging)

วิธีนี้มีข้อดีตรงที่ว่าไม่จำเป็นต้องมีการชดเชยทางอุณหภูมิเหมือนกับการชาร์จแบบแรงดันคงที่ แต่ก็มีข้อเสียคือต้องระมัดระวังเรื่องในการอัดประจุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการอัดประจุด้วยกระแสสูง ๆ ซึ่งแบตเตอรี่จะเต็มภายในเวลาอันสั้น ๆ เท่านั้น การอัดประจุด้วยอัตราสูงมีผลทำให้แรงดันที่แบตเตอรี่สูงเกินไป นำ้จะเกิดการแตกตัวและมีความร้อนเกิดขึ้น การอัดประจุแบบนี้อาจใช้ในการอัดประจุใหม่ให้กับแบตเตอรี่ที่เก็บไว้นานแล้ว ซึ่งสามารถอัดประจุได้ที่เคียวหลาย ๆ ลูก

2.2.2.3.2 การอัดประจุแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charging)

โดยมีความต้องการให้แบตเตอรี่อยู่ในสภาวะประจุเต็ม (Fully Charge) เสมอ โดยต้องระวังเรื่องอัตราการอัดประจุสูงเกินไป ซึ่งการอัดประจุแบบนี้ทำให้แรงดันเอาท์พุทที่มีเสถียรภาพ พร้อมทั้งมีความจุกระแสสูง ซึ่งในช่วงที่แรงดันแบตเตอรี่มีค่าต่ำ ๆ ความต้านทานของแบตเตอรี่มีค่าน้อยมาก ฉะนั้นกระแสที่อัดประจุจึงมีค่าสูงมาก เป็นผลให้เครื่องอัดประจุต้องมีขนาดใหญ่และราคาแพง อีกทั้งยังทำให้เกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่ ซึ่งปกติเครื่องอัดประจุแบบนี้จะมี อุปกรณ์ช่วยในการจำกัดกระแสเริ่มต้น โดยใช้ constant current regulation ซึ่งในช่วงสุดท้ายของการอัดประจุกระแสจะถูกลดลงอย่างอัตโนมัติ ซึ่งไม่ทำให้เกิดการสลายตัว

2.2.2.3.3 การอัดประจุแบบลดค่ากระแส (Tapered Current Charging)

เป็นวิธีการอัดประจุแบตเตอรี่ที่ง่ายไม่ซับซ้อน ราคาถูก วงจรการอัดประจุประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง วงจรเรกติไฟเออร์ และค่าความต้านทานที่เหมาะสมสำหรับจำกัดกระแส แต่วิธีนี้ไม่เหมาะสมสำหรับการอัดประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่ว - กรด ปิดผนึก เนื่องจากกระแสที่ใช้อัดประจุจะกระเพื่อมตามแรงดันไฟฟ้าของระบบ ซึ่งทำให้แรงดันแบตเตอรี่เปลี่ยนแปลงไปด้วย แต่ก็สามารถลดผลอันนี้ได้โดยการใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีแรงดันด้านทุติยภูมิสูงกว่าแรงดันแบตเตอรี่ และเลือกค่าความต้านทานที่เหมาะสมในการจำกัดกระแส โดยที่การอัดประจุแบบนี้สามารถใช้แทนแบบการอัดประจุคงที่ได้ ไม่เพียงเฉพาะการอัดประจุแบตเตอรี่หลาย ๆ ลูกในครั้งเดียวเท่านั้น ยังสามารถใช้ในระบบ trickle charge ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.3.4 การอัดประจุแบบรวม (Combination Charging : two – step)

วิธีนี้บางทีเรียกว่า “two – rate” หรือ “two – step” โดยเกิดจากการรวมกัน 2 แบบ คือ การอัดประจุ แบบกระแสคงที่และแรงดันคงที่เข้าด้วยกัน โดยในขั้นแรกจะใช้วิธีการอัดประจุเร็ว และขั้นที่สองจะอัดประจุด้วยกระแสต่ำ ๆ การสวิตช์จากขั้นแรกไปยังขั้นที่สองอาจทำได้หลายวิธีเช่นตรวจสอบแรงดันที่แบตเตอรี่หรือควบคุมเวลาในการอัดประจุ หรือตรวจสอบกระแสในการอัดประจุ เป็นต้น

2.2.2.4 การอัดประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว – กรด โดยทั่วไป

ในการอัดประจุแบตเตอรี่ชนิดนี้ จะมีการจำกัดกระแสที่ใช้อัดประจุและแรงดันต้องพยายามให้คงที่มากที่สุด ปริมาณกระแสที่ใช้ในการอัดประจุโดยปกติจะจำกัดอยู่ที่ 0.2 C สำหรับ Lead – antimony Battery และ 0.5 C สำหรับ Lead – calcium Battery เมื่อ C คือ ความจุแบตเตอรี่ (หน่วย Ampere – hour (Ah)) ถ้าหากการอัดประจุโดยใช้กระแสมากเกินไป จะทำให้อุณหภูมิภายในแบตเตอรี่สูงและทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลง และถ้าหากอัดประจุที่กระแสน้อยเกินไปจะทำให้มี Lead – sulfate เกาะหลงเหลืออยู่ในแผ่นเพลท (plate) ของแบตเตอรี่ ซึ่งจะทำให้การจ่าย Ampere – hour ไม่ได้เท่ากับพิกัดของแบตเตอรี่ และถ้าต้องการให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานยาวนาน แรงดันพีกทูพีก (peak to peak ripple) ซึ่งเป็นแรงดันเอาท์พุทของอุปกรณ์อัดประจุแบตเตอรี่ ควรจะมีค่าไม่เกิน 0.5 % ของแรงดันดีซี “พึงระลึกเสมอว่าการอัดประจุแบตเตอรี่ที่ค่าพิกัดของแบตเตอรี่ จะสามารถยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้ยาวนานขึ้น”

2.2.2.5 การประยุกต์ใช้งาน

ในการประยุกต์ใช้งานของ Sealed lead – acid Battery แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

2.2.2.5.1 Cyclic Operation

การทำงานเป็นรอบ ๆ ต้องการเวลาในการอัดประจุสั้น และต้องป้องกันการอัดประจุและดิสชาร์จเกิน สิ่งสำคัญในการอัดประจุด้วยแรงดันคงที่ คือ การรักษาแรงดันเอาท์พุทไว้ที่ระดับสุดท้ายของการอัดประจุและจำกัดกระแสให้ต่ำกว่าค่าที่ออกแบบไว้สูงสุด ถ้าแบตเตอรี่ถูกอัดประจุในช่วงอุณหภูมิสถานะแวดล้อมกว้าง ๆ จะต้องมี การชดเชยอุณหภูมิด้วย มิฉะนั้นการอัดประจุอาจสูงไปหรือต่ำไปในที่อุณหภูมิและอุณหภูมิต่ำ

2.2.2.5.2 Standby / Backup Charging

ใช้งานในประเภทสำรองเอาไว้ใช้ในยามต้องการ ปกติจะเก็บในสภาพแบตเตอรี่เต็ม ตลอดเวลา และจะจ่ายพลังงานไปให้กับภาระเมื่อระบบผิดปกติ

2.2.2.5.3 Trickle Charge

โดยปกติระบบของการไฟฟ้า ทำการจ่ายพลังงานให้กับภาระหรืออุปกรณ์ในขณะที่แบตเตอรี่ไม่ได้ถูกต่อกับภาระ ถ้าหากเกิดการผิดปกติขึ้นที่ระบบนั้น วงจรแบตเตอรี่จะถูกเชื่อมเข้ากับภาระเพื่อจ่ายพลังงาน โดยจะต้องพิจารณาการชดเชยสำหรับ Self Discharge โดยการอัดประจุแบตเตอรี่ที่ค่ากระแสคงที่ต่ำ ๆ เพื่อให้แบตเตอรี่อยู่ในสถานะประจุเต็มตลอดเวลาในกรณี Deep Discharge จะต้องอัดประจุแบตเตอรี่เป็นเวลานาน ฉะนั้นวิธีอัดประจุแบบ two – rate และแบบแรงดันคงที่ที่เหมาะสมมากกว่าใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอัดประจุ เนื่องจากมีโวลต์การอัดประจุเริ่มต้นเร็ว แต่แบบ two – rate charge จะเหมาะสมกว่าเพราะไม่จำเป็นต้องชดเชยทางอุณหภูมิ

2.2.2.5.4 Float Charge

โดยในแบบนี้ ทั้งการระและแบตเตอรี่ต่อกันแบบขนานกับวงจรเร็คตีไฟเออร์ ระบบนี้จะใช้ได้เฉพาะการอัดประจุแบบแรงดันคงที่เท่านั้น ซึ่งแรงดันที่อัดประจุต้องมีเสถียรภาพการกระเพื่อมอย่างมากของแรงดันที่อัดประจุ มีผลให้แบตเตอรี่ดีสชาร์จเพียงเล็กน้อย ซึ่งการอัดประจุแบบแรงดันคงที่ จะต้องออกแบบให้จ่ายได้ที่ภาระสูงสุด มิฉะนั้นจะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง โดยตามปกติอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แบบ Float จะสั้นกว่าการอัดประจุแบบ Trickle

2.2.2.6 คุณลักษณะที่สำคัญของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว – กรด

โดยปกติแบตเตอรี่ชนิด Lead – Acid ที่ออกแบบให้ใช้ได้กับ UPS ต้องมีความจุสูง อายุการใช้งานที่ยาวนานถึง 80 % ของช่วงเปิดวงจร แรงดันที่อัดประจุแบตเตอรี่จะเท่ากับ 2.1 เซลล์ และจะลดลงขณะแบตเตอรี่คายประจุ หรืออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น โดยที่แรงดันของแบตเตอรี่และแรงดันที่ป้อนให้กับอินเวอร์เตอร์ เทียบกับย่านการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไป โดยจะแสดงไว้ในตารางที่ 3-1

	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	2.2 – 2.25	2.2 – 2.25	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

ตารางที่ 2-1 แสดงค่าต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว – กรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

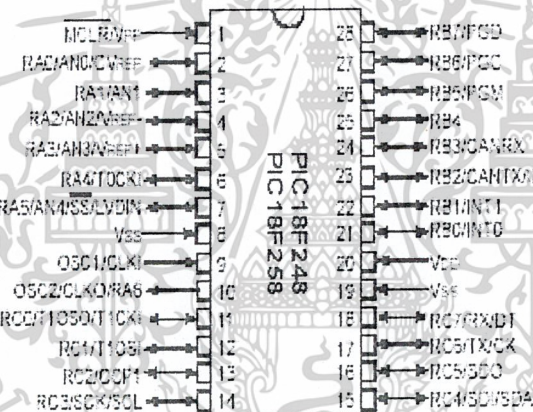
2.2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 18F258)

สามารถกล่าวได้เลยว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากหรืออาจพูดได้ว่าคือหัวใจหลักของ สมาร์ทยูพีเอส เลย์ที่เดียว เพราะว่าอุปกรณ์ทุกชิ้นที่ประกอบเข้ากันเป็น ยูพีเอส นั้นจะต้องถูกไมโครคอนโทรลเลอร์ ควบคุมแทบทั้งสิ้นไม่ว่าจะเป็น

1. สวิตช์สับเปลี่ยน โดยใช้รีเลย์
2. ชุดอัดประจุแบตเตอรี่พร้อมทั้งชุดตรวจสอบแรงดันอัดประจุ
3. ชุดตรวจสอบแรงดันไฟตก - เกิน
4. ชุด วงจร พุช - พูล อินเวอร์เตอร์

โดยที่กล่าวมาทั้งหมดล้วนถูกควบคุมการทำงานด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์แทบทั้งสิ้น และยังมีอีกบางส่วนที่ยังไม่ได้กล่าวถึงก็ยังคงถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อีกเหมือนกัน

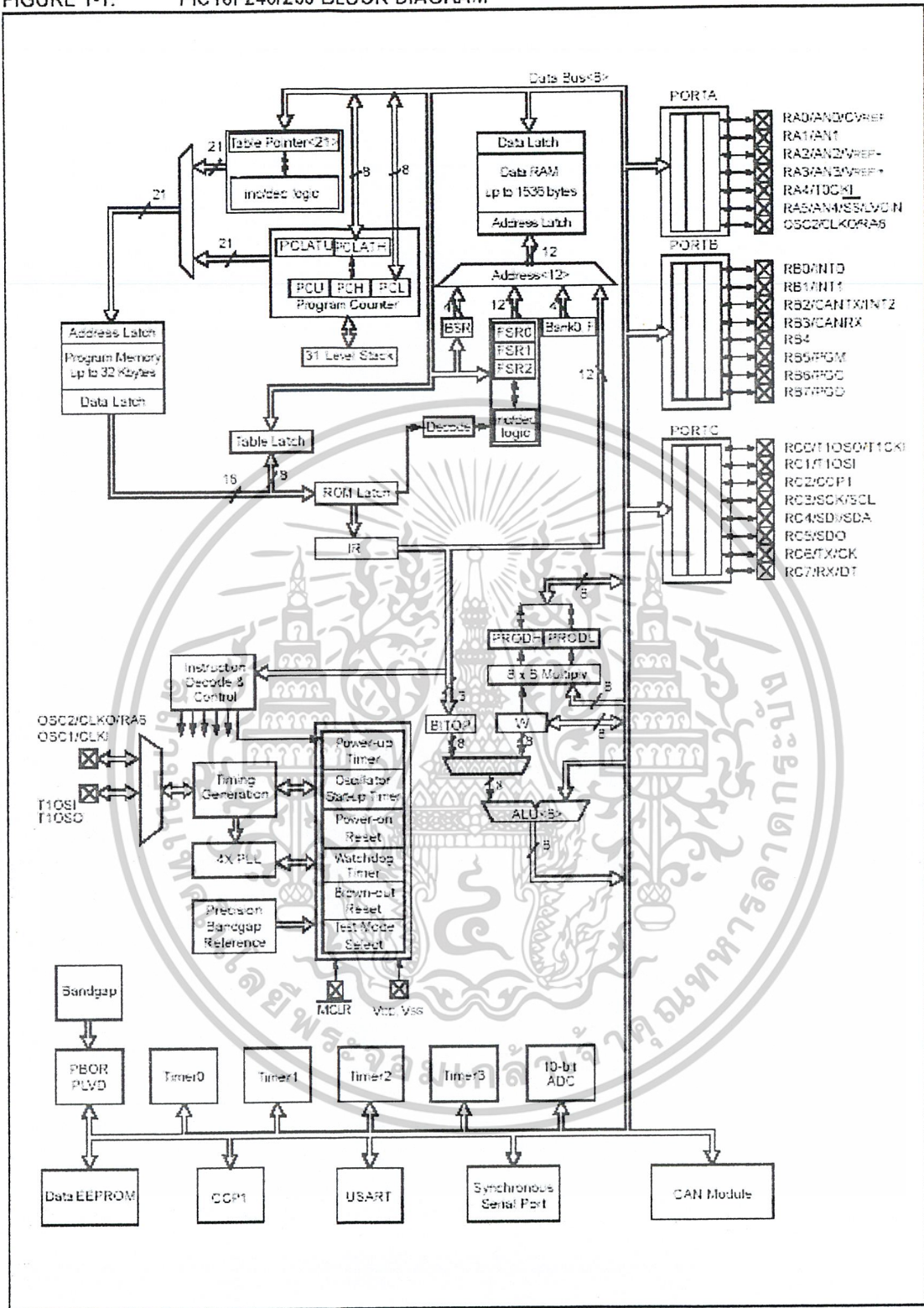
2.2.3.1 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 18F258)



รูปที่ 2-8 รูปร่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 18F258) ที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 1-1: PIC18F248/258 BLOCK DIAGRAM



รูปที่ 2-9 แสดงบล็อกไดอะแกรมโครงสร้างและสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์(PIC18F258)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.2 คุณสมบัติพิเศษของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 18F258)

TABLE 1-1: PIC18FXX8 DEVICE FEATURES

Features		PIC18F248	PIC18F258	PIC18F448	PIC18F458
Operating Frequency		DC - 40 MHz	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz	DC - 40 MHz
Internal Program Memory	Bytes	16K	32K	16K	32K
	# of Single Word Instructions	8192	16384	8192	16384
Data Memory (Bytes)		768	1536	768	1536
Data EEPROM Memory (Bytes)		256	256	256	256
Interrupt Sources		17	17	21	21
I/O Ports		Ports A, B, C	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E
Timers		2	2	2	4
Capture/Compare/PWM Modules		1	1	1	1
Enhanced Capture/Compare/PWM Modules		---	---	1	1
Serial Communications		MSSP, CAN, Addressable USART	MSSP, CAN, Addressable USART	MSSP, CAN, Addressable USART	MSSP, CAN, Addressable USART
Parallel Communications (PSP)		No	No	Yes	Yes
10-bit Analog-to-Digital Converter		5 input channels	5 input channels	8 input channels	8 input channels
Analog Comparators		No	No	2	2
Analog Comparators VREF Output		N/A	N/A	Yes	Yes
RESETS (and Delays)		POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)
Programmable Low Voltage Detect		Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset		Yes	Yes	Yes	Yes
CAN Module		Yes	Yes	Yes	Yes
In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™)		Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set		75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions
Packages		28-pin SPDIP 28-pin SOIC	28-pin SPDIP 28-pin SOIC	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP

ตารางที่ 2-2 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC 18FXXX

2.2.3.2.1 รีจิสเตอร์หลักของ PIC18F258

2.2.3.2.1.1 รีจิสเตอร์ STATUS

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลแสดงสถานการณ์ทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F258 ว่าจะเป็นแฟล็กแสดงผลของการกระทำทางคณิตศาสตร์และลอจิก แสดงการทำงานของวอตช์ด็อก ไทมเมอร์แสดงการทำงานในโหมดสลีป และใช้ในการเลือกแบงก์ของหน่วยความจำข้อมูลแรม มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 0*03 ในแบงก์ 0, 0*83 ในแบงก์ 1, 0*103 ในแบงก์ 2 และ 0*183 ในแบงก์ 3 ดังมีรายละเอียดของแต่ละบิตภายในรีจิสเตอร์ STATUS ต่อไปนี้

STATUS

IRP	RP1	RPO	TO	PD	Z	DC	C
R/W -0	R/W -0	R/W -0	R -1	R -1	R/W -x	R/W -x	R/W -x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRP (Indirect Register Bank Select bit – บิต 7) : ใช้เลือกแบงก์ของหน่วยความจำข้อมูลแรม และรีจิสเตอร์ไฟล์ เมื่อใช้การอ้างถึงแบบโดยอ้อม (indirect addressing mode)

“0” - เลือกแบงก์ 0 และ 1 (แอดเดรส 0*00-0*FF)

“1” - เลือกแบงก์ 2 และ 3 (แอดเดรส 0*100-0*1FF)

RP1-RPO (Register Bank Select bit – บิต 6 และ 5) : ใช้เลือกแบงก์ของหน่วยความจำข้อมูลแรม และรีจิสเตอร์ไฟล์ เมื่อใช้การอ้างถึงแบบโดยตรง (direct addressing mode)

“00” - แบงก์ 0 (แอดเดรส 0*00-0*7F)

“01” - แบงก์ 1 (แอดเดรส 0*80-0*FF)

“10” - แบงก์ 2 (แอดเดรส 0*100-0*17F)

“11” - แบงก์ 3 (แอดเดรส 0*180-0*1FF)

TO (Time-out bit-บิต4) : บิตแสดงขอบเขตเวลา แสดงการเกิดใหม่เอาต์เมื่อวอตซ์ด็อกไทมเมอร์ (WDT) ทำงานครบเวลาที่กำหนด โดยแอกตีฟเป็นลอจิก“0” บิตนี้สามารถอ่านได้เพียงอย่างเดียว บิตนี้จะเซตเมื่อจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ หรือเมื่อกระทำคำสั่ง CLRWDT หรือ SLEEP

PD (Power-down bit-บิต3) : บิตแสดงการทำงานในโหมดสลีปหรือโหมดประหยัดพลังงาน เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าสู่โหมดสลีป โดยการกระทำคำสั่ง SLEEP บิตนี้จะกลายเป็นลอจิก “0” บิตนี้สามารถอ่านได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้นการ เซตบิตนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเริ่มต้นจ่ายไฟให้แก่อุปกรณ์ที่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ หรือเมื่อกระทำคำสั่ง CLRWDT ทำให้เกิดการเวกซ์ออกจากโหมดสลีป

Z (Zero bit-บิต2) : บิตศูนย์ ใช้แสดงผลการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์

“0” - หลังจากกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้ว ผลลัพธ์ไม่เป็นศูนย์

“1” - หลังจากกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้ว ผลลัพธ์เป็นศูนย์

DC (Digit carry/borrow bit-บิต1) : บิตทดหรือยืมระหว่างหลัก

ในกรณีที่กระทำคำสั่ง ADDWF และ ADDLW ที่บิต DC จะเกิดผลดังนี้

“0” - หากไม่เกิดการทดข้ามจากบิต 3 ไปยังบิต 4

“1” - หากเกิดการทดข้ามจากบิต 3 ไปยังบิต 4

ในกรณีที่กระทำคำสั่ง SUBWF และ SUBLW ที่บิต DC จะเกิดผลดังนี้

“0” - หากเกิดการยืมค่าจากบิต 4 มายังบิต 3

“1” - หากไม่เกิดการยืมค่าจากบิต 4 มายังบิต 3

C (Carry/borrow bit-บิต0) : บิตทดหรือยืม ใช้แสดงผลการทดและยืมค่าทางคณิตศาสตร์

ในกรณีที่กระทำคำสั่ง ADDWF และ ADDLW ที่บิต C จะเกิดผลดังนี้

“0” - หากไม่เกิดการทดจากบิต MSB หรือบิต 7

“1” - หากเกิดการทดจากบิต MSB หรือบิต 7

ในกรณีที่กระทำคำสั่ง SUBWF และ SUBLW ที่บิต C จะเกิดผลดังนี้

“0” - หากเกิดการยืมค่าของบิต MSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“1” - หากไม่เกิดการขี้มค่าของบิต MSB

2.2.3.2.1.2 รีจิสเตอร์ OPTION

เป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถอ่านและเขียนได้ทุกบิต บรรจุข้อมูลควบคุมการพูลอัปของพอร์ต B, การเลือกขอบขาของสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา RBO/INT, ข้อมูลควบคุมการทำงานของไทเมอร์ 0 และวอตช์ด็อกไทเมอร์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 0/81 ในแบงก์ 1 และ 0/181 ในแบงก์ 3 ดังมีรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละบิตต่อไปนี้

OPTION

RBPU	INTDG	TOCS	TOSE	PSA	PS2	PS1	PS0
R/W -1	R/W -1	R/W -1	R/W -1	R/W -1	R/W -1	R/W -1	R/W -1

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

“0” - เอ็นเอเบิลการพูลอัป

“1” - ดิสเอเบิลการพูลอัป

INTEDG (Interrupt edge select bit-บิต6) : บิตเลือกขอบขาของสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา RBO/INT

“0” - เลือกขอบขาลงของสัญญาณ

“1” - เลือกขอบขาขึ้นของสัญญาณ

TOCS (TMRO Clock source select bit-บิต5) : บิตเลือกแหล่งจ่ายสัญญาณนาฬิกาของ ไทเมอร์ 0

“0” - เลือกรับสัญญาณจากสัญญาณนาฬิกาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

“1” - เลือกรับสัญญาณจากภายนอกที่ขา RA4/T0CKI

TOSE (TMRO Source edge select bit-บิต4) : บิตเลือกการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณเพื่อให้ไทเมอร์ 0 เพิ่มค่าขึ้น การกำหนดข้อมูลในบิตนี้เป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องจากการเลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้แก่ไทเมอร์ 0 ที่บิต TOCS หากเลือกสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกจะต้องมาเลือกการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่บิตนี้ แต่ถ้าเลือกรับสัญญาณจากสัญญาณนาฬิกาภายใน การกำหนดข้อมูลที่บิตนี้จะไม่ผลแต่อย่างใด

“0” - เลือกการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณจากค่าไปสูง

“1” - เลือกการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณจากสูงไปต่ำ

PSA (Prescaler assignment bit-บิต3) : บิตเลือกการทำงานของปริสเกลเลอร์

“0” - เลือกให้ปริสเกลเลอร์ทำงานร่วมกับไทเมอร์ 0

“1” - เลือกให้ปริสเกลเลอร์ทำงานร่วมกับวอตช์ด็อกไทเมอร์ เมื่อปริสเกลเลอร์

ทำงานกับวอตช์ด็อกไทเมอร์จะเรียกว่า โปสคัลสเกลเลอร์ (postscaler)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PS2-PSO (Prescaler rate select bit-บิต2,1 และ0) : บิตเลือกอัตราส่วนของปริสเกลเลอร์ ใช้ในการกำหนดอัตราส่วนในการทำงานของปริสเกลเลอร์ เมื่อทำงานร่วมกับทั้งวอตช์ด็อกไทมเมอร์และไทมเมอร์ 0 ซึ่งจะมีอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

2.2.3.2.1.3 รีจิสเตอร์ PCON (Power control status register)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการแจ้งสถานะของการรีเซตที่เกิดขึ้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F628 มีแอดเดรสอยู่ที่ 0*8E มีบิตใช้งานเพียง ดังนี้

PCON

-	-	-	-	OSCF	-	POR	BOR
						R/W-x	R/W-x

บิต2,4-7 ไม่ใช้งาน อ่านค่าได้เป็น "0"

OSCF (INTRC/ER oscillator speed-บิต3) : บิตเลือกความถี่สัญญาณนาฬิกาในโหมด INTRC และ ER

"0" - 37kHz

"1" - 4MHz

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

"0" - มีเหตุการณ์เพาเวอร์ออนรีเซตเกิดขึ้น

"1" - ไม่มีเหตุการณ์เพาเวอร์ออนรีเซตเกิดขึ้น

หลังจากที่เกิดเพาเวอร์ออนรีเซตขึ้น ต้องเซตบิตนี้ทันทีด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

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

"0" - มีเหตุการณ์บราวเอาต์รีเซตเกิดขึ้น

"1" - ไม่มีเหตุการณ์บราวเอาต์รีเซตเกิดขึ้น

หลังจากเกิดบราวเอาต์รีเซตขึ้น ต้องเซตบิตนี้ทันทีด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

2.2.3.2.1.4 รีจิสเตอร์ W (Working register)

เป็นรีจิสเตอร์ที่มีบทบาทสำคัญมากที่สุดของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เพราะไม่ว่าจะเป็นการประมวลทางคณิตศาสตร์หรือลอจิก ต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์ W นี้ทั้งสิ้น หรืออาจกล่าวได้ว่ารีจิสเตอร์ W แอควิวมูลเลเตอร์ (accumulator) ในการเรียกใช้รีจิสเตอร์ตัวนี้สามารถกระทำได้ทันทีและตลอดเวลา โดยผ่านคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับรีจิสเตอร์ W ซึ่งสามารถสังเกตได้จากชื่อคำสั่ง หากคำสั่งใดมีตัวอักษร W เข้าไปเป็นส่วนประกอบ คำสั่งนั้นๆจะต้องติดกับรีจิสเตอร์ W อย่างแน่นอน

2.2.3.2.1.5 โปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC)

เป็นรีจิสเตอร์พิเศษที่ทำหน้าที่ระบุแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมที่ซีพียูจะต้องไปทำการอ่านข้อมูลเพื่อทำงาน โปรแกรมเคาน์เตอร์มีขนาด 13 บิต สำหรับใน PIC16F627 ซึ่งมีขนาดหน่วยความจำโปรแกรม 1 กิโลไบต์จะใช้เพียง 10 บิต แต่สำหรับ PIC16F628 ซึ่งมีขนาดหน่วยความจำ 2 กิโลไบต์ จะใช้โปรแกรมเคาน์เตอร์จำนวน 11 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมเคาน์เตอร์แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกมีขนาด 8 บิต เป็นข้อมูลในไบต์ต่ำ (บิต 0-7) เรียกว่า รีจิสเตอร์ PCL มีแอดเดรสอยู่ที่ 0*02 อีกส่วนหนึ่งมีขนาด 5 บิตเป็นข้อมูลในไบต์สูง (บิต 8-12) เรียกว่า รีจิสเตอร์ PCH สำหรับรีจิสเตอร์ PCH ไม่สามารถเข้าถึงได้โดยตรง การปรับปรุงข้อมูลใน PCH ต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์ PCLATH ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0*0A

ในรูปที่ 2-4 แสดงการกำหนดค่าลงในโปรแกรมเคาน์เตอร์ซึ่งอาจเกิดขึ้น 4 ลักษณะคือ จากในรูปที่ 2-4 (ก) เป็นการกำหนดค่า PC หลังจากการกระทำคำสั่งทั่วไป โดยข้อมูลแอดเดรส 8 บิตใน PCL จะได้มาจากหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (ALU) ส่วนอีก 5 บิตจะผ่านมาทางรีจิสเตอร์ PCLATH

ลักษณะที่สอง เมื่อซีพียูกระทำคำสั่ง GOTO ออปโค้ด 11 บิตแรก (บิต0-10) ซึ่งเป็นค่าของแอดเดรสปลายทางจะเก็บไว้ใน PCL 8 บิต รวมกับอีก 3 บิตล่างของ PCH ส่วน 2 บิตบนของ PCH จะได้ข้อมูลมาจากบิต 3 และ 4 ของรีจิสเตอร์ PCLATH

ลักษณะที่สาม เมื่อซีพียูกระทำคำสั่ง CALL ค่าของ PC เดิมทั้ง 13 บิตจะนำไปเก็บไว้ในสแต็ก เรียกกระบวนการนี้ว่า พูช (push) จากนั้นค่าของ PC จะเปลี่ยนแปลงตามค่าของแอดเดรสที่ต้องกระโดดไปทำงาน โดยค่าของ PC ใน 2 บิตบนจะได้มาจากบิต 3 และ 4 ของ PCLATH

ลักษณะที่สี่ หลังจากทีซีพียูกระทำคำสั่ง RETURN, RETFIE หรือ RETLW จะทำการโหลดค่า PC ที่เก็บไว้ในสแต็กกลับมา เรียกกระบวนการนี้ว่า ป๊อป (pop) ดังนั้นการกำหนดค่าของ PC ในลักษณะนี้จึงไม่ต้องใช้ PCLATH ในการกำหนดค่าแต่อย่างใด

2.2.3.2.2 สแต็ก (stack)

ใน PIC16F628 มีหน่วยความจำสำรองสำหรับเก็บค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC)ชั่วคราวขนาด 13 บิตหรือเรียกว่า สแต็ก โดยสามารถเก็บข้อมูลได้ทั้งสิ้น 8 ระดับ โดยพื้นที่ของสแต็กนั้นจะจัดสรรแยกไว้ต่างหากไม่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ของหน่วยความจำแต่อย่างใด ตัวชี้ตำแหน่งของสแต็กหรือเรียกว่า สแต็กพอยน์เตอร์ (stack pointer) ผู้ใช้งานไม่สามารถทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลได้ โดยค่าของสแต็กพอยน์เตอร์จะเปลี่ยนแปลงอัตโนมัติจากการกระทำคำสั่ง CALL, RETURN, RETLW และ RETFIE การเก็บค่าของสแต็กจะต่อเนื่องกันเป็นวงกลม สามารถเก็บข้อมูลที่ไม่ซ้ำกันได้ 8 ค่า เมื่อมีการเก็บข้อมูลครั้งที่ 9 เข้ามา ข้อมูลนั้นจะไปทับในสแต็กของข้อมูลครั้งแรกวนเช่นนี้ไปตลอด ดังนั้น ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC จึงไม่มีการแจ้งเหตุการณ์สแต็กเกิด (stack overflow)

นอกจากนั้นการเก็บหรืออ่านค่าในสแต็กของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC จะเกิดขึ้นเมื่อมีการกระทำคำสั่ง CALL, RETURN, RETLW และ RETFIE หรือเกิดการอินเทอร์รัปต์เท่านั้น ไม่มีคำสั่ง PUSH หรือ POP เพื่อติดต่อกับสแต็กเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆ

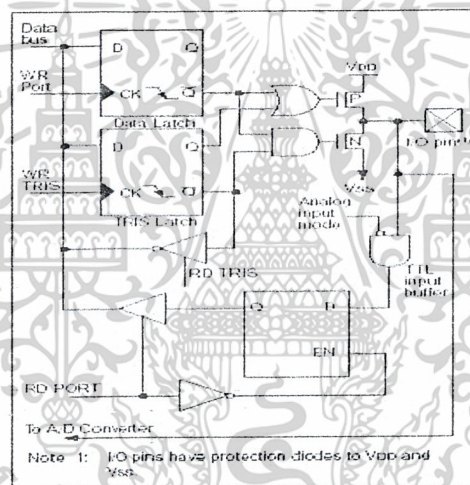
2.2.3.3 ชนิดของพอร์ตต่างๆในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F258

I/O ports บางตัวของ PIC เป็นแบบ multiplexed ซึ่ง อาจเป็นทั้ง I/O หรือ peripheral features (เช่น A/D, Serial, IIC) ซึ่งเมื่อ ภาเหล่านี้ใช้งานในส่วน peripheral ก็จะไม่สามารถใช้งานในลักษณะของ I/O ได้ PORTA และ TRISA register

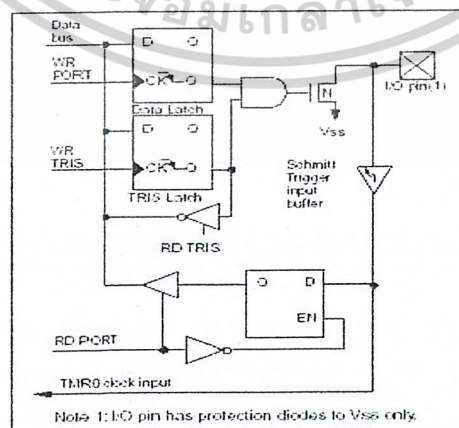
2.2.3.3.1 พอร์ต A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต A มีขนาด 6 bit ซึ่งเป็น port ที่เป็นได้ทั้ง Input และ Output โดยต้องเลือกแบบใดแบบหนึ่ง สามารถเลือกได้จาก register ที่มีชื่อว่า TRISA ซึ่งถ้า TRISA bit ถูก set เป็น '1' พอร์ต A ที่มีหมายเลขบิตเดียวกันนั้นก็ทำงานเป็น input (ทำให้ port นั้นอยู่ในสถานะ hi-impedance) ส่วนถ้า TRISA bit ถูก set เป็น '0' พอร์ต A ที่มีหมายเลขบิตเดียวกันนั้นก็ทำงานเป็น output (port จะอยู่ในสถานะ output latch) การอ่านค่าพอร์ต A register คือการอ่านค่าสถานะของ ขา พอร์ต A ในขณะนั้น ส่วนการเขียนค่าไปยังพอร์ต A คือการเขียนไปยัง latch ของ port ลักษณะการเขียนจะเป็นแบบ read-modify-write operations ซึ่งหมายความว่า ในการเขียนไปยัง port จะเริ่มด้วยการ อ่านค่า port นั้นมาก่อนแล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่า จากนั้นก็ทำการเขียนกลับไปยัง port latch อีกครั้งหนึ่งขา RA4 จะ multiplexed กับ Timer0 module clock input ซึ่งจะเรียกรวมๆ ว่า RA4/T0CKI โดยที่ ขา RA4/T0CKI จะเป็นลักษณะ Input แบบ Schmitt Trigger และ Output แบบ open drain. Port RA ทั้งหมด จะมี TTL input level และมี output แบบ full CMOS drivers ส่วนพอร์ต A อื่นๆ จะ multiplex กับ analog inputs และ Vref ของ A/D input ซึ่งการกำหนดการทำงานของแต่ละขา สามารถเลือกได้โดย clear หรือ set control bits ใน ADCON1 register



รูปที่ 2-10 แสดงบล็อกโคอะแกรมของ RA3:RA0 และ RA5



รูปที่ 2-11 แสดงบล็อกโคอะแกรมของ RA4/T0CKI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่เกิด Power-on Reset ขาเหล่านี้จะถูก config ให้เป็น analog input และจะอ่านค่าได้เป็น '0' TRISA register มีหน้าที่ควบคุมว่าขา พอร์ต A โดจะเป็น input/output ในกรณีที่ใช้พอร์ต A เป็น analog input TRISA register จะต้องถูก set

Name	Bit#	Buffer	Function
RA0/AN0	bit0	TTL	Input/output or analog input
RA1/AN1	bit1	TTL	Input/output or analog input
RA2/AN2	bit2	TTL	Input/output or analog input
RA3/AN3/VREF	bit3	TTL	Input/output or analog input or VREF
RA4/T0CKI	bit4	ST	Input/output or external clock input for Timer0 Output is open drain type
RA5/SS/AN4	bit5	TTL	Input/output or slave select input for synchronous serial port or analog input

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

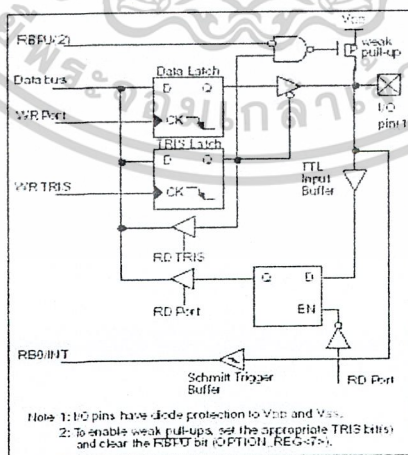
Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR, BOR	Value on all other resets
05h	PORTA	—	—	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	0000 0000	0000 0000
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						1111 1111	1111 1111
9Fh	ADCON1	ADEM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented (locations read as 0). Shaded cells are not used by PORTA.

ตารางที่ 2-3 แสดงค่าฟังก์ชันต่างๆและรีจิสเตอร์เสริมของพอร์ต A

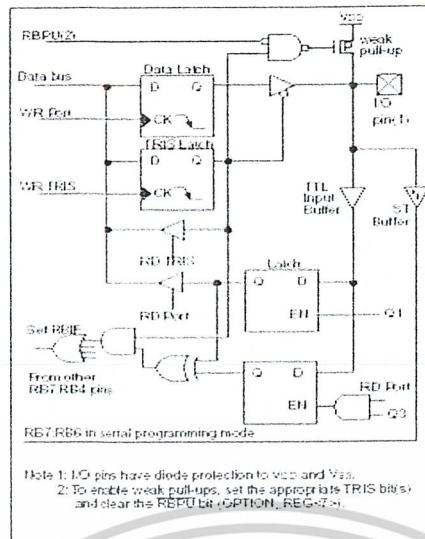
2.2.3.3.2 พอร์ต B

พอร์ต B เป็นลักษณะแบบ Port แบบสองทิศทาง ซึ่ง register ที่จะเป็นตัวกำหนดว่า port โดจะเป็นแบบ input/output จะถูกกำหนดโดย TRISB register ถ้า set TRISB bit โด (=1) พอร์ต B ที่บิตนั้นก็จะ เป็น input ถ้า clear TRISB bit โด (=0)พอร์ต B ที่บิตนั้นก็จะ เป็น output ขาตามขาของพอร์ต B จะ multiplexed กับ Low Voltage Programming function ซึ่งได้แก่ RB3/PGM, RB6/PGC และ RB7/PGD



รูปที่ 2-12 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ RB3:RB0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-13 แสดงบล็อกโคจรแอมแกรมของ RB7:RB4

พอร์ต B แต่ละพอร์ต จะมี weak pull-up อยู่ภายใน (ถ้าต้องการ pull-up แข็งๆ ต้องต่อวงจรภายนอก) เราสามารถกำหนดว่าจะใช้ pull-up ภายในหรือไม่จากการ set หรือ clear RBPUL (OPTION register บิต 7) โดยถ้าเรา clear RBPUL จะหมายถึง เราทำการ disable pull-up ภายใน และถ้าเรากำหนดให้พอร์ต B เป็นเอาทพุต แล้ว pull-up จะถูก disable โดยอัตโนมัติสำหรับพอร์ต B นั้น ขา RB4-RB7 จะมี feature เพิ่มเติมก็คือ การกำหนดให้เกิด Interrupt เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานะของสัญญาณไฟฟ้าที่ขา RB4-RB7 โดยถ้าขาใดขาหนึ่งเกิดเปลี่ยนสถานะก็จะทำให้เกิด RB Port Change Interrupt ขึ้น ซึ่งจะ RBIF (INTCON.0) flag ถูก set โดยที่ Interrupt ประเภทนี้สามารถทำการ “wake” ไมโครคอนโทรลเลอร์จากสถานะ sleep mode ได้

RBIF flag จะถูก Clear ได้ 2 กรณี คือ

1. ทำการอ่านหรือเขียนพอร์ต B
2. ทำการ clear RBIF flag โดยตรง

หากเราใช้ interrupt บนพอร์ต B จะเปลี่ยน ไม่ควรจะ enable pull-up ของ พอร์ต B

Name	Bit#	Buffer	Function
RB0/INT	bit0	TTL/ST ⁽¹⁾	Input/output pin or external interrupt input. Internal software programmable weak pull-up.
RB1	bit1	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB2	bit2	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB3/PGM	bit3	TTL	Input/output pin or programming pin in LVP mode. Internal software programmable weak pull-up.
RB4	bit4	TTL	Input/output pin (with interrupt on change). Internal software programmable weak pull-up.
RB5	bit5	TTL	Input/output pin (with interrupt on change). Internal software programmable weak pull-up.
RB6/PGC	bit6	TTL/ST ⁽²⁾	Input/output pin (with interrupt on change) or In-Circuit Debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming clock.
RB7/PGD	bit7	TTL/ST ⁽²⁾	Input/output pin (with interrupt on change) or In-Circuit Debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming data.

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.

2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR, BOR	Value on all other resets
05h, 106h	PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	xxxx xxxx	xxxx xxxx
86h, 186h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
81h, 181h	OPTION_REG	RBPU	IHTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111

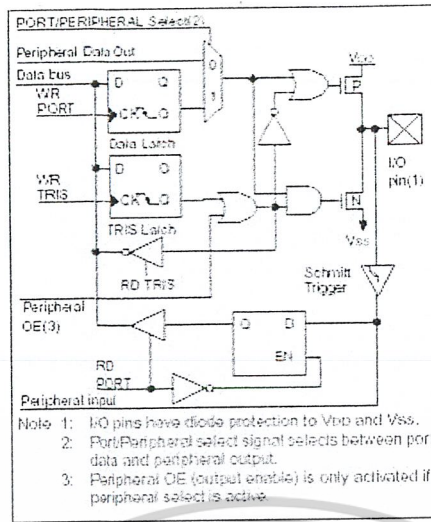
Legend: x = unknown, u = unchanged. Shaded cells are not used by PORTB.

ตารางที่ 2-4 แสดงค่าฟังก์ชันต่างๆและรีจิสเตอร์เสริมของพอร์ต B

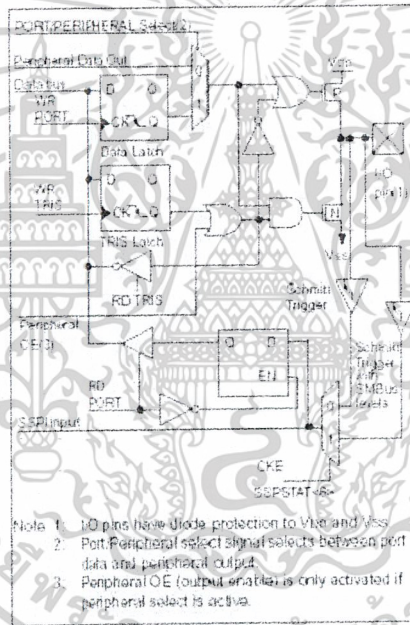
2.2.3.3.3 พอร์ต C

พอร์ต C เป็นลักษณะแบบ พอร์ต แบบสองทิศทาง ซึ่งรีจิสเตอร์ ที่จะเป็นตัวกำหนดว่าพอร์ต C จะเป็นแบบ input/output จะถูกกำหนดโดย TRISC register ถ้า set TRISC bit ใด เท่ากับ 1 พอร์ต C ที่บิตนั้นก็จะป็นอินพุต ถ้า clear TRISC bit ใด (=0) PORTC ที่บิตนั้นก็จะป็นเอาทพุต ที่ พอร์ต C จะมีคุณสมบัติเพิ่มเติม เช่น IIC, UART, SPI, PWM, CAPTURE ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งาน โดยเมื่อเราทำการ enable คุณสมบัติเพิ่มเติมต่างๆ ที่ พอร์ต C เราต้องระวังในเรื่องของการตั้งค่า TRISC ของแต่ละขาของ PORTC เพราะในการ enable คุณสมบัติบางตัวที่อยู่ที่ พอร์ต C เช่น UART ตัวมันเองก็จะทำการเปลี่ยน bit TRISC โดยอัตโนมัติ ดังนั้นไม่ควรที่จะตั้งค่า TRISC โดยตรงกับขาใดของ พอร์ต C ที่ทำการ enable คุณสมบัติเพิ่มเติม พอร์ต C แต่ละพอร์ตจะ Schmitt Trigger input buffers อยู่ภายในแต่ละขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-14 แสดงบล็อกไดอะแกรมทางเอาต์พุตของ RC0:2 และ RC5:7



รูปที่ 2-15 แสดงบล็อกไดอะแกรมทางเอาต์พุตของ RC3:4

ลักษณะโครงสร้างของพอร์ต จะแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ พอร์ต C 0-2,5-7 และอีกกลุ่มหนึ่งก็คือพอร์ต C 3-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RC0/T1OSO/T1CKI	bit0	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator output/Timer1 clock input
RC1/T1OSC/CCP2	bit1	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output
RC2/CCP1	bit2	ST	Input/output port pin or Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output
RC3/SCK/SCL	bit3	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock for both SPI and I ² C modes.
RC4/SDFS/DA	bit4	ST	RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I ² C mode).
RC5/SDO	bit5	ST	Input/output port pin or Synchronous Serial Port data output
RC6/TX/CK	bit6	ST	Input/output port pin or USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock
RC7/RX/DT	bit7	ST	Input/output port pin or USART Asynchronous Receive or Synchronous Data

Legend: ST = Schmitt Trigger input

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other resets
07h	PORTC	RC7	RC6	RC5	RC4	RC3	RC2	RC1	RC0	xxxx xxxx	xxxx xxxx
87h	TRISC	PORTC Data Direction Register								1111 1111	1111 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged

ตารางที่ 2-5 แสดงค่าฟังก์ชันต่างๆและรีจิสเตอร์เสริมของพอร์ตC

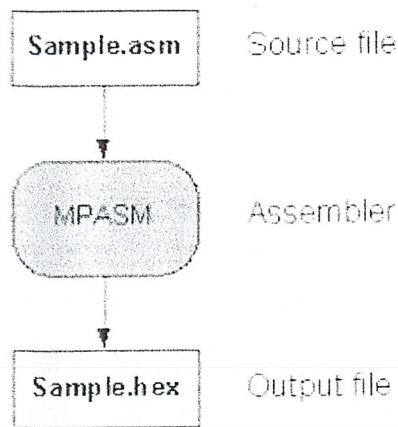
2.2.3.4 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F258

ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไปจะขอเรียกสั้นๆว่า MCU แบ่งได้เช่นเดียวกับการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์คือ ภาษาระดับสูง และภาษาระดับต่ำ ภาษาระดับสูงเช่น C, Basic ข้อดีคือเขียนง่าย, แก้ไขเปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มเติมได้ง่าย ส่วนข้อเสียก็คือการทำงานจะช้า ขนาดโปรแกรมที่เขียนมีขนาดใหญ่ ภาษาระดับต่ำ ซึ่งก็คือ ภาษาแอสเซมบลี ข้อดีคือ ตัวคอมไพล์ แจกฟรี ขนาดโปรแกรมหลังจาก คอมไพล์แล้วมีขนาดเล็ก โปรแกรมมีความเร็ว แต่ข้อเสียก็คือเขียนยาก เพราะลักษณะภาษาไม่ค่อยสื่อความหมาย แก้ไขเปลี่ยนแปลงยาก

รูปแบบการเขียนโปรแกรม Microcontroller สามารถแบ่งได้ดังนี้

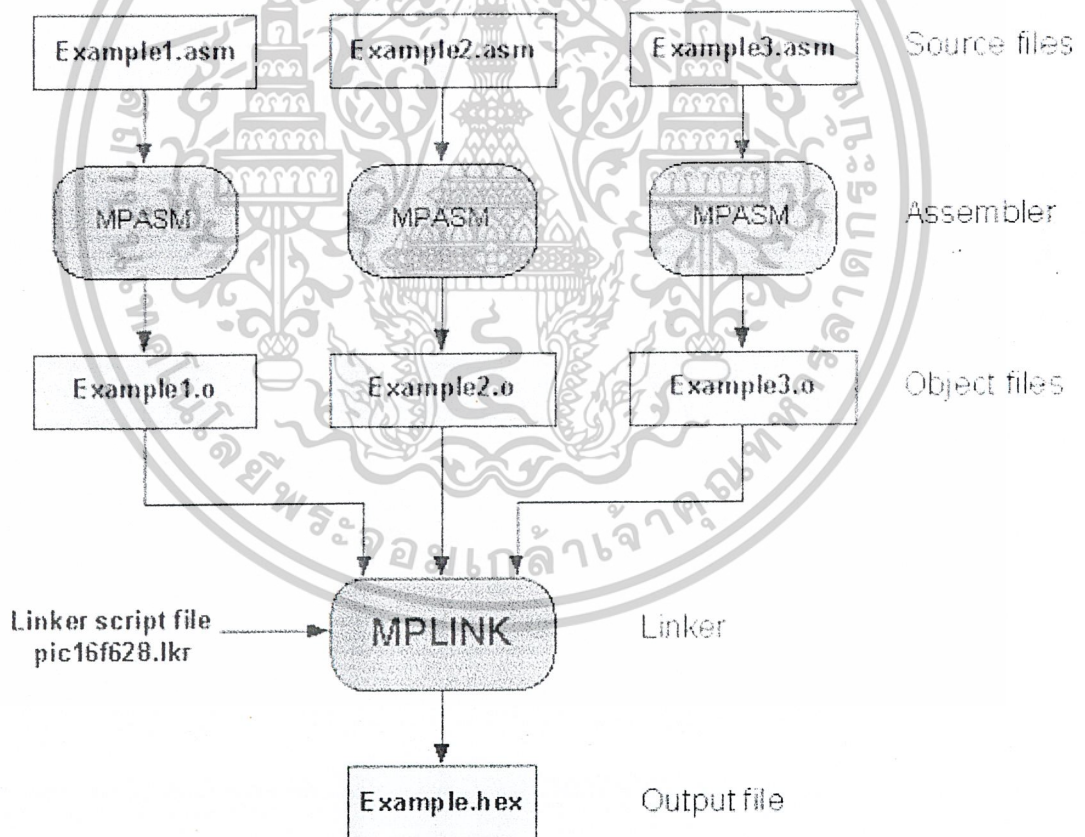
2.2.3.4.1 เขียนด้วยภาษา Assembly แบบ ไฟล์เดี่ยว หลังจากนั้นก็ทำการคอมไพล์ ด้วยแอสเซมบลี ของ MCU ตัวนั้น ซึ่งส่วนในผู้ผลิต Chip MCU จะแจกจ่ายให้ฟรี สำหรับ แอสเซมเบอร์ของMicrochip ก็คือ MPASM โดยไฟล์ที่ได้มามีได้หลายชนิดแต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ Hex file

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-16 โพล์ชาร์ตแสดงการทำงานของภาษาแอสเซมบลีแบบไฟล์เดียว

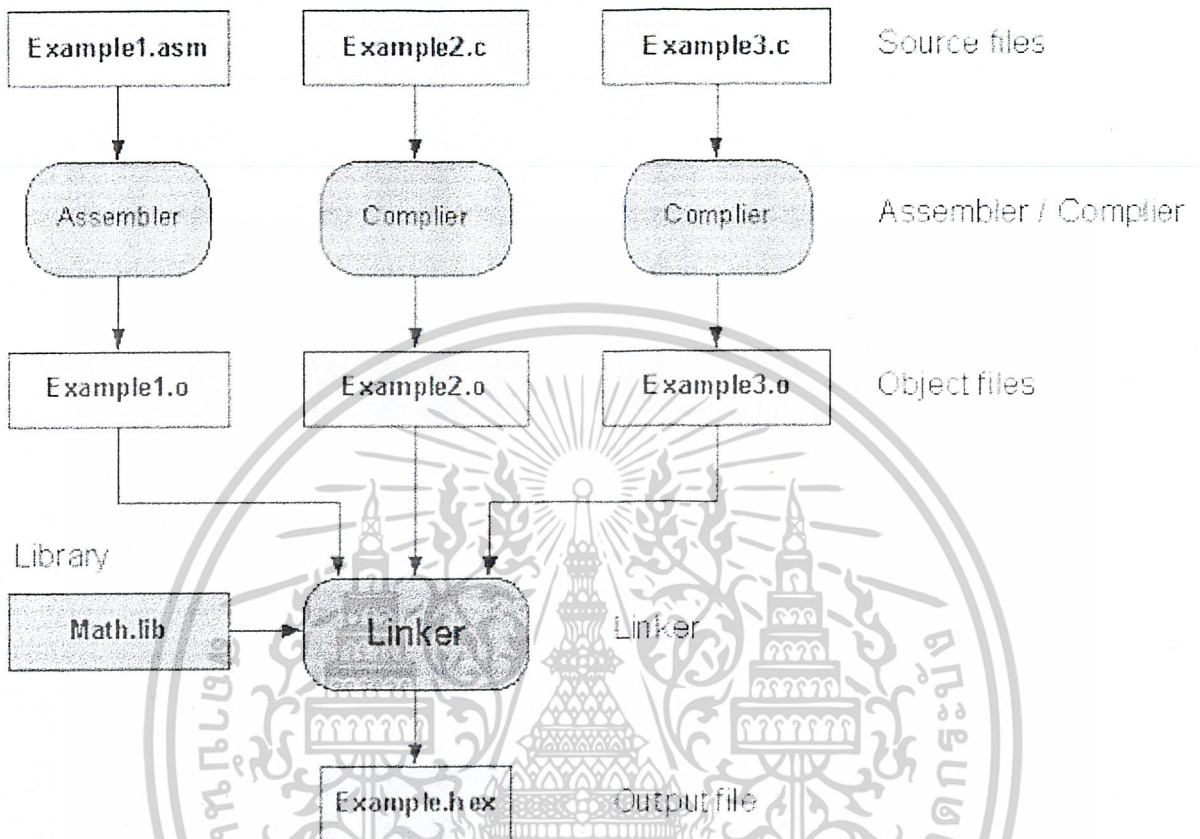
2.2.3.4.2 ใช้ภาษาแอสเซมบลี เช่นกัน แต่แบ่งเป็นหลายๆ ไฟล์ หลังจากนั้นก็จะ คอมไพล์แต่ละไฟล์ให้ออกมาเป็น Object files และทำการรวมกันด้วย Linker ในขณะที่ทำการลิงค์ ก็จะมี script file ของ MCU เบอร์นั้นๆ ประกอบ หลังจากทำการลิงค์ แล้วก็จะ ได้ Hex file ออกมา



รูปที่ 2-17 โพล์ชาร์ตแสดงการทำงานของภาษาแอสเซมบลีแบบหลายไฟล์

2.2.3.4.3 ลักษณะสุดท้ายเป็นการเขียนด้วยภาษาชั้นสูง ซึ่งภาษาสูงที่ใช้อาจจะเป็น C, Basic ฯลฯ ซึ่งอาจจะเขียนร่วมกับ ภาษาแอสเซมบลี โดยไฟล์ที่เขียนจะถูกทำให้กลายเป็น Object files โดย แอสเซมเบอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับภาษา แอสเซมบลีและ คอมไพล์โดย คอมไพล์สำหรับภาษาสูง จากนั้นก็ทำการลิงค์ เข้าด้วยกันด้วย Linker ซึ่งขณะทำการลิงค์ ก็จะมีการรวมเอา Library ที่ถูกเรียกใช้ในโปรแกรมเข้าไปรวมด้วยกัน สุดท้ายก็ จะออกมาเป็น Hex file



รูปที่ 2-18 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของการทำงานของการเขียนด้วยภาษาขั้นสูง

หลังจากได้ Hex file มาแล้ว ก็จะทำการอัดโปรแกรมเข้าสู่ chip ด้วยตัวโปรแกรมเมอร์ ส่วนใหญ่จะมี รูปแบบคือ มี Software บนคอมพิวเตอร์ สำหรับใช้ในการควบคุมการอ่าน เขียน หรือ ลบ โดยส่วนใหญ่จะ เชื่อมต่อไปยัง programmer ด้วย serial, parallel มีราคาให้เลือกตั้งแต่หลักร้อยไปจนถึงหลักหมื่น เมื่ออัด โปรแกรมเข้า chip ได้แล้วก็พร้อมจะนำไปทดสอบการทำงานต่อไป

2.2.3.5 ข้อดีของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC18F258)

PIC จะยึดถือการออกแบบที่ว่ารวมทุกอย่างไว้ใน chip ตัวเดียวโดยไม่ต้องต่ออุปกรณ์ใดๆ เพิ่มเติม ผลที่ตามมาก็คือแผ่นวงจรจะมีขนาดเล็ก และอุปกรณ์ที่ใช้จะไม่มาก บางงานอาจจะใช้แค่ PIC เพียงตัวเดียวโดยไม่ต้องใช้ chip อื่นมาเพิ่มเติมเลย นี่ก็คือคุณสมบัติพิเศษของ PIC ซึ่งปัจจุบันหลายบริษัทที่ ผลิต microcontroller ก็เริ่มจะหันมาเลียนแบบแนวทางนี้ แต่ทุกอย่างย่อมมีข้อเสีย เนื่องจาก concept ที่จะ รวมทุกอย่างไว้ใน chip เดียว ทำให้ program memory และ data memory ไม่สามารถขยายโดยใช้กับ memory ภายนอกได้ ในทางทฤษฎี ของจริงนี้ทำได้ แต่ต้องใช้เทคนิคนิดหน่อยซึ่งไม่นิยม ต้องบอกกันไว้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนว่า PIC จะเหมาะสำหรับงานเล็กๆ ไม่ใช่งานใหญ่ๆ ที่ต้องใช้การคำนวณ และ memory เยอะๆ ข้อดีของตระกูล PIC18F258 นี้ คือ มีหลากหลายเบอร์ให้เลือกใช้ตั้งแต่ 8 ขา จนถึง 40 ขา โครงสร้าง ภายใน ก็มี ออปชั่น ให้เลือก ตามการใช้งาน จะเอาอะไร มีหมด ทุกอย่าง ที่ MCU เบอร์อื่นมี แต่จะมีราคาต่างกันไป อินพุตเอาต์พุตพอร์ต สามารถขับโหลดแอลอีดี ได้โดยตรง ทำให้ไม่ต้องมี วงจรเพิ่มเติม และประหยัดเนื้อที่ คำสั่ง ที่ใช้ มีเพียง 30 กว่าคำสั่ง ทำให้จำง่าย และใช้ เหมือนกันทุกเบอร์ แตกต่างกันบ้างเล็กน้อย แต่ในอนาคค มีเบอร์ใหม่ออกมา PIC18FXXX ตระกูลนี้ ตามสเปค ถือเป็นสุดยอดใน ตระกูล 8 บิต เลยเพราะ มีครบทุกอย่าง เลย แล้วก็เพิ่ม คำสั่ง เป็น 70 กว่าคำสั่ง การสนับสนุน ในเรื่อง S/W หาได้จาก microchip.com โปรแกรมเป็น แบบ Pipe line คือจะ Fetch และ Exe ในเวลาเดียวกัน และแยก Program กับ Data Memory ออกจากกัน สถาปัตยกรรม แบบ RISC ในรุ่น PIC12Fxxx ก็น่าสนใจ มีแค่ 8 ขา แต่เล็ก พริกชี้หนู ไม่ต้องใช้ x-tal ก็ทำงานได้ PIC เด่นกว่า MCS-51 โดยรวมอยู่แล้ว ทั้งในแง่วิศวกรรมทางธุรกิจ และการค้นคว้าทางวิชาการก็ดีกว่า

2.2.4 การเขียนโปรแกรมและการสื่อสาร

มีทางเลือกอยู่ 2 ทาง ในการที่จะเคลื่อนย้ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ หรือ คอมพิวเตอร์ด้วยกัน นั่นคือการรับส่งข้อมูลแบบขนานและการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม การรับส่งข้อมูลแบบขนานจะเป็นการรับหรือส่งข้อมูลคราวละ 4 หรือ 8 บิต ในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การรับและส่งข้อมูลทำได้ที่ความเร็วสูง ซึ่งก็หมายถึงว่าจำนวนของสายที่ใช้ในการส่งจะต้องมีมากเท่ากับจำนวนบิตของข้อมูลที่จะส่งด้วย นอกจากนี้ยังจะต้องรวมถึงสายที่ใช้สำหรับการควบคุมและการตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจจะต้องใช้สายมากกว่า 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลที่จะส่งก็ได้ ซึ่งก็เป็นปัญหาในเรื่องราคาของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบขนานมักจะมีราคาแพง

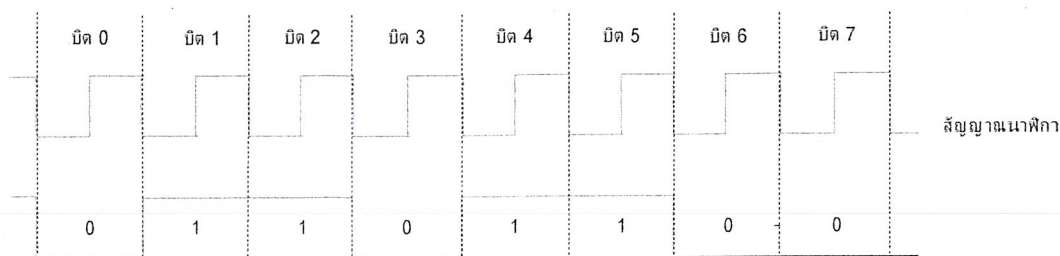
ในขณะที่การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่ก็สามารถรับส่งข้อมูลได้คราวละหลายๆบิตได้ หากแต่จะต้องมีการตกลงกันระหว่างตัวส่งและตัวรับว่า จะรับส่งข้อมูลคราวละกี่บิต ตัวรับจะต้องรอข้อมูลมาให้ครบทุกบิตเสียก่อนจึงทำการประมวลผล ส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลอนุกรมอาจมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนานในด้าน จำนวนสายสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้จำนวนสายน้อยกว่ามาก อย่างน้อยที่สุดใช้เพียง 2-3 เส้นเท่านั้น แต่อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลอาจต่ำกว่าแบบขนาน อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมสามารถใช้สายสัญญาณที่มีความยาวมากกว่าแบบขนาน ทำให้ระยะทางในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมสามารถทำได้มากกว่า

2.2.4.1 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี่จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้น คือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูล และกราวด์ รูปที่ 2. แสดงให้เห็นถึงไทมิ่งไคอะแกรมของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส



รูปที่ 2-19 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม

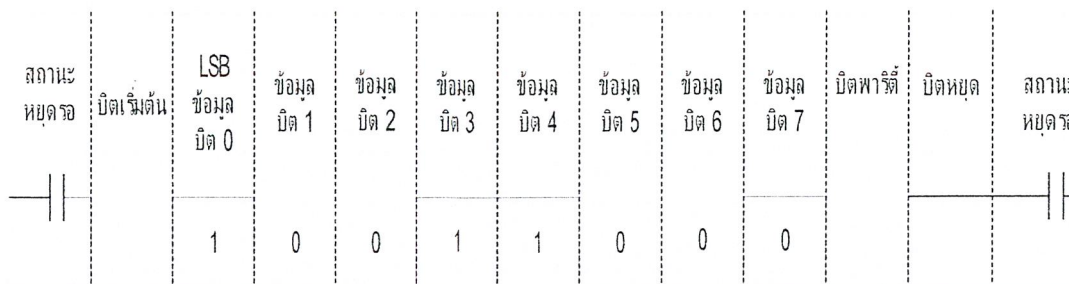
2.2.4.1.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับและส่งข้อมูลไปในสาย โดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาพร้อมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรต (baudrate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second : bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1, 1.5 หรือ 2 บิต

รูปที่ 2. แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส ซึ่งเมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่ง ขา DATA จะมีสถานะลอจิก "1" ซึ่งจะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (Waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต ซึ่งจะเรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้นจากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ก่อน ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือบิตปิดท้าย ซึ่งจะให้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือบิตปิดท้าย ซึ่งจะให้ขา DATA มีสถานะลอจิก 1 อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต, 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว



รูปที่ 2-20 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส เรียกว่า Universal Asynchronous Receiver / Transmitter หรือ UART อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือค่าบอดเรตซึ่งก็คือ ค่าจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูลบอดเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์ทอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง ได้แก่ 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 บิตต่อวินาที และมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ ซึ่งการรับส่งแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็มอาจจะสามารถกำหนดค่าบอดเรตได้สูงถึง 115200 บิตต่อวินาที เนื่องจากบอดเรตคือจำนวนบิตของข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาที ยกตัวอย่างข้อมูลอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูลที่รับส่งนี้เท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที และถ้ามีการใช้พาริตีความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเหลือเป็น 872 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตีสามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (odd), แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตีก็ได้ การตรวจสอบพาริตีเป็นการตรวจสอบจำนวนรวมของบิตที่เป็นลอจิก “1” ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ว่ามีจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเลขคี่โดยต้องรวมบิตพาริตีเข้าไปด้วย ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต และมีค้เท่ากับ 99 ฐานสิบหก หรือ 10011001 ฐานสอง จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก “1” จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตีเป็นคู่ค่าในบิตพาริตี จะต้องมีลอจิกเป็น “0” แต่ถ้าพาริตีเป็นคี่ ค่าที่บิตพาริตีจะต้องเป็น “1” เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งพาริตีมีจำนวนบิตที่เป็นลอจิก “1” มีจำนวนรวมกันเป็นเลขคี่ ในตารางที่ 2. แสดงตัวอย่างของบิตพาริตีในการรับส่งข้อมูลอนุกรม

บิตพาริตีถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของยูเออาร์ที ซึ่งทางภาครับจะต้องทำการกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตีให้ตรงกันว่าจะตรวจสอบพาริตีคี่หรือพาริตีคู่ จากนั้นภาครับของยูเออาร์ที จะทำการตรวจสอบค่าพาริตีที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตีด้วย ถ้ากำหนดพาริตีไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ทราบ นับเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการถ่ายทอดข้อมูลที่ง่ายเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุด แต่จะเชื่อถือได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ไ้ผล สำหรับการตั้งพาริตีบิตเป็นนั้น (NONE) นั้น ทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี

ข้อมูล	บิตพาริตีคู่	บิตพาริตีคี่
00000000	0	1
00000001	1	0
00000010	1	0
00000011	0	1
00000100	1	0
11111110	0	1
11111111	1	0

ตารางที่ 2-6 แสดงบิตพาริตีของข้อมูล

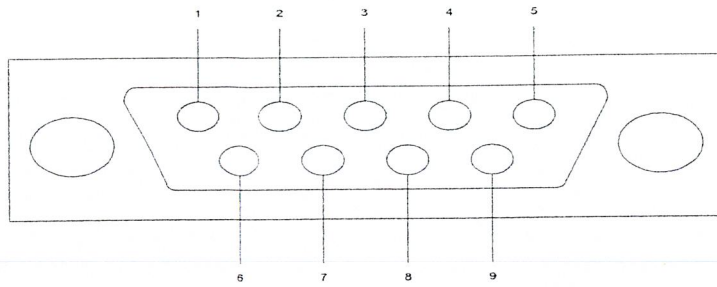
2.2.4.1.2 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ (RS-232)

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทางโดยมาตรฐาน อาร์เอสสองสามสอง ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียกว่าสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบดีมีซีสิบห้า (DB-25) โดยกำหนดความยาวของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง -15 โวลต์ แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3 ถึง +15 แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

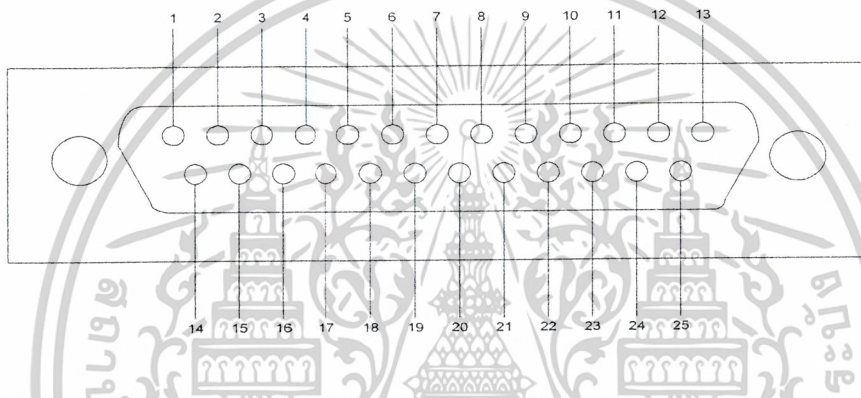
มาตรฐาน อาร์เอสสองสามสอง ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูลไว้ว่าอุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232 ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE คือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ทีโมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็ม หรือเมาส์โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้ หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็กเตอร์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้น เช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆที่เคยใช้งานในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนักจึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขา ดังรูปที่ 2-21



รูปที่ 2-21 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 9ขาแบบ DB9



รูปที่ 2-22 คอนเน็กเตอร์อนุกรม 25ขาแบบ DB25

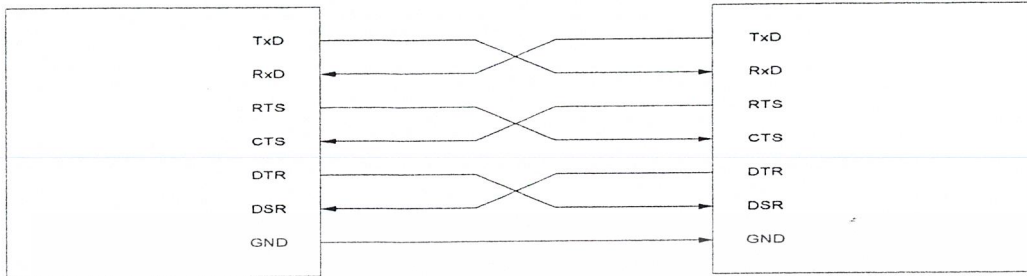
การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และ DB-25

คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนเน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect:DCD	Input
2	3	Received Data : RxD	Input
3	2	Transmitted Data : TxD	Output
4	20	Data Terminal Ready : DTR	Output
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	Input
7	4	Request To Send : RTS	Output
8	5	Clear To Send : CTS	Input
9	22	Ring Indicator : RI	Input

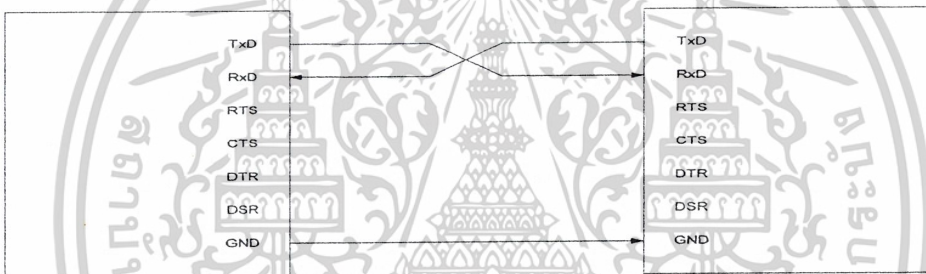
ตารางที่ 2-7 แสดงตำแหน่งและชื่อขาของ DB-9 และ DB-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกดังรูปที่ 2. ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูลในรูป 2-23 (ก) เป็นการเชื่อมต่อแบบนัลโมเด็ม (Null modem) หรือการเชื่อมต่อโดยตรงโดยไม่ต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ ส่วนในรูปที่ 2-23 (ข)เป็นการเชื่อมต่อแบบนัลโมเด็ม ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น



รูปที่ 2-23 ก) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบนัลโมเด็ม (Null Modem)



รูปที่ 2-22 ข) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น (RS-232)

จากรูปที่ 2-23 ข) การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูลอีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง มีดังนี้

- Data Carrier Detect : DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect : CD ขานี้จะแอกทีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห้จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก
- Received Data : RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์
- Transmitted Data : TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป
- Data Terminal Ready : DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่า ต้องการติดต่อด้วยโดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมต่อแบบนัลโมเด็มซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียงเส้น 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์

- Signal Ground : GND ขากราวด์ของระบบ
- Data Set Ready : DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR
- Request To Send : RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบนัลโมเด็ม 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS

2.2.4.2 การเขียนโปรแกรมวิซวลเบสิกเพื่อการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

คอนโทรล MSComm

คอนโทรลที่สำคัญในการทำให้วิซวลเบสิกสามารถสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมได้นั้นก็คือ คอนโทรล MSComm ซึ่งจัดเตรียมทางเลือกเอาไว้ 2 ทางเพื่อความสะดวกในการสื่อสารข้อมูล ทางแรกคือการสื่อสารข้อมูลที่กระตุ้นด้วยเหตุการณ์ (Event-Driven Communications) เป็นรูปแบบการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากสำหรับการตอบสนองแบบทันทีทันใด เช่น เมื่อตัวอักษรถูกส่งมาที่พอร์ตอนุกรมหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ขา Data Carrier Detect (DCD) หรือขา Request To Send (RST) เหตุการณ์ Oncomm ของ MSComm จะสามารถตรวจจับสัญญาณได้ทันที ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อคุณสมบัติ CommEvent ต่อไป ส่วนทางเลือกที่สองเป็นการคอยตรวจสอบค่าเหตุการณ์และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นด้วยการดูค่าที่เปลี่ยนแปลงภายในคุณสมบัติ CommEvent หลังจากให้โปรแกรมทำงานในฟังก์ชันต่างๆไปเรียบร้อยแล้ว ซึ่งวิธีนี้ใช้งานได้ดีในกรณีที่โปรแกรมมีขนาดเล็ก

คอนโทรล MSComm 1 ตัวสามารถควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมได้ 1 พอร์ต ถ้าในโปรแกรมที่ใช้งานต้องการติดต่อกับพอร์ตอนุกรมมากกว่า 1 พอร์ตจะต้องใช้คอนโทรล MSComm มากกว่า 1 ตัว เพื่อควบคุมพอร์ตอนุกรมในแต่ละพอร์ต โดยแอสเครสของพอร์ตอนุกรมและแอสเครสของการเกิดอินเทอร์รัปต์สามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการแก้ไขค่าที่ Control Panel

ถึงแม้ว่า คอนโทรล MSComm จะมีคุณสมบัติ (property) มากมาย แต่สามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยากดังนี้

2.2.4.2.1 CommPort

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าพอร์ตอนุกรมที่ติดต่อยู่ (COM1, COM2, COM3, COM4)

รูปแบบการใช้งาน

object.CommPort[=value]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย Value เป็นค่าของพอร์ตอนุกรม ชนิดของข้อมูลเป็น Inter ค่า Value สามารถกำหนดได้ ในช่วง 1-16 (ค่าเริ่มต้นกำหนดไว้ที่ 1) เมื่อมีการกำหนดค่าแล้วทำการเปิดพอร์ตโดยใช้คุณสมบัติ PortOpen แต่ว่าพอร์ตนั้นไม่มีอยู่ในระบบ MSComm จะสร้างสัญญาณแสดงข้อผิดพลาด Error 68 ขึ้นมา ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ตัวนี้ไม่มีอยู่ในระบบ ดังนั้นการเขียนโปรแกรมจึงต้องกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมก่อนที่จะใช้คำสั่ง OpenPort

2.2.4.2.2 Setting

ในการกำหนดและอ่านค่าอัตราบอด, พาริตี, จำนวนบิตข้อมูล, จำนวนบิตปิดท้าย

รูปแบบการทำงาน

object.Setting[=value]

ค่า Value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบ String มีรูปแบบเป็น “BBBB,P,D,S” โดย BBBB เป็นค่าอัตราบอด, P เป็นค่าพาริตี, D เป็นจำนวนของบิตข้อมูล และ S เป็นจำนวนข้อมูลของบิตปิดท้าย ปกติแล้วค่านี้ถูกกำหนดไว้เป็น “9600,N,8,1”

ค่าบอดเรตมาตรฐานที่ใช้กับ MSComm มีดังนี้

110	บิตต่อวินาที
300	บิตต่อวินาที
600	บิตต่อวินาที
1200	บิตต่อวินาที
2400	บิตต่อวินาที
9600	บิตต่อวินาที (ค่าปกติ)
14400	บิตต่อวินาที
28800	บิตต่อวินาที
38400	บิตต่อวินาที (สงวน)
56000	บิตต่อวินาที (สงวน)
12800	บิตต่อวินาที (สงวน)
256000	บิตต่อวินาที (สงวน)

สำหรับค่ามาตรฐานในการกำหนดค่าพาริตีมีดังนี้

สัญลักษณ์	รายละเอียด
E	พาริตีคู่ (Even)
M	ลอจิก “1” (Mark)
N	ไม่ใช่(ค่าปกติ)
O	พาริตีคี่ (Odd)
S	ลอจิก “0” (Space)

ค่าที่ใช้ในการกำหนดจำนวนบิตมี 5 ค่าคือ 4,5,6,7 และ 8 (เป็นค่าปกติ)

ค่าที่ระบุจำนวนบิตปิดท้ายมี 3 ค่าคือ 1 (เป็นค่าปกติ), 1,5 และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการใช้งานคำสั่ง Setting โดยจะเป็นการกำหนดค่าบอดเรตเท่ากับ 9600 ไม่มีพาริตี จำนวนข้อมูล 8 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต สามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
MSComm.Setting = "9600,N,8,1"
```

หมายเหตุ สาเหตุที่ค่าที่กำหนดจะต้องอยู่ในเครื่องหมายคำพูด "" เนื่องจากค่าที่กำหนดนี้อยู่ในรูปตัวแปร String

2.2.4.2.3 PortOpen

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าสถานะของพอร์ตอนุกรม เพื่อเปิดและปิดพอร์ตอนุกรม

รูปแบบการใช้งาน

```
object.PortOpen[=value]
```

ค่า Value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบบูลีน คือ True และ False โดย True หมายถึงการเปิดพอร์ตอนุกรม และ False หมายถึงการปิดพอร์ตอนุกรม สำหรับการปิดพอร์ตนั้นจะมีการเคลียร์บัฟเฟอร์รับข้อมูลและบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลด้วย คอนโทรล MSComm จะปิดพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติเมื่อออกจากโปรแกรม ก่อนที่จะใช้คุณสมบัติ PortOpen ต้องตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่าคุณสมบัติ CommPort นั้นได้ทำการกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมไว้ถูกต้องหรือไม่ มิเช่นนั้น MSComm จะแสดงข้อผิดพลาด error 68 แจ้งแก่ผู้ใช้งาน หรือถ้าพอร์ตอนุกรมนั้นถูกปิดเอาไว้แล้ว โปรแกรมก็จะแจ้งข้อผิดพลาดออกมาเช่นเดียวกัน

ถ้าคุณสมบัติ DTREnable หรือ RTSEnable ถูกกำหนดให้เป็น True ก่อนที่จะทำการเปิดพอร์ต ค่าคุณสมบัติ DTREnable หรือ RTSEnable จะถูกเซตเป็น False หลังจากเปิดพอร์ต แต่ถ้าเซตเป็น False หลังจากเปิดโปรแกรมแล้วค่าที่กำหนดไว้จะเป็นค่าเดิม

ตัวอย่างการใช้คำสั่งเปิดพอร์ต เพื่อติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรม COM1 และมีบอดเรต 9600 บิตต่อวินาที ไม่มีพาริตีจำนวนข้อมูล 8 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต มีดังนี้

```
MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
```

```
MSComm1.Commport = 1
```

```
MSComm1.PortOpen = True
```

2.2.4.2.4 Input

อ่านค่าและลบค่าขบวนข้อมูลจากบัฟเฟอร์ภาครับ

รูปแบบการใช้งาน

```
object.Input
```

คุณสมบัตินี้ InputLen เป็นตัวกำหนดจำนวนของตัวอักษรที่จะอ่านโดยคุณสมบัตินี้ Input การกำหนดค่าให้ InputLen เท่ากับ 0 เป็นการกำหนดให้คุณสมบัตินี้ Input ทำการอ่านค่าข้อมูลในบัฟเฟอร์รับข้อมูลทั้งหมด

คุณสมบัตินี้ InputMode เป็นตัวกำหนดชนิดของข้อมูลที่คุณสมบัตินี้ Input รับเข้ามาถ้า InputMode ถูกกำหนดเป็น comInputModeText คุณสมบัตินี้ Input จะส่งค่าข้อมูลกลับมาในรูปแบบของข้อความชนิด

ข้อมูลเป็นแบบ Variant ถ้า InputMode กำหนดเป็น comInputModeBinary คุณสมบัติ Input จะส่งข้อมูลกลับมาในรูปของไบนารีและชนิดข้อมูลเป็นแบบ Variant

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงให้เห็นถึงวิธีการในการรับข้อมูลจากบัพเฟอร์รับข้อมูลทั้งหมด

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
Dim Instring as String
```

```
    MSCComm1.InputLen = 0          'Retrieve all available data.
```

```
    If MSCComm.InBufferCount Then 'Check for data.
```

```
        InString = MSCComm1.Input  'Read data.
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

2.2.4.2.5 InBufferCount

ส่งค่าจำนวนของตัวอักษรที่อยู่ในบัพเฟอร์ภาครับ

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

```
object.InbufferCount[ = Value]
```

2.2.4.2.6 InBufferSize

การกำหนดและคืนค่าขนาดของบัพเฟอร์ภาครับในหน่วยเป็นไบต์

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

```
object.InBufferSize [ = value]
```

คำสั่ง InBufferSize ใช้เพื่อกำหนดขนาดของบัพเฟอร์ภาครับ โดยค่าเริ่มต้นถูกกำหนดไว้ที่ 1024

ไบต์

2.2.4.2.7 InputLen

กำหนดค่าและคืนค่าจำนวนของตัวอักษรที่อ่านจากบัพเฟอร์

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

```
object.InputLen [ = value ]
```

2.2.4.2.8 InputMode

การกำหนดค่าและคืนค่าชนิดของข้อมูลที่รับ โดยคำสั่ง Input

```
object.InputMode [ = value ]
```

คุณสมบัติ InputMode ใช้กำหนดว่าข้อมูลชนิดไหนที่รับเข้ามาผ่านคำสั่ง Input โดยข้อมูลจะเลือก

ได้ 2 ประเภทคือ

commInputModeText สำหรับข้อมูลที่อยู่ในรูปข้อความตัวอักษรตามมาตรฐาน ASCII โดยจะต้องกำหนดค่าเป็น "0" และค่าเริ่มต้นของการรับค่าข้อมูลก็จะเป็นค่านี้

comInputModeBinary สำหรับข้อมูลอื่นๆ ซึ่งจะเก็บในรูปไบนารีรวมกันอยู่เป็นไบต์ข้อมูล

2.2.4.2.9 Output

ใช้ในการส่งขบวนของข้อมูลไปยังบัพเฟอร์ส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการใช้งาน

`object.Output [= value]`

ค่า Value เป็นค่าของตัวอักษรที่เขียนไปยังบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล คุณสมบัติเอาต์พุตสามารถใช้ในการส่งข้อมูลตัวอักษรหรือข้อมูลไบนารีก็ได้ โดยการส่งข้อมูลเป็นรูปแบบตัวอักษรจะต้องกำหนดข้อมูลเป็นแบบ Variant และมีข้อมูลภายในเป็นแบบ String สำหรับการส่งข้อมูลไบนารีจะต้องกำหนดชนิดของข้อมูลเป็นแบบ Variant และมีข้อมูลภายในเป็นแบบไบนารี

2.2.4.2.10 OutBufferCount

คืนค่าจำนวนของข้อมูลตัวอักษรที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์ภาคส่ง และสามารถใช้ค่าตั้งนี้เพื่อเคลียร์บัฟเฟอร์ภาคส่งได้ด้วย

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

`object.BufferCount [= value]`

2.2.4.2.11 OutBufferSize

กำหนดค่าและคืนค่าขนาดของบัฟเฟอร์ภาคส่ง ชนิดตัวแปรแบบไบนารี

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

`object.OutBufferSize [= object]`

คุณสมบัติ OutBufferSize ใช้สำหรับกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์ภาคส่ง โดยค่าปกติที่ใช้งานจะมีค่าเท่ากับ 512 ไบนารี

2.2.4.2.12 ParityReplace

กำหนดและคืนค่าตัวอักษรที่ไปวางแทนในตำแหน่งที่เกิดข้อผิดพลาดจากพาริตี

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

`object.ParityReplace [= value]`

บิตพาริตี เป็นบิตที่ทางภาคส่งข้อมูลทำการส่งมาพร้อมกับข้อมูล เพื่อตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูล โดยเมื่อมีการใช้บิตพาริตี คอนโทรล MSComm จะทำการชวบทุกบิตที่มีค่าลอจิก "1" ในแต่ละไบนารีและทำการตรวจสอบผลลัพธ์ว่าบิตที่อ่านได้นั้นมีจำนวนลอจิก "1" เป็นเลขคู่หรือคี่ และตรงกับค่าที่กำหนดไว้แต่ต้นหรือไม่ ถ้าค่าที่นำมาชวบแล้วมีพาริตีไม่ตรงแสดงว่าการรับส่งข้อมูลผิดพลาด

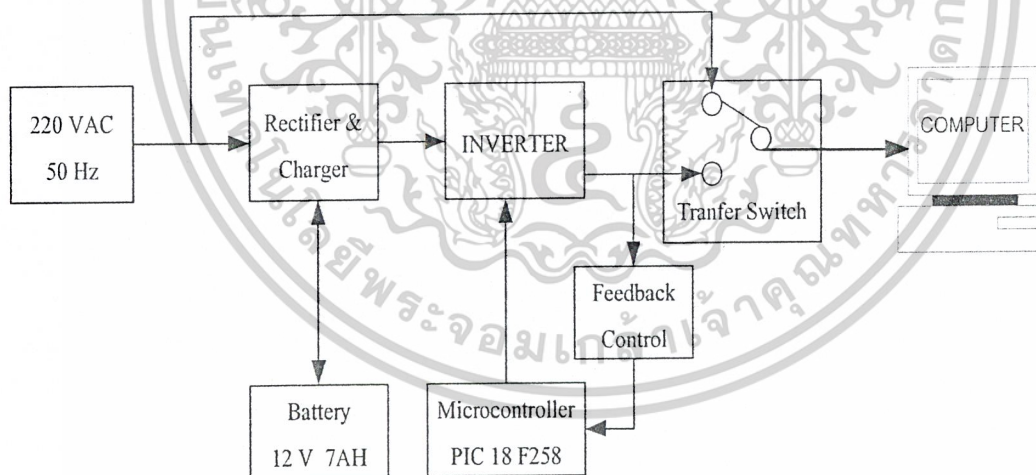
บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบยูพีเอส

การออกแบบส่วนประกอบต่างๆของยูพีเอสนั้นสามารถแบ่งการคำนวณและออกแบบได้เป็น

- ชุดอินเวอร์เตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
- ชุดอัดประจุแบตเตอรี่
- ชุดสวิตช์สับเปลี่ยน
- ชุดวงจรตรวจสอบสถานะการทำงาน
- ชุดวงจรป้องกันกลับ
- ชุดวงจรขับและแสดงผลการทำงาน
- ชุดโปรแกรมและวงจรสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมระหว่างคอมพิวเตอร์กับฮาร์ดแวร์

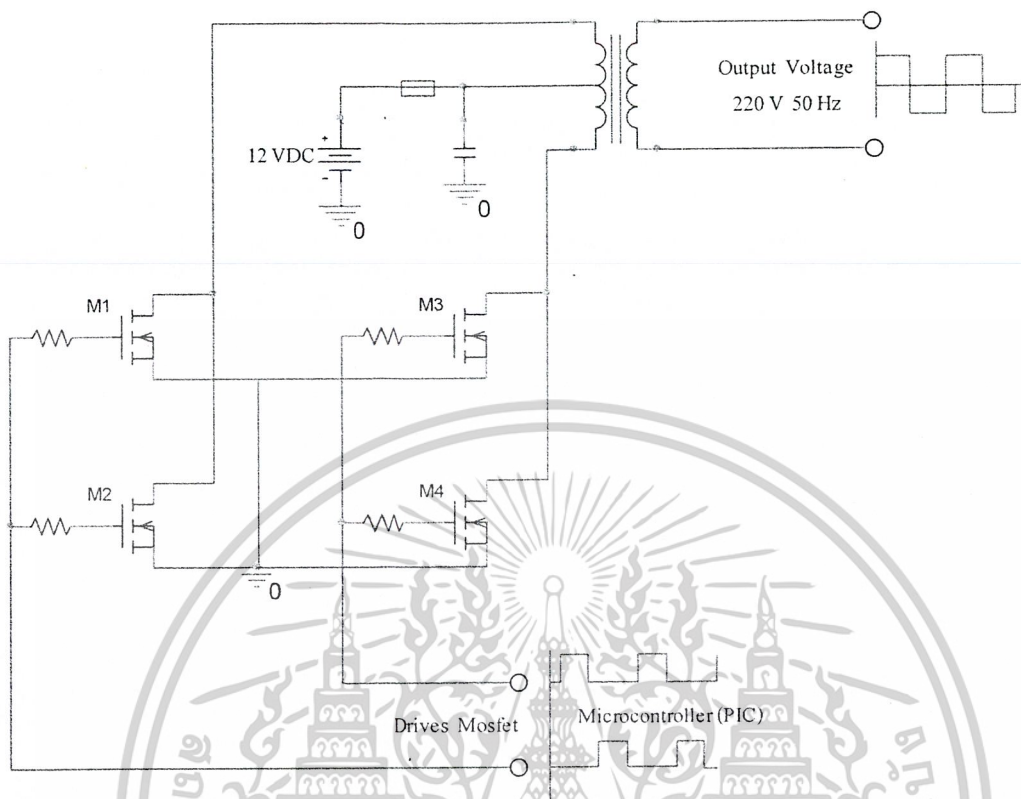
โดยสามารถแสดงบล็อกไดอะแกรมของส่วนประกอบต่างๆได้โดยรวมนั่งนี้



รูปที่ 3-1 บล็อกไดอะแกรมแสดงวงจรการทำงานรวมของระบบ SMART UPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ชุดอินเวอร์เตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F258



รูปที่ 3-2 วงจรการทำงานแบบ พูช – พูล อินเวอร์เตอร์สร้างสัญญาณขับด้วย PIC18F258

3.1.1 การออกแบบ วงจร พูช – พูล อินเวอร์เตอร์

3.1.1.1 ในส่วนของการเลือกพิกัดแรงดันมอสเฟต V_{DS}

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

ดังนั้นควรเลือกใช้แรงดันพิกัดของมอสเฟต (V_{DS}) = 60 V

3.1.1.2 การเลือกค่ากระแสพิกัดของมอสเฟต

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

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

3.1.1.3 การเลือกค่าแรงดัน Gate – Source (V_{GS})

$$\text{เลือกค่าพิกัดแรงดัน} \quad V_{GS} = 2 \times V_{\text{Battery}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 2 \times 12$$

$$= 24 \text{ V}$$

ดังนั้นควรใช้ค่าแรงดันพิกัด V_{GS} ของมอสเฟตเท่ากับ 30V จากตารางภาคผนวกเลือกเบอร์ IRF Z44 ต่อขนานกันเพื่อช่วยกันจ่ายกระแสเดรน

3.1.2 การออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้า

สำหรับหม้อแปลงที่ใช้ในโครงการนี้จะทำการแปลงสัญญาณสี่เหลี่ยมด้าน Output ของอินเวอร์เตอร์ให้มีแรงดันสูงขึ้นแต่ก็จะได้สัญญาณสี่เหลี่ยมทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงที่มีความถี่ 50Hz และนำสัญญาณนี้ไปใช้งาน โดยแรงดันที่ไหลจะเป็นค่าส่วนหลัก Fundamental ดังนั้นจะใช้แกนเหล็ก EI เพราะไม่ได้นำไปใช้กับความถี่สูงซึ่งจะต้องใช้แกนเฟอร์ไรท์

3.1.2.1 ค่าโวลต์แอมป์ (VA) ของหม้อแปลง

สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรองในโครงการนี้จะกำหนดขนาดไว้ที่ 500 VA

3.1.2.2 พิกัดทางด้านแรงดันและกระแส

ด้านปฐมภูมิ : จะเป็นด้านที่รับแรงดันรูปสี่เหลี่ยมมาจากการขับมอสเฟตทั้ง 2 ชุดซึ่งจะมีขนาดแรงดันประมาณ 12 V

ดังนั้นกระแสจะมีค่า

$$VA = V_p \times I_p$$

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

$$I_p = \frac{500}{12}$$

$$= 41.67 \text{ A}$$

เมื่อกำหนดให้

$$VA = \text{โวลต์-แอมป์} \quad (VA)$$

$$V_p = \text{แรงดันปฐมภูมิ} \quad (V)$$

$$I_p = \text{กระแสด้านปฐมภูมิ} \quad (A)$$

ด้านทุติยภูมิ : จะเป็นด้านแรงดัน Output ซึ่งจะมีขนาดแรงดัน 220 โวลต์ดังนั้นกระแส

ทางด้านนี้จะมีค่า

$$I_s = \frac{\sqrt{VA}}{5.58}$$

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

$$= 2.72 \text{ A}$$

3.1.2.3 ขนาดแรงดันปฐมภูมิและทุติยภูมิ

แรงดันปฐมภูมิจะใช้ค่าแรงดัน 12 V และทางด้านทุติยภูมิใช้แรงดัน 220 V ดังนั้น

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

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

$$\text{ดังนั้นจะได้} \quad N_2 = \frac{N_1 \times E_2}{E_1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{\sqrt{VA}}{5.58}$$

$$= 460 \text{ รอบ}$$

3.1.2.4 การเลือกเบอร์ขดลวด

ด้านปฐมภูมิ : ขนาดกระแสเบตเตอร์มีค่าประมาณ 41.67 A ดังนั้นจะใช้ลวดเบอร์ AWG

14 ทำการพันครั้งละ 25 รอบ

ด้านทุติยภูมิ : ขนาดกระแสที่จ่ายให้กับโหลดประมาณ 2.71 A ดังนั้นใช้ลวดเบอร์ AWG

23 ทำการพัน 460 รอบ

3.1.2.5 ขนาดของแกนเหล็ก

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

$$= \frac{\sqrt{500}}{5.58}$$

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

ดังนั้นใช้แกนเหล็กขนาด $1.5 * 1.5 \text{ inch}^2$

3.2 ชุดอัดประจุเบตเตอร์

3.2.1 การเลือกขนาดเบตเตอร์

ใบโครงการนี้จะเลือกใช้เบตเตอร์ชนิด ตะกั่ว-กรด ปิดผนึกแบบ Free Maintenance ขนาด 7.5 แอมแปร์ – ชั่วโมง เป็นอย่างน้อย โดยที่เบตเตอร์นี้ไม่มีก๊าซเกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลดีในการช่วยแก้ปัญหาอายุการใช้งานแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองสั้น เนื่องจากเกิดก๊าซในการอัดประจุมากเกินไปโดยการอัดประจุเบตเตอร์จะเป็นแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charging) เพราะว่ามีเบตเตอร์ใน UPS ทำงานแบบ (Backup) หรือ Standby โดยจะถูกอัดประจุไว้ตลอดเวลาคือถ้าเบตเตอร์เต็มแล้วจะทำการอัดประจุแบบค่าต่ำๆ เพื่อชดเชยค่าแรงดันที่สูญเสียไปกับความต้านทานภายในเบตเตอร์ ทำการอัดประจุแบบ Float Charge ที่ 12.6 โวลต์ สรุบบेतเตอร์ที่ใช้ใน SMART UPS

1. ชนิดตะกั่ว-กรด ขนาด 7.5 Ah เป็นอย่างต่ำ
2. การใช้งานแบบ Standby สำรองไว้ใช้ได้ 10 -15 นาที ที่ภาระโหลดคอมพิวเตอร์
3. การอัดประจุแบบแรงดันคงที่ชนิดที่ทำงานแบบ Float Charge
4. การอัดประจุจะใช้กระแสเท่ากับ $0.13 \times 7.5 \text{ Ah} = 975 \text{ mA}$.
5. เครื่องอัดประจุเบตเตอร์เป็นแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charging)

3.2.1.1 การคำนวณเพื่อหาขนาดเบตเตอร์

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ใน สมการยูทีเอส ที่สำคัญมีดังนี้

1. กำลังไฟฟ้าของเครื่อง ยูทีเอส คือ 500VA ที่ภาระมีค่า P.f. = 0.8

2. เวลาสำรองในการจ่ายภาระได้ในระยะเวลาประมาณ 10-15 นาทีที่ภาระโหลดคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ประสิทธิภาพของ สมาร์ทฟิวส์ จะเท่ากับ 0.9

4.แรงดันปกติจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์

หาค่ากำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ = VA x PF x Efficiency of Inverter

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

$$= 444.44 \text{ W}$$

หาค่ากระแสจากแบตเตอรี่

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

$$= \frac{444.44}{12}$$

$$= 37.07 \text{ A}$$

หาค่าแอมแปร์ต่อชั่วโมง (Ah)

$$= \frac{W \times (t) \times (I)}{60 \times V_{\text{Battery}}}$$

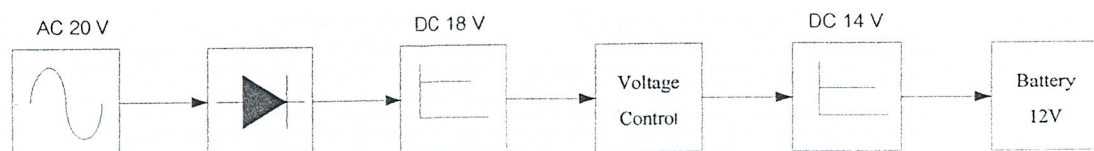
$$= \frac{444.44 \times 10 \times 1}{60 \times 12}$$

$$= 6.17 \text{ Ah}$$

ดังนั้นจะเลือกใช้ขนาดของแบตเตอรี่ ที่ขนาด 7.5 Ah เป็นอย่างต่ำตามที่พิกัดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองนี้ทำงาน

3.2.1.2 การออกแบบวงจรภาคเรียงกระแสแรงจืดประจุแบตเตอรี่

วงจรที่ใช้ในโครงการนี้เป็นชนิดแรงดันคงที่ (Constant Voltage) ออกแบบให้เป็นวงจร Regulator ที่สามารถปรับแรงดันเอาต์พุตได้ในช่วง 12 – 18 V (ขึ้นอยู่กับความต้องการนำไปใช้งาน) วงจรใช้ IC Voltage Regulator เบอร์ LM317 เป็นตัวทำงานหลักซึ่ง LM317 สามารถปรับแรงดันได้ 1.2 - 37 V และได้ใช้ทรานซิสเตอร์คาร์ลิงตันชนิด PNP เบอร์ TIP 127 ช่วยในการจ่ายกระแสให้โหลดเพื่อแบ่งภาระการทำงานของ LM317 ในการชาร์จแบตเตอรี่ 12 V ที่ใช้ในโครงการนี้ และจะปรับแรงดันไว้ที่ 14 V โดยการปรับจูน R_c เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ดังรูปที่ 3-3 โดยแรงดันเอาต์พุตทุกส่วนหนึ่งจะถูก Regulator ด้วย IC 7812 เพื่อเป็นไฟเลี้ยงหรือ Power Supply +12 V ให้กับอุปกรณ์ ในวงจรอื่น



รูปที่ 3-3 แสดง Block Diagram วงจร Rectifier/Charger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3-2 อินพุตจะเป็นแรงดันไฟสลับที่ได้จากหม้อแปลง Step down 220 V เป็น 20 V ซึ่งไฟ 220 นี้ได้จากเอาท์พุทของเครื่อง UPS (ดังนั้นจึงมีไฟ 220 V ตลอดเวลาแม้กระทั่งในช่วงที่ไฟดับ) จากนั้นจะผ่าน Bridge Rectifier เพื่อ Rectify เป็นไฟตรง ซึ่งถูกกรองต่อด้วย C₁ ค่าสูง 1000 uF ให้ลดลงเป็นแรงดันไฟตรงที่เรียบ R₁ เป็นตัวต้านทานเพื่อกำหนดกระแสไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ TIP 127 ใช้ค่าประมาณ 220Ω แต่ถ้าโหลดของวงจรดึงกระแสมาก (IC สูง) จะทำให้กระแสไหลผ่าน R₁ มากขึ้นเป็นผลให้แรงดัน V_{bc} สูงขึ้นด้วยซึ่งจะให้ I_b สูงขึ้นตามเป็นผลให้กระแสคอลเล็กเตอร์ (I_c) สูงขึ้น เวลาทำงานจึงต้องติดฮีตซิงค์ เพื่อระบายความร้อนออกจากตัวถัง อัตราขยายกระแสเป็นไปตามสมการข้างล่าง

$$I_c = \beta I_b$$

β คือ อัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์

ไดโอด D₁ ที่ต่อคร่อมขา C และ E ของ TIP 127 เพิ่มเข้าไปเพื่อป้องกันกระแสและแรงดันสูงขณะใช้งานโดย D₁ จะป้องกันอุปกรณ์จากการคายประจุของ C₁ กลับมายังทรานซิสเตอร์ ในโอกาสที่เกิดการลัดวงจรที่อินพุต D₁ ใช้เบอร์ 1N4007 (หรือเบอร์อื่นที่มีพิกัดทนกระแสสูงกว่า 1.5 A)

ส่วนของ Q₂, R₃ และ R₄ ต่อกันอยู่เป็นวงจรอยู่ที่ขา adj ของ LM317 เพื่อป้องกันกระแสเกินเมื่อเกิดการลัดวงจรที่เอาท์พุทของวงจร Rectifier โดยกระแสสูงจะถูกตรวจจับโดย R₄ ส่วน R₃ ทำหน้าที่ไบอัสกระแสให้กับ Q₂ เลือกใช้ค่า 1KΩ เมื่อ Q₂ ทำงานจะทำให้ขา adj ของ LM317 ต่อลงกราวด์โดยตรงจะทำให้แรงดันเอาท์พุทของวงจรตกลงจนถึงระดับ 0 V จะทำให้หยุดการจ่ายไฟให้แก่วงจรอื่นด้วย

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

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

$$R_4 = \frac{0.4}{1.6} = 0.44\Omega$$

เนื่องจากกระแสไหลผ่านสูงจึงต้องหาขนาดวัตต์ของ R_4

$$P = I^2 R$$

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

$$= 1.1 \text{ W}$$

ใช้ค่า R มาตรฐานใกล้เคียง คือ 0.5 Ω 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 K Ω

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

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

จากสมการ จะได้

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

ต้องการ V_{out} สูงสุดที่ปรับได้ คือ 18 V จะได้ $R_5 + R_{v1}$ คือ

$$R_5 + R_{v1} = \frac{18 - 1.25}{\left(\frac{1.25}{1k} \right) + 50\mu\text{A}}$$

$$= 12.9 \text{ K}\Omega$$

ใช้ค่า $R_5 + R_{v1}$ มาตรฐาน คือ 25 K Ω

เนื่องจากต้องการปรับ V_{out} ได้จึงเลือกค่า R_6 เป็นตัวต้านทานปรับค่า 7K Ω และ R_5 เป็นตัวต้านทานคงที่ 6K Ω ฉะนั้น R_5 จะเป็นตัวกำหนดค่า V_{out} ต่ำสุด เมื่อ R_6 ถูกปรับจนมีค่า 0 Ω ค่า V_{out} ต่ำสุดที่สามารถปรับได้คือ

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

$$= 9.05V$$

กำหนดแรงดันขณะชาร์จแบตเตอรี่ 27 V (กำหนดตามความเหมาะสมเมื่อแบตเตอรี่มีขนาด 24 V) ค่า R_{v1} ที่ปรับค่าได้คือ

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

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

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

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 μF ต่อไว้เพื่อปรับค่ารีเปลในวงจรให้น้อยลง C_3 เป็นตัวเก็บประจุที่เอาท์พุทใช้ค่า 10 μF 35 V

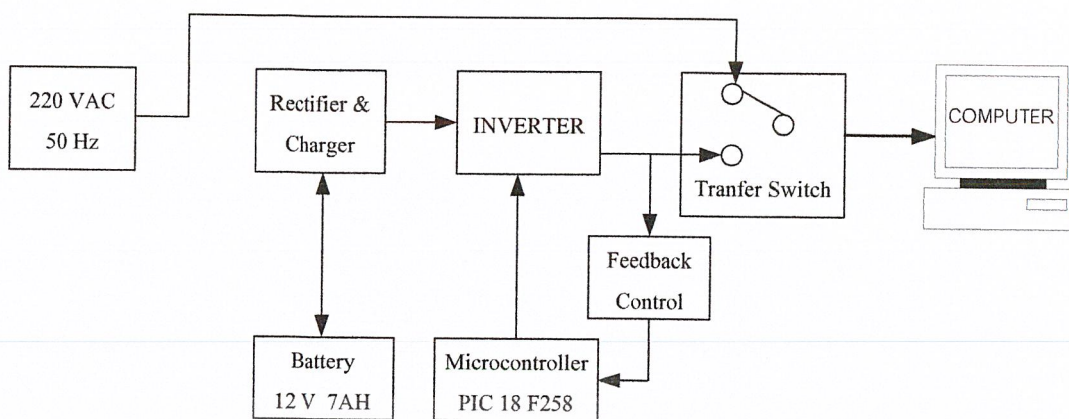
ระหว่างวงจร Rectifier / Charger กับแบตเตอรี่จะมีค่าไดโอด D_2 ต่อขวางไว้ดังรูปที่ 6.4 เพื่อป้องกันกระแสจากแบตเตอรี่ไหลกลับเข้าวงจรเมื่อปรับแรงดันวงจรต่ำกว่าแรงดันแบตเตอรี่จึงให้ไดโอด D_2 เบอร์ 1N5401 ทนกระแสได้ 3 A C_4 ค่า 100 μF 35 V ต่อขนานกับแบตเตอรี่ด้านแคโอดของไดโอดเพื่อรักษาระดับแรงดันไฟตรง แรงดันที่ได้นี้จะนำไปจ่ายให้กับวงจรอื่นด้วยการ Regulate ของ IC 7812 เป็นแรงดัน +12 V และ Regulate ของ IC 7805 จะเป็นแรงดัน +5 V เพื่อจ่ายให้กับวงจรควบคุมและไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่ง IC 7812 และ IC 7805 จะมีทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP 127 เพื่อช่วยในการไบอัส กระแสซึ่งจะทำให้ IC 7812 และ 7805 ไม่รับภาระดึงกระแสจากโหลดมากเกินไป

3.3 ชุดสวิตช์สับเปลี่ยน

สวิตช์สับเปลี่ยน เป็นอุปกรณ์ที่นับได้ว่าสำคัญมากเพราะเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่สำหรับเลือกตัดต่อระหว่างระบบไฟฟ้าหรือว่าระบบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรอง ยูทีเอส เพื่อที่จะให้โหลดคอมพิวเตอร์ทำงาน โดยสวิตช์ที่ใช้ในการนำมาตัดต่อก็จะเป็น รีเลย์แบบ NO และ NC ซึ่งการควบคุมรีเลย์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการสั่งให้รีเลย์ตัดต่อระหว่างระบบไฟฟ้าหรือระบบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรอง โดยจะมีการทำงานใน 2 สภาวะคือ

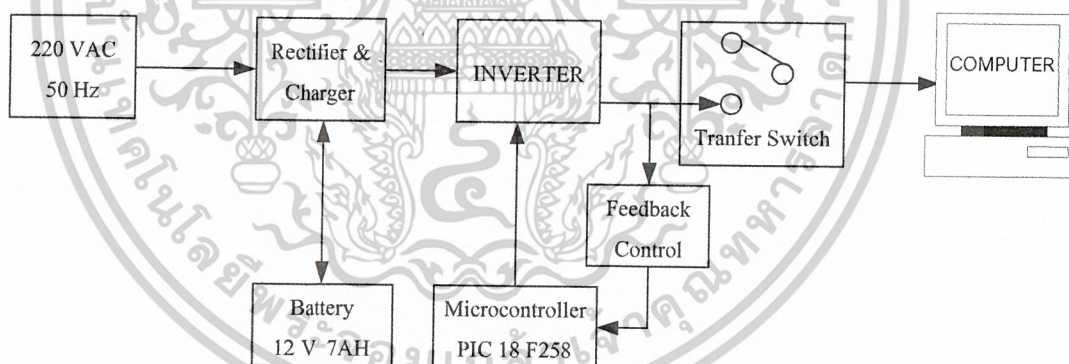
1. ในสภาวะปกติ สวิตช์สับเปลี่ยนจะสับไปที่ระบบ เพื่อรับกำลังไฟฟ้าจากระบบ โดยรีเลย์จะควบคุมการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในสภาวะนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจสอบแล้วว่าระบบมีสภาวะปกติ มีสัญญาณแรงดันไฟฟ้าพร้อมที่จะจ่ายให้กับภาระ ดังนั้นรีเลย์จึงถูกสับเข้ากับระบบเพื่อเป็นทางผ่านของพลังงานไฟฟ้าของระบบไปสู่ภาระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-5 แสดงบล็อกไดอะแกรม ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองเมื่อระบบอยู่ในสภาวะปกติ

2. ในสภาวะผิดปกติสวิตช์สับเปลี่ยนจะสับไปที่อินเวอร์เตอร์ เพื่อรับกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์ ซึ่งในสภาวะนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจสอบแล้วพบว่ามีความผิดปกติ เนื่องจากสาเหตุระบบไม่จ่ายกำลังไฟฟ้า (Brown out) แรงดันไฟฟ้าของระบบมีค่าต่ำเกินไป (Under Voltage) ซึ่งในสภาวะนี้จะไม่มีความถี่แรงดันไฟฟ้าพร้อมที่จะจ่ายให้กับภาระดังนั้นจึงถูกสับเข้ากับอินเวอร์เตอร์เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปสู่ภาระแทนระบบ



รูปที่ 3-6 แสดงบล็อกไดอะแกรม ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองเมื่อระบบอยู่ในสภาวะผิดปกติ

3.3.1 เงื่อนไขการตัดต่อของสวิตช์สับเปลี่ยน

3.3.1.1 เมื่อมีแรงดันระบบเกิดทำงานผิดปกติขึ้น (Brown Out)

คือกรณีที่เมื่อแรงดันไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าเกิดขาดหายไปจากระบบ อย่างทันทีทันใดคือระดับแรงดันไฟฟ้าที่เท่ากับศูนย์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการตรวจสอบสถานะนี้ และเมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าแรงดัน Input เป็นศูนย์ มันก็จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์รูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีความถี่ 50 Hz จำนวน 2 สัญญาณ ซึ่งมีความต่างเฟสกัน 180 องศาทางไฟฟ้าไปขับให้กับวงจร พุช-พูล อินเวอร์ทำงาน ในขณะเดียวกันก็จะส่งสัญญาณทริกไปที่สวิตช์ เพื่อสับเปลี่ยนสถานะการทำงานมาทำในสภาวะผิดปกติ ดังเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในขณะที่ ภาระจะได้รับกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์แทนส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการวนรอบตรวจสอบแรงดันของระบบตลอดเวลา ถ้าหากว่าระบบมีแรงดันไฟฟ้าอยู่ในสภาวะปกติแล้ว ก็จะเข้าสู่การทำงานในโหมดสภาวะปกติคือ ไม่ส่งสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์และส่งสัญญาณอีกสถานะให้กับสวิตช์สับเปลี่ยนเพื่อให้ทำงานในโหมดสภาวะปกติ แต่ถ้าหากว่าแรงดันของระบบยังผิดปกติอยู่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะยังทำงานในโหมดผิดปกติต่อไปจนกว่าถึงเวลาที่กำหนดไว้ มันก็จะหยุดทำงานโดยตัวมันเอง

3.3.1.2 เมื่อแรงดันเกิดไฟตกหรือไฟเกินของระบบ (Under and Over Voltage)

คือมีสภาพที่แรงดันไฟฟ้าสลับมีค่าต่ำกว่าหรือสูงกว่า 10% ของแรงดันไฟฟ้าปกติที่ 220 V โดยแรงดันไฟฟ้าตกและเกินที่กำหนดไว้ก็จะอยู่ในช่วง 198 - 242 โวลต์คือถ้าระบบไฟฟ้าไม่ได้อยู่ในช่วงที่กำหนดนี้ก็จะทำให้เกิดความเสียหายต่อโหลดของระบบได้ โดยในวงจรตรวจสอบจะใช้หม้อแปลงเป็นตัวตรวจสอบสถานะและนำสัญญาณเข้าสู่วงจรตรวจสอบ ดังนั้นเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจสอบแล้วพบว่าระบบไฟฟ้ามีความผิดปกติจริงๆ จากแรงดันที่ไม่เหมาะสม สวิตช์ก็จะทำการตัดต่อระบบมาใช้ไฟฟ้าจากยูทีเอส แทนถ้าหากแรงดันของระบบเสถียรภาพ มีค่าอยู่ในระดับที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ยอมรับได้ ก็จะกลับเข้าสู่โหมดการทำงานในสภาวะปกติเช่นเดิมต่อไป





รูปที่ 3-7 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อระบบไฟฟ้าปกติดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-8 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อแรงดันเกินหรือตก $\pm 10\%$ จาก 220 V
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.3 กระแสไฟฟ้ามืดเกินพิกัด (Over Current)

คือ เมื่อขณะที่มีการเพิ่มภาระ UPS จะทำการจ่ายกระแสให้กับภาระมากขึ้นจนอาจเกินพิกัดของ UPS โดยแบ่งลักษณะของการเกิดกระแสไฟฟ้ามืดได้ 3 ประเภท คือ

3.3.1.3.1 กระแสลัดวงจร จะเกิดขึ้นจากการลัดวงจรของเอาต์พุตค่าของกระแสที่จัดเป็นกระแสลัดวงจร คือ มีค่ามากกว่า 200 % ของค่ากระแสที่พิกัดเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้ามืด แสดงว่ามีการลัดวงจรทางด้านภาระ ซึ่งในสภาวะนี้จะเป็นอันตรายต่อยูพีเอสมากที่สุด ดังนั้นเพื่อความแน่นอนและปลอดภัยต่อระบบจึงใช้อุปกรณ์ป้องกัน จากการลัดวงจร คือ ฟิวส์จำกัดกระแส โดยต่ออนุกรมกับภาระ ซึ่งถ้าหากมีการลัดวงจรด้านภาระ ฟิวส์ก็จะตัดภาระออกก่อนทันที เป็นการป้องกันก่อนที่จะเกิดความเสียหายต่อยูพีเอส

3.3.1.3.2 กระแสภาระเกิน เป็นค่าของกระแสที่มากกว่าพิกัดของยูพีเอส แต่อย่างน้อยก็มากกว่ากระแสลัดวงจร ซึ่งกระแสทั้งสองตัวนี้ได้มีการป้องกันไว้อีกส่วนคือ ฟิวส์ที่ต่ออนุกรมไว้ด้านเอาต์พุต



รูปที่ 3-9 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของฟิวส์เมื่อเกิดกระแสลัดวงจรหรือภาระเกิน

3.3.2 การออกแบบสวิตช์สับเปลี่ยน

เหตุผลที่เลือกใช้รีเลย์มาทำการตัดต่อก็เพราะว่ามีการทำงานที่ง่ายและรวดเร็วราคาถูกเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ตัดต่ออิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ โดยจะมีวิธีการเลือกพิจารณาได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ดูว่านำมาใช้งานกับไฟฟ้ากระแสสลับหรือกระแสตรง
2. พิจารณาค่ากระแส Output ของโหลดว่ามีค่าเท่าไร โดยอาจใช้ขนาดรีเลย์ที่มีพิกัดทนกระแสได้สูงกว่าโหลดประมาณ 25%
3. พิจารณานขนาดของแรงดันที่หน้าสัมผัสที่เป็นตัวตัดต่อ โดยหน้าสัมผัสรีเลย์ต้องทนกระแสได้มากกว่ากระแสที่ผ่านหน้า Contact ของรีเลย์ได้สักประมาณ 1.5-2 เท่า
4. พิจารณาขดลวดในรีเลย์ต้องทนกระแสได้เท่าไรซึ่งจะต้องจ่ายกระแสไบแอสให้เหมาะสม

หาค่ากระแสขั้วรีเลย์

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

$$I = \frac{12}{450}$$

$$= 25 \text{ mA}$$

หาค่ากระแส Output กับ โหลดที่มีภาระ 500VA : $I_{\text{Load}} = \frac{VA}{V}$

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

$$= 2.27 \text{ A}$$

ดังนั้นเราจะเลือกพิกัดของรีเลย์คือ ทนกระแสได้ $2.27 \times 1.25 = 3.4 \text{ A}$

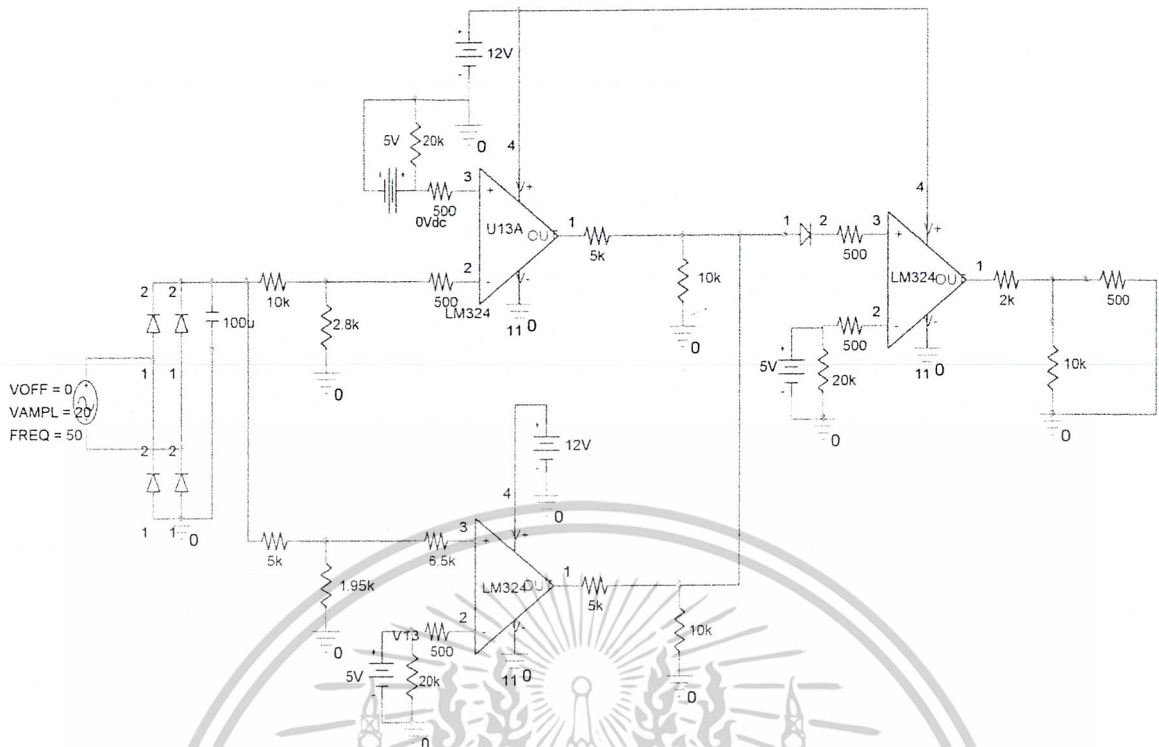
∴ เลือกใช้รีเลย์ 5A, 250 VAC

3.4 ชุดวงจรตรวจสอบสถานะการทำงาน

3.4.1 การตรวจสอบระดับแรงดันไฟตกไฟเกินของระบบ

สำหรับการตรวจสอบของระดับแรงดันไฟตกและไฟเกินของระบบนั้นสามารถดูได้ดังรูปที่ 3-4 ซึ่งจะใช้หม้อแปลงเอาท์พุทที่มีแรงดันพิกัด 220/15 V หม้อแปลงเดียวกันกับวงจรอัดประจุ โดยจะใช้ IC 2 ตัว คือ LM324 N และ LM 339 ในการตรวจสอบระดับแรงดันซึ่งผลจากการตรวจสอบ จะถูกส่งเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่พอร์ต P0.0 เพื่อประมวลผลทำตามโปรแกรมในสถานะผิดปกติ ซึ่งจะสั่งให้สวิทช์สับเปลี่ยนสับมาที่อินเวอร์เตอร์ และถ้าแรงดันการไฟฟ้ามีค่าเป็นปกติที่แรงดัน 220 V ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้สวิทช์สับเปลี่ยนสับมาที่ระบบไลน์แทน เพื่อทำการจ่ายโหลดอย่างต่อเนื่องโดยแรงดันที่ปกติจะอยู่ในช่วง 198 – 242 การทำงานของวงจรเมื่อจ่ายแรงดัน 220 v ผ่านหม้อแปลงลดแรงดันลงมาเหลือ 15V และผ่านวงจรเรียงและกรองกระแสจะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ 20V เมื่อทำการลดแรงดันโดยวงจรลดทอนแรงดัน จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับ แรงดันอ้างอิงที่ IC LM 339 อีกที และส่งสถานะการทำงานเข้าไปประมวลผลการทำงานในไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-10 วงจรตรวจระดับแรงดันไฟฟ้าตกไฟฟ้าเกิน

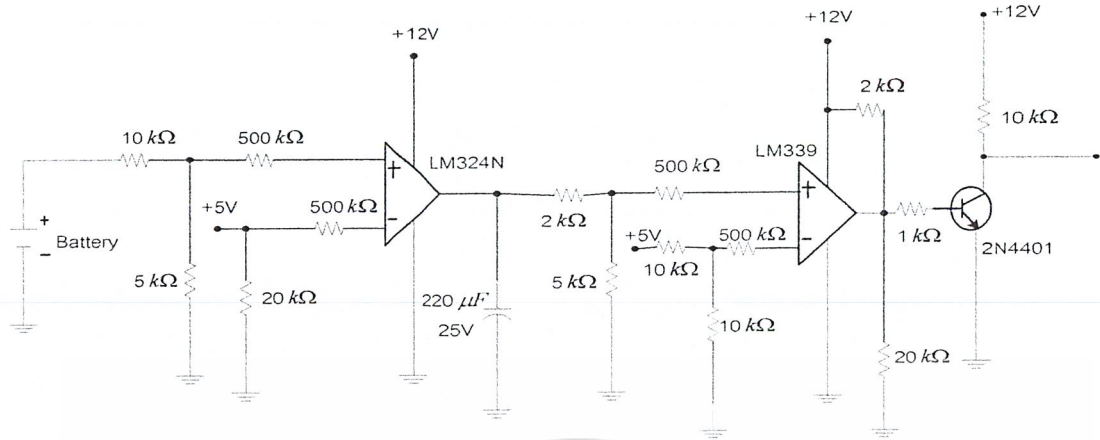
3.4.2 การตรวจสอบแรงดันอัดประจุแบตเตอรี่

ขณะอยู่ในสถานะปกติคือระบบ ไฟฟ้าไลน์ทำงานจะมีการตรวจสอบแรงดันในการอัดประจุแบตเตอรี่ไม่ให้เกินที่กำหนดไว้ที่ 4 V โดยมีการทำงานคือแรงดันจากแบตเตอรี่จะถูกเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ IC LM 324N และเอาท์พุทนั้นจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ IC LM 339 อีก ที่หนึ่งก่อนที่จะมีสัญญาณที่ได้มาเข้าทรานซิสเตอร์ N 4401 เพื่อให้ผลของสถานะการทำงานเข้าสู่อุปกรณ์ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ P 0.2 เพื่อประมวลผลส่งสัญญาณควบคุมแรงดันในการอัดประจุ ที่วงจรอัดประจุแบตเตอรี่ ดังนั้นแรงดันในการอัดประจุแบตเตอรี่จะถูกควบคุมได้ที่ 14 V วงจรที่ใช้อยู่ในรูปที่ 6-4

ตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ขณะทำการสำรองไฟฟ้า (BackUp) ขณะที่ทำการสำรองไฟแรงดันของแบตเตอรี่จะค่อย ๆ ลดลง เพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่เสียหายจากแรงดันสุดท้ายของแบตเตอรี่ (End of cell) จึงต้องมีการคอยตรวจสอบระบบแรงดันของแบตเตอรี่ โดยวงจรที่ใช้ตรวจสอบจะมีดังรูปที่ 6-4 ซึ่งการทำงานของวงจร คือ เมื่อขณะเริ่มทำการสำรองไฟฟ้าไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้วงจรตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ทำงาน โดยแรงดันแบตเตอรี่จะถูกลดทอนลงมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ LM 324N และนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงอีกครั้งหนึ่ง LM 339 ก่อนนำผลของสัญญาณที่ได้ไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อีกที่ที่ P 0.3 ซึ่งถ้าแรงดันแบตเตอรี่ต่ำกว่าแรงดันสุดท้ายแบตเตอรี่ จะทำการตัดการไหลออกจากกระบบการสำรองไฟทันที ในการทดสอบของโครงการนี้แรงดันสุดท้ายของแบตเตอรี่ที่ใช้คือ 9.7 V วงจรแสดงได้ดังรูปที่ 3-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

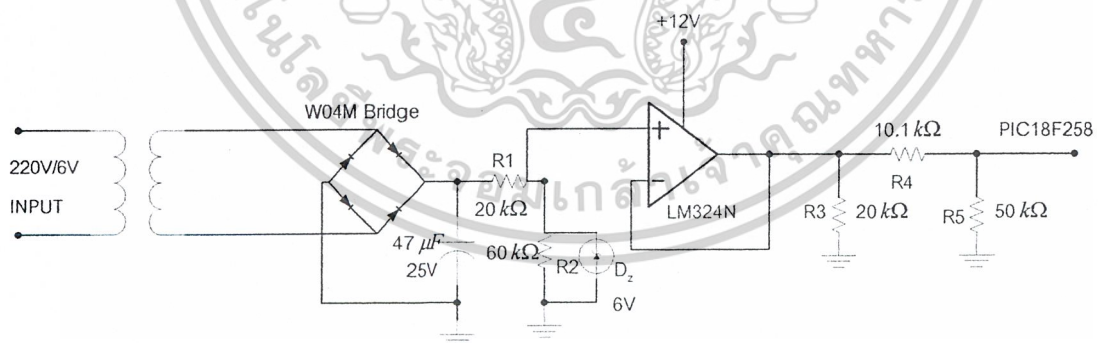


รูปที่ 3-11 แสดงวงจรตรวจสอบแรงดันอัดประจุแบตเตอรี่

3.5 ชุดวงจรป้อนกลับ (Feedback Control)

การออกแบบวงจรป้อนกลับ (Feed Back)

ในขณะที่ทำการสำรองไฟนั้นแรงดันที่โหลดนั้นจะต้องคงที่ ที่แรงดัน 220 V (rms) ดังนั้นจึงต้องมีวงจรป้อนกลับ (Feed Back) เพื่อให้การตอบสนองตามโหลดที่ต้องการในโครงงานนี้จะมีการป้อนกลับที่มีการทำงานดังนี้ เพื่อทำการสำรองไฟฟ้าจะมีหม้อแปลงลดแรงดันจาก 220V ที่โหลดมาเป็น 6Vก่อนแปลงมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและจะได้เป็น สัญญาณดิจิตอลที่จะเข้าสู่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการปรับลด หรือ ขยาย พัลส์ ให้ได้ค่าแรงดันที่โหลดต้องการซึ่งวงจรป้อนกลับสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 3-12



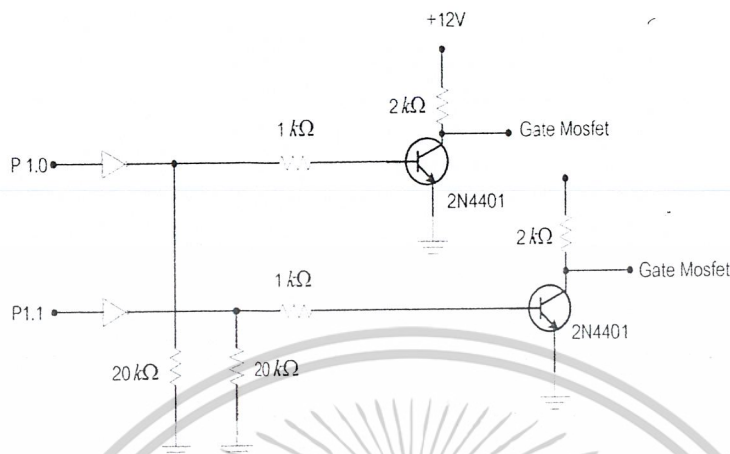
รูปที่ 3-12 แสดงวงจร Feedback Control

3.6 ชุดวงจรขับและแสดงผลการทำงาน

3.6.1 วงจรขับ Mosfet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

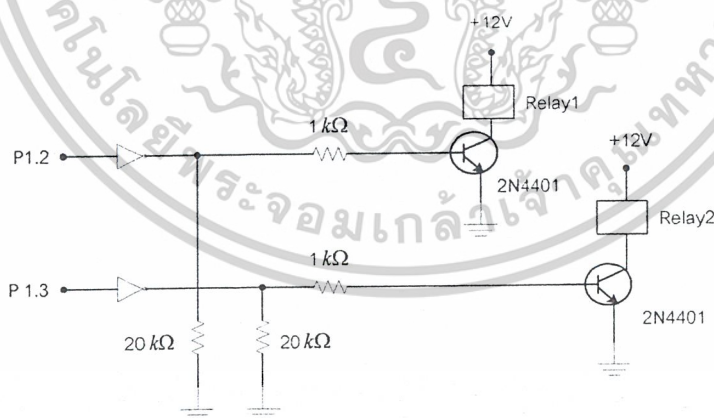
สัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ P 1.0 และ P 1.1 จะเป็นพัลส์ที่มีสัญญาณกลับกันก่อนเข้าสู่ NOT GATE เพื่อขยายสัญญาณเข้าสู่ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N4401 ก่อนเข้าขาเกตของ Power Mosfet เบอร์ IRFZ 44 ซึ่งวงจรเป็นดังรูปที่ 3-13



รูปที่ 3-13 แสดงวงจรขับ Power Mosfet

3.6.2 วงจร Relay

สัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ P 1.2 และ P 1.3 จะเป็นสัญญาณที่ควบคุมการทำงานของรีเลย์ โดย P1.2 จะส่งสัญญาณเข้า NOT GATE และเข้าสู่ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N4401 เพื่อควบคุมการทำงานของรีเลย์ ตัวที่ 1 และ P 1.3 จะควบคุมการทำงานของรีเลย์ตัวที่ 2 ซึ่งวงจรเป็นไปดังรูปที่ 3-14

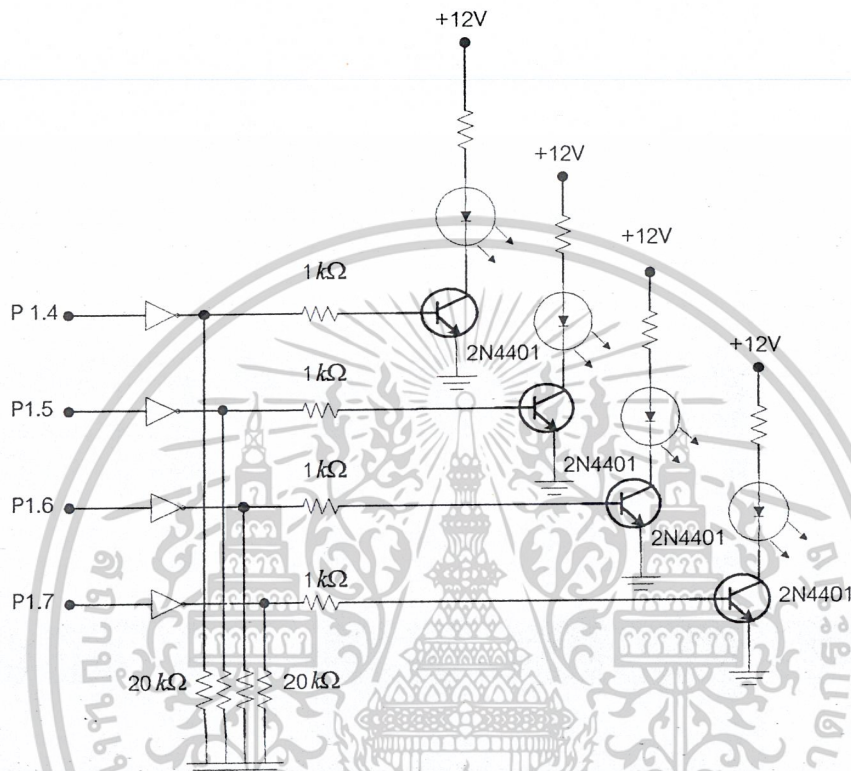


รูปที่ 3-14 แสดงวงจรขับ Relay

3.6.3 วงจรส่วนของการแสดงผลการทำงาน

สัญญาณที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ P 1.4 – P 1.7 จะเข้าสู่ NOT GATE ก่อนที่จะส่งสัญญาณไปควบคุมหลอด LED เพื่อแสดงผลการทำงานต่าง ๆ ของสถานะการทำงานโดยที่ P1.4 จะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมการแสดงผลการทำงานของระบบไฟไลน์ (Line) ส่วน P1.5 จะควบคุมการแสดงผลการทำงานของระบบสำรองไฟฟ้า (Back up) P1.6 จะควบคุมการแสดงผลการทำงานของการอัดประจุแบตเตอรี่ (Charger) และ P1.7 จะคอยตรวจสอบสถานะการหยุดอัดประจุเข้าแบตเตอรี่เนื่องจากว่าอัดประจุเต็มแล้ว โดยวงจรจะแสดงได้ดังรูปที่ 3-15



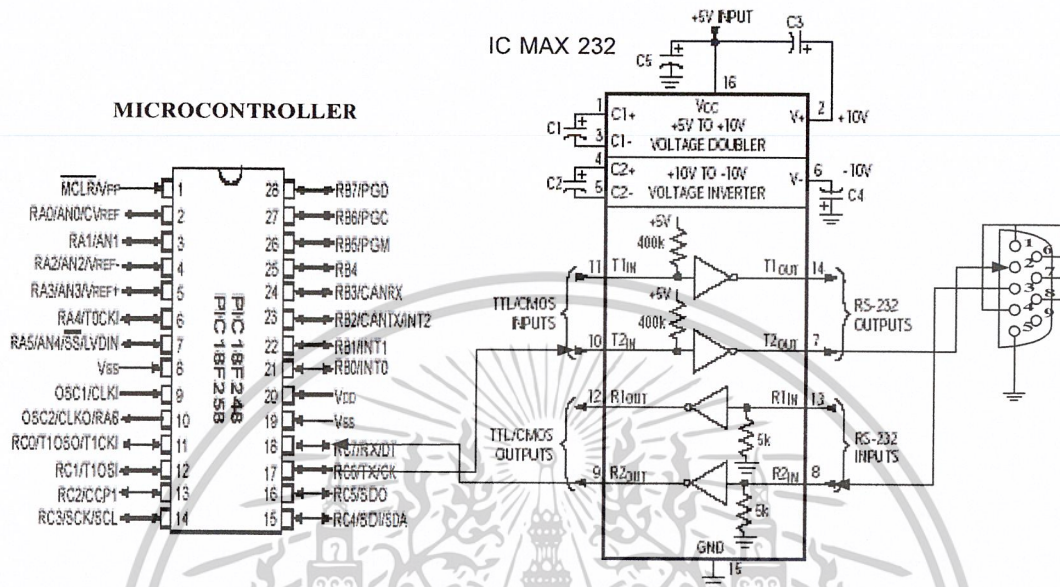
รูปที่ 3-15 แสดงวงจรการแสดงผลการทำงานของ

3.7 ชุดโปรแกรมและวงจรสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมระหว่างคอมพิวเตอร์กับฮาร์ดแวร์

3.7.1 วงจรเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์และฮาร์ดแวร์

มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ได้ระบุช่วงระดับแรงดันสำหรับการทำงานของพอร์ตอนุกรมไว้ว่า ที่ลอจิก "0" จะมีระดับสัญญาณ +3 ถึง +15 โวลต์ ส่วนลอจิก "1" จะมีระดับสัญญาณ -3 ถึง -15 โวลต์ ระดับสัญญาณนี้ทำให้ไม่สามารถที่จะนำเอาที่พูดใดๆ ต่อเข้ากับลอจิกเกตเพื่อใช้งานได้โดยตรง จะต้องผ่านวงจรเพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันเสียก่อนนั่นก็คือวงจรขับ อุปกรณ์ขับแบบมาตรฐานอาร์เอสสองสามสอง นั้น ในด้านภาคส่งต้องสามารถเปลี่ยนสัญญาณลอจิกให้เป็นระดับแรงดันตามค่าที่กำหนดไว้ได้ และสำหรับในส่วนของวงจรภาครับเองก็ต้องสามารถตรวจจับระดับแรงดันที่รับเข้ามาแล้วเปลี่ยนกลับให้เป็นสัญญาณลอจิกได้อย่างถูกต้องด้วยเช่นกัน โดยปกติจะใช้ไอซีจำพวก RS-232 Transceiver ที่นิยมมากคือ IC MAX232 หรือ ICL232 ไอซีในกลุ่มนี้จะทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันที่ทีแอล ให้เป็นสัญญาณในระดับแรงดันของ อาร์เอสสองสามสอง และยังทำหน้าที่แปลงสัญญาณในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันของ อาร์เอสสองสามสอง ให้กลับมาอยู่ในระดับที่ที่แอล โดยลอจิก “0” ซึ่งเดิมมีระดับสัญญาณ +3 ถึง +15 โวลต์ จะถูกแปลงเป็น 0 โวลต์ ส่วนลอจิก “1” ซึ่งมีระดับสัญญาณ -3 ถึง -15 โวลต์ จะแปลงเป็น +5 โวลต์ ทั้งนี้เพื่อสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ดิจิทัลอื่นที่ใช้ระดับแรงดันที่ที่แอล ได้



รูปที่ 3-16 แสดงการต่อวงจรสื่อสารพอร์ตอนุกรมและ IC MAX 232 เข้ากับ PIC 18F258

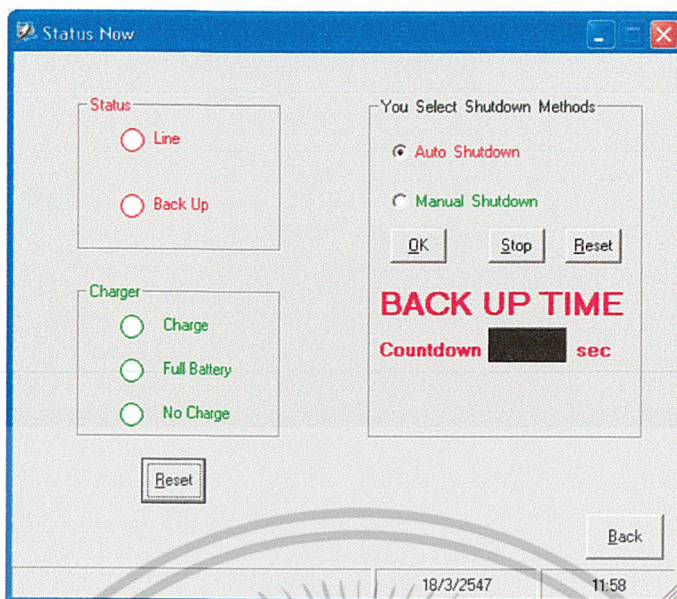
3.7.2 โปรแกรมสมาธิพีเอส

จะประกอบไปด้วยเมนูหลักและเมนูย่อยๆ ได้เป็นดังนี้

3.7.2.1 เมนู Status

จะเป็นเมนูสำหรับฟอร์มย่อยซึ่งจะใช้แสดงสถานะต่างๆของยูพีเอส ไม่ว่าจะป็นขณะปกติ (Line) หรือขณะไม่ปกติคือภาวะ (Back Up) และสถานะของการชาร์จแบตเตอรี่ต่างๆ พร้อมทั้งการกำหนดสถานะของการปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยตัวเองว่าจะให้เป็นแบบเมนวลหรืออัตโนมัติโดยจะมีหน้าต่างของฟอร์มดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-17 แสดงหน้าต่างของฟอร์มย่อยของเมนู Status

3.7.2.2 เมนู Shutdown

เป็นเมนูฟอร์มย่อยอีกฟอร์มหนึ่งที่ใช้สำหรับสั่งให้ปิดเครื่องคอมพิวเตอร์โดยจะดับไปพร้อมๆกันกับตัวยูทีเอส ซึ่งจะมีหน้าต่างดังนี้

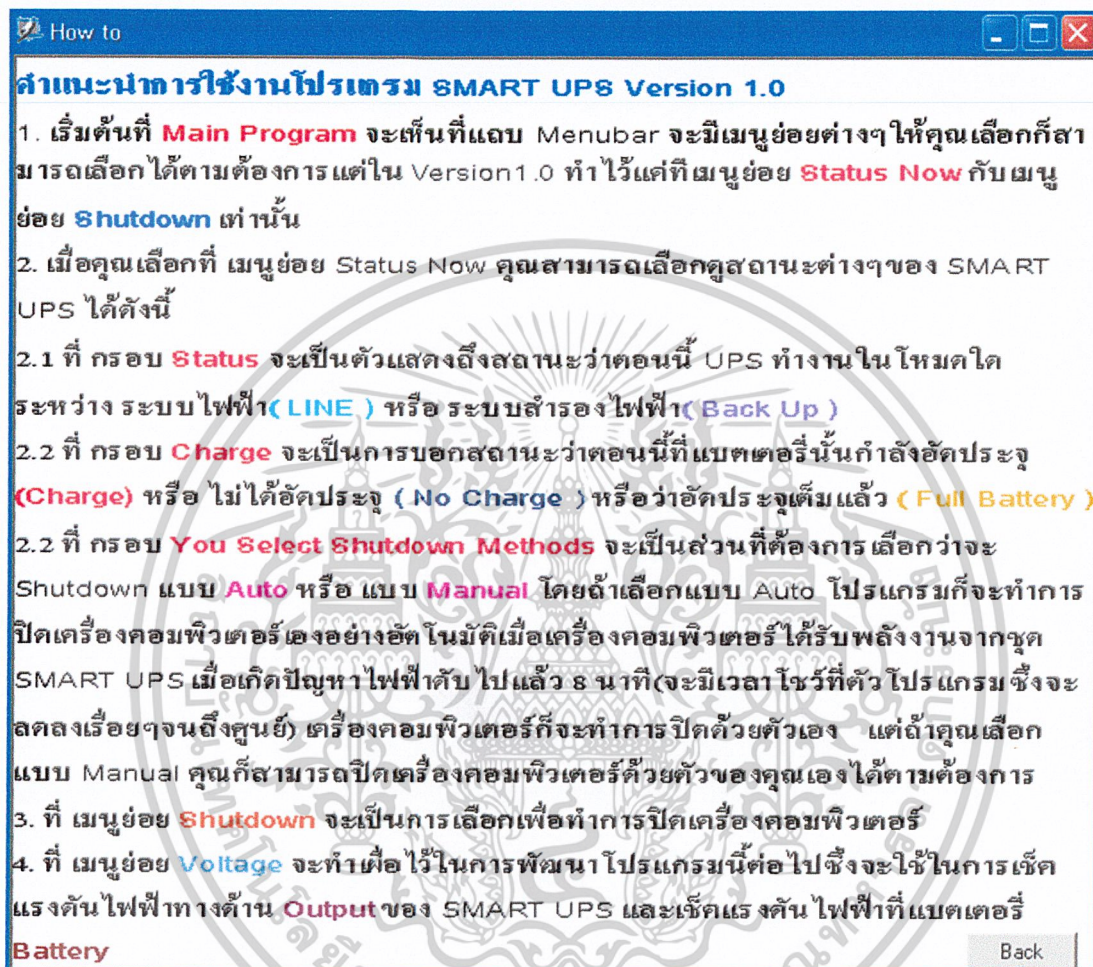


รูปที่ 3-18 แสดงหน้าต่างของฟอร์มย่อยของเมนู Shutdown

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2.3 เมนู Howto

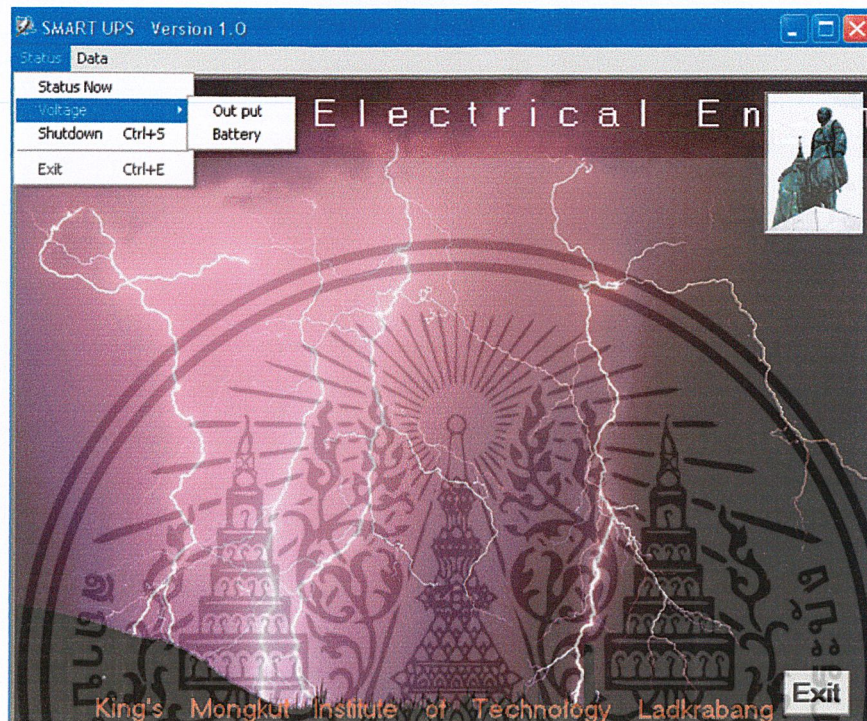
คือเมนูที่มีฟอร์มที่ใช้สำหรับเป็นข้อมูล (User) ในการอธิบายให้คำแนะนำการใช้งาน โปรแกรมเกี่ยวกับสมาชิกเอนี่ ซึ่งสามารถศึกษาและทำความเข้าใจได้อย่างง่าย ๆ



รูปที่ 3-19 แสดงหน้าต่างของฟอร์มย่อยของเมนู How to

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าต่างฟอร์มหลักของโปรแกรมสมทฤษฎีเอสเวอร์ชัน 1.0



รูปที่ 3-20 แสดงหน้าต่างหลักของโปรแกรม SMART UPS Version 1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จุดประสงค์ในการทดลอง

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

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบปรับค่าได้ (Variac) ขนาด 5 A 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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับผลการทดลองในโครงการแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง (UPS) นี้ จะแบ่งออกเป็น

2 ส่วน คือ

4.1 ผลการทดลองในส่วนของการอัดประจุแบตเตอรี่

- การเปรียบเทียบแรงดันและกระแสขณะทำการอัดประจุกับระยะเวลาในการอัดประจุ ซึ่งผลการทดลอง แรงดันที่แบตเตอรี่ และกระแสชาร์จเทียบกับเวลาจะมีค่าตามตาราง

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองครั้งที่ 1

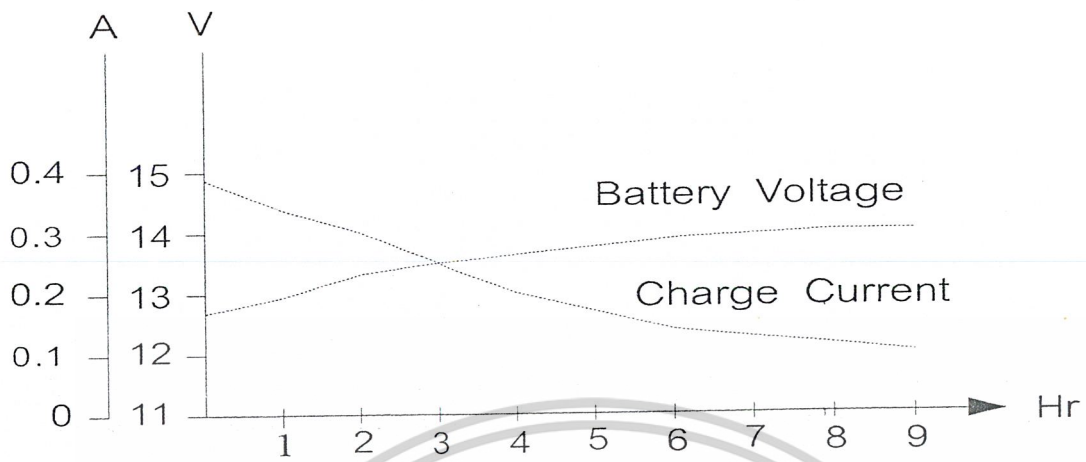
ระยะเวลา(นาที)	แรงดัน(V)	กระแส(A)
0	12.67	0.39
30	12.82	0.36
60	12.97	0.34
90	13.10	0.33
120	13.28	0.29
150	13.37	0.27
180	13.49	0.25
210	13.56	0.20
240	13.60	0.19
270	13.67	0.18
300	13.72	0.17
330	13.76	0.16
360	13.79	0.14
390	13.84	0.14
420	13.88	0.14
450	13.91	0.14
480	13.93	0.13
510	13.94	0.12
540	13.96	0.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

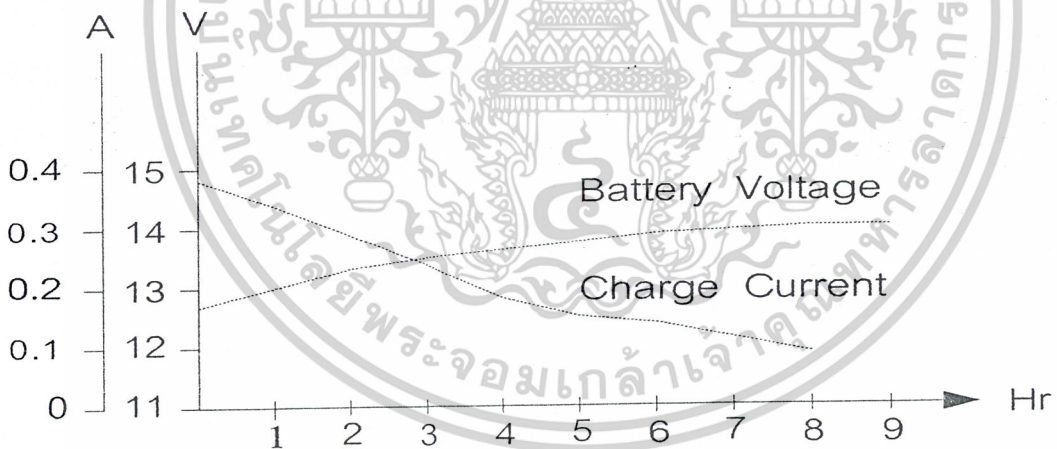
ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองครั้งที่ 2

ระยะเวลา(นาทื)	แรงดัน(V)	กระแส(A)
0	12.70	0.38
30	12.85	0.35
60	13.00	0.33
90	13.13	0.32
120	13.31	0.28
150	13.40	0.26
180	13.52	0.23
210	13.59	0.18
240	13.63	0.17
270	13.70	0.16
300	13.74	0.15
330	13.76	0.14
360	13.80	0.14
390	13.84	0.11
420	13.88	0.11
450	13.90	0.10
480	13.93	0.09
510	13.95	0.06
540	13.98	0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-1 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1

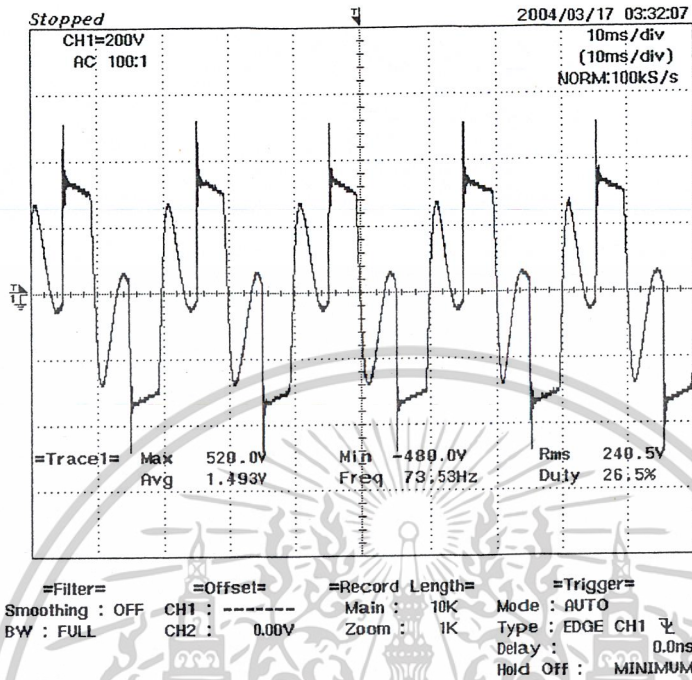


รูปที่ 4-2 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2

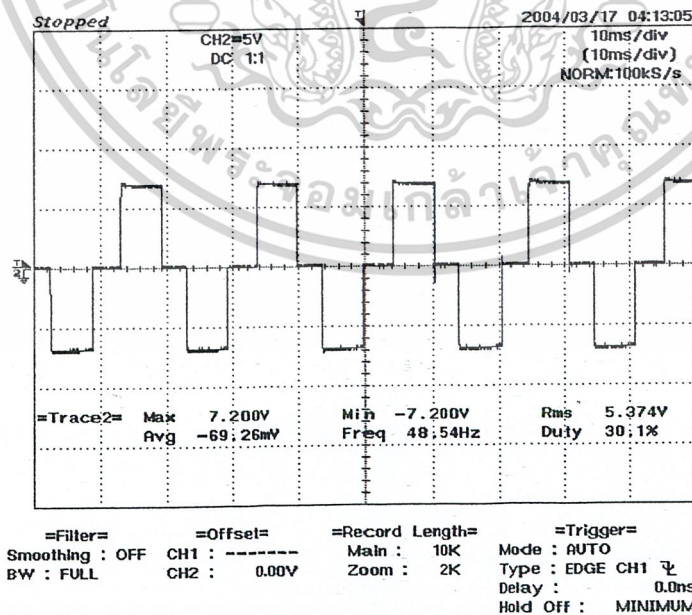
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองในส่วนของการสำรองไฟฟ้า (Back up)

- แสดงรูปคลื่นสัญญาณการขับเคลื่อนจอร์นเวอร์เตอร์ในสถานะผิดปกติ

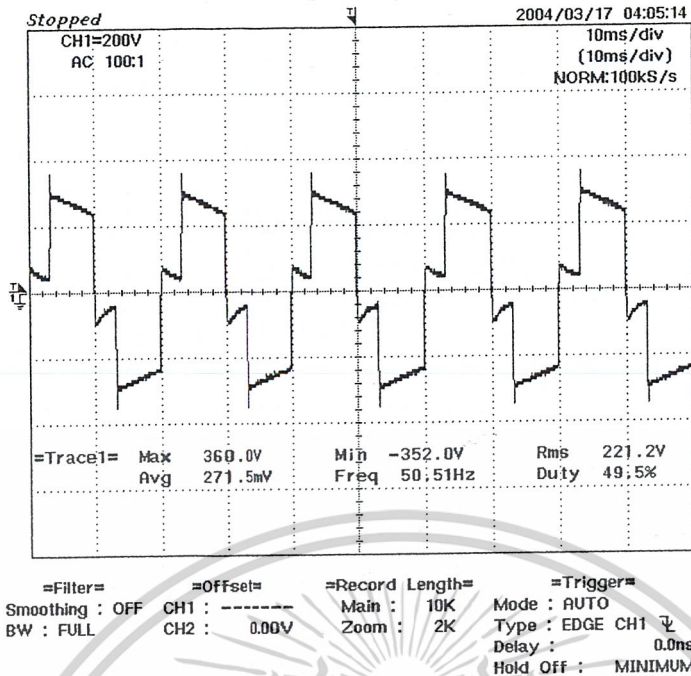


รูปที่ 4-3 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะไม่มีภาระ

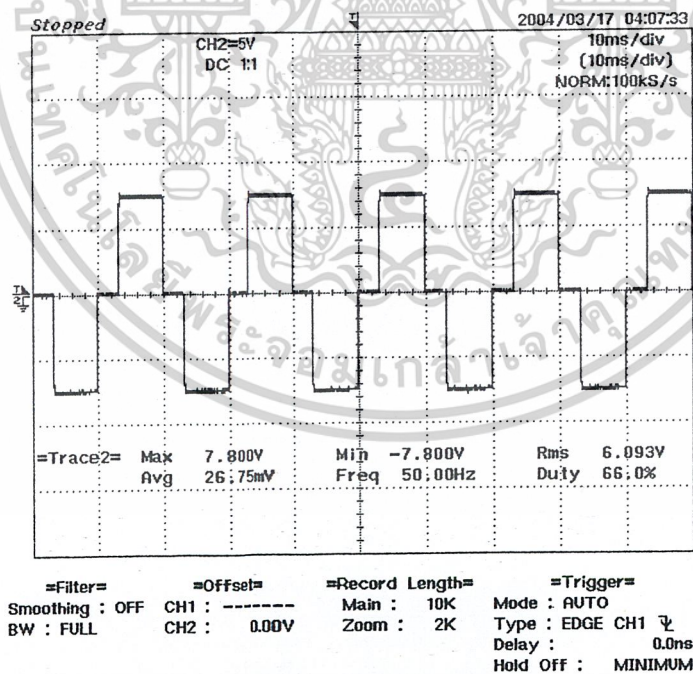


รูปที่ 4-4 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากมอสเฟตขณะไม่มีภาระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

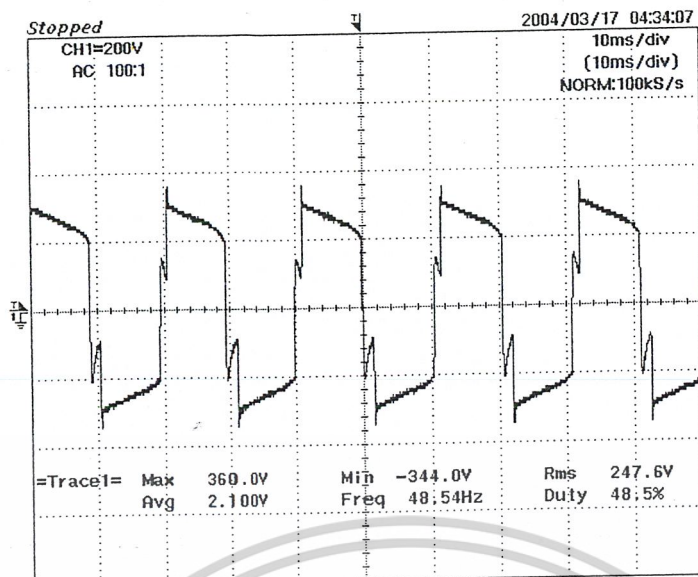


รูปที่ 4-6 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระ 200 VA ,PF 1.0



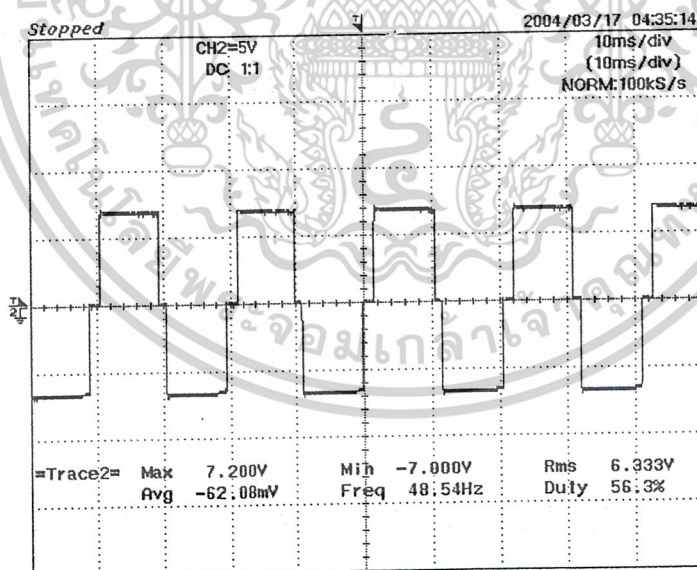
รูปที่ 4-7 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากมอเตอร์ขณะจ่ายภาระ 200VA PF 1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



=Filter= =Offset= =Record Length= =Trigger=
Smoothing : OFF CH1 : ----- Mode : AUTO
BW : FULL CH2 : 0.00V Main : 10K Type : EDGE CH1 ψ
Zoom : 2K Delay : 0.0ns
Hold Off : MINIMUM

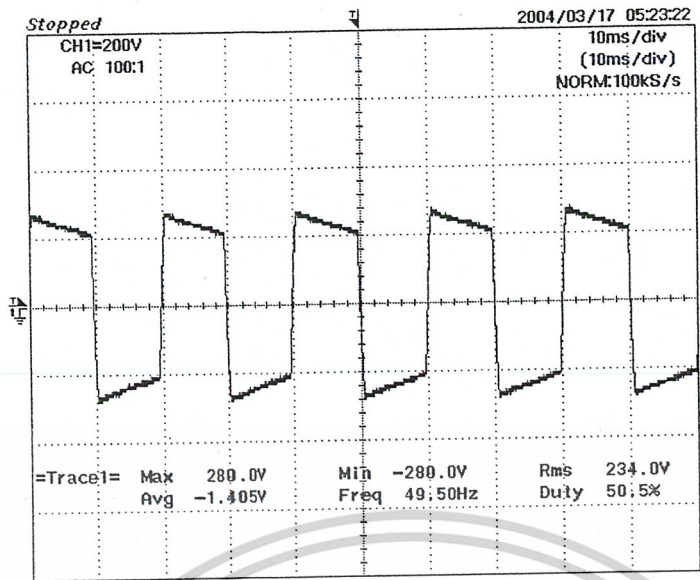
รูปที่ 4-10 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระ 400 VA ,PF 1.0



=Filter= =Offset= =Record Length= =Trigger=
Smoothing : OFF CH1 : ----- Mode : AUTO
BW : FULL CH2 : 0.00V Main : 10K Type : EDGE CH1 ψ
Zoom : 2K Delay : 0.0ns
Hold Off : MINIMUM

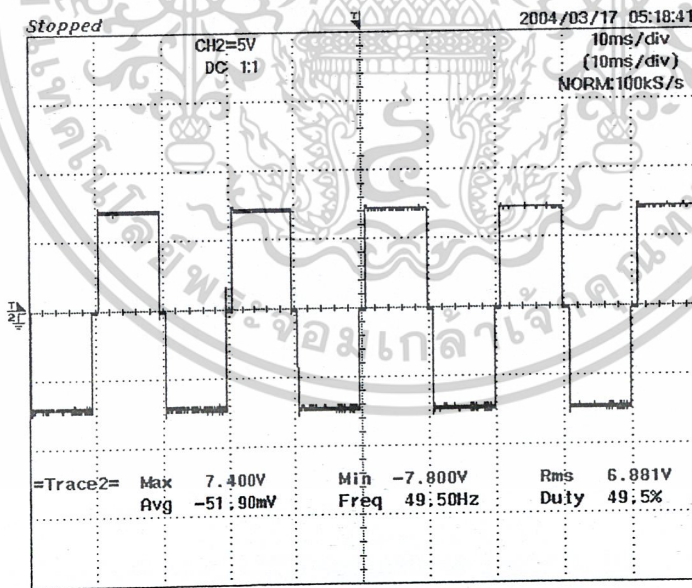
รูปที่ 4-11 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากมอสเฟตขณะจ่ายภาระ 400VA PF 1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



=Filter= Smoothing : OFF BW : FULL
=Offset= CH1 : ----- CH2 : 0.00V
=Record Length= Main : 10K Zoom : 2K
=Trigger= Mode : AUTO Type : EDGE CH1 ∇ Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

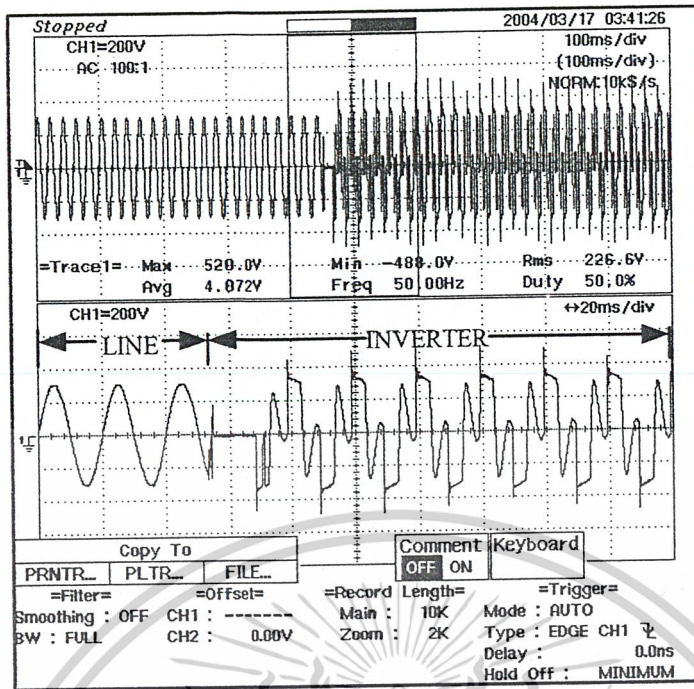
รูปที่ 4-12 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายภาระคอมพิวเตอรื



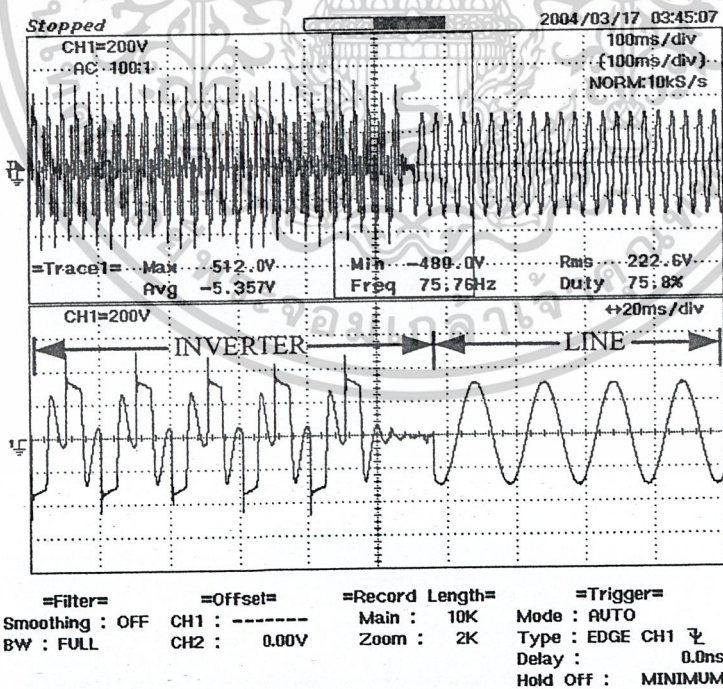
=Filter= Smoothing : OFF BW : FULL
=Offset= CH1 : ----- CH2 : 0.00V
=Record Length= Main : 10K Zoom : 2K
=Trigger= Mode : AUTO Type : EDGE CH1 ∇ Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 4-13 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตจากมอสเฟทขณะจ่ายภาระคอมพิวเตอรื

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

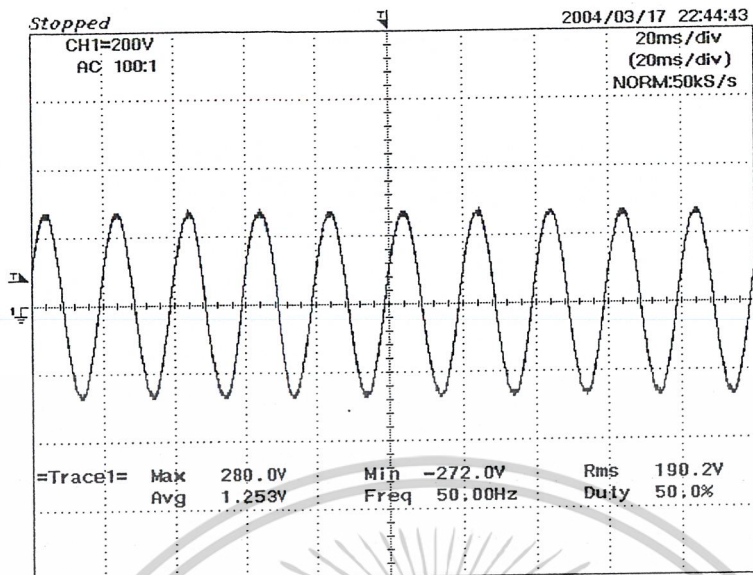


รูปที่ 4-14 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเมื่อเปลี่ยนสถานะจากระบบไฟฟ้ามาเป็นอินเวอร์เตอร์



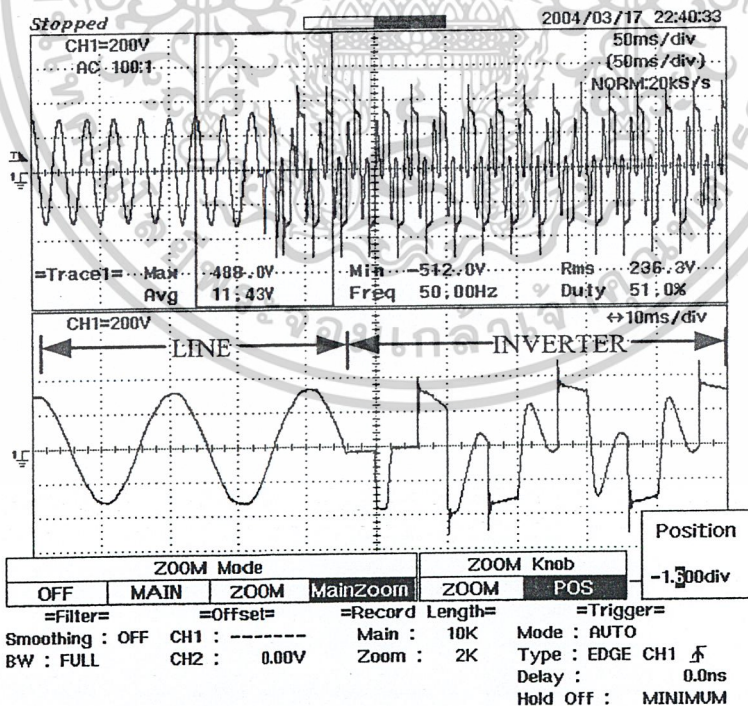
รูปที่ 4-15 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตเมื่อเปลี่ยนสถานะจากอินเวอร์เตอร์มาเป็นระบบไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



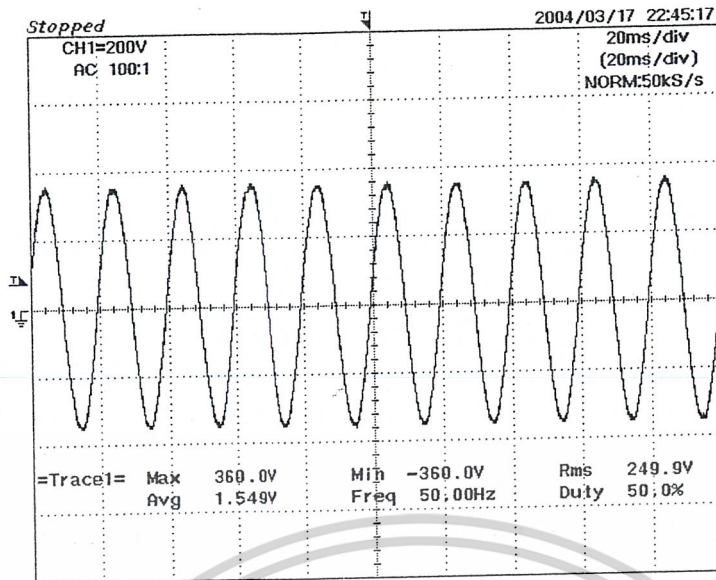
=Filter= Smoothing : OFF BW : FULL
 =Offset= CH1 : ----- CH2 : 0.00V
 =Record Length= Main : 10K Zoom : 2.5K
 =Trigger= Mode : AUTO Type : EDGE CH1 Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 4-16 แสดงสถานะแรงดันไฟฟ้าตกจากระบบไฟฟ้า



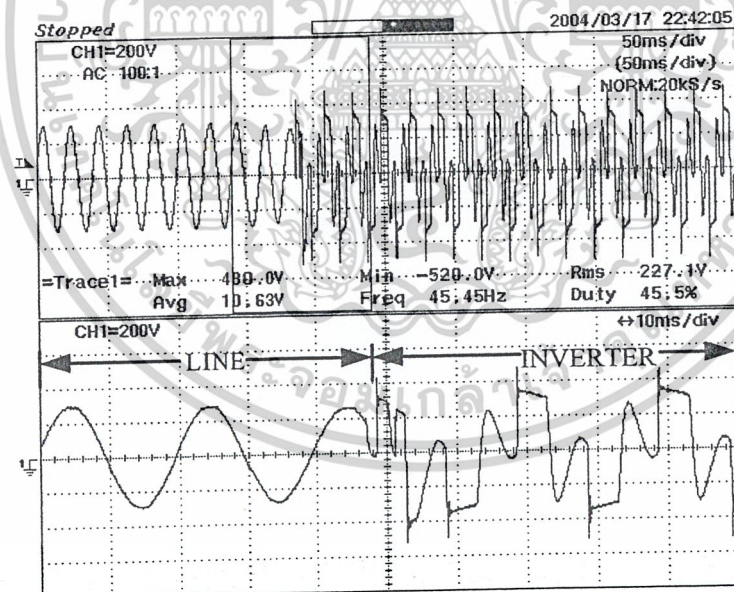
รูปที่ 4-17 แสดงสถานะจากระบบไฟฟ้ามาเป็นอินเวอร์เตอร์เมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



=Filter= =Offset= =Record Length= =Trigger=
Smoothing : OFF CH1 : ----- Mode : AUTO
BW : FULL CH2 : 0.00V Main : 10K Zoom : 2.5K Type : EDGE CH1
Delay : 0.0ns
Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 4-18 สภาวะแรงดันไฟฟ้าเกินจากระบบไฟฟ้า



=Filter= =Offset= =Record Length= =Trigger=
Smoothing : OFF CH1 : ----- Mode : AUTO
BW : FULL CH2 : 0.00V Main : 10K Zoom : 2K Type : EDGE CH1
Delay : 0.0ns
Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 4-19 แสดงสภาวะจากระบบไฟฟ้ามาเป็นอินเวอร์เตอร์เมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

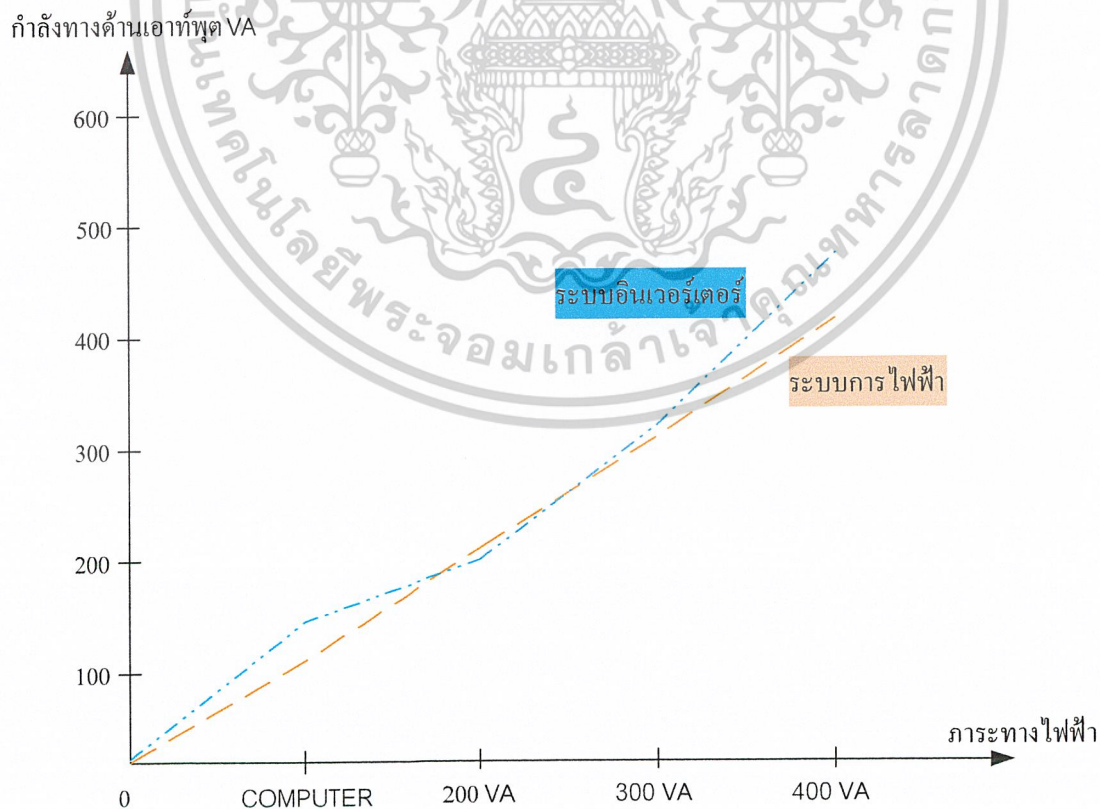
ตารางที่ 4-3 แสดงผลการทดลองที่ค่าต่างๆ

ตารางแสดงผลการทดลองที่ภาระค่าต่างๆ		
ภาระ(VA)	แรงดันเอาต์พุต(V)	กระแสภาระ(A)
สภาวะปกติรับกำลังไฟฟ้าจากระบบการไฟฟ้า		
ไม่มีภาระ	225	0
200	220	0.95
300	220	1.40
400	220	1.90
ภาระคอมพิวเตอรื	220	0.50
สภาวะผิดปกติรับกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์		
ไม่มีสภาวะ	240.5	0
200	221.2	0.90
300	232.8	1.38
400	247.6	1.92
ภาระคอมพิวเตอรื	234.0	0.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-4 แสดงผลการทดลองที่ค่าต่างๆ(ต่อ)

ตารางแสดงผลการทดลองที่ภาระค่าต่างๆ		
ภาระ(VA)	กำลังอินพุต(VA)	กำลังเอาต์พุต(VA)
สภาวะปกติรับกำลังไฟฟ้าจากระบบการไฟฟ้า		
ไม่มีภาระ	0	0
200	213.75	209.00
300	315.00	308.00
400	427.50	418.00
ภาระคอมพิวเตอร์	112.50	110.00
สภาวะผิดปกติรับกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์		
ไม่มีสภาวะ	0	0
200	0	199.08
300	0	321.26
400	0	475.39
ภาระคอมพิวเตอร์	0	147.42



รูปที่ 4-20 แสดงกราฟเปรียบเทียบพิกัดกำลังทางด้านเอาต์พุตระหว่างสภาวะปกติและไม่ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-5 แสดงผลการทดลองที่ค่าต่างๆ(ต่อ)

ตารางแสดงผลการทดลองที่ภาวะค่าต่างๆ		
ภาวะ(VA)	ความถี่อินพุต (Hz)	ความถี่เอาต์พุต (Hz)
สภาวะปกติรับกำลังไฟฟ้าจากระบบการไฟฟ้า		
ไม่มีภาวะ	50	50
200	50	50
300	50	50
400	50	50
ภาวะคอมพิวเตอร์	50	50
สภาวะผิดปกติรับกำลังไฟฟ้าจากอินเวอร์เตอร์		
ไม่มีสภาวะ	0	50
200	0	50.51
300	0	49.50
400	0	49.0
ภาวะคอมพิวเตอร์	0	49.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิเคราะห์และสรุปผลของโครงการ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทุกส่วนของโครงการสรุปได้ว่า แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่องสามารถจ่ายไฟได้ ประมาณ 10 นาทีกว่าๆ ที่ภาระคอมพิวเตอร์ โดยการควบคุมส่วนต่างๆทั้งหมดมาจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์(PIC18F258) ซึ่งมีการทำงานที่แน่นอน และรวดเร็วกว่าแบบอนาล็อก จึงเป็นจุดเด่นของโครงการนี้ การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นยังทำให้ช่วยในการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ได้อย่างไม่ยุ่งยาก เนื่องจากการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งไม่ซับซ้อนยุ่งยากเหมือนการควบคุมแบบอนาล็อก ส่วนสวิทช์สับเปลี่ยนของโครงการนี้จะใช้เบร็ลเลย์เป็นตัวสับเปลี่ยน เนื่องจากไม่ค่อยมีปัญหาเหมือนกับสวิทช์สับเปลี่ยนอิเล็กทรอนิกส์ จึงสรุปได้ว่าการทดลองในโครงการนี้ได้ผลเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง คือสามารถจ่ายให้กับภาระโหลดได้ 400A ที่ PF 1.0 โดยระดับแรงดันที่ภาระโหลดค่อนข้างคงที่ ณ ภาระโหลดใดๆ อีกทั้งความถี่ที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต่อเนื่องกำเนิดขึ้นจะได้ 50 Hz ซึ่งมีความผิดพลาดน้อยมากเนื่องจากการสร้างพัลส์ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์รวมถึงการตรวจสอบ การทำงานในสภาวะต่างๆ สามารถทำได้อย่างแม่นยำถูกต้องตามสภาวะที่เกิดขึ้น ส่วนปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงการนี้ส่วนใหญ่เกิดจากการออกแบบโปรแกรมของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์(PIC18F258) ซึ่งทางคณะผู้จัดทำยังใหม่กับการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ จึงทำให้การทำงานผิดพลาดและเกิดปัญหาขึ้นและต้องปรับเปลี่ยนแก้ไขอยู่ตลอดเวลา แต่อย่างไรก็ตามก็ได้ทำการศึกษาข้อผิดพลาดและแก้ไขปัญหานั้นจนสามารถเข้าใจและสำเร็จไปได้ด้วยดี

ปัญหาที่พบ

สำหรับปัญหาที่น่าสนใจที่พบในโครงการนี้ก็คือ ปัญหาในส่วนของสวิทช์สับเปลี่ยนจากระบบยูทีเอสกลับมาเป็นระบบไฟฟ้ารีเลย์จะเกิดอาการรวนคือ จะตัดต่อถี่มากๆ ซึ่งจะส่งผลไปสู่มอสเฟตทำให้พังเสียหายได้บ่อยๆ และก็ทำการแก้ไขในส่วนของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ก็ยังไม่ดีขึ้น อีก ในส่วนต่อมากก็เกิดที่การเช็กไฟฟ้าตกไฟฟ้าเกินก็ยังคงจะส่งผลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้ทำงานช้าลงทำให้สวิทช์สับเปลี่ยนไม่ทำงาน จึงทำการแก้ไขโดยต่อ ความต้านทานดิซชาร์จ ครอบที่คาปาซิเตอร์ทางด้านเรกติไฟเออร์เพื่อให้คาปาซิเตอร์ได้คายประจุเร็วขึ้น

แนวทางการพัฒนา

ส่วนในเรื่องของการพัฒนา SMART UPS นั้นสามารถขยายได้ในส่วนของฮาร์ดแวร์คือเพิ่มการป้องกันให้กับส่วนโหลดและตัวเครื่องเองให้มากขึ้นกว่าเดิม และในส่วนของโปรแกรมที่ใช้สื่อสารกันระหว่างคอมพิวเตอร์และฮาร์ดแวร์ที่เขียนด้วยวิซวลควรมีฟังก์ชันการทำงานที่มากขึ้นเช่น สามารถเช็กส่วนประกอบในส่วนของการทำงานต่างๆและควบคุมสั่งการได้ โดยตรงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ให้ได้มากขึ้น และสามารถเก็บผลไฟฟ้าดับหรือสถิติต่างๆที่มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานมากขึ้นในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

แบ่งออกเป็น3ส่วนคือ

1. ในส่วนของฮาร์ดแวร์

- แสดงภาพรวมของเครื่อง SMART UPS
- แสดงภาพรวมของเครื่อง SMART UPS ด้านข้าง
- แสดงภาพขณะทำการ Intreface กับคอมพิวเตอร์ขณะ (LINE)
- แสดงภาพขณะทำการ Intreface กับคอมพิวเตอร์ขณะ (Back Up)
- แสดงชุดรวมทั้ง SMART และ เครื่องคอมพิวเตอร์

2. ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์และวิซวลเบสิค

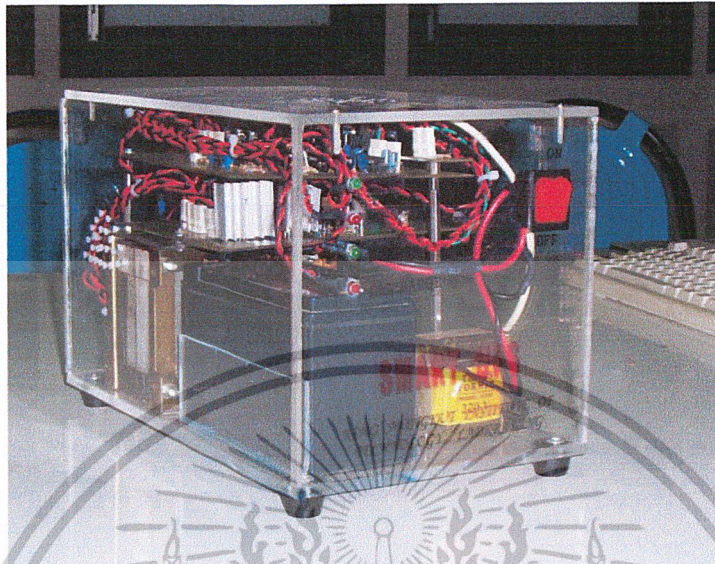
- แสดงโปรแกรม PIC18F258
- แสดงโปรแกรมทางวิซวลเบสิค

3. ในส่วนของรายละเอียดของอุปกรณ์

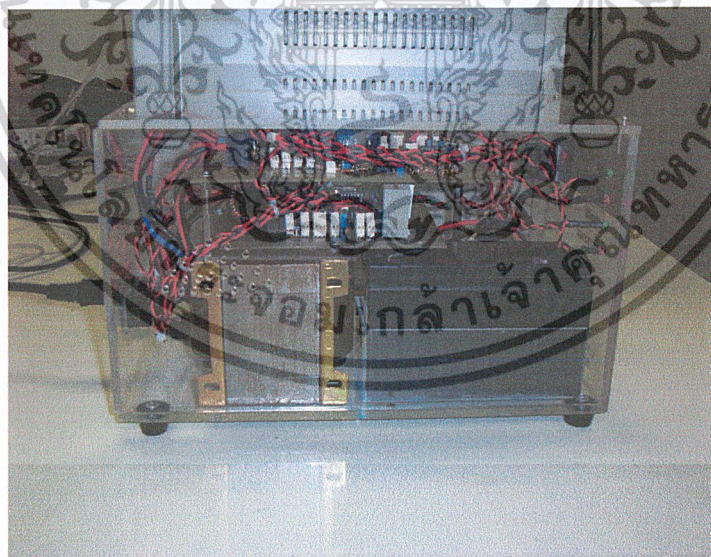
- IRFZ44N
- IC MAX 232
- LM 324
- LM339
- CD40106BC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ในส่วนของฮาร์ดแวร์

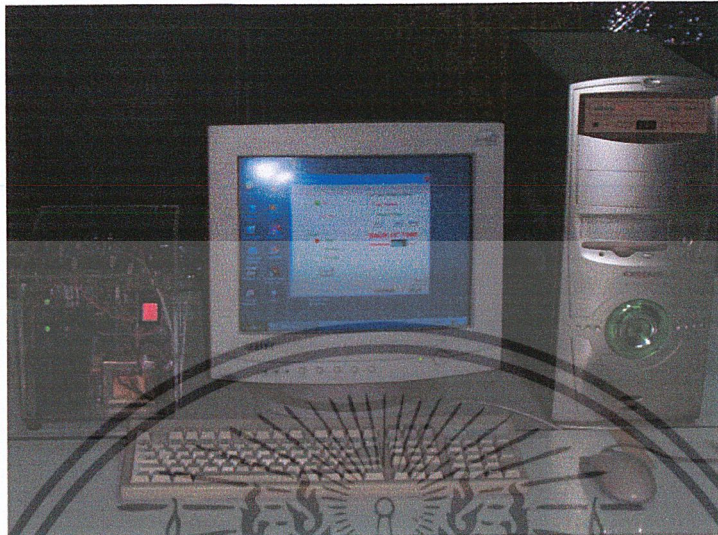


แสดงภาพรวมของเครื่อง SMART UPS



แสดงภาพรวมของเครื่อง SMART UPS ด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงภาพขณะทำการ Interface กับคอมพิวเตอร์ขณะ (LINE)



แสดงภาพขณะทำการ Interface กับคอมพิวเตอร์ขณะ (Back Up)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์และวิชาวลเบสติก

2.1 แสดงโปรแกรม PIC18F258

list p=18f258

```
include "p18f258.inc"
```

```
*****
```

```
EXCH_PORT EQU 0x32
```

```
PLUS_HI EQU 0x33
```

```
PLUS_LOW EQU 0x34
```

```
A1 EQU 0x35
```

```
A2 EQU 0x36
```

```
COM EQU 0x37
```

```
*****
```

```
ORG 0x0100
```

```
GOTO MAIN
```

MAIN

```
BSF INTCON,GIE
```

```
BSF INTCON,PEIE
```

```
BSF RCON,IPEN
```

```
MOVLW B'01000111'
```

```
MOVWF T0CON
```

```
MOVLW B'00000110'
```

```
MOVWF ADCON1
```

```
MOVLW B'0001110'
```

```
MOVWF TRISA
```

```
MOVLW 0xBB
```

```
MOVWF TRISB
```

```
MOVLW 0xC0
```

```
MOVWF TRISC
```

```
MOVLW 0x94
```

```
MOVWF PLUS_HI
```

```
MOVLW 0xCF
```

```
MOVWF PLUS_LOW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        CLRF  PORTB
        BCF  COM,1
        BCF  EXCH_PORT,0
        MOVLW .103
MOVWF SPBRG

        BSF  TXSTA,BRGH
        BSF  RCSTA,SPEN
        BSF  TXSTA,TXEN
        BTFSS PORTB,1
        GOTO UPS
PEA1   CALL  DELAY1
        CALL  DELAY2
        MOVLW 0x94
        MOVWF PLUS_HI
        MOVLW 0xCF
        MOVWF PLUS_LOW
        BCF  COM,1
        BCF  PORTB,6
        MOVLW 0X30
WAIT1  BTFSS PIR1,TXIF
        GOTO WAIT1
        MOVWF TXREG
HHH    BTFSC PORTB,1
        GOTO HHH

UPS    BSF  PORTB,6
EVEN2 BTFSS PORTB,4
        GOTO EVEN3           ;UP

        MOVLW 0x86           ;ADD PLUS
        SUBWF PLUS_HI,0
        BNC  START_PLUS
        BTFSS PORTB,0
        GOTO PEA1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    DECF PLUS_HI,1
    DECF PLUS_HI,1
    INCF PLUS_LOW,1
    INCF PLUS_LOW,1
EVEN3  BTFFS PORTB,0
        GOTO PEA1
        BTFFS PORTB,7
        GOTO START_PLUS      ;DO

    MOVLW    0xA7
    SUBWF PLUS_HI,0
    BC      START_PLUS
    INCF    PLUS_HI,1
    INCF    PLUS_HI,1
    DECF    PLUS_LOW,1
    DECF    PLUS_LOW,1
START_PLUS BTFFS PORTB,0
           GOTO PEA1
           MOVFF PLUS_LOW,TMR0L      ;UPS ....UPS..999999999 PLUS
           BSF    TOCON,TMR0ON
           BTFFS PORTB,0
           GOTO PEA1      ;TMR0 .....ON....4.0MS
WAIT3    BTFFS INTCON,TMR0IF      ;WAIT5.0MS
           GOTO WAIT3
           BCF    INTCON,TMR0IF
           BCF    TOCON,TMR0ON
           BTFFS PORTB,0
           GOTO PEA1
           MOVFF PLUS_HI,TMR0L      ;HI PLUS
           BSF    TOCON,TMR0ON      ;TMR0 .....ON....6.0MS
           BTFFS EXCH_PORT,0

    GOTO T1
    BCF    EXCH_PORT,0

    MOVLW    B'00000100'

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOVWF    PORTC
GOTO END_PORT1
T1      BSF    EXCH_PORT,0
        MOVLW    B'00000010'
        MOVWF    PORTC                ;END PLUS
END_PORT1  BTSS PORTB,0
        GOTO  PEA1
        BTFSC COM,1
        GOTO  WAIT4
        MOVLW    0X31
WAIT     BTSS PIR1,TXIF
        GOTO  WAIT
        MOVWF    TXREG
WAIT4    BTSS INTCON,TMR0IF
        GOTO  WAIT4
        BCF    INTCON,TMR0IF
        BCF    TOCON,TMR0ON
        CLRF   PORTC
        BTSS PORTB,0
        GOTO  PEA1
        GOTO  EVEN2
DELAY1   MOVLW    0xFF
        MOVWF    A1
LOOP1    DECFSZ   A1,1
        GOTO  LOOP1
        RETURN
DELAY2   MOVLW    0xFF
        MOVWF    A2
LOOP2    DECFSZ   A2,1
        GOTO  LOOP2
        RETURN
        END

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แสดงโปรแกรมทางวิซวลเบสิก

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
End
```

```
End Sub
```

```
Private Sub MDIForm_Load()
```

```
Timer1.Enabled = True
```

```
Timer2.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnubattery_Click()
```

```
MDIForm1.Hide
```

```
Form3.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuExit_Click()
```

```
MsgBox " คุณต้องการออกจากโปรแกรมหรือไม่ ", vbYesNo + vbInformation, " Exit "
```

```
If vbYes Then
```

```
    Beep
```

```
End
```

```
Else
```

```
    Unload Me
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuhowto_Click()
```

```
Form5.Show
```

```
MDIForm1.Hide
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuoutput_Click()
```

```
MDIForm1.Hide
```

```
Form2.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnushutdown_Click()
```

```
MDIForm1.Hide
```

```
Form4.Show
```

```
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Private Sub mnustatusnow_Click()
MDIForm1.Hide
Form1.Show
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
Label1.Left = Label1.Left - 5
If Label1.Left = -Label1.Width Then
    Label1.Left = Width
End If
End Sub
Private Sub Timer2_Timer()
Label2.Left = Label2.Left - 15
If Label2.Left = -Label2.Width Then
    Label2.Left = Width
End If
End Sub
Private Declare Function ExitWindowsEx Lib "user32" (ByVal uFlags As Long, ByVal dwReserved As
Long) As Long
Private Const EXW_POWEROFF As Integer = 8
Private Const Exw_REBOOT As Integer = 2
Public data As String
Public cd As Integer
Dim Buffer As Variant
Private Sub Command1_Click()
Timer1.Enabled = False
End Sub
Private Sub Command2_Click()
Shape1.BackColor = vbWhite
Shape2.BackColor = vbWhite
Shape3.BackColor = vbWhite
Shape4.BackColor = vbWhite
Shape5.BackColor = vbWhite
End Sub
Private Sub Command3_Click()

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Form1.Caption = "Status"
Form1.Hide
MDIForm1.Show
End Sub
Private Sub Command4_Click()
If Option1.Value = True Then
Form1.Show
Else
Form4.Show
Form1.Hide
End If
End Sub
Private Sub Command5_Click()
Timer1.Enabled = False
Label7.Caption = "480"
End Sub
Private Sub Form_Load()
MSCom1.CommPort = 1
MSCom1.Settings = "19200 ,n ,8 , 1"
MSCom1.PortOpen = True
Timer2.Enabled = True
Timer2.Interval = 100
Timer3.Enabled = True
Timer3.Interval = 100
Timer1.Enabled = False
End Sub
Private Sub Timer1_Timer()
Label7.Caption = cd
Timer1.Enabled = True
Label7.Caption = cd
cd = Label7.Caption - 1
Label7.Caption = cd
Form1.Caption = cd
If cd = 5 Then

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Label9.Caption = "End of UPS"
ElseIf cd = 0 Then
Timer1.Enabled = False
ExitWindowsEx POWEROFF, 0
End If
End Sub
Private Sub Timer2_Timer()
On Error Resume Next
    MCom1.DTREnable = False
    MCom1.DTREnable = True
    MCom1.InputLen = 0
    Buffer = MCom1.Input
    data = Buffer
    recdata = Hex$(Asc(data))
    Select Case recdata
        Case 30
            Shape1.BackColor = vbGreen
            Shape2.BackColor = vbWhite
            Shape3.BackColor = vbRed
            Shape4.BackColor = vbWhite
            Shape5.BackColor = vbWhite
            Timer1.Enabled = False
        Case 31
            Shape1.BackColor = vbWhite
            Shape2.BackColor = vbRed
            Shape3.BackColor = vbWhite
            Shape4.BackColor = vbWhite
            Shape5.BackColor = vbYellow
            cd = 480
            Label7.Caption = cd
            Timer1.Enabled = True
            Timer2.Enabled = False
        Case 32
            Shape1.BackColor = vbRed

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Shape2.BackColor = vbRed
Shape3.BackColor = vbWhite
Shape4.BackColor = vbRed
Shape5.BackColor = vbWhite
End Select
```

End Sub

Private Sub Timer3_Timer()

On Error Resume Next

```
MSCom1.DTREnable = False
MSCom1.DTREnable = True
MSCom1.InputLen = 0
Buffer = MSCom1.Input
data = Buffer
recdata = Hex$(Asc(data))
Select Case recdata
Case 30
Shape1.BackColor = vbGreen
Shape2.BackColor = vbWhite
Shape3.BackColor = vbRed
Shape4.BackColor = vbWhite
Shape5.BackColor = vbWhite
Timer1.Enabled = False
cd = 480
Label7.Caption = cd
Case 31
Shape1.BackColor = vbWhite
Shape2.BackColor = vbRed
Shape3.BackColor = vbWhite
Shape4.BackColor = vbWhite
Shape5.BackColor = vbYellow
Timer1.Enabled = True
Case 32
Shape1.BackColor = vbRed
Shape2.BackColor = vbRed
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Shape3.BackColor = vbWhite
Shape4.BackColor = vbRed
Shape5.BackColor = vbWhite
End Select
End Sub
Private Declare Function ExitWindowsEx Lib "user32" (ByVal uFlags As Long, ByVal dwReserved As
Long) As Long
Private Const EXW_POWEROFF As Integer = 8
Private Const Exw_REBOOT As Integer = 2
Public cd As Integer
Private Sub Command1_Click()
If Option1.Value = True Then
ExitWindowsEx POWEROFF, 0
Else
ExitWindowsEx Exw_reboot, 0
End If
End Sub
Private Sub Command2_Click()
Form1.Caption = "Status"
Form4.Hide
MDIForm1.Show
End Sub

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ในส่วนของรายละเอียดของอุปกรณ์

- IRFZ44N
- IC MAX 232
- LM 324
- LM339
- CD40106BC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N-channel enhancement mode TrenchMOS™ transistor

IRFZ44N

GENERAL DESCRIPTION

N-channel enhancement mode standard level field-effect power transistor in a plastic envelope using 'trench' technology. The device features very low on-state resistance and has integral zener diodes giving ESD protection up to 2kV. It is intended for use in switched mode power supplies and general purpose switching applications.

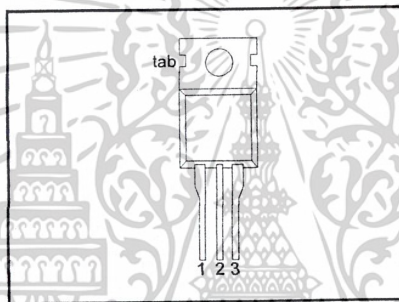
QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	UNIT
V_{DS}	Drain-source voltage	55	V
I_D	Drain current (DC)	49	A
P_{tot}	Total power dissipation	110	W
T_j	Junction temperature	175	°C
$R_{DS(ON)}$	Drain-source on-state resistance $V_{GS} = 10\text{ V}$	22	mΩ

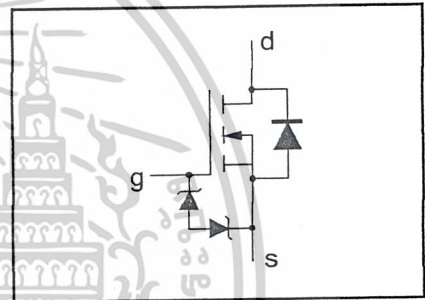
PINNING - TO220AB

PIN	DESCRIPTION
1	gate
2	drain
3	source
tab	drain

PIN CONFIGURATION



SYMBOL



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DS}	Drain-source voltage	-	-	55	V
V_{DGR}	Drain-gate voltage	$R_{GS} = 20\text{ k}\Omega$	-	55	V
$\pm V_{GS}$	Gate-source voltage	-	-	20	V
I_D	Drain current (DC)	$T_{mb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	-	49	A
I_D	Drain current (DC)	$T_{mb} = 100\text{ }^\circ\text{C}$	-	35	A
I_{DM}	Drain current (pulse peak value)	$T_{mb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	-	160	A
P_{tot}	Total power dissipation	$T_{mb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	-	110	W
T_{stg}, T_j	Storage & operating temperature	-	-55	175	°C

ESD LIMITING VALUE

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_C	Electrostatic discharge capacitor voltage, all pins	Human body model (100 pF, 1.5 kΩ)	-	2	kV

THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{th\ j-mb}$	Thermal resistance junction to mounting base	-	-	1.4	K/W
$R_{th\ j-a}$	Thermal resistance junction to ambient	in free air	60	-	K/W

Absolut Maximum Rating

	Parameter	Max.	Units
I_D , $T_C=25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS}=10\text{V}$	49	A
I_D , $T_C=100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current $V_{GS}=10\text{V}$	35	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	160	
P_D , $T_C=25^\circ\text{C}$	Power Dissipation	110	W
	Linear Derating Factor	0.71	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	±20	V
EAS	Single Pulse Avalanche Energy ②	210	mJ
IAR	Avalanche Current	25	A
EAR	Repetitive Avalanche Energy ①	11	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	5.0	V/ns
T_J , T_{STG}	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +175	°C

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

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	55			V	$V_{GS}=0$, $I_D=250\text{mA}$
$\Delta V_{(BR)}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient		0.05 5		V/°C	25°C , $I_D=1\text{mA}$
$R_{(DS)on}$	Static Drain-to-Source On-Resistance			0.02 2	Ω	$V_{GS}=10\text{V}$, $I_D=25\text{A}$ ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0		4.0	V	$V_{DS}=V_{GS}$, $I_D=250\text{mA}$
g_{fs}	Forward Transconductance	17			S	$V_{DS}=25\text{V}$, $I_D=25\text{A}$
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current			25 250	•A	$V_{DS}=55\text{V}$, $V_{GS}=0\text{V}$ $V_{DS}=44\text{V}$, $V_{GS}=0\text{V}$, $T_J=150^\circ\text{C}$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Current			100	nA	$V_{GS}=20\text{V}$
	Gate-to-Source Reverse Current			-100	nA	$V_{GS}=-20\text{V}$
Q_g	Total Gate Charge			65	nC	$V_{GS}=10\text{V}$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge			12	nC	$V_{DS}=44\text{V}$
Q_{gd}	Gate-to-Drain Charge			27	nC	$I_D=25\text{A}$ ④
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time		7.3		ns	$V_{DD}=28\text{V}$ $I_D=25\text{A}$ $R_G=12\Omega$ $R_D=1.1\Omega$ ④
t_r	Rise Time		69			
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time		47			
t_f	Fall Time		60			
L_D	Internal Drain Inductance		4.5		nH	Between lead, 6 mm from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance		7.5			
C_{iss}	Input Capacitance		1300		pF	$V_{DS}=0$ $V_{DS}=25\text{V}$ $f=1.0\text{MHz}$
C_{oss}	Output Capacitance		410			
C_{RSS}	Reverse Transfer Capacitance		150			

Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)			49	A	$V_{GS}=10\text{V}$
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①			160	A	
V_{SD}	Diode Forward Voltage			1.3	V	$I_S=25\text{A}$, $V_{GS}=0\text{V}$, $T_J=25^\circ\text{C}$ ④
t_{rr}	Reverse Recovery Time		65	98	ns	$T_J=25^\circ\text{C}$, $I_F=25\text{A}$,
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge		160	240	nC	$di/dt=100\text{A}/\mu\text{s}$

Thermal resistance

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case			1.4	W/°C
$R_{\theta JC}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface		0.50		
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Ambient			62	

① Reprtitive rating ; pulse width limited by max. junction temperature .

② $V_{DD}=25\text{V}$, starting $T_J=25^\circ\text{C}$, $L=470\mu\text{H}$, $R_G=25\Omega$, $I_{AS}=25\text{A}$.

③ $I_{SD}\leq 25\text{A}$, $di/dt\leq 320\text{A}/\mu\text{s}$, $V_{DD}\leq V_{(BR)DSS}$, $T_J\leq 175^\circ\text{C}$.

④ Pulse width $\leq 300\mu\text{s}$; duty cycle $\leq 2\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N-channel enhancement mode TrenchMOS™ transistor

IRFZ44N

STATIC CHARACTERISTICS

$T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source breakdown voltage	$V_{GS} = 0\text{ V}; I_D = 0.25\text{ mA};$ $T_j = -55^\circ\text{C}$	55 50	- -	- -	V V
$V_{GS(TO)}$	Gate threshold voltage	$V_{DS} = V_{GS}; I_D = 1\text{ mA}$ $T_j = 175^\circ\text{C}$ $T_j = -55^\circ\text{C}$	2.0 1.0	3.0 -	4.0 -	V V
I_{DSS}	Zero gate voltage drain current	$V_{DS} = 55\text{ V}; V_{GS} = 0\text{ V};$ $T_j = 175^\circ\text{C}$	-	0.05	10	μA
I_{GSS}	Gate source leakage current	$V_{GS} = \pm 10\text{ V}; V_{DS} = 0\text{ V}$ $T_j = 175^\circ\text{C}$	-	0.04	1	μA
$\pm V_{(BR)GSS}$	Gate source breakdown voltage	$I_G = \pm 1\text{ mA};$	16	-	-	V
$R_{DS(ON)}$	Drain-source on-state resistance	$V_{GS} = 10\text{ V}; I_D = 25\text{ A}$ $T_j = 175^\circ\text{C}$	-	15	22	$\text{m}\Omega$
			-	-	42	$\text{m}\Omega$

DYNAMIC CHARACTERISTICS

$T_{mb} = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
g_{fs}	Forward transconductance	$V_{DS} = 25\text{ V}; I_D = 25\text{ A}$	6	-	-	S
C_{iss}	Input capacitance	$V_{GS} = 0\text{ V}; V_{DS} = 25\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	-	1350	1800	pF
C_{oss}	Output capacitance		-	330	400	pF
C_{rss}	Feedback capacitance		-	155	215	pF
Q_g	Total gate charge	$V_{DD} = 44\text{ V}; I_D = 50\text{ A}; V_{GS} = 10\text{ V}$	-	-	62	nC
Q_{gs}	Gate-source charge		-	-	15	nC
Q_{gd}	Gate-drain (miller) charge		-	-	26	nC
$t_{d\text{ on}}$	Turn-on delay time	$V_{DD} = 30\text{ V}; I_D = 25\text{ A};$	-	18	26	ns
t_r	Turn-on rise time	$V_{GS} = 10\text{ V}; R_G = 10\ \Omega$	-	50	75	ns
$t_{d\text{ off}}$	Turn-off delay time	Resistive load	-	40	50	ns
t_f	Turn-off fall time		-	30	40	ns
L_d	Internal drain inductance	Measured from contact screw on tab to centre of die	-	3.5	-	nH
L_d	Internal drain inductance	Measured from drain lead 6 mm from package to centre of die	-	4.5	-	nH
L_s	Internal source inductance	Measured from source lead 6 mm from package to source bond pad	-	7.5	-	nH

REVERSE DIODE LIMITING VALUES AND CHARACTERISTICS

$T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

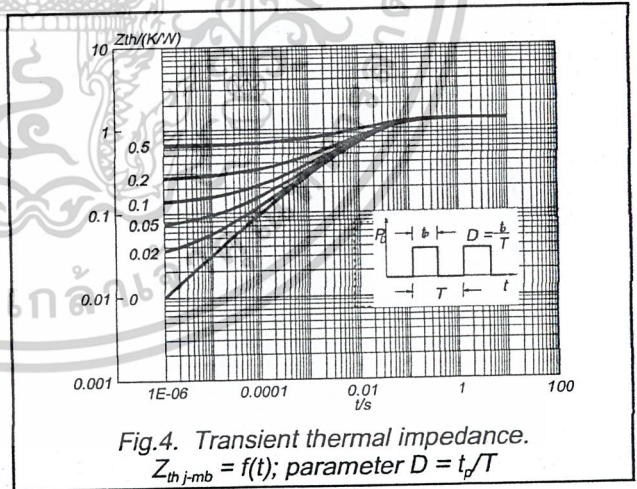
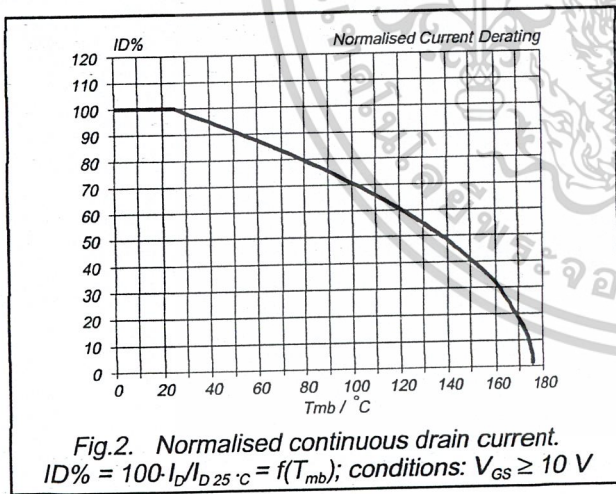
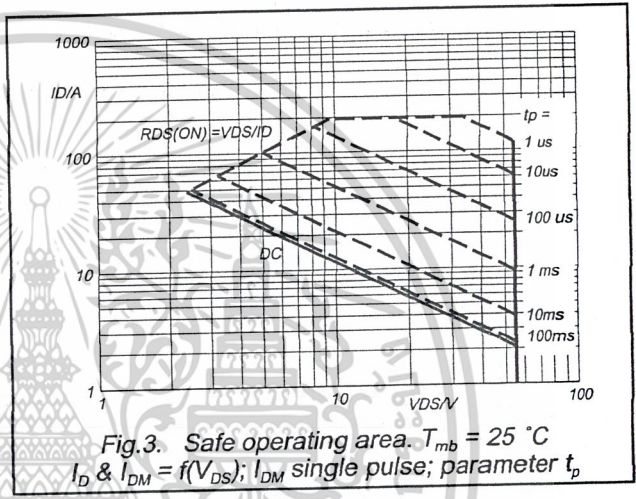
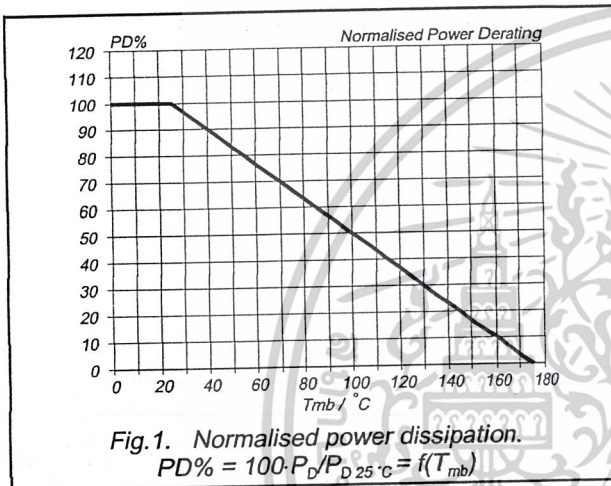
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_{DR}	Continuous reverse drain current		-	-	49	A
I_{DRM}	Pulsed reverse drain current		-	-	160	A
V_{SD}	Diode forward voltage	$I_F = 25\text{ A}; V_{GS} = 0\text{ V}$ $I_F = 40\text{ A}; V_{GS} = 0\text{ V}$	-	0.95 1.0	1.2 -	V
t_{rr}	Reverse recovery time	$I_F = 40\text{ A}; -dI_F/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s};$ $V_{GS} = -10\text{ V}; V_R = 30\text{ V}$	-	47	-	ns
Q_{rr}	Reverse recovery charge		-	0.15	-	μC

N-channel enhancement mode
TrenchMOS™ transistor

IRFZ44N

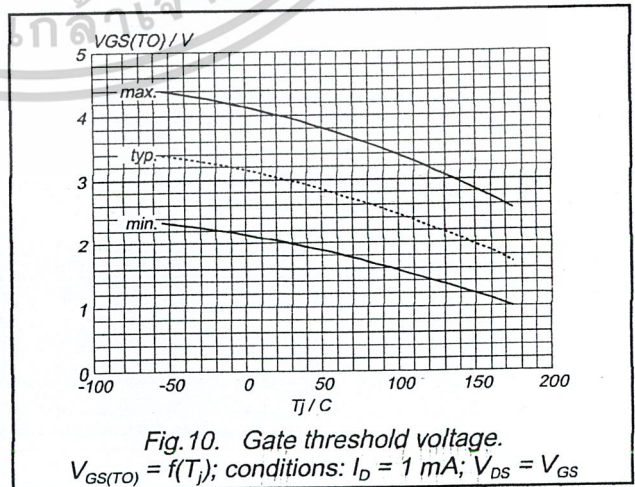
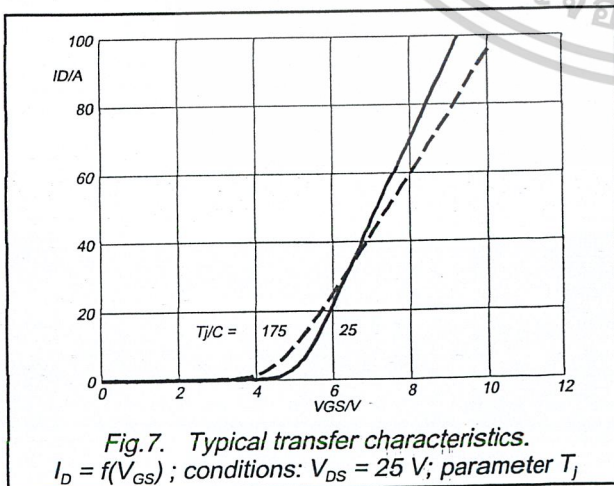
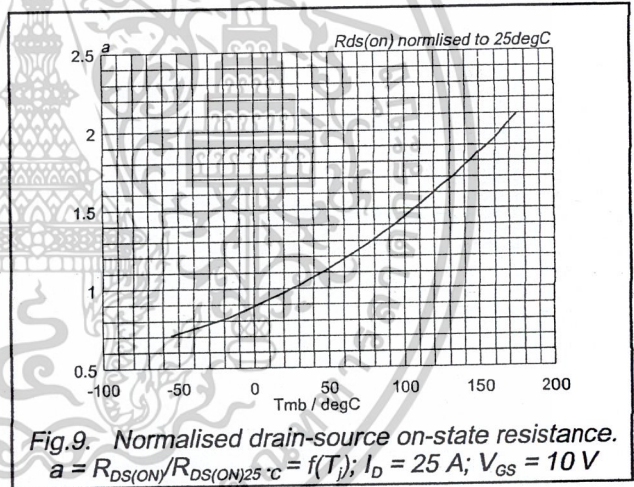
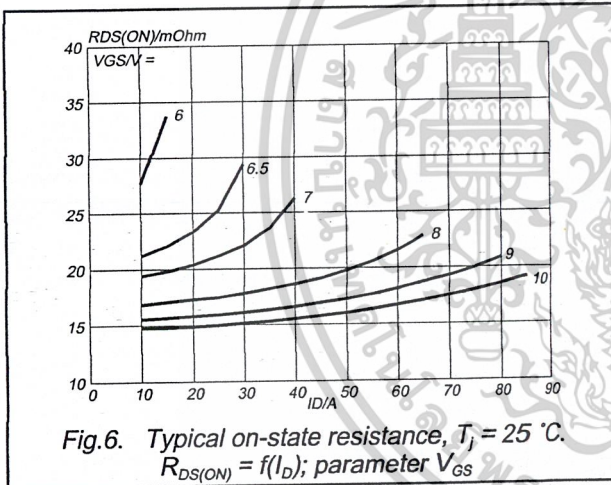
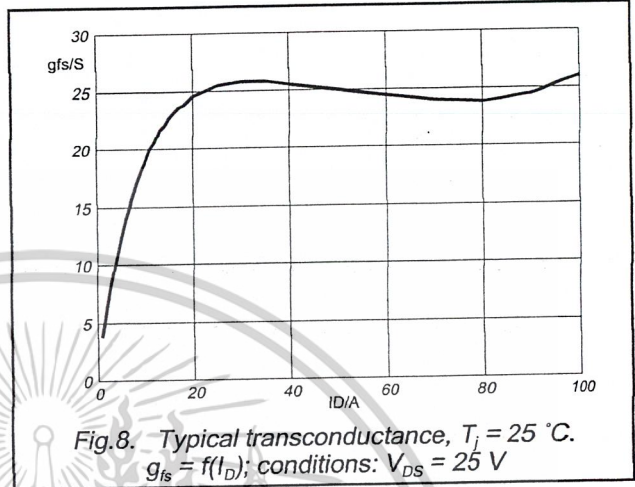
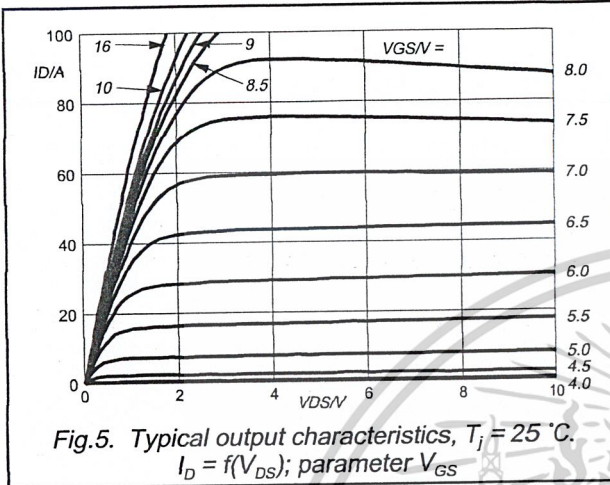
AVALANCHE LIMITING VALUE

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
W_{DSS}	Drain-source non-repetitive unclamped inductive turn-off energy	$I_D = 45 \text{ A}; V_{DD} \leq 25 \text{ V}; V_{GS} = 10 \text{ V}; R_{GS} = 50 \text{ } \Omega; T_{mb} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$	-	-	110	mJ



N-channel enhancement mode
TrenchMOS™ transistor

IRFZ44N



N-channel enhancement mode
TrenchMOS™ transistor

IRFZ44N

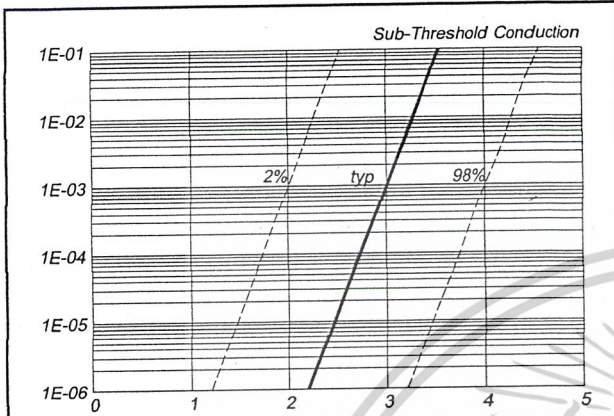


Fig. 11. Sub-threshold drain current.
 $I_D = f(V_{GS})$; conditions: $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$; $V_{DS} = V_{GS}$

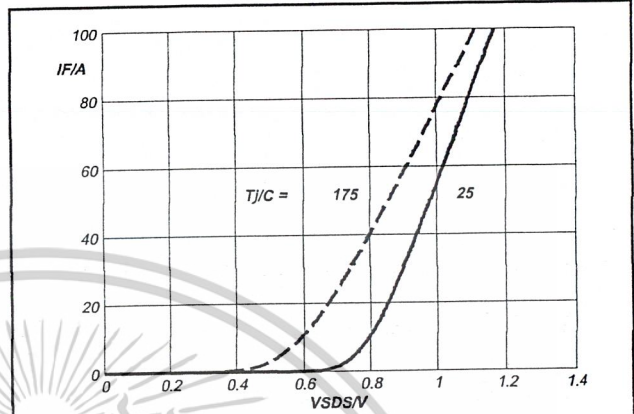


Fig. 14. Typical reverse diode current.
 $I_F = f(V_{SDS})$; conditions: $V_{GS} = 0\text{ V}$; parameter T_j

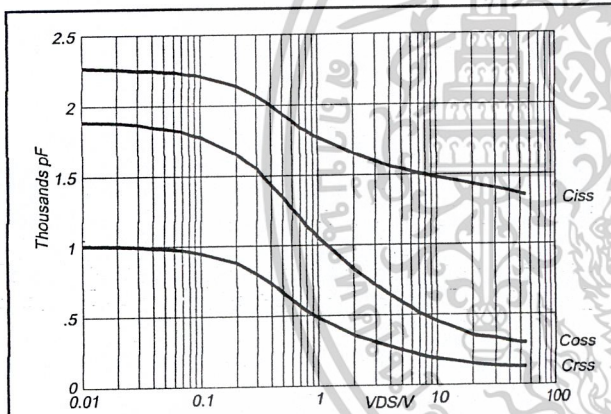


Fig. 12. Typical capacitances, C_{iss} , C_{oss} , C_{rss} .
 $C = f(V_{DS})$; conditions: $V_{GS} = 0\text{ V}$; $f = 1\text{ MHz}$

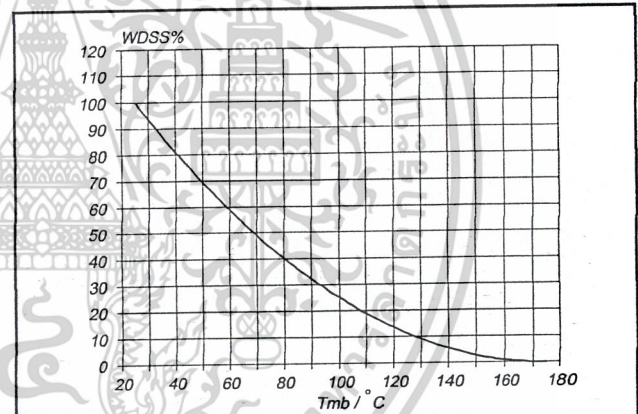


Fig. 15. Normalised avalanche energy rating.
 $W_{DSS}\% = f(T_{mb})$; conditions: $I_D = 49\text{ A}$

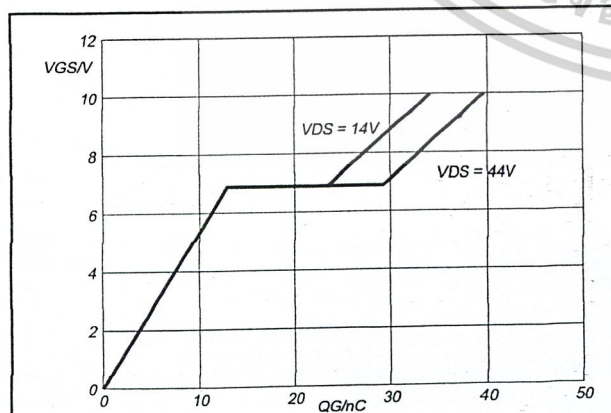


Fig. 13. Typical turn-on gate-charge characteristics.
 $V_{GS} = f(Q_g)$; conditions: $I_D = 50\text{ A}$; parameter V_{DS}

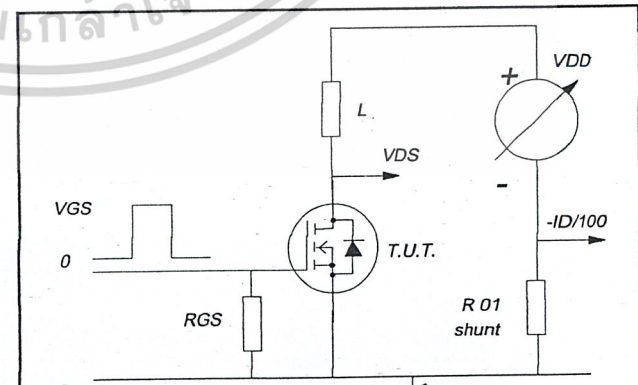


Fig. 16. Avalanche energy test circuit.

$$W_{DSS} = 0.5 \cdot L I_D^2 \cdot BV_{DSS} / (BV_{DSS} - V_{DD})$$

MAXIM**+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers****General Description**

The MAX220-MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where $\pm 12V$ is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5 μ W. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers
Low-Power Modems
Interface Translation
Battery-Powered RS-232 Systems
Multi-Drop RS-232 Networks

Features**Superior to Bipolar**

- ◆ Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)
- ◆ Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)
- ◆ Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications
- ◆ Multiple Drivers and Receivers
- ◆ 3-State Driver and Receiver Outputs
- ◆ Open-Line Detection (MAX243)

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.

*Contact factory for dice specifications.

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (μ F)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	4.7/10	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✓	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package

MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800.
For small orders, phone 408-737-7600 ext. 3468.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX220-MAX249

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V _{CC})	-0.3V to +6V	16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C)	696mW
Input Voltages		16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW
T _{IN}	-0.3V to (V _{CC} - 0.3V)	18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW
R _{IN}	±30V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
T _{OUT} (Note 1)	±15V	20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	640mW
Output Voltages		16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
T _{OUT}	±15V	18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	842mW
R _{OUT}	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)		
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND	Continuous	Operating Temperature Ranges	
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		MAX2_AC_, MAX2_C_	0°C to +70°C
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	842mW	MAX2_AE_, MAX2_E_	-40°C to +85°C
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	889mW	MAX2_AM_, MAX2_M_	-55°C to +125°C
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	440mW	Storage Temperature Range	-65°C to +160°C
		Lead Temperature (soldering, 10sec)	+300°C

Note 1: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, $\overline{\text{SHDN}}$ or V_{CC} = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V_{CC} = +5V ±10%, C1-C4 = 0.1μF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±8		V
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High			2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Normal operation			5	40	μA
	SHDN = 0V, MAX222/242, shutdown			±0.01	±1	
Output Leakage Current	V _{CC} = 5.5V, SHDN = 0V, V _{OUT} = ±15V, MAX222/242			±0.01	±10	μA
	V _{CC} = SHDN = 0V, V _{OUT} = ±15V			±0.01	±10	
Data Rate	All except MAX220, normal operation			200	116	kbits/sec
	MAX220			22	20	
Transmitter Output Resistance	V _{CC} = V ₊ = V ₋ = 0V, V _{OUT} = ±2V		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V _{OUT} = 0V		±7	±22		mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±30	V
RS-232 Input Threshold Low	V _{CC} = 5V	All except MAX243 R _{2IN}	0.8	1.3		V
		MAX243 R _{2IN} (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V _{CC} = 5V	All except MAX243 R _{2IN}		1.8	2.4	V
		MAX243 R _{2IN} (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX243, V _{CC} = 5V, no hysteresis in shdn.		0.2	0.5	1	V
	MAX243			1		
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I _{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I _{OUT} = -1.0mA		3.5	V _{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V _{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V _{OUT} = V _{CC}		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	SHDN = V _{CC} or $\overline{\text{EN}}$ = V _{CC} (SHDN = 0V for MAX222), 0V ≤ V _{OUT} ≤ V _{CC}			±0.05	±10	μA

MAXIM

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V_{CC} = +5V ±10%, C1-C4 = 0.1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
EN Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
EN Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
V _{CC} Supply Current (SHDN = V _{CC}), Figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/232A/233A/242/243		4	10	
	3kΩ load both inputs	MAX220		12		
		MAX222/232A/233A/242/243		15		
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T _A = +25°C		0.1	10	µA
		T _A = 0°C to +70°C		2	50	
		T _A = -40°C to +85°C		2	50	
		T _A = -55°C to +125°C		35	100	
SHDN Input Leakage Current	MAX222/242				±1	µA
SHDN Threshold Low	MAX222/242			1.4	0.8	V
SHDN Threshold High	MAX222/242		2.0	1.4		V
Transition Slew Rate	C _L = 50pF to 2500pF, R _L = 3kΩ to 7kΩ, V _{CC} = 5V, T _A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232A/233A/242/243	6	12	30	V/µs
		MAX220	1.5	3	30	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t _{PHLT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	µs
		MAX220		4	10	
	t _{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5	
		MAX220		5	10	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (normal operation), Figure 2	t _{PHLR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	µs
		MAX220		0.6	3	
	t _{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (shutdown), Figure 2	t _{PHLS}	MAX242		0.5	10	µs
	t _{PLHS}	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t _{ER}	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t _{DR}	MAX242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time (SHDN goes high), Figure 4	t _{ET}	MAX222/242, 0.1µF caps (includes charge-pump start-up)		250		µs
Transmitter-Output Disable Time (SHDN goes low), Figure 4	t _{DT}	MAX222/242, 0.1µF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t _{PHLT} - t _{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t _{PHLR} - t _{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		100		ns
		MAX220		225		

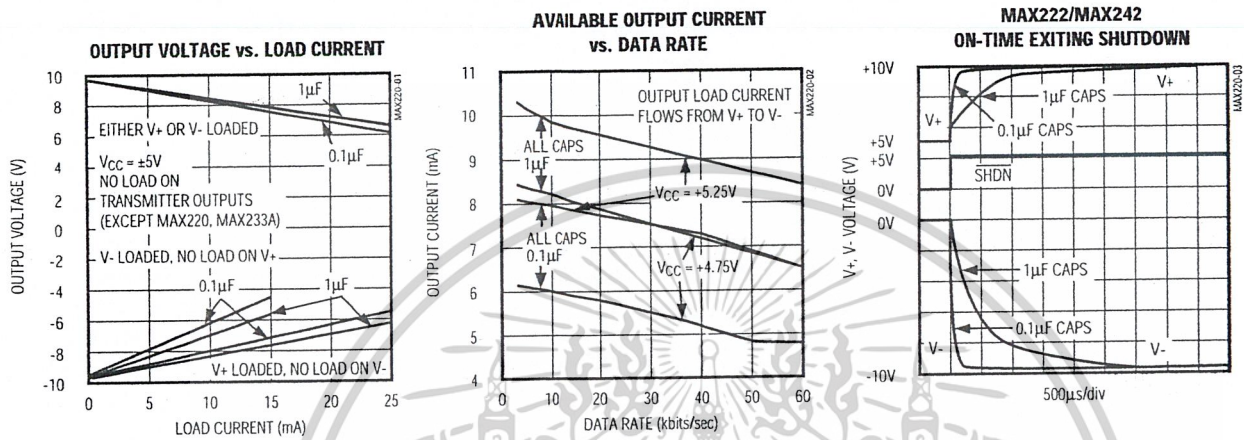
Note 2: MAX243 R2_{OUT} is guaranteed to be low when R2_{IN} is ≥ 0V or is floating.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

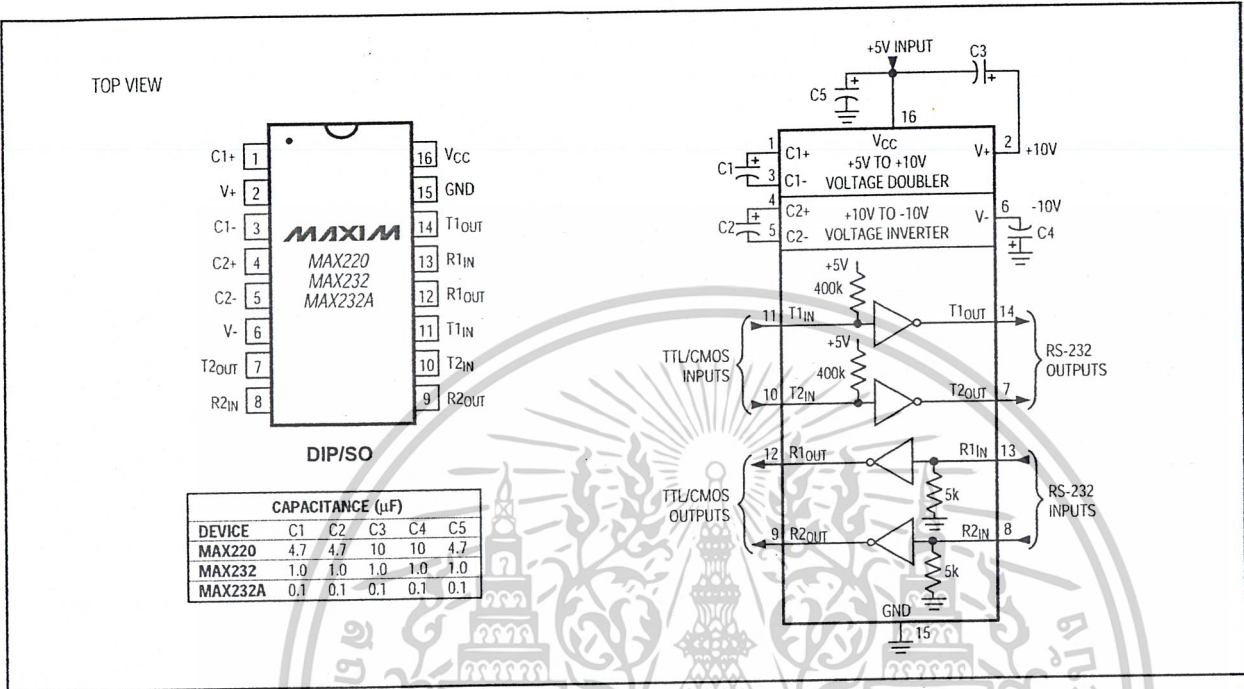


Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

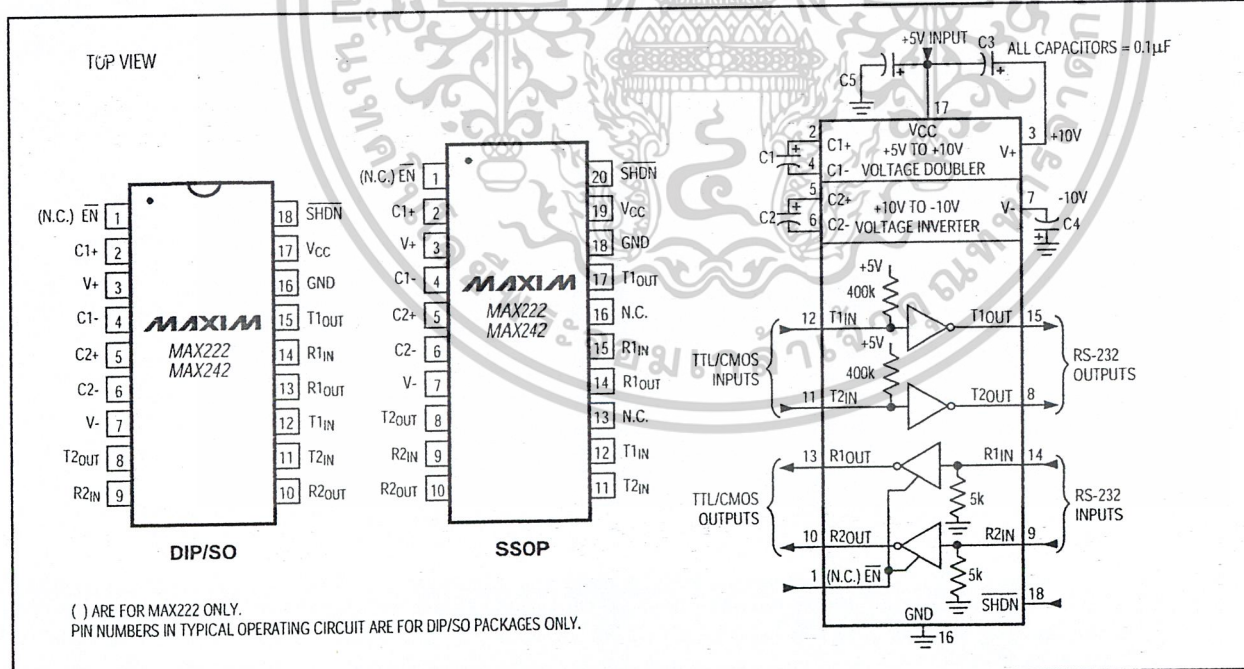


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124/LM224/LM324/LM2902

Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

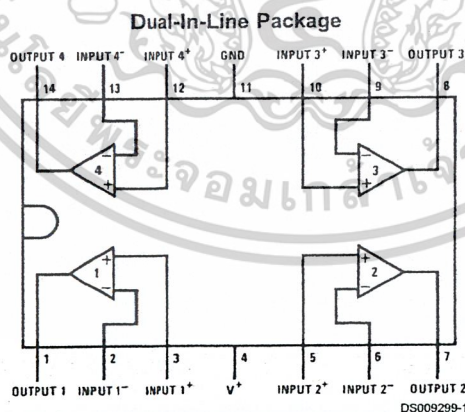
Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
Single supply 3V to 32V
or dual supplies $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV and offset current: 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to $V^+ - 1.5V$

Connection Diagram



Top View

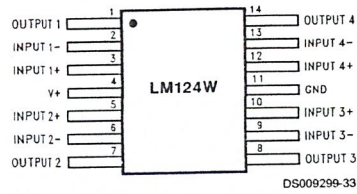
Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324MX, LM324AM, LM324AMX, LM2902M, LM2902MX, LM324N, LM324AN, LM324MT, LM324MTX or LM2902N LM124AJRQML and LM124AJRQMLV (Note 3)
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

Note 1: LM124A available per JM38510/11006

Note 2: LM124 available per JM38510/11005

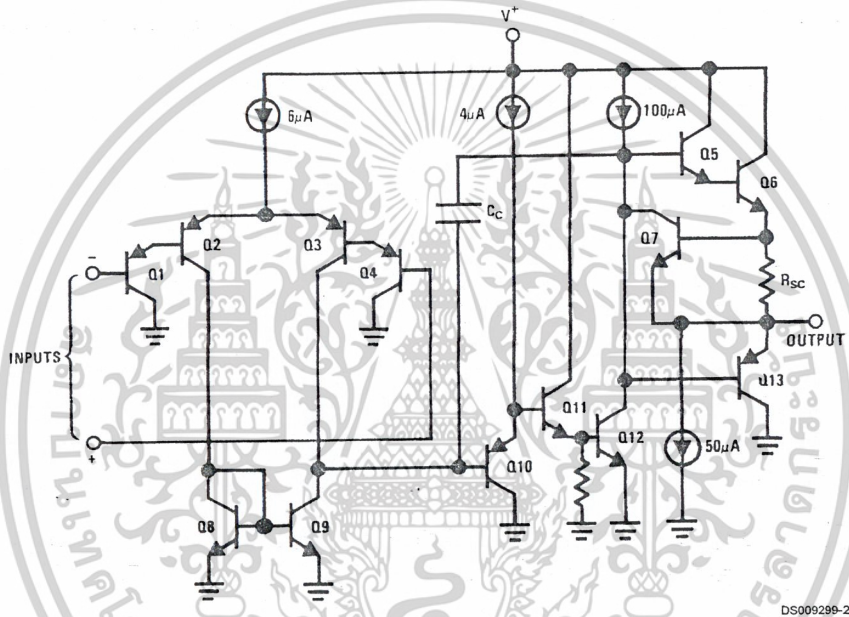
Connection Diagram (Continued)

Note 3: See STD Mil DWG 5962R99504 for Radiation Tolerant Device



Order Number **LM124AW/883, LM124AWG/883, LM124W/883 or LM124WG/883**
LM124AWRQML and LM124AWRQLV(Note 3)
 See NS Package Number **W14B**
LM124AWGRQML and LM124AWGRQLV(Note 3)
 See NS Package Number **WG14A**

Schematic Diagram (Each Amplifier)



Absolute Maximum Ratings (Note 12)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902
Supply Voltage, V^*	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$) (Note 6)	50 mA	50 mA
Power Dissipation (Note 4)		
Molded DIP	1130 mW	1130 mW
Cavity DIP	1260 mW	1260 mW
Small Outline Package	800 mW	800 mW
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 5) $V^* \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range		-40°C to +85°C
LM324/LM324A	0°C to +70°C	
LM224/LM224A	-25°C to +85°C	
LM124/LM124A	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 13)	250V	250V

Electrical Characteristics

$V^* = +5.0V$, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) $T_A = 25^\circ C$		1	2		1	3		2	3	mV
Input Bias Current (Note 9)	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V,$ $T_A = 25^\circ C$		20	50		40	80		45	100	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V,$ $T_A = 25^\circ C$		2	10		2	15		5	30	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^* = 30V$, (LM2902, $V^* = 26V$), $T_A = 25^\circ C$		0	$V^* - 1.5$		0	$V^* - 1.5$		0	$V^* - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^* = 30V$ (LM2902 $V^* = 26V$) $V^* = 5V$										mA
Large Signal Voltage Gain	$V^* = 15V, R_L \geq 2k\Omega,$ ($V_O = 1V$ to $11V$), $T_A = 25^\circ C$		50	100		50	100		25	100	V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, $V_{CM} = 0V$ to $V^* - 1.5V,$ $T_A = 25^\circ C$		70	85		70	85		65	85	dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

$V^+ = +5.0V$, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2902, $V^+ = 5V$ to $26V$), $T_A = 25^\circ C$	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	$f = 1$ kHz to 20 kHz, $T_A = 25^\circ C$ (Input Referred)	-120			-120			-120			dB
Output Current	Source	$V_{IN}^+ = 1V, V_{IN}^- = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ C$			20 40			20 40			mA
	Sink	$V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ C$			10 20			10 20			
		$V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 200$ mV, $T_A = 25^\circ C$			12 50			12 50			μA
Short Circuit to Ground	(Note 5) $V^+ = 15V, T_A = 25^\circ C$	40 60			40 60			40 60			mA
Input Offset Voltage	(Note 8)				4			5			mV
V_{OS} Drift	$R_S = 0\Omega$	7 20			7 20			7 30			$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V$	30			30			75			nA
I_{OS} Drift	$R_S = 0\Omega$	10 200			10 200			10 300			$pA/^\circ C$
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$	40 100			40 100			40 200			nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^+ = +30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$)	0	$V^+ - 2$		0	$V^+ - 2$		0	$V^+ - 2$		V
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ (V_O Swing = $1V$ to $11V$) $R_L \geq 2$ k Ω	25			25			15			V/mV
Output Voltage Swing	V_{OH} (LM2902, $V^+ = 26V$)	$R_L = 2$ k Ω	26		26		26				V
		$R_L = 10$ k Ω	27 28		27 28		27 28				
	V_{OL}	$V^+ = 5V, R_L = 10$ k Ω			5 20			5 20			mV
Output Current	Source	$V_O = 2V$	$V_{IN}^+ = +1V,$ $V_{IN}^- = 0V,$ $V^+ = 15V$		10 20			10 20			mA
	Sink		$V_{IN}^- = +1V,$ $V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V$		10 15			5 8			

Electrical Characteristics

$V^+ = +5.0V$, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) $T_A = 25^\circ C$	2 5			2 7			2 7			mV
Input Bias Current (Note 9)	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V,$ $T_A = 25^\circ C$	45 150			45 250			45 250			nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V,$ $T_A = 25^\circ C$	3 30			5 50			5 50			nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^+ = 30V$, (LM2902, $V^+ = 26V$), $T_A = 25^\circ C$	0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$		V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2902 $V^+ = 26V$) $V^+ = 5V$	1.5 3 0.7 1.2			1.5 3 0.7 1.2			1.5 3 0.7 1.2			mA
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V, R_L \geq 2$ k $\Omega,$ ($V_O = 1V$ to $11V$), $T_A = 25^\circ C$	50 100			25 100			25 100			V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, $V_{CM} = 0V$ to $V^+ - 1.5V,$ $T_A = 25^\circ C$	70 85			65 85			50 70			dB
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2902, $V^+ = 5V$ to $26V$),	65 100			65 100			50 100			dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

 $V^+ = +5.0V$, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	$T_A = 25^\circ C$ $f = 1 \text{ kHz to } 20 \text{ kHz}$, $T_A = 25^\circ C$ (Input Referred)		-120			-120			-120		dB	
Output Current	Source	$V_{IN}^+ = 1V$, $V_{IN}^- = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 2V$, $T_A = 25^\circ C$	20	40		20	40		20	40	mA	
	Sink	$V_{IN}^- = 1V$, $V_{IN}^+ = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 2V$, $T_A = 25^\circ C$	10	20		10	20		10	20		
		$V_{IN}^- = 1V$, $V_{IN}^+ = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 200 \text{ mV}$, $T_A = 25^\circ C$	12	50		12	50		12	50	μA	
Short Circuit to Ground	(Note 5) $V^+ = 15V$, $T_A = 25^\circ C$		40	60		40	60		40	60	mA	
Input Offset Voltage	(Note 8)			7			9			10	mV	
V_{OS} Drift	$R_S = 0\Omega$		7			7			7		$\mu V/^\circ C$	
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$			100			150		45	200	nA	
I_{OS} Drift	$R_S = 0\Omega$		10			10			10		$\mu A/^\circ C$	
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$		40	300		40	500		40	500	nA	
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^+ = +30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$)	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	V	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ (V_O Swing = 1V to 11V) $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$		25			15			15		V/mV	
Output Voltage Swing	V_{OH} $V^+ = 30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$)	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$	26			26			22		V	
		$R_L = 10 \text{ k}\Omega$	27	28		27	28		23	24		
	V_{OL} $V^+ = 5V$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$			5	20		5	20		5	100	mV
Output Current	Source	$V_O = 2V$	10	20		10	20		10	20	mA	
	Sink	$V_{IN}^+ = +1V$, $V_{IN}^- = 0V$, $V^+ = 15V$	5	8		5	8		5	8		

Note 4: For operating at high temperatures, the LM324/LM324A/LM2902 must be derated based on a $+125^\circ C$ maximum junction temperature and a thermal resistance of $88^\circ C/W$ which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224/LM224A and LM124/LM124A can be derated based on a $+150^\circ C$ maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate of to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

Note 5: Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^+ . At values of supply voltage in excess of $+15V$, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

Note 6: This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3V$ (at $25^\circ C$).

Note 7: These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ for the LM124/LM124A. With the LM224/LM224A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$, the LM324/LM324A temperature specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$, and the LM2902 specifications are limited to $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$.

Note 8: $V_O = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$ with V^+ from 5V to 30V; and over the full input common-mode range (0V to $V^+ - 1.5V$) for LM2902, V^+ from 5V to 26V.

Note 9: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

Note 10: The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V (at $25^\circ C$). The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5V$ (at $25^\circ C$), but either or both inputs can go to $+32V$ without damage ($+26V$ for LM2902), independent of the magnitude of V^+ .

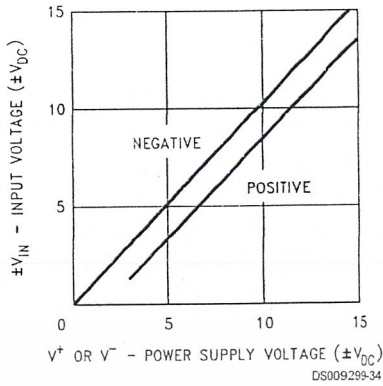
Note 11: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

Note 12: Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124 military specifications.

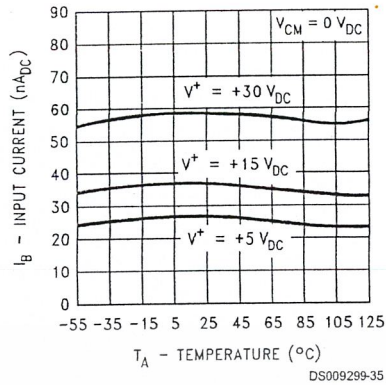
Note 13: Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.

Typical Performance Characteristics

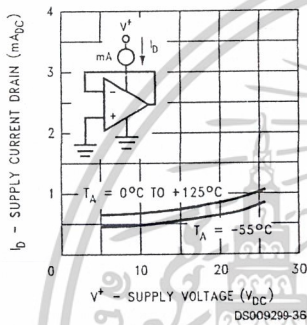
Input Voltage Range



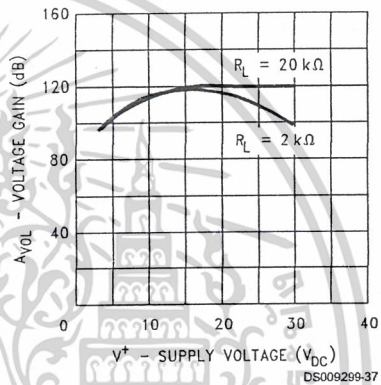
Input Current



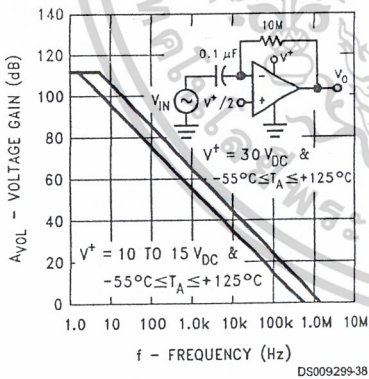
Supply Current



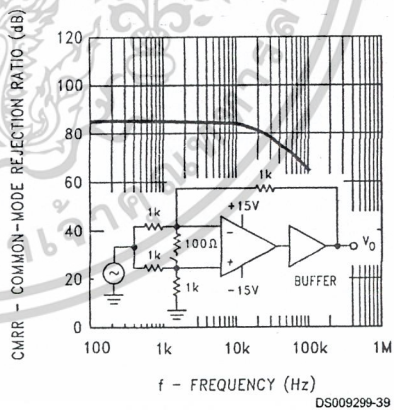
Voltage Gain



Open Loop Frequency Response



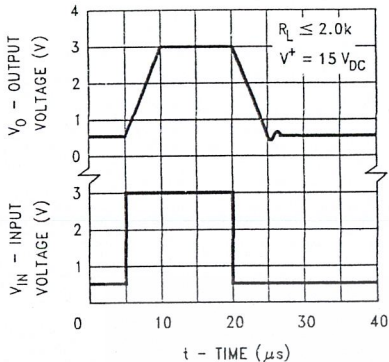
Common Mode Rejection Ratio



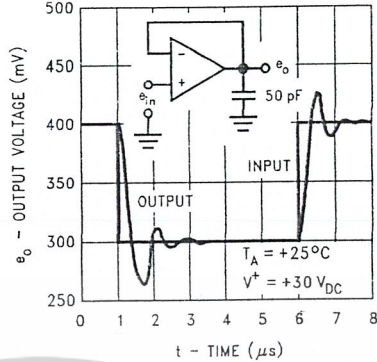
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

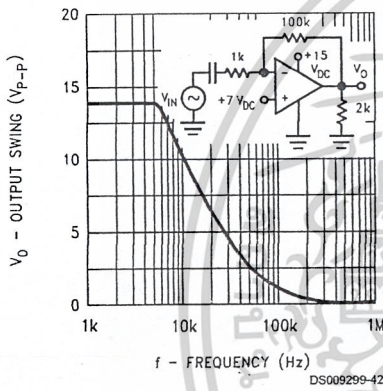
Voltage Follower Pulse Response



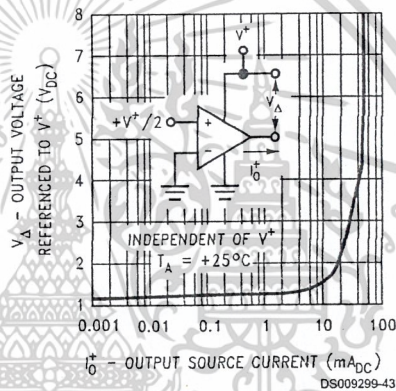
Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)



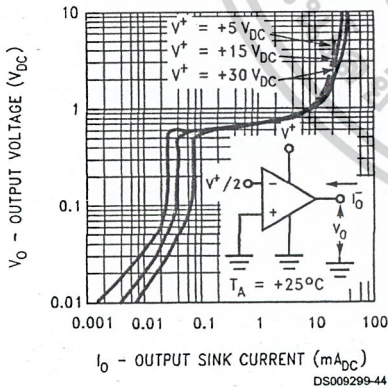
Large Signal Frequency Response



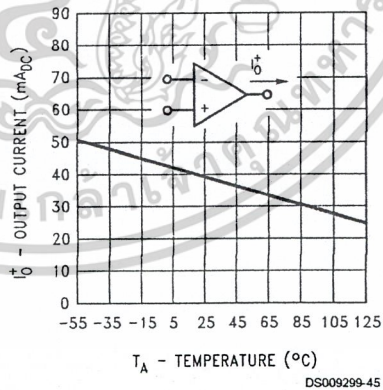
Output Characteristics Current Sourcing



Output Characteristics Current Sinking



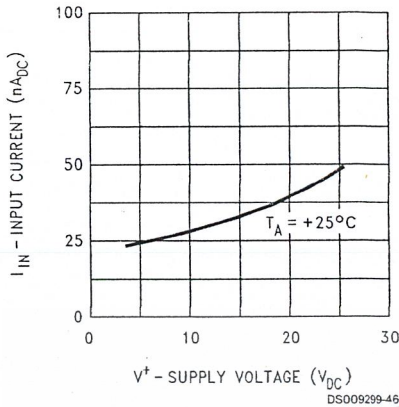
Current Limiting



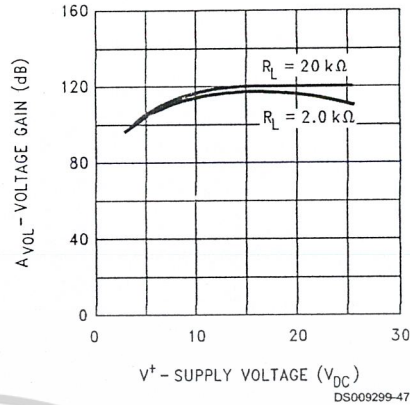
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

Input Current (LM2902 only)



Voltage Gain (LM2902 only)



Application Hints

The LM124 series are op amps which operate with only a single power supply voltage, have true-differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of $0 V_{DC}$. These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At 25°C amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of $2.3 V_{DC}$.

The pinouts of the package have been designed to simplify PC board layouts. Inverting inputs are adjacent to outputs for all of the amplifiers and the outputs have also been placed at the corners of the package (pins 1, 7, 8, and 14).

Precautions should be taken to insure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a test socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger than V^+ without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than $-0.3 V_{DC}$ (at 25°C). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

To reduce the power supply drain, the amplifiers have a class A output stage for small signal levels which converts to class B in a large signal mode. This allows the amplifiers to both source and sink large output currents. Therefore both NPN and PNP external current boost transistors can be used to extend the power capability of the basic amplifiers. The output voltage needs to raise approximately 1 diode drop above ground to bias the on-chip vertical PNP transistor for output current sinking applications.

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used, from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion.

Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values of 50 pF can be accommodated using the worst-case non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains or resistive isolation should be used if larger load capacitance must be driven by the amplifier.

The bias network of the LM124 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from $3 V_{DC}$ to $30 V_{DC}$.

Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive junction temperatures. Putting direct short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total IC power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of output source current which is available at 25°C provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard IC op amp.

The circuits presented in the section on typical applications emphasize operation on only a single power supply voltage. If complementary power supplies are available, all of the standard op amp circuits can be used. In general, introducing a pseudo-ground (a bias voltage reference of $V^+/2$) will allow operation above and below this value in single power supply systems. Many application circuits are shown which take advantage of the wide input common-mode voltage range which includes ground. In most cases, input biasing is not required and input voltages which range to ground can easily be accommodated.

LM139/LM239/LM339/LM2901/LM3302

Low Power Low Offset Voltage Quad Comparators

General Description

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

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

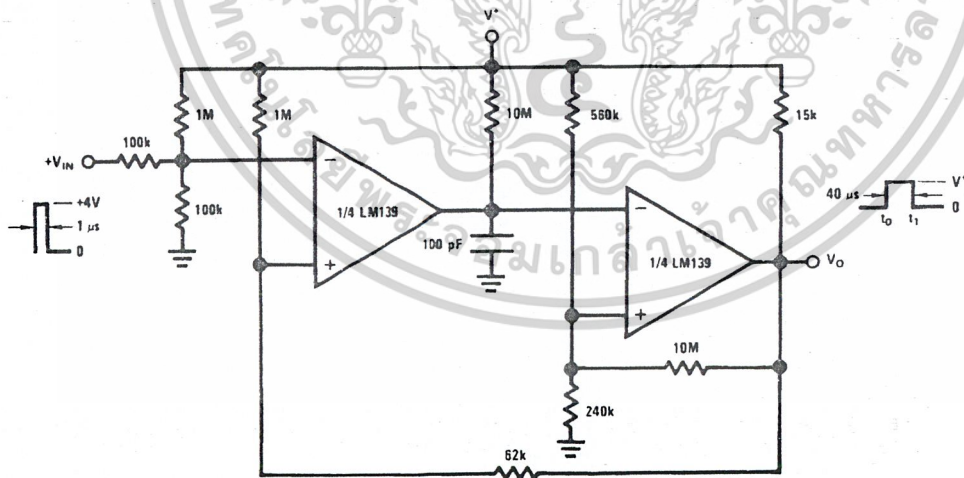
Features

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

Advantages

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

One-Shot Multivibrator with Input Lock Out



DS005706-12

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

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

Electrical Characteristics

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

Parameter	Conditions	LM139A			LM239A, LM339A			LM139			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 9)		1.0	2.0		1.0	2.0		2.0	5.0	mV $_{DC}$
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with Output in Linear Range, (Note 5), $V_{CM} = 0V$		25	100		25	250		25	100	nA $_{DC}$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$		3.0	25		5.0	50		3.0	25	nA $_{DC}$
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30 V_{DC}$ (LM3302, $V^+ = 28 V_{DC}$) (Note 6)		0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$	V $_{DC}$
Supply Current	$R_L = \infty$ on all Comparators, $R_L = \infty$, $V^+ = 36V$, (LM3302, $V^+ = 28 V_{DC}$)		0.8	2.0		0.8	2.0		0.8	2.0	mA $_{DC}$
						1.0	2.5		1.0	2.5	mA $_{DC}$
Voltage Gain	$R_L \geq 15 k\Omega$, $V^+ = 15 V_{DC}$, $V_o = 1 V_{DC}$ to $11 V_{DC}$		50	200		50	200		50	200	V/mV
Large Signal Response Time	$V_{IN} =$ TTL Logic Swing, $V_{REF} = 1.4 V_{DC}$, $V_{RL} = 5 V_{DC}$, $R_L = 5.1 k\Omega$		300			300			300		ns
Response Time	$V_{RL} = 5 V_{DC}$, $R_L = 5.1 k\Omega$, (Note 7)		1.3			1.3			1.3		μs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

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

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

Parameter	Conditions	LM139A		LM239A, LM339A		LM139		Units		
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		Min	Typ
Input Offset Voltage	(Note 9)			4.0		4.0		9.0		mV_{DC}
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}, V_{CM}=0V$			100		150		100		nA_{DC}
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$ with Output in Linear Range, $V_{CM}=0V$ (Note 5)			300		400		300		nA_{DC}
Input Common-Mode Voltage Range	$V^*=30 V_{DC}$ (LM3302, $V^*=28 V_{DC}$) (Note 6)	0	$V^*-2.0$		0	$V^*-2.0$		0	$V^*-2.0$	V_{DC}
Saturation Voltage	$V_{IN(-)}=1 V_{DC}, V_{IN(+)}=0,$ $I_{SINK} \leq 4 \text{ mA}$			700		700		700		mV_{DC}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

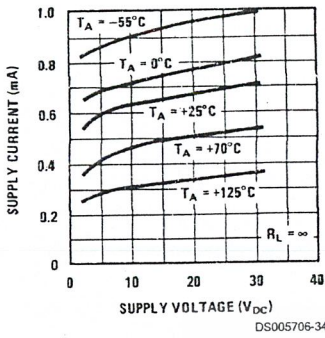
Note 8: Positive excursions of input voltage may exceed the power supply level. As long as the other voltage remains within the common-mode range, the comparator will provide a proper output state. The low input voltage state must not be less than $-0.3 V_{DC}$ (or $0.3 V_{DC}$ below the magnitude of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

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

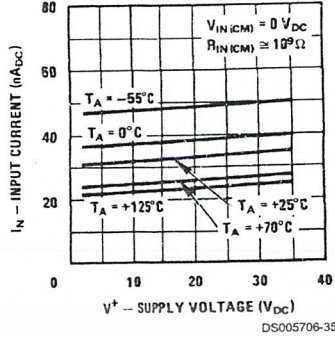
Note 10: Refer to RETS139AX for LM139A military specifications and to RETS139X for LM139 military specifications.

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

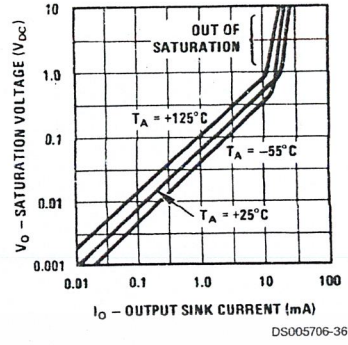
Supply Current



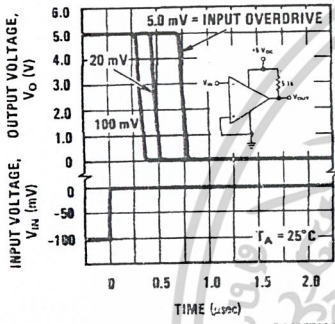
Input Current



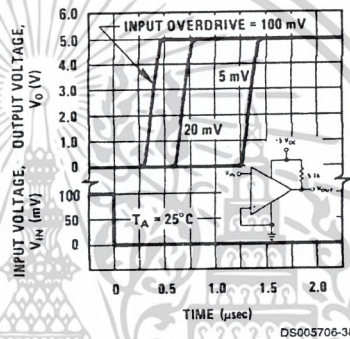
Output Saturation Voltage



Response Time for Various Input Overdrives—Negative Transition

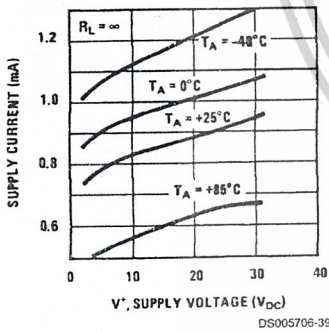


Response Time for Various Input Overdrives—Positive Transition

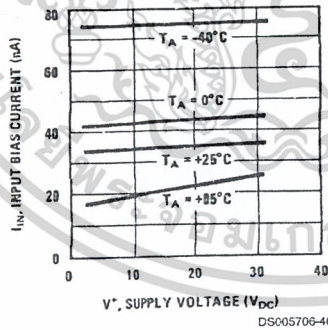


Typical Performance Characteristics LM2901

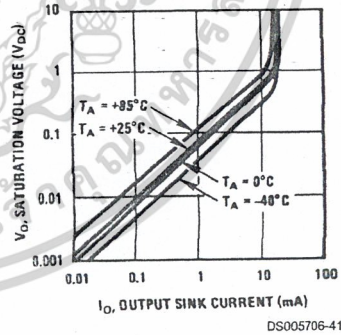
Supply Current



Input Current



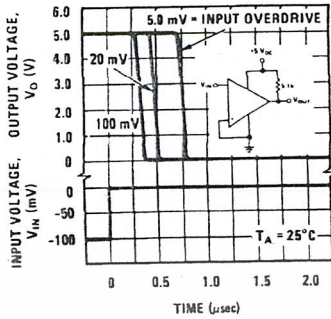
Output Saturation Voltage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

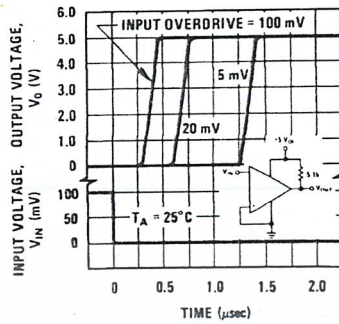
Typical Performance Characteristics LM2901 (Continued)

Response Time for Various Input Overdrives—Negative Transition



DS005706-42

Response Time for Various Input Overdrives-Positive Transition



DS005706-43

Application Hints

The LM139 series are high gain, wide bandwidth devices which, like most comparators, can easily oscillate if the output lead is inadvertently allowed to capacitively couple to the inputs via stray capacitance. This shows up only during the output voltage transition intervals as the comparator changes states. Power supply bypassing is not required to solve this problem. Standard PC board layout is helpful as it reduces stray input-output coupling. Reducing this input resistors to $< 10\text{ k}\Omega$ reduces the feedback signal levels and finally, adding even a small amount (1 to 10 mV) of positive feedback (hysteresis) causes such a rapid transition that oscillations due to stray feedback are not possible. Simply socketing the IC and attaching resistors to the pins will cause input-output oscillations during the small transition intervals unless hysteresis is used. If the input signal is a pulse waveform, with relatively fast rise and fall times, hysteresis is not required.

All pins of any unused comparators should be tied to the negative supply.

The bias network of the LM139 series establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from 2 V_{DC} to 30 V_{DC} .

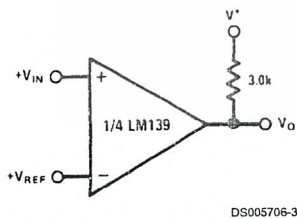
It is usually unnecessary to use a bypass capacitor across the power supply line.

The differential input voltage may be larger than V^+ without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than $-0.3\text{ V}_{\text{DC}}$ (at 25°C). An input clamp diode can be used as shown in the applications section.

The output of the LM139 series is the uncommitted collector of a grounded-emitter NPN output transistor. Many collectors can be tied together to provide an output OR'ing function. An output pull-up resistor can be connected to any available power supply voltage within the permitted supply voltage range and there is no restriction on this voltage due to the magnitude of the voltage which is applied to the V^+ terminal of the LM139A package. The output can also be used as a simple SPST switch to ground (when a pull-up resistor is not used). The amount of current which the output device can sink is limited by the drive available (which is independent of V^+) and the β of this device. When the maximum current limit is reached (approximately 16 mA), the output transistor will come out of saturation and the output voltage will rise very rapidly. The output saturation voltage is limited by the approximately $60\Omega\text{ R}_{\text{SAT}}$ of the output transistor. The low offset voltage of the output transistor (1 mV) allows the output to clamp essentially to ground level for small load currents.

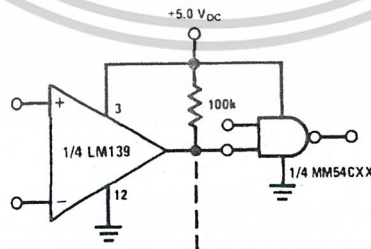
Typical Applications ($V^+ = 5.0\text{ V}_{\text{DC}}$)

Basic Comparator



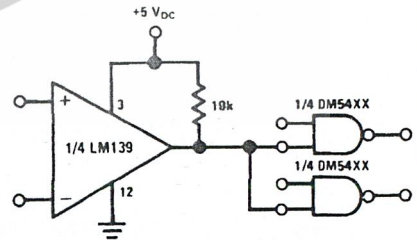
DS005706-3

Driving CMOS



DS005706-4

Driving TTL



DS005706-5

CD40106BC Hex Schmitt Trigger

General Description

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

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

Features

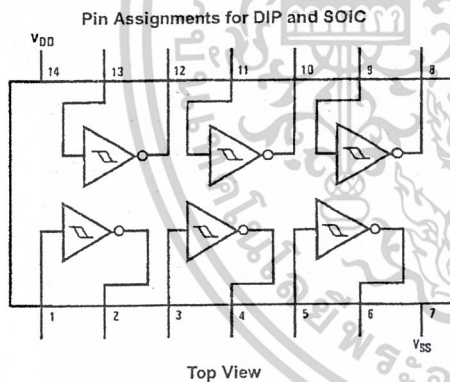
- Wide supply voltage range: 3V to 15V
- High noise immunity: $0.7 V_{DD}$ (typ.)
- Low power TTL compatibility:
Fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS
- Hysteresis: $0.4 V_{DD}$ (typ.),
 $0.2 V_{DD}$ guaranteed
- Equivalent to MM74C14
- Equivalent to MC14584B

Ordering Code:

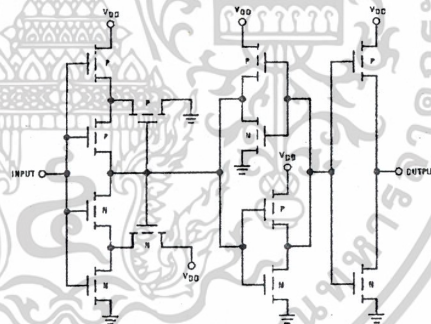
Order Number	Package Number	Package Description
CD40106BCM	M14A	14-Lead Small Outline integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow Body
CD40106BCN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

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

Connection Diagram



Schematic Diagram



Absolute Maximum Ratings (Note 1)

(Note 2)

DC Supply Voltage (V_{DD})	-0.5 to +18 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	-0.5 to V_{DD} + 0.5 V_{DC}
Storage Temperature Range (T_S)	-65°C to +150°C
Power Dissipation (P_D)	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
Lead Temperature (T_L)	
(Soldering, 10 seconds)	260°C

Recommended Operating Conditions (Note 2)

DC Supply Voltage (V_{DD})	3 to 15 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	0 to V_{DD} V_{DC}
Operating Temperature Range (T_A)	-40°C to +85°C

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

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

DC Electrical Characteristics (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V$		4.0			4.0		30	μA
		$V_{DD} = 10V$		8.0			8.0		60	μA
		$V_{DD} = 15V$		16.0			16.0		120	μA
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	$ I_{OL} < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$		0.05			0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 10V$		0.05			0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 15V$		0.05			0.05		0.05	V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	$ I_{OL} < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95	5		4.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95	10		9.95		V
		$V_{DD} = 15V$	14.95		14.95	15		14.95		V
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V$	0.7	2.0	0.7	1.4	2.0	0.7	2.0	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9V$	1.4	4.0	1.4	3.2	4.0	1.4	4.0	V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	2.1	6.0	2.1	5.0	6.0	2.1	6.0	V
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$	3.0	4.3	3.0	3.6	4.3	3.0	4.3	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1V$	6.0	8.6	6.0	6.8	8.6	6.0	8.6	V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	9.0	12.9	9.0	10.0	12.9	9.0	12.9	V
V_H	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$) Voltage	$V_{DD} = 5V$	1.0	3.6	1.0	2.2	3.6	1.0	3.6	V
		$V_{DD} = 10V$	2.0	7.2	2.0	3.6	7.2	2.0	7.2	V
		$V_{DD} = 15V$	3.0	10.8	3.0	5.0	10.8	3.0	10.8	V
I_{OL}	LOW Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.52		0.44	0.88		0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.3		1.1	2.25		0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	3.6		3.0	8.8		2.4		mA
I_{OH}	HIGH Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$	-0.52		-0.44	-0.88		-0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.3		-1.1	-2.25		-0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-3.6		-3.0	-8.8		-2.4		mA
I_{IN}	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.30		-10^{-5}	-0.30		-1.0	μA
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.30		10^{-5}	0.30		1.0	μA

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

AC Electrical Characteristics (Note 4)

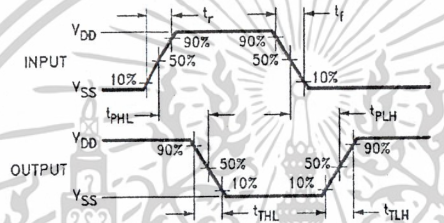
T_A = 25°C, C_L = 50 pF, R_L = 200k, t_r and t_f = 20 ns, unless otherwise specified

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

Note 4: AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

Note 5: C_{PD} determines the no load ac power consumption of any CMOS device. For complete explanation see 74C Family Characteristics Application Note, AN-90.

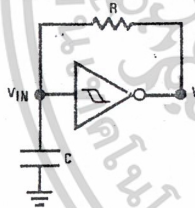
Switching Time Waveforms



t_r = t_f = 20 ns

Typical Applications

Low Power Oscillator

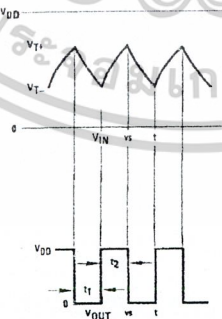


$$t_1 \approx RC \ln \frac{V_{T+}}{V_{T-}}$$

$$t_2 \approx RC \ln \frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}}$$

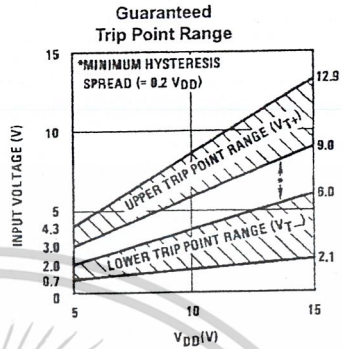
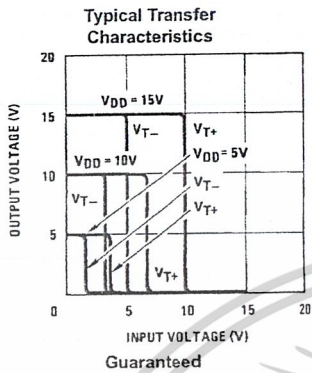
$$f \approx \frac{1}{RC \ln \frac{V_{T+} (V_{DD} - V_{T-})}{V_{T-} (V_{DD} - V_{T+})}}$$

Note: The equations assume t₁ + t₂ >> t_{PHL} + t_{PLH}



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] None : " PIC 18 F XX8 DATA Sheet " , Microchip Technology, 2002.
- [2] สุวัฒน์ คั่น : " เทคนิคและการออกแบบสวิตซ์ชิงเพาเวอร์ซัพพลาย " , บริษัทเอนเทลไทย จำกัด , 2537.
- [3] ไสว พงศ์สวัสดิ์ : " อิเล็กทรอนิกส์กำลัง " , พิมพ์ที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2543.
- [4] อภิชาติ กุฬลับ : " เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic " , สำนักพิมพ์อินโฟเพรส ดีวีโอเปอร์ บู้ค , 2546.
- [5] สัจจะ จรัสรุ่งรวิธร : " คู่มือการเขียนโปรแกรมและการใช้งาน Visual Basic 6 " , สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส , 2544.
- [6] ณีฐกุล วงศ์สุนทรชัย และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตร์วิไล : " เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628 " , บริษัท อินโนไวต์ฟ อีเกออร์เมนต์ จำกัด.
- [7] ณีฐกุล วงศ์สุนทรชัย และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตร์วิไล : " แนะนำการใช้งานโปรแกรม MPLAB และการทดลองทางซอฟต์แวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC " , บริษัท อินโนไวต์ฟ อีเกออร์เมนต์ จำกัด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้