

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตัวควบคุมแบบคงทนสำหรับแหล่งจ่ายไฟแบบไม่ขาดตอน

ROBUST CONTROL FOR UNINTERRUPTABLE POWER SUPPLY



T104188



มพ.
พ518๗
2551

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 104188
วัน,เดือน,ปี 30 ต.ค. 2552

12101904

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2551

ตัวควบคุมแบบคงทนสำหรับแหล่งจ่ายไฟแบบไม่ขาดตอน
ROBUST CONTROL FOR UNINTERRUPTABLE POWER SUPPLY



อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ตัวควบคุมแบบคงทนสำหรับแหล่งจ่ายไฟแบบไม่ขาดตอน

ผู้จัดทำ

1. นาย พัทธนันท์ จิรสุทธินันท์
2. นาย ภาณุพันธ์ ตรีชนาปัญญา
3. นาย ภูริวัฒน์ สารถ้อย



(Handwritten signature)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวควบคุมแบบคงทนสำหรับแหล่งจ่ายไฟแบบไม่ขาดตอน

นาย พัทธนันท์ จิรสุทธินันท์

นาย ภาณุพันธ์ ตฤชณาปัญญา

นาย ภูริวัฒน์ สารถ้อย

ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาและออกแบบเครื่องสำรองไฟฟ้าด้วยชนิด offline ซึ่งใช้ตัวควบคุมแรงดันโดยใช้ เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการสร้างสัญญาณ ออกแบบแผงวงจรและขนาดของยูพีเอสให้มีขนาดเล็กสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและจำลองตัวควบคุมระบบ ชนิด พีไอคอนโทรล เพื่อให้ได้ ลูกคลื่นไซน์ ที่มีค่า ทีเอชดีวี ที่ต่ำลง และมีความคงทนต่อระบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROBUST CONTROL FOR UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY

Pattanan Jirasuttinan

Panupan Trisanapanya

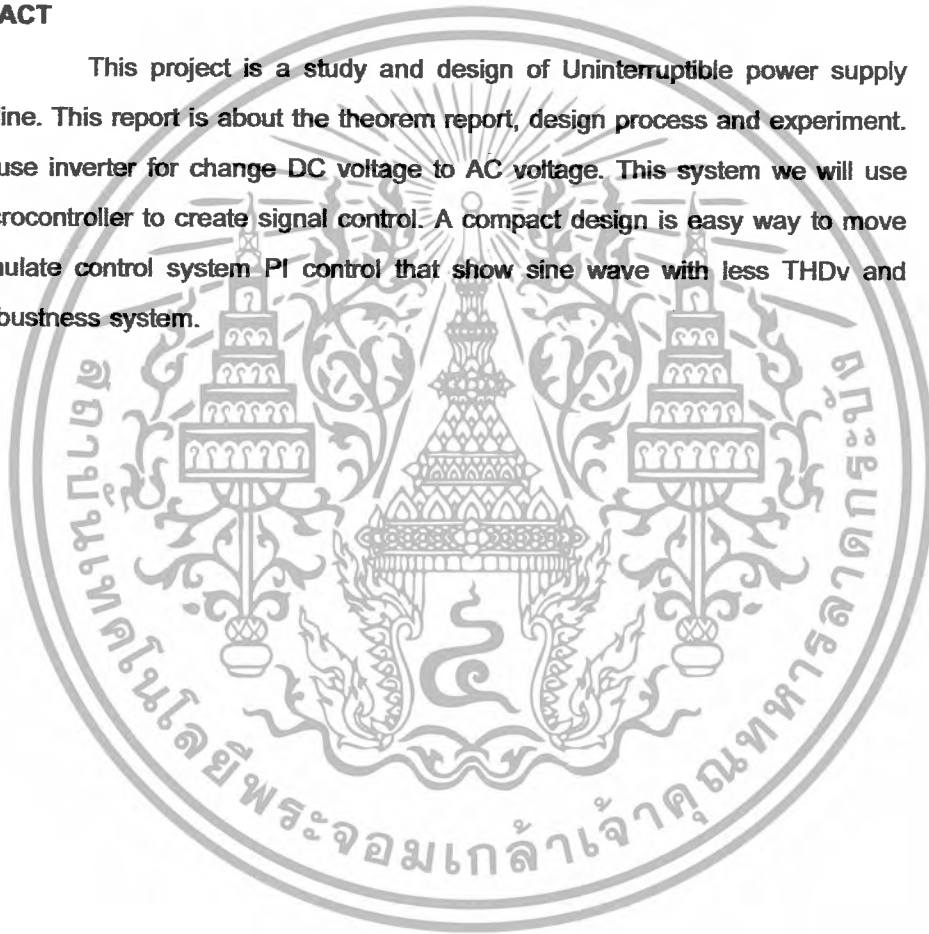
Puriwat Samthoy

Dr. Somyot Kaitwanidvilai Supervisor

2008

ABSTRACT

This project is a study and design of Uninterruptible power supply type offline. This report is about the theorem report, design process and experiment. So we use inverter for change DC voltage to AC voltage. This system we will use PIC Microcontroller to create signal control. A compact design is easy way to move and simulate control system PI control that show sine wave with less THDv and have robustness system.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำโครงการนัฐศึกษาซึ่งต่อความกรุณาที่ ดร. สมยศ เกียรติวนิชวิไล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำประสิทธิประสาทความรู้ให้กับผู้จัดทำในครั้งนี้ ถ้าปราศจากท่านโครงการนี้ก็คงไม่สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบคุณนายชำนาญ โกยทรัพย์, นายพิษณุ ศรีธงชัย และนายอุกฤษฏ์ ชัยยานักศึกษาปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ได้คำแนะนำ เป็นที่ปรึกษา ตลอดการทำปริญญานิพนธ์อย่างดี

ขอขอบคุณนายปิยะพงษ์ โอฬารทิชาชาติ และนายอนรรฆพล แสทนน นักศึกษาปริญญาเอกภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ได้คำแนะนำ เป็นที่ปรึกษา ตลอดการทำปริญญานิพนธ์อย่างดี

ขอขอบคุณโครงการ HDDB 51-004 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับเงินทุนสนับสนุนการวิจัย

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์, สำนักหอสมุดกลาง ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนตัวเราเพื่อหาความรู้และใช้ในการอ้างอิงการทำปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้

ขอขอบคุณน้ำใจเพื่อนภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ช่วยเหลือและแนะนำสิ่งต่างๆ ตลอดมา

ท้ายที่สุดนี้ ผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยส่งเสียเงินทอง ให้ผู้จัดทำเรียนหนังสือจนจบในครั้งนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญภาพ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ.....	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน.....	3
2.1 ลักษณะและชนิดของยูพีเอส.....	3
2.2.1 ยูพีเอสที่ทำงานโหมดออนไลน์ (on line mode).....	4
2.2.2 ยูพีเอสที่ทำงานในโหมดออฟไลน์ (off line mode).....	4
2.2 ส่วนประกอบของยูพีเอสที่ใช้ในโครงการ.....	4
2.2.1 อินเวอร์เตอร์ (Inverter).....	4
2.2.2 มอสเฟตกำลัง (Power Mosfet).....	5
2.2.3 การอัดประจุแบตเตอรี่ (Battery Charge).....	10
2.2.4 วงจร Daed Time เพื่อการขับขา Power Mosfet.....	15
2.2.5 การควบคุมสวิตช์แบบ PWM.....	16
2.2.6 วงจรรองความถี่หรือวงจรฟิลเตอร์.....	18
2.2.7 รีเลย์ (Relay).....	21
2.3 การออกแบบตัวควบคุมโดยวิธีการจัดสรรฐานวงรอบ (Loop shaping).....	22
2.4 โมเดลยูพีเอสหนึ่งเฟส.....	26
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างยูพีเอส (เครื่องสำรองไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง).....	28
3.1 การออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์.....	28
3.2 การออกแบบวงจรเคดไทม์.....	28
3.3 การเลือกใช้หม้อแปลง.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1	ค่าโวลต์แอมป์ (VA) ของหม้อแปลง.....	29
3.3.2	พิกัดทางด้านแรงดันและกระแส.....	29
3.4	ชุดอัดประจุแบตเตอรี่.....	29
3.4.1	การเลือกใช้แบตเตอรี่ในโครงการ.....	29
3.4.2	การคำนวณเพื่อเลือกใช้ขนาดของแบตเตอรี่.....	30
3.5	การออกแบบส่วนควบคุม.....	31
3.6	Sawtooth wave.....	31
3.7	การเลือกใช้อุปกรณ์ RELAY.....	32
3.8	การเลือกตัวสวิตช์ซึ่ง.....	32
3.9	การเลือกใช้ตัวขั้วตัวสวิตช์ซึ่ง.....	32
3.10	การออกแบบตัวกรองกระแส (Low pass filter).....	32
บทที่ 4	ผลการทดลอง.....	33
บทที่ 5	สรุปและข้อเสนอแนะ.....	47
5.1	ปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงการ.....	47
เอกสารอ้างอิง.....		48
ภาคผนวก.....		49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะการทำงานของยูพีเอสโหมคออนไลน์.....	3
2.2 ลักษณะการทำงานของยูพีเอสโหมคออฟไลน์.....	4
2.3 แสดงโครงสร้างของมอสเฟทแบบ N และ P ชนิดอีพิลี่ชั้น	6
2.4 แสดงโครงสร้างของมอสเฟทแบบ N และ P ชนิดเออนฮานท์เมนต์.....	7
2.5 แสดงกราฟคุณลักษณะในการถ่ายโอนของ อิมอสเฟท แบบแชลแนล N และ คุณลักษณะเอาก์พุด ของอิมอสเฟท แบบแชลแนล	8
2.6 แสดงรูปคลื่นแรงดันในการสวิตช์ของแรงดันเกท.....	9
2.7 ชุดวงจรเดดไทม์.....	15
2.8 สัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับขับ Mosfet 2 ชุด.....	16
2.9 วงจรการควบคุมการสวิตช์แบบPWM ของอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส.....	16
2.10 วงจรการสร้างสัญญาณของ Bipolar 1 Phase DC to AC inverter.....	17
2.11 การตอบสนองความถี่ของวงจรฟิลเตอร์ชนิดต่าง ๆ.....	19
2.12 Low-pass Filter.....	20
2.13 กราฟ Frequency response ของ Low pass filter.....	20
2.14 คอนแทกเตอร์ของ Relay.....	22
2.15 ภาพระบบควบคุมแบบป้อนกลับ.....	22
2.16 แผนภาพโบทพลอตของระบบก่อนและหลังจัดสัณฐานวงรอบ.....	24
2.17 ภาพโบทพลอตของระบบที่สามารถลดผลของตัวรบกวนและความไม่แน่นอน ของระบบ และสามารถลดผลของสัญญาณรบกวนได้.....	25
2.18 ยูพีเอสอินเวอร์เตอร์ และ ตัวควบคุม.....	26
2.19 การสร้างโหลดแบบคูณที่มีเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน และ ไม่มีความแน่นอน.....	27
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของอินเวอร์เตอร์.....	28
3.2 วงจรสร้างคลื่นฟันเลื่อย ด้วย ic 555.....	31
4.1 สัญญาณควบคุมรูปคลื่นสี่เหลี่ยม 50 Hz.....	33
4.2 กราฟ Sine และ Saw tooth เพื่อมา compare เป็น PWM.....	33
4.3 สัญญาณขับขาเกทของมอสเฟทรูปคลื่น PWM ที่ได้จากการ compare ระหว่างSaw-toothกับ คลื่นไซน์ที่สร้างจากMicrocontroller.....	34
4.4 สัญญาณที่ผ่านวงจร dead time (ขาขึ้น).....	35
4.5 สัญญาณที่ผ่านวงจร dead time (ขาลง).....	35
4.6 รูปคลื่นสี่เหลี่ยมก่อนผ่านหม้อแปลง.....	36
4.7 รูปคลื่น PWM ก่อนผ่านหม้อแปลง.....	36
4.8 รูปคลื่นสี่เหลี่ยมหลังผ่านหม้อแปลง.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9	รูปคลื่น PWM หลังผ่านหม้อแปลง.....	37
4.10	รูปคลื่นสี่เหลี่ยมหลังผ่านLC Filterเดียวกับแรงดันที่ได้จาก สัญญาณPWM.....	38
4.11	รูปคลื่น PWM หลังผ่าน LC Filter มีลักษณะเป็นคลื่นไซน์กราฟ Sine	38
4.12	กราฟ FFT จากสัญญาณ PWM.....	39
4.13	กราฟ FFT จาก สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยม.....	39
4.14	การสวิตซ์จากการไฟฟ้ามาเป็นไฟจาก UPS โดยใช้แรงดันที่ได้จากสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ 50 Hz.....	40
4.15	การสวิตซ์จากการไฟฟ้ามาเป็นแหล่งจ่าย UPS โดยใช้PWM ผ่าน LC Filter.....	40
4.16	ที่สภาวะออนโหลด 100 W.....	41
4.17	สภาวะออนโหลด 200 W.....	41
4.18	ที่สภาวะออนโหลด 300 W.....	42
4.19	วงจรอินเวอร์เตอร์.....	43
4.20	รีเลย์ หม้อแปลง และเซอร์กิตเบรกเกอร์.....	43
4.21	วงจร LC Filter.....	44
4.22	วงจรสร้าง Saw tooth และ วงจรจ่ายไฟเลี้ยงแก่ UPS.....	44
4.23	เบดเคอร์ชาร์จเจอร์.....	45
4.24	วงจรตัดไหม้.....	45
4.25	วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์.....	46
4.26	วงจรรวม.....	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงค่าต่างๆของแบบเตอริชนิคตะกั่ว-กรด.....	14



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันนี้การแก้ไขปัญหาคอนเดนเซอร์ในระบบไฟฟ้า ซึ่งปัญหาทางไฟฟ้าหรือเรียกว่ามลภาวะทางไฟฟ้า (Electrical Pollution) สามารถแยกออกตามลักษณะที่เกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้คือ

1. ไฟตก (Under Voltage) สาเหตุเกิดจากความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามีมากหรืออยู่ช่วงปลายของแหล่งจ่ายไฟฟ้าผลกระทบจะมีหลายรูปแบบ เช่น อุปกรณ์จะทำงานหนักขึ้น หากเป็นจอภาพ จะสั้นไหวและอายุการใช้งานสั้นลง
2. ไฟกระชาก (Surge) สาเหตุ มักเกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น ฟ้าผ่าเข้ามาในระบบสายส่ง ผลกระทบถ้ามีความรุนแรงมาก มักจะทำให้อุปกรณ์เสียหายทันที
3. ไฟตกชั่วขณะ (Sags) สาเหตุมักเกิดขึ้นเนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ๆ ในขณะหนึ่งผลกระทบ อาจทำให้อุปกรณ์ประเภทคอมพิวเตอร์หยุดทำงาน (Hang) และอายุการใช้งานลดลง
4. ไฟกระพริบ (Short Interruption) สาเหตุเกิดจากการขาดหายของพลังงานไฟฟ้า ในช่วงเวลาสั้น ๆ ผลกระทบ อาจทำให้อุปกรณ์ประเภทคอมพิวเตอร์หยุดทำงาน (Hang) และอายุการใช้งานลดลง
5. ไฟดับ (Blackout) สาเหตุเกิดจากแหล่งจ่ายพลังงานได้รับความเสียหาย หรือสายส่งไฟฟ้าเสียหาย ผลกระทบจะทำให้อุปกรณ์หยุดทำงานทันที สำหรับอุปกรณ์ประเภทคอมพิวเตอร์อาจส่งผลให้ข้อมูลสูญหายได้

ซึ่งปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้ แหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่องหรือที่นิยมเรียกกันว่า UPS (Uninterruptible Power Supply) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่มีคุณภาพและเสถียรภาพอย่างต่อเนื่อง ลดปัญหาทางไฟฟ้า ทำให้ระบบมีเสถียรภาพการทำงานอยู่ตลอดเวลาแม้ว่าแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักจะดับไป อุปกรณ์ชนิดนี้จำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะโหลดประเภทคอมพิวเตอร์ หากระบบไฟฟ้าขัดข้องไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้หรือภาวะที่ระบบไฟฟ้าตกหรือระบบไฟฟ้าเกินเกิดขึ้นคอมพิวเตอร์และข้อมูลในฮาร์ดดิสก์อาจเกิดความเสียหายได้

อย่างไรก็ตาม นอกจากการทำงานปกติของเครื่อง UPS แล้ว การควบคุมคุณลักษณะทางไดนามิกส์ของ UPS นับว่ามีความสำคัญ เนื่องจากโหลดของ UPS มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โครงการนี้จึงนำเสนอวิธีการควบคุมแบบคงทน ที่สามารถใช้กับ UPS เพื่อให้มีคุณลักษณะทางไดนามิกส์ที่คงทนต่อการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์และการรบกวนได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาวงจรและระบบการทำงานของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่องชนิดออฟไลน์ (Off-Line UPS)
2. เพื่อทำการพัฒนา UPS ให้มีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพโดยนำเทคโนโลยีด้านไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการทำงาน
3. เพื่อที่สามารถจ่ายภาระได้อย่างต่อเนื่องและมีค่า THD เหมาะสม

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

1. แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่องขนาดพิกัด 300 VA
2. รับไฟฟ้ากระแสสลับแบบลูกคลื่นไซน์แอมป์ 220-230 V
3. จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแบบลูกคลื่นไซน์แอมป์ 220 V
4. ใช้แบตเตอรี่ขนาด 36 V แบบแห้งในการอัดประจุภายในเครื่อง

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ทำการศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของโครงการ และทำการเจาะลึกในรายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆของยูพีเอส พร้อมทั้งศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 16F877A)
2. ทำการสร้างชุดการทดลองในส่วนต่างๆของยูพีเอส ประกอบด้วย
 - 2.1 ชุดอินเวอร์เตอร์
 - 2.2 ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ พร้อมวงจรขับและแสดงผลการทำงาน
 - 2.3 ชุดสวิตช์สับเปลี่ยน
 - 2.4 ชุดวงจรตรวจสอบสถานะการทำงาน
 - 2.5 ชุดวงจรป้อนกลับ
3. ทำการรวบรวมส่วนประกอบทุกๆส่วนเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างชุดต้นแบบออกมา
4. ทำการสร้างยูพีเอส ที่สมบูรณ์ออกมาพร้อมทั้งทำการทดลองและบันทึกผล
5. Simulation ระบบ Robust control ที่นำมาใช้กับยูพีเอสพร้อมแก้ไขปัญหาและหาข้อสรุป
6. เรียบเรียงเนื้อหาข้อมูลทั้งหมดเพื่อการทำปริ้นท์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. สามารถเข้าใจหลักการทำงานของเครื่องแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่องได้มากขึ้น
2. ได้รู้จักการทำงานร่วมกันและรู้จักการแก้ปัญหาต่างๆ
3. มีการนำความรู้ที่ได้เรียนมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่และเกิดประโยชน์
4. สามารถนำความรู้ที่ได้มาเผยแพร่ให้แก่ผู้ที่สนใจให้ความรู้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

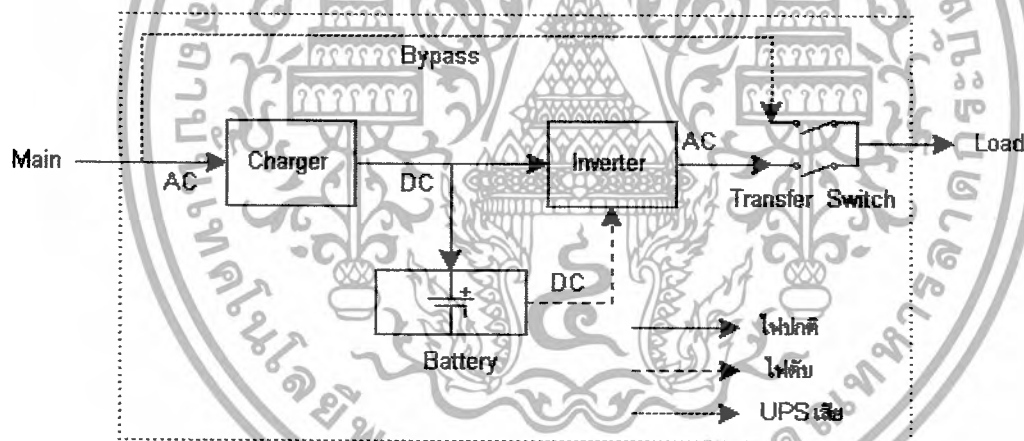
ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ลักษณะและชนิดของยูทีเอส

ระบบแหล่งจ่ายไฟสำรองสามารถแบ่งออกตามลักษณะของการทำงานได้ 2 ชนิดคือ

2.1.1 ยูทีเอสที่ทำงานโหมดออนไลน์ (on line mode)

จะเป็นยูทีเอสที่ทำงานในลักษณะที่ชุดอินเวอร์เตอร์จะทำงานอยู่ตลอดเวลา ลักษณะการทำงานแสดงได้ดังรูปที่ 2.1 โดยในสภาวะปกติจะรับพลังงานมาจากการไฟฟ้าเข้าสู่วงจรเรกติฟายไปยังอินเวอร์เตอร์เข้าสู่โหลดและอัดประจุเข้าสู่แบตเตอรี่ด้วย แต่เมื่อเกิดสภาวะผิดปกติ(Brownout) จะรับพลังงานมาจากแบตเตอรี่และเข้าสู่ชุดอินเวอร์เตอร์แทนและจ่ายไปยังโหลด โดยมีสวิตช์สลับเปลี่ยนเป็นตัวตัดต่อเมื่อเกิดสภาวะการทำงานที่ผิดปกติและไม่ปกติขึ้น จากหลักการนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าสลับที่จ่ายให้กับโหลดจะมีสัญญาณไฟที่คงที่ไม่มีมีการเปลี่ยนแปลงหรือสัญญาณไฟฟ้าขาดหายไป ทั้งในสภาวะปกติและไม่ปกติ

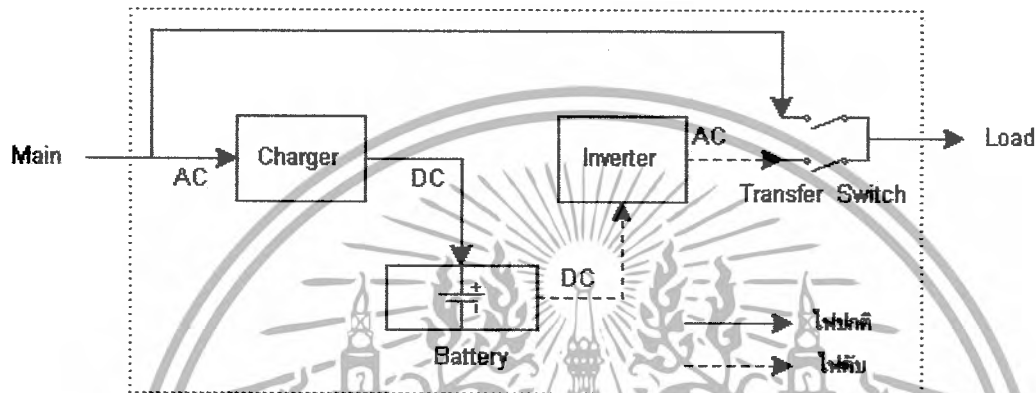


รูป 2.1 ลักษณะการทำงานของยูทีเอสโหมดออนไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ยูทีเอสที่ทำงานในโหมดออฟไลน์ (off line mode)

เป็นยูทีเอสที่ทำงานในลักษณะ เมื่อมีสภาวะระบบปกติโหลดจะได้รับกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าโดยตรงและในขณะนั้นจะมีการอัดประจุเข้าแบตเตอรี่ด้วย แต่เมื่อระบบมีสภาวะที่ผิดปกติเกิดขึ้นในระบบ สวิตช์สลับเปลี่ยนจะเป็นตัวเลือกกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดที่ได้มาจากแบตเตอรี่ซึ่งจะจ่ายให้กับชุดอินเวอร์เตอร์และปรับแรงดันขึ้นโดยใช้หม้อแปลงและจ่ายไปยังโหลด ซึ่งสัญญาณไฟฟ้าที่โหลดได้รับอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามการทำงานของระบบยูทีเอสเมื่อเกิดสภาวะปกติหรือไม่ปกติขึ้น



รูป 2.2 ลักษณะการทำงานของยูทีเอสโหมดออฟไลน์

2.2 ส่วนประกอบของยูทีเอสที่ใช้ในโรงงาน

ยูทีเอสที่ใช้ในโรงงานเป็นระบบที่ทำงานในโหมดออฟไลน์ (Off Line Mode) ฉะนั้น จากที่ได้กล่าวมาไว้ในขั้นต้น จะกล่าวถึงรายละเอียดของส่วนประกอบและการทำงานของยูทีเอสในโรงงานนี้ซึ่งได้ดังต่อไปนี้

2.2.1 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

อินเวอร์เตอร์ หมายถึงอุปกรณ์ชุดหนึ่งที่ทางด้านอินพุต ของอินเวอร์เตอร์เป็นกระแสตรง อินเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่เปลี่ยนจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ โดยปกติอินเวอร์เตอร์สามารถปรับระดับแรงดันและความถี่ของแรงดันเอาต์พุตได้ และมีทั้งแบบ 1 และ 3 เฟส

สำหรับยูทีเอสในโรงงานนี้จะใช้มอสเฟสเป็นอุปกรณ์สวิตช์ซึ่งโดยอาศัยหลักการสร้าง สัญญาณไซน์ความถี่ 50 Hz จากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC 16F877A) มาเปรียบเทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยม จะได้สัญญาณพีคดับลิวเอ็มออกมา แล้วนำไปเข้าวงจร deadtime หลังจากนั้นจึงนำสัญญาณไปขับมอสเฟตต่อไป อย่างไรก็ตาม เอาต์พุตของวงจรอินเวอร์เตอร์จะไม่ใช่อุปกรณ์ ในทางไฟฟ้าต้องการรูปคลื่นไซน์เป็นแหล่งจ่าย ดังนั้น เพื่อลด

องค์ประกอบของส่วนฮาร์โมนิกส์ที่มากับรูปคลื่นของ UPS ซึ่งจะเป็นการทำให้แรงดันเอาท์พุทคล้อยไชน์มากขึ้น จึงต้องทำการออกแบบวงจรกรองความถี่ หรือเรียกว่า Low pass Filter ซึ่งอาจจะใช้ค่าตัวเหนี่ยวนำกับคาปาซิเตอร์ ในการกรองฮาร์โมนิกออกไป ทำให้เหลือแต่ความถี่ที่ใกล้กับความถี่หลักมูล (fundamental) มากที่สุด

2.2.1.1 การไม่สมมาตรฟลักซ์ในแกนเหล็ก

ปัญหาที่มักเกิดขึ้นกับอินเวอร์เตอร์ก็คือ การเกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์ (flux imbalance) ขึ้นในแกนเหล็กของหม้อแปลง ซึ่งจะทำให้แกนเหล็กเกิดการอิ่มตัวอย่างรวดเร็วและทำให้อุปกรณ์เสวิตซึ่ง เกิดความเสียหายได้ สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการไม่สมมาตรของแกนเหล็กนั้นเนื่องมาจากอุปกรณ์ที่อุปกรณ์เสวิตซึ่ง มีช่วงเวลาก่อนหยุดนำกระแส (turn off time) ไม่เท่ากันอย่างแท้จริงเนื่องมาจากข้อจำกัดในการผลิตอุปกรณ์ ถ้าอุปกรณ์เสวิตซึ่งตัวใดใช้เวลาในการหยุดนำกระแสมากกว่า จะทำให้ค่าสูงสุดของมันในช่วงที่นำกระแสมีค่ามากกว่าของอีกตัวหนึ่ง ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่แกนของหม้อแปลงมีลักษณะไม่สมมาตร และจะมีการเลื่อนของค่าฟลักซ์สูงสุดได้ หรือเรียกว่า "flux walking" เกิดขึ้น โดยค่าฟลักซ์สูงสุดจะวิ่งเข้าหาจุดอิ่มตัวอย่างรวดเร็ว ถ้าแกนเหล็กเกิดการอิ่มตัวของฟลักซ์แม่เหล็กก็จะเป็นอันตรายต่ออุปกรณ์เสวิตซึ่งในวงจรได้

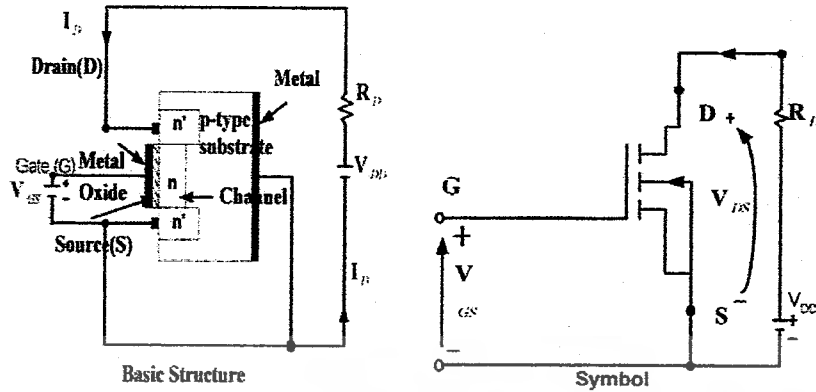
การสังเกตการณ์เกิดการไม่สมมาตรของฟลักซ์นั้น ให้สังเกตจากกระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์เสวิตซึ่ง 2 ชุด (ซึ่งปกติกระแสสูงสุดจะมีค่าเท่ากัน) ถ้าเกิดลักษณะไม่เท่ากันก็แสดงว่าเกิดการไม่สมมาตรฟลักซ์เกิดขึ้น

2.2.2 มอสเฟตกำลัง (Power Mosfet)

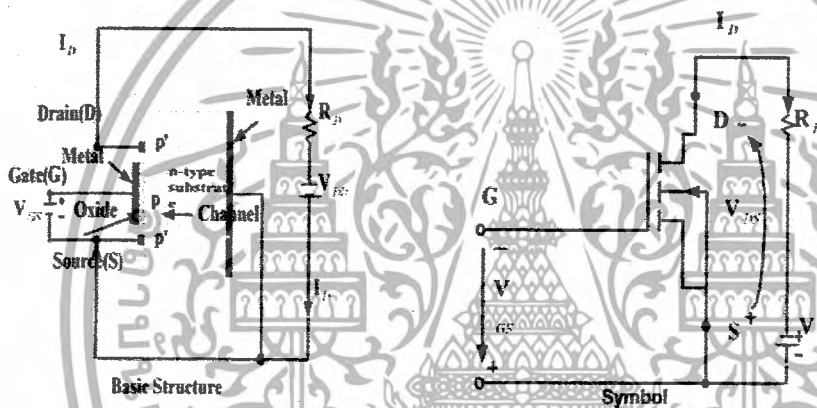
มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ประเภทใช้แรงดันในการควบคุม กล่าวคือ ต้องใช้แรงดัน V_{GS} ควบคุมในการไหลของกระแสเดรน (I_D)

2.2.2.1 ประเภทของมอสเฟต

มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ที่มีสามขั้ว คือ ขั้วซอส (Source ; S) เดรน (Drain ; D) และเกต (Gate ; G) แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ มอสเฟตแบบดีพลีชัน (Depletion MOSFET) เรียกสั้นๆว่า ดีมอสเฟตและมอสเฟตแบบเอนฮานซ์เมนต์ (Enhancement MOSFET) หรือเรียกอีกมอสเฟต แต่ละประเภทยังแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แชนแนล N (N-Channel) และ แชนแนล P (P-Channel)



(a) n-channel depletion – type Mosfet



(b) p-channel depletion – type Mosfet

รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของมอสเฟตแบบ N และ P ชนิดดีพลีชัน

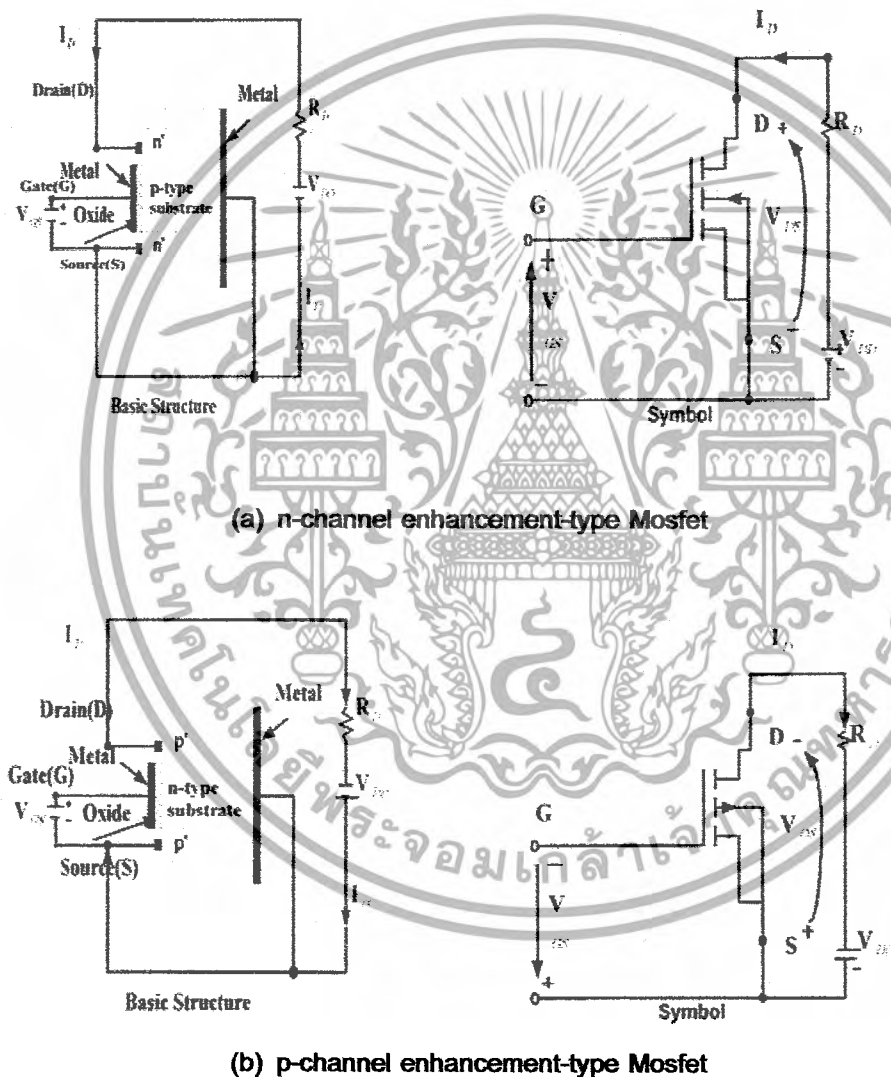
โครงสร้างของดีมอสเฟตแบบแชนแนล N ในรูปที่ 2.3 ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P ซึ่งสร้างขึ้นจาก ซิลิคอนและเรียกว่าแผ่นพินิกฐาน P (P-type Substrate) โดยขั้ว D และขั้ว S ต่อกับบริเวณที่มีการกระตุ้นหรือ โด๊ปให้เป็นบริเวณสารกึ่งตัวนำ N (N-Doped Region ; N) บริเวณสารกึ่งตัวนำ N ทั้งสองส่วนนี้ต่อกับวัสดุผิวนอกที่เป็นโลหะ โดยมีซิลิกอนไดออกไซด์ กั้นระหว่างแชนแนล N กับขั้ว G ซิลิกอนไดออกไซด์เป็นฉนวนประเภทไดอิเล็กตริก ถ้าแรงดันเกตซอร์ส (V_{GS}) มีค่าเป็นลบ อิเล็กตรอนบางส่วนในแชนแนล N สร้างบริเวณเปลือยพาหะ (Depletion Region) ภายในขั้วออกไซด์ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนแนลแคบลง ความต้านทานจากขั้วเดรนไปซอร์ส R_{DS} เริ่มมีค่าสูง เมื่อ V_{GS} มีค่าเพียงพอ ชนแนลจะหายไป R_{DS} จึงมีค่าสูงมาก และไม่มีกระแสจากขั้วเดรนไปซอร์ส นั่นคือ I_{DS} เท่ากับศูนย์ ระดับ V_{GS} นี้เรียกว่าแรงดันพินช์ออฟ (Pinch - Off Voltage ; V_P)

ในทางตรงกันข้าม ถ้า V_{GS} เป็นบวก ชนแนลจะกว้างขึ้นเป็นผลให้ I_{DS} มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจาก R_{DS} มีค่าลดลง

หลักการที่กล่าวมานี้ ใช้ได้ดีกับมอสเฟตแบบชนแนล P โดยขั้วของ V_{DS} , I_{DS} และ V_{GS} เปลี่ยนเป็นขั้วตรงข้ามกับกรณีมอสเฟตแบบชนแนล N



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของมอสเฟตแบบ N และ P ชนิด Enhancement-type

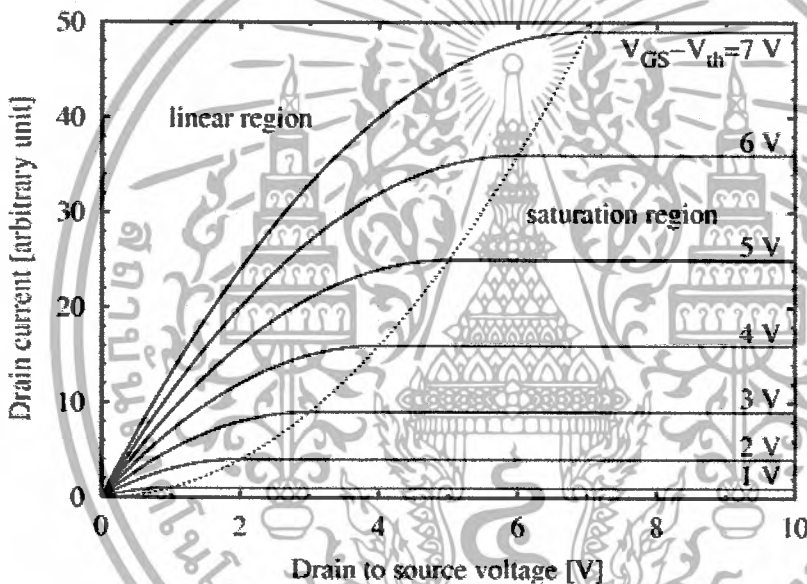
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีมอสเฟตแบบแซนแนล N ดังรูปที่ 2.4 ถ้า V_{GS} เป็นบวก แรงดันเหนี่ยวนำจะดึงดูดอิเล็กตรอนจากแผ่นผิวกฐาน P และรวบรวมไว้ที่ผิวภายในชั้นออกไซด์ ถ้า V_{GS} มากกว่าหรือเท่ากับค่าแรงดันธรวสโวลต์ (Threshold Voltage ; V_T) จึงมีกระแสไหลจากเดรนไปซอร์ส(I_{DS})

หลักการที่กล่าวมานี้ ใช้ได้กับมอสเฟตแบบแซนแนล P โดยชี้ของ V_{DS} , I_{DS} และ V_{GS} เปลี่ยนเป็นชี้ตรงข้ามกับกรณีอีมอสเฟตแบบแซนแนล N

2.2.2.2 คุณสมบัติของมอสเฟต(Mosfet Characteristic)

ได้กล่าวในตอนต้นแล้วว่า มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ ประเภทใช้แรงดัน ในการควบคุม อิมพีแดนซ์อินพุตสูงมาก ชั่วเกทจะดึงกระแสรั่วไหลต่ำมาก แค่นานโนแอมแปร์ และเราทราบ ว่า ทรานส์คอนดักแตนซ์ (Transconductance ; g_m)



รูปที่ 2.5 แสดงกราฟคุณสมบัติในการถ่ายโอนของ อีมอสเฟต แบบแซนแนล N และ คุณสมบัติเอ๊าท์พุท ของอีมอสเฟต แบบแซนแนล N

คุณสมบัติในการถ่ายโอนของอีมอสเฟตแบบแซนแนล N และแบบแซนแนล P ดังรูป แสดงคุณสมบัติ ของอีมอสเฟตแบบ แซนแนล N ซึ่งมีทั้งสามบริเวณคือ

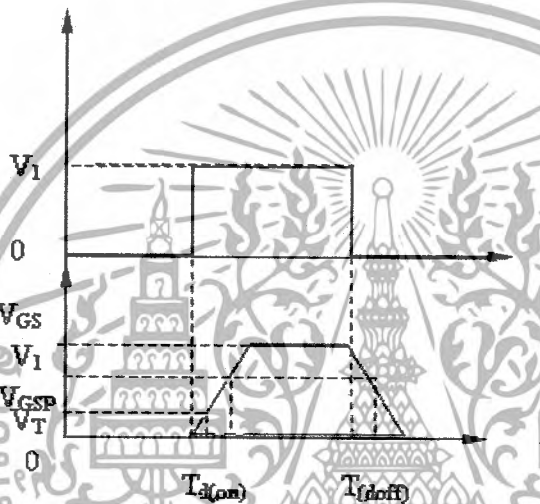
- 1.บริเวณคัตออฟ เกิดขึ้นเมื่อ V_{GS} น้อยกว่าหรือเท่ากับ V_T
- 2.บริเวณพินชออฟ หรือบริเวณเอ็มตัว (Pinch – off or saturation Region) เกิดขึ้นเมื่อ V_{DS} มากกว่าหรือเท่ากับ $V_{GS} - V_T$
- 3.บริเวณที่เป็นเชิงเส้น (Linear Region) เกิดขึ้นเมื่อ V_{DS} น้อยกว่าหรือเท่ากับ $V_{GS} - V_T$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบริเวณเชิงเส้น I_D จะเปลี่ยนแปลง ตามสัดส่วนของ V_{DS} และเนื่องจากมี I_D สูง ขณะที่ V_D มีค่าต่ำ อิมอสเฟท จึงใช้บริเวณ ที่เป็นเชิงเส้น แสดงปฏิกิริยาในการสวิตช์ สำหรับดีมอสเฟทแรงดันเกท (หรือแรงดันอินพุท) อาจเป็นบวก หรือลบก็ได้ แต่อิมอสเฟท คอบสนองกับแรงดันที่เป็นบวกอย่างเดียว ความปกติมอสเฟทกำลังเป็นประเภทอิมอสเฟท จึงขอกล่าวเฉพาะอิมอสเฟทเท่านั้น

2.2.2.3 คุณสมบัติในการสวิตช์ (Switching Characteristics)

ผลกระทบที่เกิดจากคาปาซิเตอร์ บริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำในอิมอสเฟท ทำให้เขียนรูปคลื่นในการสวิตช์ได้ดังรูป



รูปที่ 2.6 แสดงรูปคลื่นแรงดันในการสวิตช์ของแรงดันเกท

เมื่อป้อนแรงดันเกทเพิ่มจากศูนย์ถึง V_1 เวลาที่ใช้ในการอัดประจุคาปาซิเตอร์ (ภายในตัวของอิมอสเฟท) ให้มีค่าถึงระดับแรงดันเรสไฮลด์ V_R ซึ่งเรียกว่าช่วงเวลาดีเลย์ในการเปิด (Turn-On Delay Time ; $t_{d(ON)}$) และช่วงเวลาขาขึ้น (t_r) เป็นเวลาอัดประจุจากระดับ (V_R) จนกระทั่งมีค่าถึงระดับแรงดันเกทเต็มที่ (Full Gate Voltage ; V_{GSP}) ซึ่งใช้ในการขับมอสเฟทไปสู่บริเวณเชิงเส้น โดยดูรูป C ประกอบ

เวลาที่คาปาซิเตอร์คายประจุจาก V_1 ไปจนถึงบริเวณพินช์ออฟ เรียกว่าช่วงเวลาดีเลย์ในการปิด (Turn-Off Delay Time ; $t_{d(OFF)}$) และช่วงเวลาลง (t_f) เป็นเวลาที่คาปาซิเตอร์ใช้ในการคายประจุจากบริเวณพินช์ออฟถึง V_R (ถ้า $V_{GS} < V_R$ มอสเฟทจะปิด)

2.2.2.4 ประโยชน์และการใช้งานมอสเฟตกำลัง

เนื่องจากมอสเฟตกำลัง มีความเร็วในการสวิตช์ สูงมาก เป็นนาโน วินาที จึงเหมาะกับการ แล่งผันที่มีความถี่และมีกำลังไฟฟ้าต่ำ แต่อย่างไรก็ตาม อิมอสเฟตจะมีปัญหาในการคายประจุ ไฟฟ้าสถิต ภายในตัวเองจึงต้องบำรุงรักษาเป็นพิเศษ นอกจากนี้การป้อนมอสเฟตขณะที่เกิดฟอลต์แบบลัดวงจรทำได้ค่อนข้างยาก

2.2.3 การอัดประจุแบตเตอรี่ (Battery Charge)

เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ ที่ทำหน้าที่ อัดประจุ ให้กับแบตเตอรี่ โดยอุปกรณ์จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง สำหรับ UPS Off-Line ขณะที่ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า มีสภาวะปกตินั้น เครื่องอัดประจุ ให้กับแบตเตอรี่เท่านั้น โดยไม่มีการจ่ายไฟให้กับอินเวอร์เตอร์ แต่เมื่อระบบการไฟฟ้ามีสภาวะที่ผิดปกติหรือ ดับ เครื่องอัดประจุก็จะหยุดการจ่ายไฟเพื่อชาร์จแบตเตอรี่

2.2.3.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่ใช้ในโครงการนี้ เป็นแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด แบ่งเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1.Non spill lead – acid Battery ซึ่งแบ่งเป็นสองชนิดดังนี้

1.1 Standard Battery แบตเตอรี่ชนิดนี้ เมื่อไม่ใช้งาน จะมี self – discharge ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม จึงต้องมีการอัดประจุใหม่ทุก ๆ 4-6 สัปดาห์

1.2 Self – discharge ซึ่งแบตเตอรี่นี้เหมาะสำหรับการใช้งานช่วงเวลาสั้น ๆ Permanent Battery แบตเตอรี่ ชนิดนี้เมื่อไม่ใช้งาน สามารถเก็บในอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสได้เป็นเวลานาน ๆ หลาย ๆ เดือนโดยไม่ต้องมีวิธีดูแลรักษา และสามารถอัดประจุทุก ๆ 10 เดือน และมี Self – discharge ต่ำ เนื่องจากใช้ Lead-alloy ชนิดพิเศษเหมาะสำหรับ ใช้ในงานพิเศษ ที่ต้องการอายุการใช้งานมากกว่า standard-battery

2.Recombining seal – acid battery

ปกติแล้ว เมื่อแบตเตอรี่ อัดประจุถึง ระดับ overcharge กรดซัลฟูริก ที่เป็นอิเล็กโตรไลต์จะทำปฏิกิริยา เป็นก๊าซ H_2 และ O_2 ทำให้ความเข้มข้น ของอิเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้ ต้องการการเติมน้ำกลั่น มิฉะนั้นแบตเตอรี่จะเสื่อมคุณภาพได้ การเติมน้ำกลั่น เป็นการจำกัด วงในการใช้แบตเตอรี่ ฉะนั้น จึงมีการพัฒนา แบตเตอรี่ให้ใช้งานโดยไม่ต้องเติมน้ำกลั่น ซึ่งแบ่งเป็น สองชนิด คือ

2.1 Non – Recombining หรือ Paria Recombining แบตเตอรี่ชนิดนี้ ไม่ต้องบำรุงรักษา ใดๆ และไม่ต้อง ให้จนถึงระดับ overcharge เพื่อให้แบตเตอรี่เต็ม ในกรณี ที่ใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่า สิ่งแวดล้อมมาก ๆ แบตเตอรี่จะเกิดก๊าซ ทำให้ความดันสูง ขึ้น ซึ่ง แบตเตอรี่ จะมีวาล์ว คอยเปิดเพื่อระบายแรงดัน วาล์ว จะปิดโดยอัตโนมัติ เมื่อความดันก๊าซต่ำลง ด้วยเหตุนี้จึงใช้ได้กับทุกสภาพแวดล้อม แบตเตอรี่ชนิดนี้จะถูกปิดผนึก ไว้ซึ่ง ภายใน

จะไม่มีก๊าซและความต้านทานภายในต่ำ และยังจ่ายกระแสสูง ภายใต้การอัดประจุ แบบรักษา ระดับแรงดันคงที่ จะอัดประจุด้วยกระแสอัดสูงๆ ในตอนเริ่มต้น และเมื่อแรงดันย้อนกลับ ของแบตเตอรี่เริ่มสูงขึ้นจะต้องควบคุมกระแส ในการอัดประจุ เมื่อแบตเตอรี่เต็ม จะต้องรักษาระดับแรงดัน แบตเตอรี่ โดยลดกระแสให้เหลือน้อย เพื่อไม่ให้เกิด Over voltage และป้องกัน electrolyte loss partially recombining

2.2 Fully Recombining โครงสร้างคล้าย ๆ กับ แบบ Standard Cylindrical Nicad เหมาะสำหรับการใช้งาน Standby มีการรวมตัวของก๊าซ O_2 ที่ติก๊าซที่เกิดขึ้นคือ H_2 และ O_2 จะรวมตัวกันเป็นน้ำทำให้ปริมาตรของอิเล็กโทรไลต์ ไม่ลดลง อายุการใช้งานขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน และสภาพแวดล้อม มีความต้านทาน ภายในต่ำ อัตรา Discharge สูง การอัดประจุส่วนใหญ่เป็นแบบ constant voltage , constant current , pulse charging และอื่น ๆ

2.2.3.2 Parameter ในการอัดประจุ

1. การชดเชยทางอุณหภูมิของการอัดประจุ โดยการอัดประจุจะปรับค่าแรงดัน ที่อัดประจุ ซึ่งต้องมีการชดเชยทางอุณหภูมิโดยการตรวจจับอุณหภูมิ ของสภาวะแวดล้อม
2. เวลาที่อัดประจุเสร็จ เวลาที่แบตเตอรี่ถูกอัดประจุเต็มขึ้นอยู่กับ สภาวะดีสชาร์จ และลักษณะในการอัดประจุรวมทั้งอุณหภูมิด้วย
3. อุณหภูมิในขณะที่ การอัดประจุ ควรอัดประจุที่อุณหภูมิ 0 – 40 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ ต่ำหรือสูงกว่า อาจจะทำให้การอัดประจุได้ไม่มาก หรือร้อนเกินไป
4. การชาร์จประจุเกิน การอัดประจุเพิ่มขึ้นอีกหลังจากแบตเตอรี่อัดประจุเต็มแล้ว เรียกว่า Overcharge ซึ่งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีผลทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ น้อยลง

2.2.3.3 วิธีการอัดประจุ แบตเตอรี่ แบ่งได้ 4 วิธี

1. การอัดประจุแบบกระแสคงที่ (Constant Current Charging)
วิธีนี้ มีข้อดีตรงที่ว่าไม่จำเป็นต้องมีการชดเชยทางอุณหภูมิ กับชาร์จแบบแรงดันคงที่ แต่มีข้อเสีย ต้องระมัดระวังเรื่องการอัดประจุ โดยเฉพาะการอัดประจุด้วยกระแสสูงๆ ซึ่งแบตเตอรี่จะเต็มภายในเวลาอันสั้น การอัดประจุที่กระแสสูงจะทำให้แรงดันที่แบตเตอรี่สูงเกินไป น้ำจะเกิดการแตกตัวและมีความร้อนเกิดขึ้น การอัดประจุใหม่ให้กับแบตเตอรี่ที่เก็บไว้นานแล้วซึ่งสามารถอัดประจุได้ทีเดียวทุกหลาย ๆ ลูก

2.การอัดประจุแบบแรงดันคงที่(Constant voltage charging)

โดยมีความต้องการใช้แบตเตอรี่อยู่ภายในสภาวะประจุเต็มเสมอ โดยต้องระวังเรื่องอัตราการอัดประจุที่สูงเกินไป ซึ่งการอัดประจุแบบนี้ทำให้แรงดันเอาท์พุทมีเสถียรภาพ

พร้อมทั้งมีความจุกระแสสูง ซึ่งในช่วงที่แรงดันแบตเตอรี่ต่ำๆ ความต้านทานของแบตเตอรี่มีค่าน้อยมาก ฉะนั้นกระแสที่อัดประจุจึงมีค่าสูงมาก เป็นผลให้เครื่องอัดประจุต้องมีขนาดใหญ่และราคาแพง อีกทั้งยังทำให้เกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่ ซึ่งปกติเครื่องอัดประจุแบบนี้จะมีอุปกรณ์ช่วยในการจำกัดกระแสเริ่มต้น โดยใช้ constant current regulation ซึ่งในช่วงสุดท้ายของการอัดประจุกระแสจะถูกลดลงอย่างอัตโนมัติ ซึ่งไม่ทำให้เกิดการสลายตัว

3. การอัดประจุแบบลดค่ากระแส (Tapered current charging)

เป็นวิธีการอัดประจุแบตเตอรี่ที่ง่าย ราคาถูก วงจรการอัดประจุประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง วงจร rectifier และค่าความต้านทานที่เหมาะสมสำหรับจำกัดกระแส แต่วิธีนี้ไม่เหมาะสำหรับการอัดประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ปิดผนึก เนื่องจากกระแสที่ใช้อัดประจุจะกระเพื่อมตามแรงดันไฟฟ้าของระบบ ซึ่งทำให้แรงดันแบตเตอรี่เปลี่ยนแปลงไปด้วย แต่ก็สามารถลดผลอันนี้ได้โดยการใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีแรงดันด้านทุติยภูมิสูงกว่าแรงดันแบตเตอรี่ และเลือกค่าความต้านทานที่เหมาะสมในการจำกัดกระแส โดยที่การอัดประจุแบบนี้สามารถใช้แทนแบบการอัดประจุคงที่ได้ ไม่เพียงเฉพาะการอัดประจุแบตเตอรี่หลายๆลูกในครั้งเดียวเท่านั้น ยังสามารถใช้ในระบบ trickle charge ได้อีกด้วย

4. การอัดประจุแบบรวม (Combination charging : two step)

วิธีนี้บางที่เรียกว่า "two-rate" หรือ "two-step" โดยการเกิดจากการรวมกัน 2 แบบ คือ การอัดประจุแบบกระแสคงที่และแรงดันคงที่เข้าด้วยกัน โดยในขั้นแรกจะใช้การอัดประจุเร็ว และขั้นที่สองจะอัดประจุด้วยกระแสต่ำๆ การสวิตช์จากขั้นแรกไปยังขั้นที่สองอาจทำได้หลายวิธีเช่น ตรวจสอบแรงดันที่แบตเตอรี่หรือควบคุมเวลาในการอัดประจุหรือตรวจสอบกระแสในการอัดประจุ เป็นต้น

2.2.3.4 การอัดประจุแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดโดยทั่วไป

ในการอัดประจุแบตเตอรี่ชนิดนี้จะมีการจำกัดกระแสที่ใช้อัดประจุและแรงดันต้องพยายามให้คงที่มากที่สุด ปริมาณกระแสที่ใช้ในการอัดประจุโดยปกติจะจำกัดอยู่ที่ 0.2C สำหรับ lead-antimony battery และ 0.5C สำหรับ lead-calcium battery เมื่อ c คือความจุแบตเตอรี่(หน่วย ampere-hour) ถ้าหากการอัดประจุใช้กระแสมากเกินไป จะทำให้อุณหภูมิภายในแบตเตอรี่สูงและทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลง และหากอัดประจุที่กระแสน้อยเกินไปจะทำให้มี lead - sulfate เกาะหลงเหลืออยู่ในแผ่นเพลทของแบตเตอรี่ซึ่งจะทำให้การจ่าย ampere-hour ไม่ได้เท่ากับพิกัดแบตเตอรี่ และถ้าให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานยาวนาน แรงดัน peak to peak ripple ซึ่งเป็นแรงดันเอาท์พุทของอุปกรณ์อัดประจุแบตเตอรี่ ไม่ควรเกิน 0.5% ของแรงดันกระแสตรง การอัดประจุที่พิกัดของแบตเตอรี่จะสามารถยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้ยาวนานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.5 การประยุกต์ใช้งาน

ในการประยุกต์ใช้งานของ sealed-acid battery แบ่งเป็น 2 แบบคือ

1.cyclic operation 1

การทำงานเป็นรอบๆต้องการเวลาในการอัดประจุสั้นและต้องป้องกันการอัดประจุ และ ดิสชาร์จเกินสิ่งสำคัญในการอัดประจุด้วยแรงดันคงที่ คือ การรักษาแรงดันแอทพุทไว้ที่ระดับสุดท้ายของการอัดประจุและจำกัดแรงดันคงจำกัดกระแสให้ต่ำกว่าค่าที่ออกแบบไว้สูงสุด ถ้าแบตเตอรี่ถูกอัดประจุในช่วงอุณหภูมิสถานะแวดล้อมกว้างๆจะต้องมีการชดเชยอุณหภูมิ มิฉะนั้นการอัดประจุอาจสูงไปหรือต่ำไปในอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ

2.standby / backup charging

ใช้งานในประเภทสำรองไว้ใช้งานในยามต้องการ ปกติจะเก็บในสภาพแบตเตอรี่เต็มตลอดเวลาและจะจ่ายพลังงานให้กับภาระเมื่อระบบผิดปกติ

3.Trickle Charging

โดยปกติระบบของการไฟฟ้าทำการจ่ายพลังงานให้กับภาระหรืออุปกรณ์ในขณะที่แบตเตอรี่ไม่ได้ถูกต่อกับภาระ ถ้าหากเกิดการผิดปกติขึ้นที่ระบบนั้น วงจรแบตเตอรี่จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับภาระเพื่อจ่ายพลังงาน โดยจะต้องพิจารณาการชดเชยสำหรับ self discharge โดยการอัดประจุแบตเตอรี่ที่ค่าต่ำๆเพื่อให้แบตเตอรี่อยู่ในสภาวะประจุเต็มตลอดเวลาในกรณี deep discharge จะต้องอัดประจุแบตเตอรี่เป็นเวลานาน ฉะนั้นวิธีอัดประจุแบบ two-rate และแบบแรงดันคงที่จะเหมาะสมกว่าการอัดประจุเนื่องจากมีโหลดการอัดประจุเริ่มต้นเร็ว แต่แบบ two-rate จะเหมาะสมกว่าเพราะไม่จำเป็นต้องชดเชยทางอุณหภูมิ

4. Float charge

โดยในแบบนี้ ทั้งภาระและแบตเตอรี่ค่อนข้างนานกับวงจร rectifier ระบบนี้จะได้เฉพาะการอัดประจุแบบแรงดันคงที่เท่านั้น ซึ่งแรงดันที่อัดประจุต้องมีเสถียรภาพการกระเพื่อมอย่างมากของแรงดันที่อัดประจุ มีผลให้แบตเตอรี่ดิสชาร์จเพียงเล็กน้อย ซึ่งการอัดประจุแบบแรงดันคงที่จะต้องออกแบบให้จ่ายภาระสูงสุด มิฉะนั้นจะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลงโดยปกติโดยตามอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แบบ float จะสั้นกว่าการอัดประจุแบบ Trickle

2.2.3.6. คุณสมบัติที่สำคัญของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด

โดยปกติแบตเตอรี่ชนิด lead – acid ที่ออกแบบให้ใช้กับ UPS ต้องมีความจุสูง อายุการใช้งานที่ยาวนานถึง 80 % แรงดันที่อัดประจุแบตเตอรี่จะเท่ากับ 2.1 เซลล์และจะลดลงขณะแบตเตอรี่คายประจุ หรืออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น โดยที่แรงดันของแบตเตอรี่และแรงดันที่ป้อนให้อินเวอร์เตอร์ เทียบกับย่านการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปโดยจะแสดงไว้ดังตารางข้างล่างถ้าหากว่ากำลังเอาพุทเพิ่มขึ้น จำนวนเซลล์ที่ต่ออนุกรมกันจะต้องเพิ่มขึ้นเพื่อป้องกันกระแสเกิน

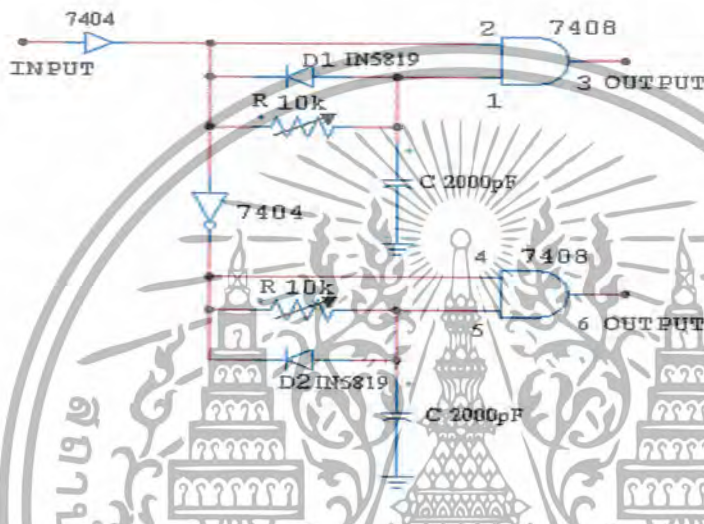
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าต่างๆของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 วงจร Dead Time เพื่อการขับขา Power Mosfet

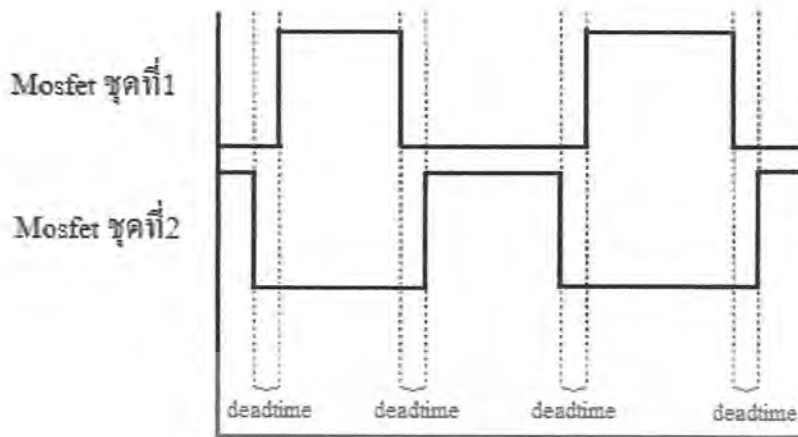
ชุดวงจรเดดไทม์เป็นชุดวงจรที่สร้างขึ้นเพื่อ ป้องกันการลัดวงจรของการสวิตช์กำลังของ มอสเฟตทั้งสองตัวเพื่อไม่ให้ทำงานพร้อมกันและเกิดการลัดวงจรโดยสร้าง 2 ชุด และยังเป็นชุดที่ทำการแบ่งสัญญาณพัลส์ออกเป็น 2 ซีก เป็นสัญญาณพัลส์ที่มีสัญญาณตรงข้ามกัน เพื่อนำไปป้อนให้กับขาเกดของชุดวงจรกำลัง ผู้จัดทำได้เลือกใช้ ไอซี แอนด์เกต นีทเกต และบัฟเฟอร์ในการสร้างสัญญาณพัลส์ 2 ซีก และทำการปรับค่าหน่วยเวลาของการขับเกดให้ได้ตามที่ต้องการคือประมาณ 3-5 ไมโครวินาที และทำการประกอบเข้ากับ วงจรการทำงาน



รูปที่ 2.7 ชุดวงจรเดดไทม์

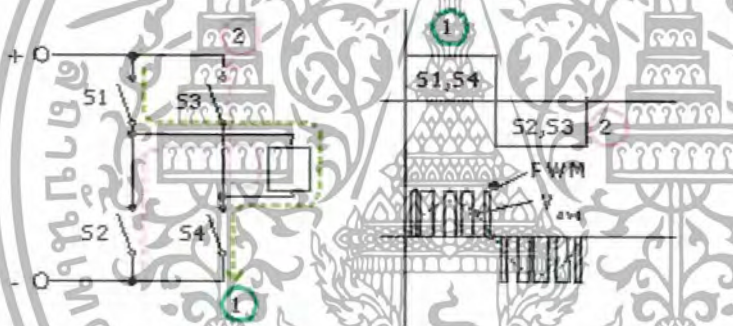
จากวงจรชุดเดดไทม์ ทำการป้อนสัญญาณอินพุตที่ได้จากวงจรสร้างสัญญาณพัลส์เข้าผ่าน ไอซี ซึ่งใช้เป็นบัฟเฟอร์ให้กับสัญญาณ ซึ่งสัญญาณตัวนี้ได้ถูกแบ่งออกเป็นสองสัญญาณ เพื่อเข้าขาอินพุตของแอนเกด ทั้งสองขา โดยที่สัญญาณแรกผ่านเข้าขาอินพุตของแอนเกดโดยตรง ส่วนขาที่สองต่อเข้ากับไดโอดซึ่งทำหน้าที่ในการกรองไฟลอปไม่มีสัญญาณรบกวนผ่านมายังความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม ที่ถูกต่อขานานกับตัวไดโอด ซึ่งตัวต้านทานตัวนี้ทำหน้าที่ในการปรับค่าของเดดไทม์ให้อยู่ในช่วง 3-5 ไมโครวินาที เพื่อป้องกันการลัดวงจรในส่วนของวงจรกำลัง ส่วนด้านหลังของความต้านทานและไดโอด โดยคาปาซิเตอร์ต่ออีกข้างจะต่ออยู่กับกราวด์ก่อนเข้าขาอินพุตของแอนเกดอีกขาหนึ่ง ซึ่งคาปาซิเตอร์ตัวนี้จะทำหน้าที่ในการช่วยปรับค่าของเดดไทม์ซึ่งมีผลในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณพัลส์ เนื่องจากสัญญาณที่ได้นำไปต่อยังวงจรขับเกดนั้น ต้องประกอบด้วยสัญญาณพัลส์สองสัญญาณที่ตรงข้ามกัน ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้สร้างอีกหนึ่งชุดโดยต่อ นอทเกต (7404) ไว้ด้านหน้าก่อนเข้าแอนเกดเพื่อให้ได้สัญญาณพัลส์อีกหนึ่งสัญญาณที่ตรงข้ามกัน เพื่อให้ได้เอาต์พุตสองเอาต์พุตเพื่อจ่ายให้กับวงจรขับเกด ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 สัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์
สำหรับขับ Mosfet 2 ชุด

2.2.5 การควบคุมสวิตช์แบบ PWM



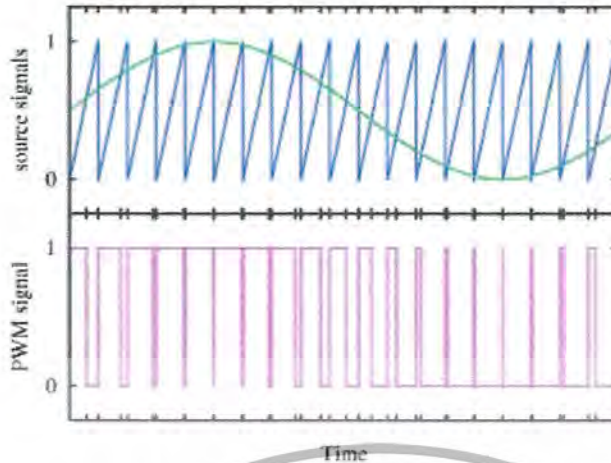
รูปที่ 2.9 วงจรการควบคุมการสวิตช์แบบ PWM ของอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส

จากรูปที่ 2.9 เป็นการแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส หลักการทั่วไปมีวงจรสมมูลดังรูป โดยให้ (S1, S4) และ (S2, S3) ทำงานสลับกันไปเรื่อยๆ ก็จะได้ไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นสัญญาณ 4 เหลี่ยม แต่ถ้ามักมีการควบคุมการสวิตช์แบบ PWM ทำให้สัญญาณแรงเคลื่อน ไฟฟ้าเฉลี่ยเป็นสัญญาณ ไชน์ได้ PWM แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. Bipolar 1 Phase DC to AC inverter

เป็นการสร้างสัญญาณ PWM ขึ้นจากหลักการการเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่ความถี่มูลฐาน (Fundamental) กับ สัญญาณพาหะ (Carrier) ซึ่งเป็นสัญญาณ 3 เหลี่ยม ถ้าหากสัญญาณที่ความถี่มูลฐาน มีค่ามากกว่า สัญญาณพาหะ ก็จะได้ pulse ON แต่ถ้าหากสัญญาณที่ความถี่มูลฐาน มีค่าน้อยกว่า สัญญาณพาหะ ก็จะได้ pulse OFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 วงจรการสร้างสัญญาณของ Bipolar 1 Phase DC to AC inverter

2. Unipolar 1 Phase DC to AC inverter

เป็นการสร้างสัญญาณ PWM โดยใช้หลักการเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่มีความถี่มูลฐาน (Fundamental) กับ สัญญาณพาหะ (Carrier) เช่นเดียวกับแบบ bipolar แตกต่างกันตรงที่ต้องใช้สัญญาณที่มีความถี่มูลฐาน สองชุด ที่มีเฟสต่างกัน 180 องศา มาเปรียบเทียบกับสัญญาณพาหะเดียวกัน เมื่อได้สัญญาณ PWM สองชุดแล้วนำมาลบกัน ก็จะได้สัญญาณ PWM ที่มีความถี่เป็นสองเท่าของสัญญาณพาหะ เมื่อนำไปใช้งานจะช่วยให้ความผิดเพี้ยน (Distortion) ของกระแสลดลงเนื่องจาก สัญญาณ PWM มีความถี่สูง

2.2.5.1 Sinusoidal Pulse-Width Modulation

ด้วยวิธีการสร้างสัญญาณควบคุม PWM ดังกล่าวข้างต้นจะทำให้ความกว้าง ของพัลส์แต่ละพัลส์มีค่าเท่ากันจึงมีข้อจำกัดในการกำจัด ฮาร์โมนิกส์ที่ความถี่ต่างๆ เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าวจึงได้มีการสร้างสัญญาณ ควบคุมที่ทำให้ความกว้างของแต่ละพัลส์แตกต่างกันแต่ที่นิยมมาก ได้แก่ Sinusoidal Pulse-Width Modulation (SPWM)ซึ่งจะสร้างสัญญาณ ควบคุมจากการเปรียบเทียบสัญญาณอ้างอิงรูปสามเหลี่ยม ซึ่งมีแอมพลิจูด A_r กับ พาทหารูปคลื่นเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นของสัญญาณชายนี่มีแอมพลิจูด A_c และมีเฟสตรงกับสายกำลังดังรูปที่ 11 ความกว้างของแต่ละพัลส์จะเปลี่ยนไปตาม Modulation Index, M โดยที่

$$M = \frac{A_c}{A_r} \quad (2.1)$$

2.2.6 วงจรกรองความถี่หรือวงจรฟิลเตอร์

วงจรฟิลเตอร์คือ วงจรที่ใช้สำหรับกรองสัญญาณให้ความถี่เฉพาะที่ต้องการใช้ผ่าน ออกมาได้เท่านั้น ส่วนความถี่อื่น ๆ ที่ไม่ต้องการผ่านจะถูกลดทอน (attenuate) จนหมดไป วงจรฟิลเตอร์ที่ใช้งานกันมีอยู่ 2 ลักษณะคือ แบบที่เป็นวงจรพาสซีฟ (passive) และแบบแอคทีฟ (active) วงจรในแบบที่เป็นพาสซีฟนั้น จะใช้เพียงอุปกรณ์ประเภท ความต้านทาน ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำเท่านั้น แต่ในวงจรประเภทแอคทีฟจะรวมถึง ทรานซิสเตอร์ และออปแอมป์ด้วย

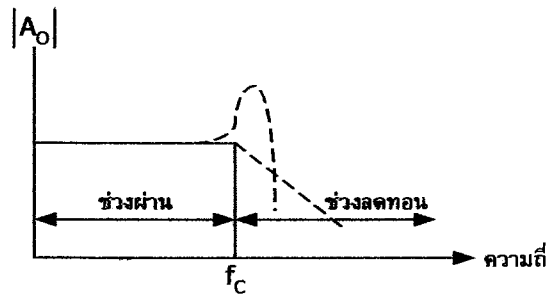
แบ่งตามหน้าที่การทำงานของวงจรฟิลเตอร์ เราสามารถแบ่งออกเป็น 4 ชนิดด้วยกัน คือ แบบกรองความถี่ต่ำผ่าน (low-pass) แบบกรองความถี่สูงผ่าน (high-pass) แบบกรองความถี่ผ่านเฉพาะบางช่วง (band-pass) และแบบที่กั้นไม่ให้ความถี่ผ่านเฉพาะบางช่วง (band-eliminate หรือ band-reject หรือ notch) ในรูปที่ 2.11 เป็นกราฟระหว่างแรงดันเอาต์พุตเปรียบเทียบกับความถี่ แสดงถึงช่วงตอบสนองทางความถี่ของวงจรฟิลเตอร์ทั้ง 4 แบบ

วงจรแบบกรองความถี่ต่ำจะยอมให้ความถี่ผ่านได้ในช่วงตั้งแต่สัญญาณที่เป็นแรงดัน DC ไปจนถึง ความถี่คัตออฟ (cut-off frequency) แทนด้วยเครื่องหมาย f_c ความถี่คัตออฟคือความถี่ ณ ขณะที่อัตราขยายของวงจรมีค่าลดลงเป็น 0.707 เท่าของอัตราขยายปกติ (-3 เดซิเบล) บางครั้งอาจเรียกความถี่นี้ได้ว่า ความถี่มุม (corner frequency) ถ้ามีความถี่ที่สูงเกิน f_c ผ่านวงจรจะลดทอนขนาดความถี่นั้นจนมีค่าน้อยมาก ๆ จากในรูปเส้นทึบแสดงถึงผลในทางอุดมคติ ส่วนเส้นประแสดงถึงผลของวงจรในทางความเป็นจริง ในช่วงที่ยอมให้ความถี่ผ่านได้เราเรียกว่า ช่วงผ่าน (pass band) และช่วงที่ไม่ยอมให้ความถี่ผ่านเรียกว่า ช่วงลดทอน (stop band) แสดงได้ในรูปที่ 2.11 (ก)

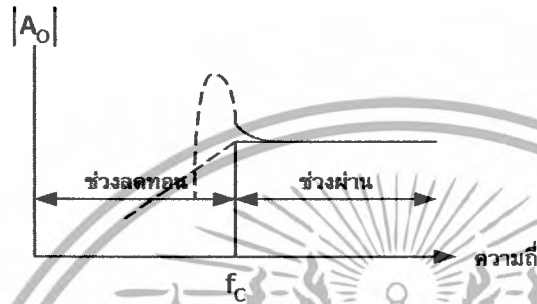
วงจรกรองความถี่สูงจะทำการลดทอนสัญญาณในช่วงที่มีความถี่ต่ำและยอมให้ผ่านได้เฉพาะสัญญาณในช่วงความถี่ที่สูงกว่าความถี่คัตออฟ f_c โดยในช่วงความถี่สูง ๆ นั้นจะมีอัตราขยายคงที่ แสดงในรูปที่ 2.11 (ข)

วงจรแบบที่ยอมให้ความถี่ผ่านได้เฉพาะช่วงจะยอมให้ความถี่ผ่านได้ในบางช่วงเท่านั้นความถี่ที่นอกเหนือจากนั้นจะถูกลดทอนไป ดังแสดงในรูปที่ 2.11 (ค)

วงจรแบบที่ไม่ยอมให้ความถี่ผ่านเฉพาะช่วง วงจรแบบนี้มีความหมายในทิศทางตรงข้ามกับวงจรแบบที่ยอมให้ความถี่ผ่านเฉพาะช่วง วงจรแบบนี้มีความหมายในทิศทางตรงข้ามกับวงจรแบบที่ยอมให้ความถี่ผ่านได้เฉพาะช่วงคือ จำกัดไม่ให้สัญญาณผ่านได้ในบางช่วงของความถี่ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.11 (ง) เส้นกราฟที่แสดงทั้งหมดนั้น เส้นประแสดงถึงผลในทางความเป็นจริง ส่วนเส้นทึบแสดงถึงผลในทางอุดมคติ



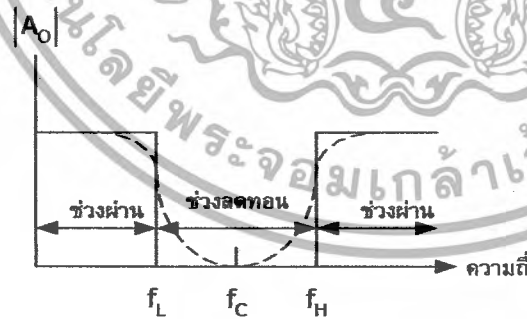
(ก) แบบกรองความถี่ต่ำผ่าน



(ข) แบบกรองความถี่สูงผ่าน



(ค) แบบกรองความถี่ผ่านเฉพาะบางช่วง

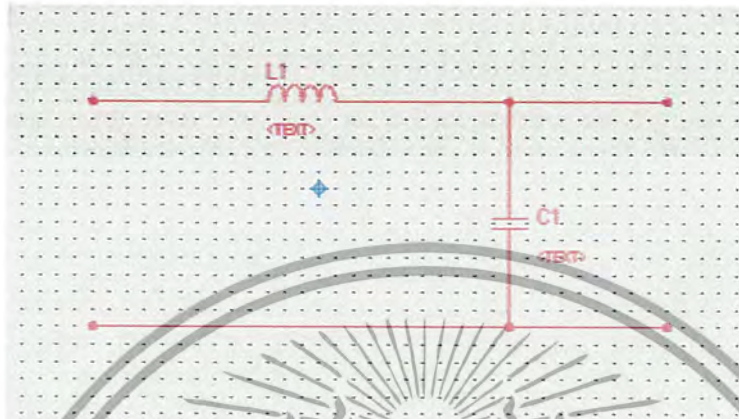


รูปที่ 2.11 การตอบสนองความถี่ของวงจรฟิลเตอร์ชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6.1 การกรองความถี่ต่ำ (Low-pass filter)

ไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้หลังจากผ่าน full Bridge Inverter นั้น จะมีความถี่ที่สูงกว่า 50Hz ปนอยู่จึงต้องทำการกรองออกด้วย ซึ่งจะใช้วงจรกรองความถี่ แบบ LC filter การหาค่า L และ C นั้นจะคำนวณจาก

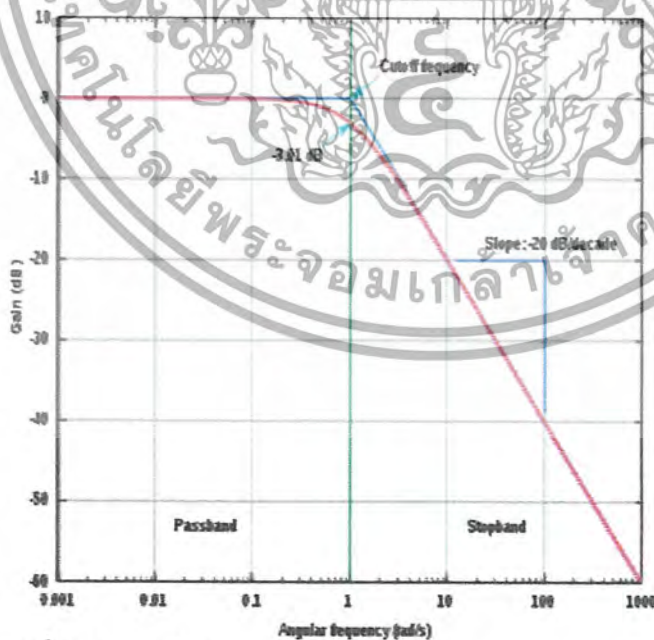


รูปที่ 2.12 Low-pass Filter

การเลือก LC ที่ใช้งาน

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.2)$$

ตัวอย่างการออกแบบ หากต้องการความถี่คutoff f_o ที่ 1 kHz
 ดังนั้น เลือก C 50 μF จะได้ L = 0.59 mH



รูปที่ 2.13 กราฟ Frequency response ของ Low pass filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 รีเลย์ (Relay)

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า หรือโซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็น สวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor)ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

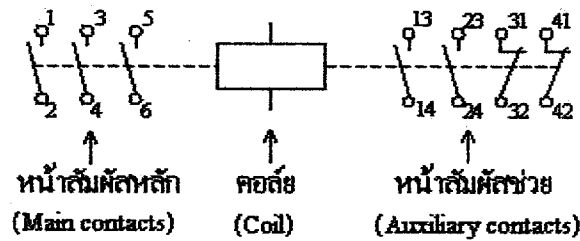
2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางที่เรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

หน้าที่ของคอนแทกเตอร์ คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก คอนแทกเตอร์ ทำให้เราสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่น ๆ ของระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทกเตอร์ทำงานเป็น สายไฟขนาดเล็กเข้ากับสวิตช์ควบคุมและคอยล์ของคอนแทกเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ ป้อนเข้าคอยล์อาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ขึ้นอยู่กับ การออกแบบ การใช้คอนแทกเตอร์ทำให้สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกล(Remote) ได้ ซึ่งทำให้เกิด ความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมกำลังไฟฟ้า

คอนแทกเตอร์ (Contactors) นอกจากจะมีหน้าสัมผัสที่ส่วนเคลื่อนที่ และ หน้าสัมผัสส่วนที่อยู่กับที่แล้วหน้าสัมผัสภายในของคอนแทกเตอร์ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ตามลักษณะของการทำงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ คือ

1. หน้าสัมผัสหลัก (Main Contacts) โดยปกติแล้วหน้าสัมผัสหลักมี 3 อัน สำหรับ ส่งผ่านกำลังไฟฟ้า 3 เฟสเข้าไปสู่มอเตอร์ หรือโหลดที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส หน้าสัมผัสหลักของคอนแทกเตอร์มีขนาดใหญ่ทนแรงดันและกระแสได้สูง หน้าสัมผัสหลักเป็นชนิด ปกติเปิด (Normally open; N.O. contact) อักษรกำกับ หน้าสัมผัสด้านแหล่งจ่ายคือ 1, 3, 5 หรือ L1, L2, L3 และด้านโหลดคือ 2, 4, 6 หรือ T1, T2, T3 ดังรูป

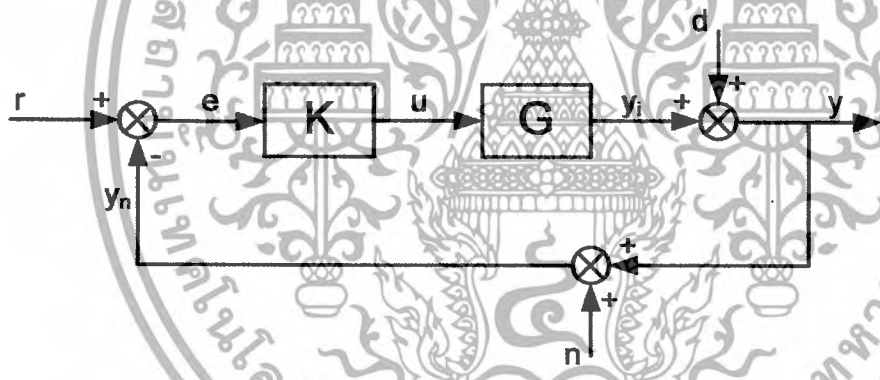
2. หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contacts) หน้าสัมผัสชนิดนี้ติดตั้งอยู่ด้านข้างทั้งสอง ด้านของตัวคอนแทกเตอร์ มีขนาดเล็กทนกระแสได้ต่ำทำหน้าที่ช่วยการทำงานของวงจร เช่น เป็นหน้าสัมผัสที่ทำให้คอนแทกเตอร์ทำงานได้ตลอดเวลา หรือเรียกว่า "holding" หรือ "maintaining contact" หน้าสัมผัสช่วยนี้จะเป็นหน้าสัมผัสแบบโยกได้สองทาง โดยจะถูกดึง ขึ้น-ลงไปตามจังหวะการดูด-ปล่อยของคอนแทกเตอร์ อักษรกำกับหน้าสัมผัสช่วย จะเป็น 13, 14 สำหรับคอนแทกเตอร์ที่มีหน้าสัมผัสช่วยแบบปกติเปิด 1 ชุด ถ้ามี N.O. ชุดที่ 2จะเป็น 23, 24 และหน้าสัมผัสช่วยแบบปกติปิดจะมีอักษรกำกับเป็น 31, 32 และ 41, 42



รูปที่ 2.14 คอนแทกเตอร์ของ Relay

2.3 การออกแบบตัวควบคุมโดยวิธีการจัดสรรฐานวงรอบ (Loop shaping)

ระบบให้มีสมรรถนะที่ดีจะต้องมีการจัดสรรฐานของระบบด้วยฟังก์ชันนำหน้าหกดเซยก่อน (pre-compensation) คือ W_1 เพื่อหาความต้องการเชิงสมรรถนะและลดสัญญาณรบกวน และมีฟังก์ชันนำหน้าหกดเซยหลัง (post-compensation) คือ W_2 เพื่อตัดสัญญาณรบกวนของตัวตรวจจับสัญญาณ (sensor) เมื่อมีการจัดสรรฐานแล้วสิ่งที่ต้องการให้ได้จากระบบหลังการจัดสรรฐาน (G_s) คือมีอัตราขยายในช่วงความถี่ต่ำสูง ซึ่งหมายถึงสมรรถนะและความคงทนที่ดีขึ้น มีค่าอัตราขยายสูงที่ความถี่ต่ำและมีค่าแบนวิดท์กว้างขึ้น



ภาพที่ 2.15 ภาพระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

จากภาพที่ 2.13 จะแสดงภาพระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ซึ่งประกอบไปด้วย

- G คือ ระบบ (Plant) ที่เราพิจารณา
- K คือ ตัวควบคุม (Controller)
- r คือ สิ่งที่เราต้องการให้ระบบตอบสนอง (Command)
- y_i คือ เอาต์พุตของระบบ (output)
- d คือ ตัวรบกวน (Disturbance)
- y คือ เอาต์พุตของระบบที่รวมตัวรบกวน (Disturbance) เข้าไปด้วย
- n คือ สัญญาณรบกวน (noise) จากตัวตรวจจับสัญญาณ (sensor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ระหว่างสิ่งที่เราต้องการให้ระบบตอบสนองกับเอาต์พุตของระบบ (y) ซึ่งมีสัญญาณรบกวน (noise) จากตัวตรวจจับสัญญาณ (sensor) รวมอยู่ด้วย

y_n คือ เอาต์พุตของระบบที่รวมตัวรบกวน (Disturbance) และสัญญาณรบกวน (noise) จากตัวตรวจจับสัญญาณ (sensor) เข้าไปด้วย

u คือ อินพุตของระบบ (input)

พิจารณาระบบควบคุมแบบป้อนกลับในภาพที่ 2.13 จะได้

$$e = r - y - n \quad (2.3)$$

$$y_i = eKG \quad (2.4)$$

เมื่อแทนค่าความคลาดเคลื่อน (e) ในสมการ (2.3) ลงในสมการ (2.4) จะได้

$$y_i = KG(r - y - n) \quad (2.5)$$

เมื่อเราพิจารณาเอาต์พุต (y) ของระบบจะได้

$$y = y_i + d \quad (2.6)$$

$$y = KG(r - y - n) + d$$

$$y = KGr - KGy - KGn + d$$

$$y + KGy = KGr - KGn + d$$

$$y(1 + KG) = KGr - KGn + d$$

$$y = \frac{KGr}{1 + KG} - \frac{KGn}{1 + KG} + \frac{d}{1 + KG} \quad (2.7)$$

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนระหว่างเอาต์พุตของระบบ (y) และสิ่งที่ต้องการให้ระบบตอบสนอง (r) โดยนำเอาต์พุตของระบบจากสมการ (2.7) มาหารด้วยสิ่งที่ต้องการให้ระบบตอบสนอง จะได้

$$\frac{y}{r} = \frac{KG}{1 + KG} - \frac{KGn}{r(1 + KG)} + \frac{d}{r(1 + KG)} \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

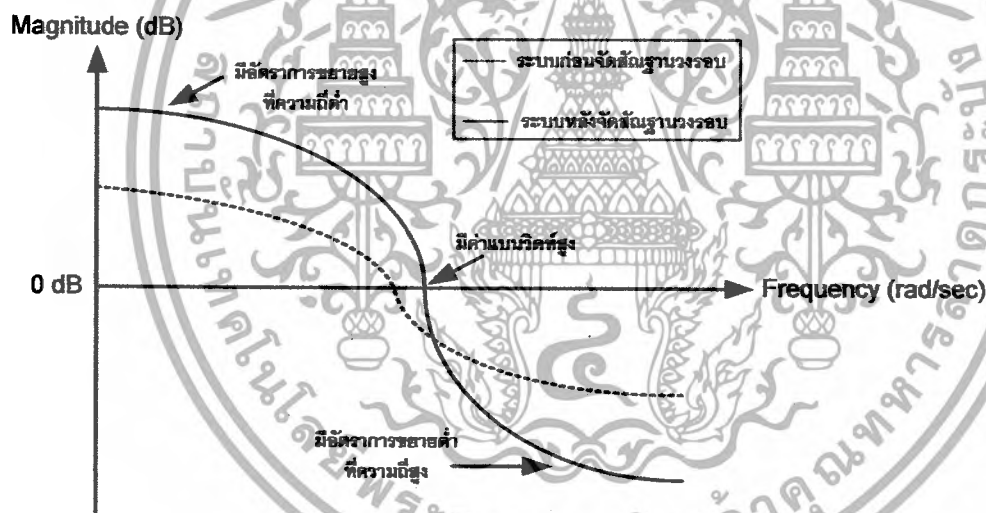
เมื่อพิจารณาสมการที่ (2.8) ถ้าสมมติให้ค่าอัตราขยายของระบบ (K) มีค่าสูงมากๆ ($gain \gg 1$) จะได้

$$\begin{aligned} \frac{y}{r} &= 1 \\ r &= y \end{aligned} \quad (2.9)$$

จากสมการที่ (2.9) จะหมายถึงว่าเราป้อนสิ่งที่ต้องการให้ระบบตอบสนองอย่างไร ระบบก็ตอบสนองดั่งนั้นซึ่งจะถือว่าระบบมีการ tracking ที่ดี ถ้าสมมติให้ค่าอัตราขยายของระบบมีค่าต่ำมากๆ ($gain \ll 1$) จะได้

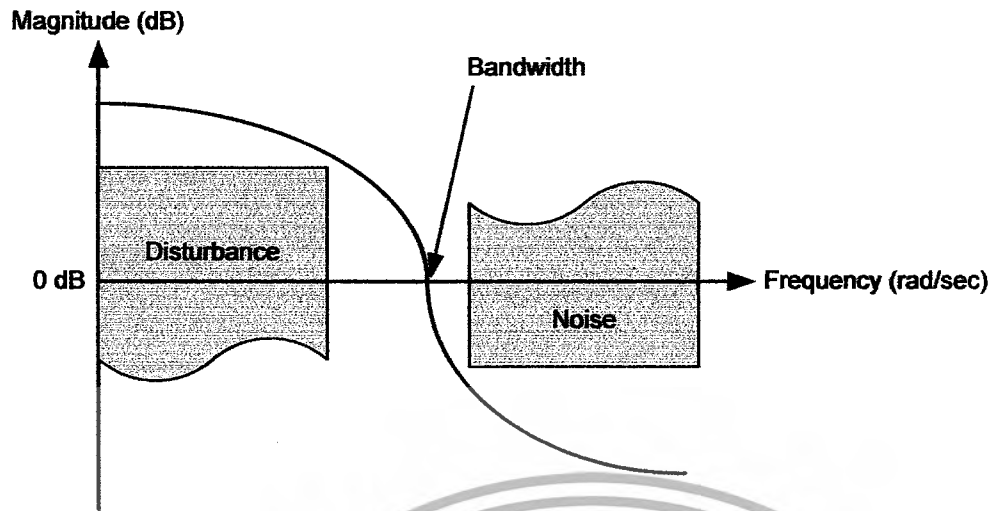
$$\begin{aligned} \frac{y}{r} &= 0 \\ y &= 0 \end{aligned} \quad (2.10)$$

จากสมการที่ (2.68) จะหมายถึงว่าเราป้อนสิ่งที่ต้องการให้ระบบตอบสนองอย่างไร ระบบก็ไม่มีตอบสนองซึ่งจะถือว่าระบบที่เป็นลักษณะแบบนี้จะไม่ดี



ภาพที่ 2.16 แผนภาพโมดพลอตของระบบก่อนและหลังจัดอันดับฐานวงรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

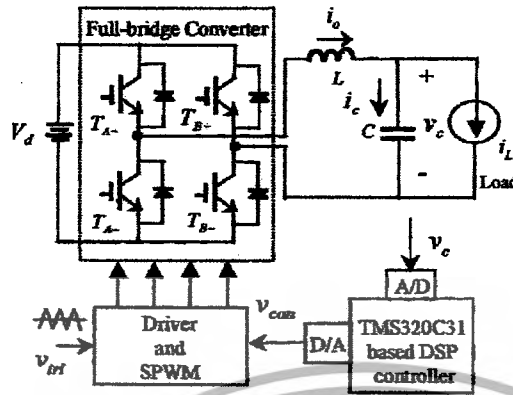


ภาพที่ 2.17 ภาพโบดพลอตของระบบที่สามารถลดผลของตัวรบกวนและความไม่แน่นอนของระบบ และสามารถลดผลของสัญญาณรบกวนได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โมเดลยูทีเอสหนึ่งเฟส



รูปที่ 2.18 ยูทีเอสอินเวอร์เตอร์ และ ตัวควบคุม

จากรูปที่ 2.16 วงจรสมมูลย์ของยูทีเอสอินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสซึ่งมีส่วนประกอบของอินเวอร์เตอร์ซึ่งประกอบไปด้วยฟูลบริจค์คอนเวอร์เตอร์ ตัวกรองแอลซี แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง V_d , v_{in} เป็นซึ่งเป็นรูปคลื่นพาหะสามเหลี่ยม โหลดจะคิดเป็นความต้านทาน R เพียงอย่างเดียว ส่วนความถี่ของการสวิตช์ต้องเป็นความถี่ที่สูงมากเพื่อที่จะสร้างสัญญาณ v_{con} และสร้างเวลาเฉลี่ยต่อเนื่อง ได้จากสมการ

KVL และ KCL ดังในสมการ (2.11), (2.12).

$$\frac{dv_c(t)}{dt} = \frac{1}{C} i_c(t) \quad (2.11)$$

$$\frac{di_c(t)}{dt} = -\frac{1}{L} v_c(t) - \frac{1}{RC} i_c(t) + \frac{k_{PWM}}{L} v_{con}(t) \quad (2.12)$$

ที่ $k_{PWM} = V_d/v_{in}$ เมื่อถูกนำไปเป็นสัดส่วนกับสมการความถี่การสวิตช์แบบพีคดับลิวเอ็ม โดยออกแบบ $x = [v_c, i_c]^T$ และ $u = v_{con}$ เพื่อให้ง่ายในการสังเคราะห์ตัวควบคุมเฮฟฟิเน็ตต์ H_{∞} จึงนำสมการ (2.11), (2.12) นำมาเขียนเป็นปริภูมิสเตรตได้ดังนี้

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{C} \\ -\frac{1}{L} & -\frac{1}{RC} \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{k_{PWM}}{L} \end{bmatrix} u(t) \quad (2.13)$$

$G_0(s)$ เป็นสมการทรานเฟอร์ฟังก์ชันของ v_{con} ถึง v_c คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G_0(s) = \frac{k_{PWM}R}{LCRs^2 + Ls + R} \quad (2.14)$$

ในทางปฏิบัติโหลดจะเป็น คือความต้านทาน R_p และตัวเหนี่ยวนำ L_p เพื่อสร้างยูทีเอสจะได้

$$G(s) = \frac{k_{PWM}(R_p + L_p s)}{LCL_p s^3 + LCR_p s^2 + (L + L_p)s + R} \quad (2.15)$$

เรานำระบบจากสมการที่ (2.14), (2.15) มาทำการสร้างเพื่อหาโมเดลความไม่แน่นอน $G(s) = (1 + \Delta(s))G_0(s)$ โคนการวิเคราะห์ดังนี้

$$\Delta(s) = \frac{\frac{LL_p}{R}s^2 + \left(\frac{LR_p}{R} - L\right)s}{LCL_p s^3 + LCR_p s^2 + (L + L_p)s + R} \quad (2.16)$$



รูปที่ 2.19 การสร้างโหลดแบบคูณที่มีเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน และไม่มีความแน่นอน.

ในการออกแบบตัวควบคุมการจลัญฐานของรอบ H_∞ อุปกรณ์ที่ใช้ในตัวยูทีเอส อินเวอร์เตอร์ในบทความนี้ คือ

$$\begin{aligned} V_d &= 240 - 260 \text{ V}, v_c = 10 \text{ V}_{RMS}, 60 \text{ Hz}, \\ v_{tri} &= 10 \text{ V}, 10 \text{ KHz}, L = 2.0 \text{ mH}, C = 50 \mu\text{F}, R = 30 \Omega \end{aligned} \quad (2.17)$$

เรากำหนดยูทีเอสให้มีขนาดพิกัด 1 KVA แรงดันเอาต์พุต 110 V_{rms} และการเปลี่ยนแปลงของ R_p และ L_p ที่

$$R_p \in [12, \infty], L_p \in [0, 0.02] \quad (2.18)$$

ซึ่งหากออกแบบได้จะมีความคงทน

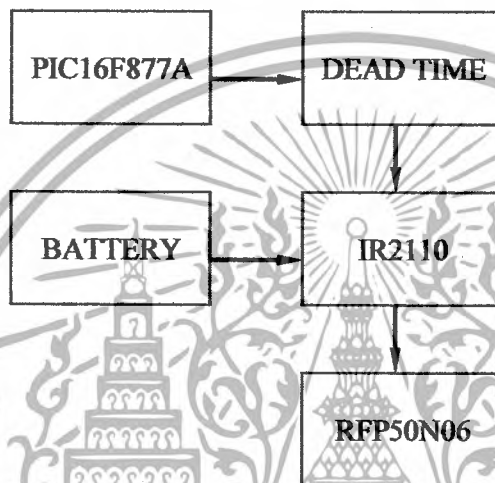
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างยูทีเอส (เครื่องสำรองไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง)

3.1 การออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์

ในการออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์นั้น จะใช้ Mosfet เบอร์ IRFP460 ที่สามารถทนกระแสได้ 20 A และทนแรงดันได้ 500 V ในการสวิตชิง โดยใช้ IR2110 เป็นตัวไดรฟ์ ซึ่งสัญญาณขับจะได้อาจมาจาก PIC16F877A แบบ PWM โดยผ่าน วงจรเดดไทม์ที่เวลา Dead Time ประมาณ 2 μ s ก่อนจึงจะมาใช้ขับ Mosfet ได้



รูปที่ 3.1 บล็อกโคอะแกรมการทำงานของอินเวอร์เตอร์

3.2 การออกแบบวงจรเดดไทม์

การขับมอสเฟส ของอินเวอร์เตอร์ จำเป็นต้องใช้วงจรเดดไทม์ เพื่อให้การ trig ของ มอสเฟต ไม่อินเฟสกัน ในโครงงานนี้จะออกแบบให้ เดดไทม์ มีค่า 2 μ s จากสูตร

$$T = RC \quad (3.1)$$

เมื่อ R คือ ค่าความต้าน

C คือ ค่าความเก็บประจุ

ในโครงงานนี้ ใช้ ค่าความต้านทาน 20 Ω ค่าความเก็บประจุ 0.1 μ F โดยโครงงานนี้ จะใช้ไอซี 4081 เป็นแอนเกต 4069 เป็นน็อตเกต และ 74HC541 เป็นมัลทิฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเลือกใช้หม้อแปลง

สำหรับหม้อแปลงที่ใช้ในโครงการนี้จะทำการแปลงสัญญาณสี่เหลี่ยมด้าน output ของอินเวอร์เตอร์ให้มีแรงดันสูงขึ้นและจะให้สัญญาณสี่เหลี่ยมทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงที่มีความถี่ 50 Hz ไปใช้ในการทำงาน

3.3.1 ค่าโวลต์แอมป์ (VA) ของหม้อแปลง

สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรองในโครงการนี้จะกำหนดขนาดไว้ที่ 500 VA

3.3.2 พิกัดทางด้านแรงดันและกระแส

ด้านปฐมภูมิ จะเป็นด้านที่รับแรงดันรูปสี่เหลี่ยมมาจากการขั้วมอสเฟสทั้ง 2 ชุดซึ่งจะมีขนาดแรงดันประมาณ 12 V

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นกระแสจะมีค่า } VA &= V_p \times I_p \\ I_p &= \frac{1 \text{ VA}}{24 \text{ V}_p} \\ I_p &= \frac{500}{24} \\ &= 20.8 \text{ A} \end{aligned}$$

ด้านทุติยภูมิ จะเป็นด้านแรงดัน Output ซึ่งจะมีขนาดแรงดัน 220 โวลต์

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นกระแสจะมีค่า } I_s &= \frac{VA}{V_s} \\ I_s &= \frac{500}{220} \\ &= 2.7 \text{ A} \end{aligned}$$

3.4 ชุดอัดประจุแบตเตอรี่

3.4.1. การเลือกใช้แบตเตอรี่ในโครงการ

ในโครงการแหล่งจ่ายไฟสำรองนี้ แบตเตอรี่ที่เลือกใช้นั้นจะเป็นชนิดตะกั่ว-กรด ปิดผนึกแบบ Free maintenance ขนาด 7.5 แอมแปร์-ชั่วโมง โดยที่แบตเตอรี่นี้ไม่มีก๊าซเกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลดีในการช่วยแก้ปัญหาอายุการใช้งานแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองสั้น เนื่องจากการเกิดก๊าซในการอัดประจุมากเกินไป ส่วนการอัดประจุแบตเตอรี่จะเป็นแบบแรงดันคงที่ เนื่องจากแบตเตอรี่ในแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองจะทำงานแบบแบ็คอัพ หรือ standby ซึ่งแบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานสำรองที่ต้องนำมาใช้ในสภาวะเกิดความผิดปกติของระบบการไฟฟ้า ฉะนั้นแบตเตอรี่จะต้องถูกอัดประจุตลอดเวลา โดยในช่วงที่แบตเตอรี่เต็มแล้วจะต้องอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ด้วยอัตราการอัดประจุต่ำๆ เพื่อชดเชยค่าแรงดันเนื่องจากความต้านทานภายในแบตเตอรี่โดยแรงดันที่จ่ายให้แบตเตอรี่เพื่ออัดประจุเป็นแบบ Float charge ที่ 14 โวลท์

3.4.2 การคำนวณเพื่อเลือกใช้ขนาดของแบตเตอรี่

กำหนดค่าต่างๆดังนี้

1. กำลังไฟฟ้าพิกัดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง 500 VA ที่ PF 0.8
2. เวลาสำรอง 5 นาทีที่ภาระโหลดคอมพิวเตอรื
3. ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์คือ 0.9
4. แรงดันปกติของแบตเตอรี่ 24 โวลท์

ในการคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ จะกำหนดให้

VA = โวลท์แอมป์พิกัดของภาระ

PF = ค่าเพาเวอร์เฟกเตอร์ของภาระ

N = ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์

V_b = แรงดันปกติของแบตเตอรี่

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่} &= VA \times PF \times \text{Efficiency of Inverter} \\ &= 500 \times 0.8 \times \frac{1}{0.9} \\ &= 444.4 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กระแสจากแบตเตอรี่} &= \frac{W}{EV_{\text{battery}}} \\ &= 20.8 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าแอมแปร์ - ชั่วโมง} &= W \times \left(\frac{t}{60}\right) \times \left(\frac{1}{V_{\text{battery}}}\right) \\ &= 444.4 \times \left(\frac{10}{60}\right) \times \left(\frac{1}{24}\right) \\ &= 3.08 \text{ Ah} \end{aligned}$$

ดังนั้นขนาดของแอมแปร์ - ชั่วโมง จะใช้ขนาด 7.2 Ah ที่พิกัดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองนี้
สรุปแบตเตอรี่ที่ใช้ในโครงการ

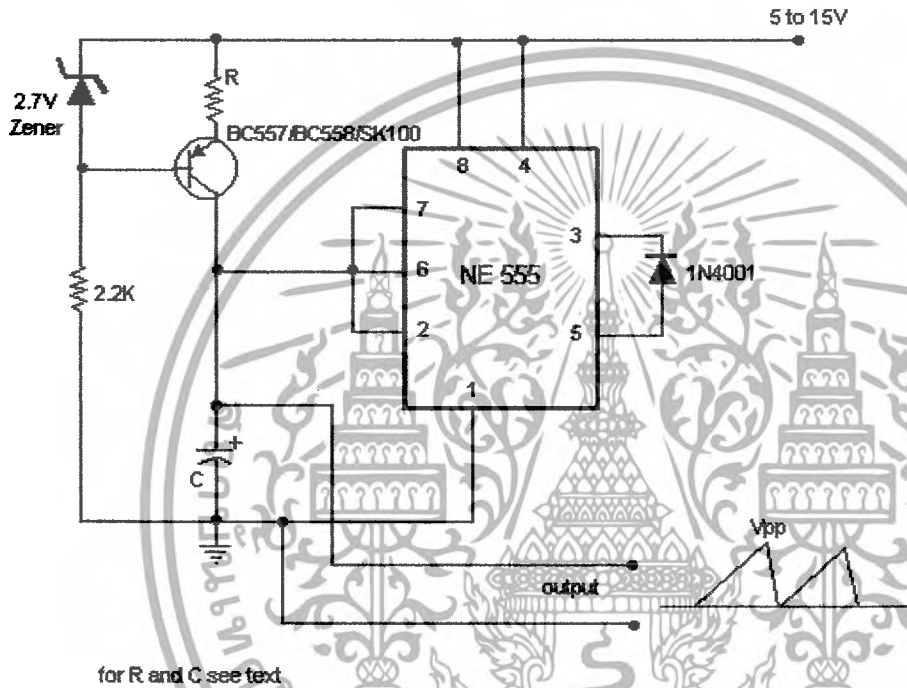
1. ชนิด Sealed lead - Acid Battery ขนาด 7.2 Ah
2. การใช้งานแบบ standby สำรองไฟได้นาน 10 นาทีที่ภาระโหลดคอมพิวเตอรื
3. การทำงานเป็นแบบ float charge
4. เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่เป็นแบบแรงดันคงที่
5. การอัดประจุใช้กระแสเท่ากับ $0.13 \times 7.2 \text{ Ah} = 936 \text{ mA}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบส่วนควบคุม

สำหรับสัญญาณการควบคุมในโครงการนี้ ใช้ microcontroller รุ่น PIC16F877A ในการควบคุมสัญญาณต่างๆ โดยตัว microcontroller จะเช็คสัญญาณจากการไฟฟ้า ถ้าเกิดเหตุการณ์ black out microcontroller ก็จะปล่อยคลื่นเป็น sine wave 50 Hz แล้วนำไปเทียบกับ saw tooth ที่มีความถี่ 2 KHz จะได้สัญญาณเป็น PWM แล้วนำสัญญาณ PWM ที่ได้เป็นผ่าน dead time จากนั้น ก็นำเป็นขับ IR2110 แล้วไปขับ mosfet ต่อไป

3.6 Sawtooth wave



for R and C see text

รูปที่ 3.2 วงจรสร้างคลื่นฟันเลื่อย ด้วย ic 555

เราสามารถกำหนดความถี่ของคลื่นฟันเลื่อย ดังนี้

$$f = \frac{V_{CC} - 2.7}{RCV_{PP}} \quad (3.1)$$

ในโครงการนี้เราได้เลือกใช้ความถี่ของฟันเลื่อยอยู่ที่ 2.7 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การเลือกใช้อุปกรณ์ RELAY

ในโครงการนี้เราสามารถใช้ relay ที่สามารถรับแรงดันได้ 250 volt แล้วสับสวิตช์ที่ประมาณ 70% ของโวลต์ ซึ่งจะประมาณ ได้ภายในเวลา 1 ลูกคลื่นหรือเท่ากับ 0.05 วินาที

3.8 การเลือกตัวสวิตช์ซิ่ง

การสวิตช์ของโครงการที่ได้ออกแบบไปนั้นใช้ที่ประมาณ 2.5 kHz ซึ่งจะสามารถเลือกอุปกรณ์สวิตช์ซิ่งได้ 2 แบบ คือ IGBT กับ mosfet ซึ่งโครงการนี้ได้เลือกใช้ mosfet ซึ่งมีราคาที่ถูกกว่าเมื่อเทียบกับ IGBT ส่วนการเลือกขนาดนั้นเราจะใช้ขนาดของแรงดันและขนาดของกระแส สูงกว่าที่กำหนดไว้เพราะช่วงเริ่มสวิตช์ซิ่งจะมีแรงดันทรานเซียน

การคำนวณเพื่อเลือกใช้ตัวสวิตช์ซิ่ง
กำหนดให้

P = กำลังไฟฟ้ามกสุดที่จะจ่าย

I = กระแสไฟฟ้าที่ไหล

V = แรงดันไฟฟ้าที่เบตเตอร์จ่ายเข้าตัวสวิตช์ซิ่ง

$$P = IV$$

$$I = 300/36$$

$$I = 8.333 \text{ A}$$

ต้องเลือกมากกว่าที่กำหนดไว้ 1.5 เท่าจะได้ $8.333 \times 1.5 = 12.5 \text{ Amp}$

ด้านแรงดันจะเลือกไว้มากกว่า 4 เท่าจะได้เป็น $36 \times 4 = 144 \text{ V}$

ดังนั้นเราจึงเลือกใช้ตัวสวิตช์ซิ่งที่มีความสามารถทนทั้งแรงดันและกระแสได้ คือ mosfet เบอร์ IRFP460 ซึ่งทนแรงดันได้ 500 V ทนกระแสได้ 20 Amp

3.9 การเลือกใช้ตัวขับตัวสวิตช์ซิ่ง

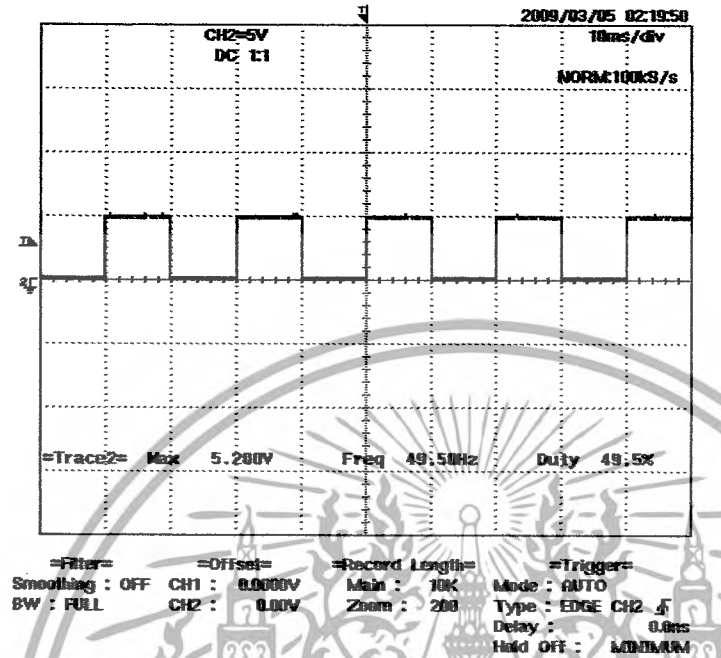
ในโครงการนี้ได้ใช้ IR2110 เป็นตัวขับตัวสวิตช์ซิ่ง ซึ่งมีความกระชับเพราะตัวขับสัญญาณตัวนี้สามารถขับ mosfet ได้ถึง 2 ตัว

3.10 การออกแบบตัวกรองกระแส (Low pass filter)

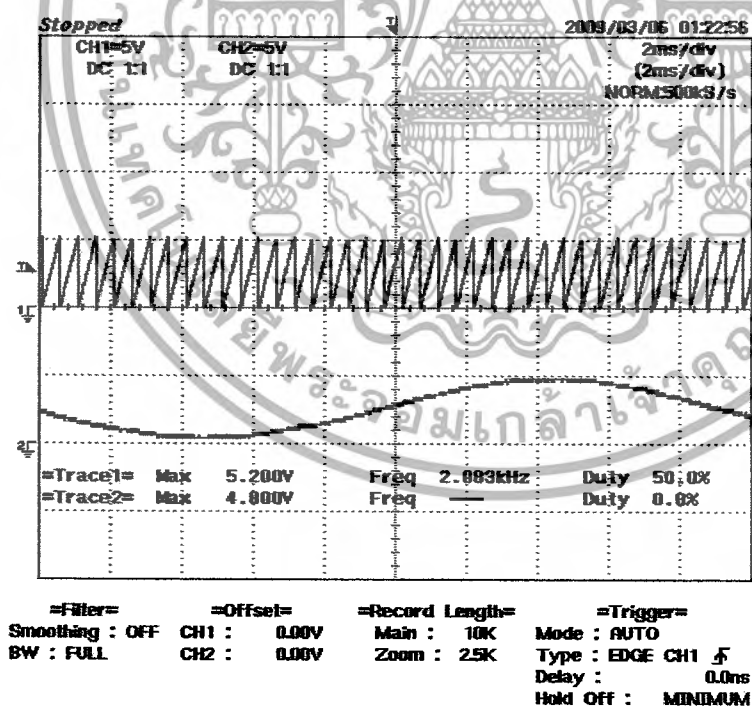
ในโครงการนี้ได้ใช้ความถี่ saw tooth ที่ 2.7 KHz เพราะฉะนั้นการออกแบบ low pass filter ควรใช้ความถี่ให้ต่ำกว่า 2.7 KHz ซึ่งเราได้เลือกไว้ประมาณ 1.6 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

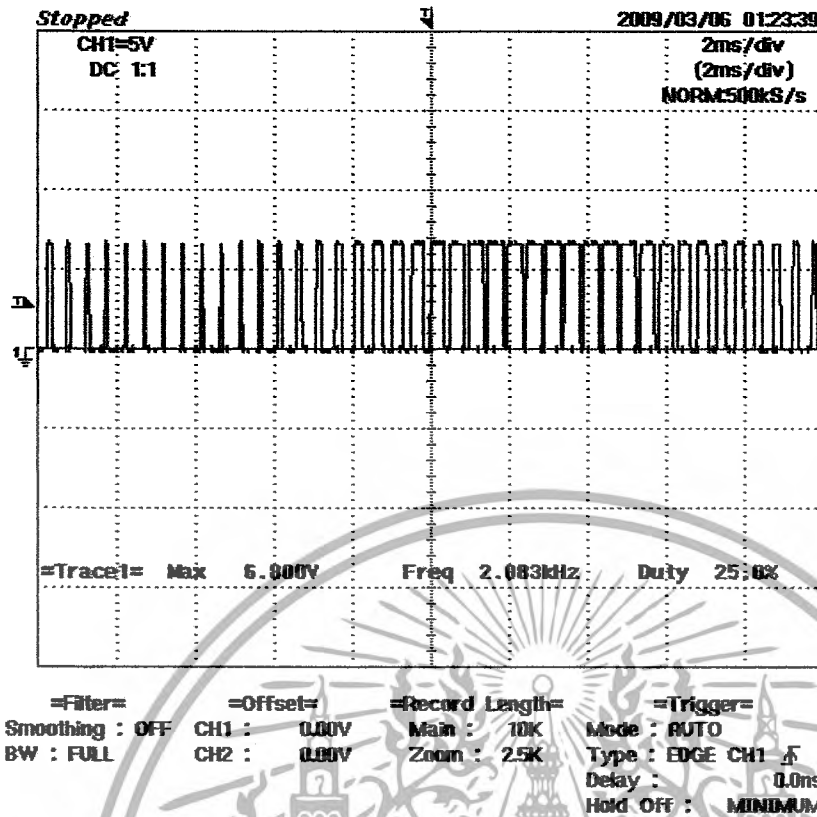


รูปที่ 4.1 สัญญาณควบคุมรูปคลื่นสี่เหลี่ยม 50 Hz



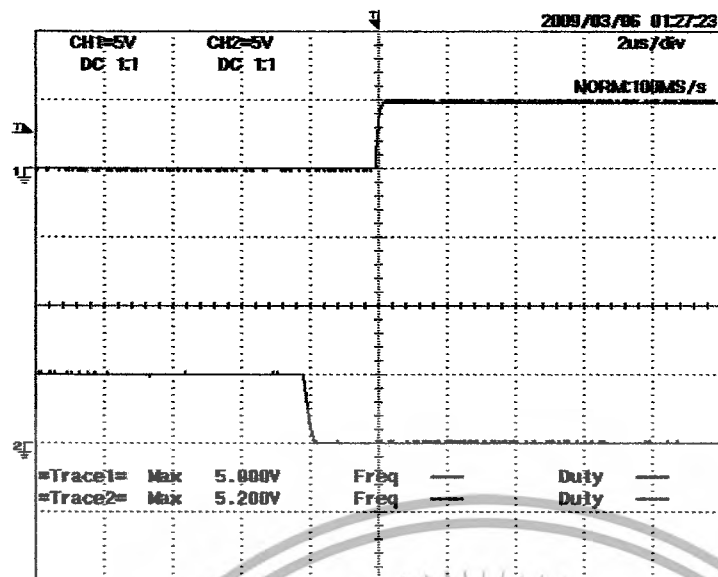
รูปที่ 4.2 กราฟ Sine และ Saw tooth เพื่อมา compare เป็น PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



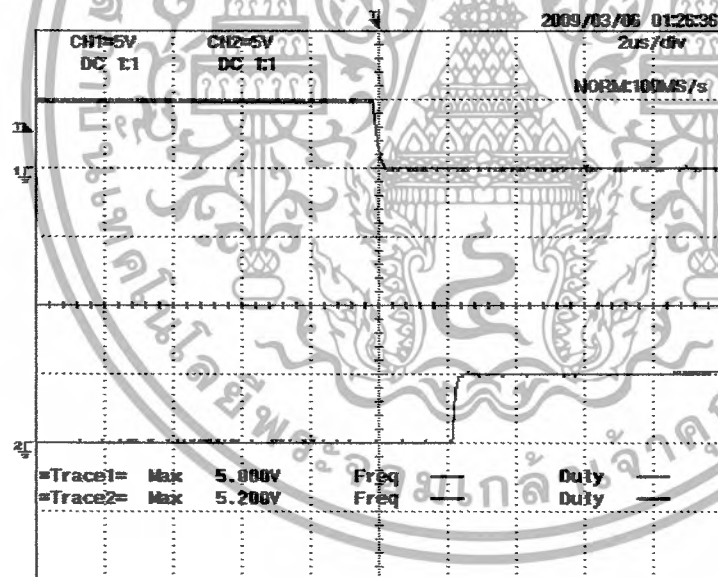
รูปที่ 4.3 สัญญาณเข้ขาเกทของมอสเฟทรูปคลื่น PWM ที่ได้จากการ compare ระหว่าง Saw-toothกับ คลื่นไซโคโนที่สร้างจาก Microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



=Filter= Smoothing : OFF BW : FULL
 =Offset= CH1 : 0.00V CH2 : 0.00V
 =Record Length= Main : 2K Zoom : 500
 =Trigger= Mode : AUTO Type : EDGE CH1 ↓ Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

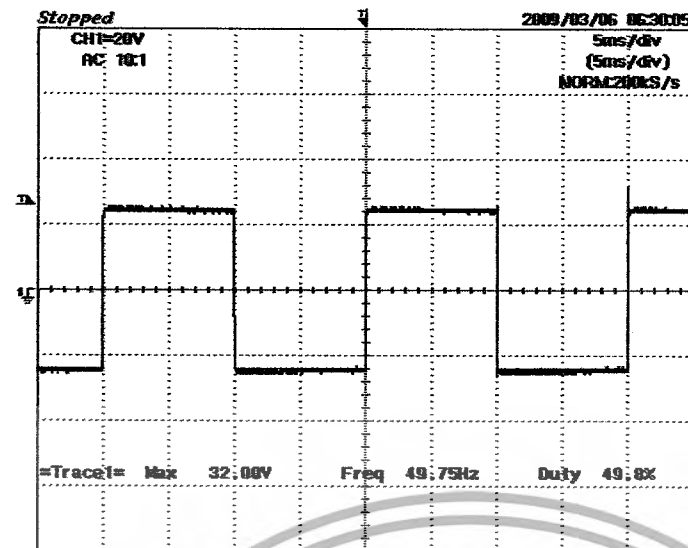
รูปที่ 4.4 สัญญาณที่ผ่านวงจร dead time (ขาขึ้น)



=Filter= Smoothing : OFF BW : FULL
 =Offset= CH1 : 0.00V CH2 : 0.00V
 =Record Length= Main : 2K Zoom : 500
 =Trigger= Mode : AUTO Type : EDGE CH1 ↓ Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

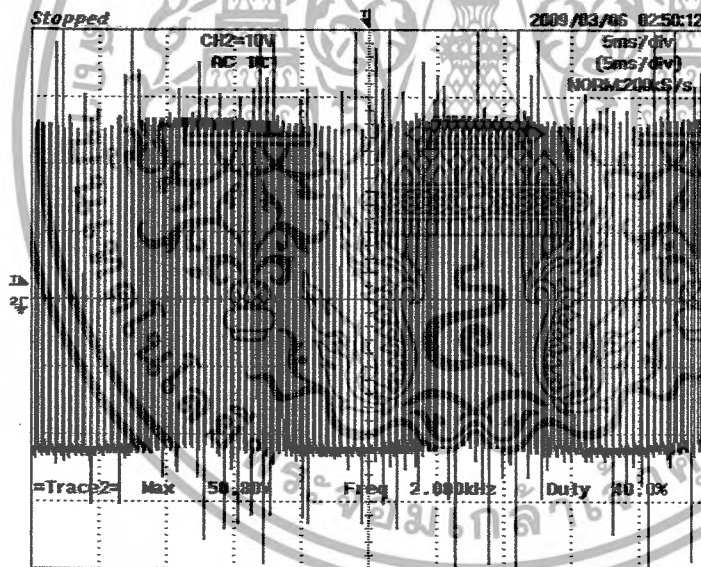
รูปที่ 4.5 สัญญาณที่ผ่านวงจร dead time (ขาลง)

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

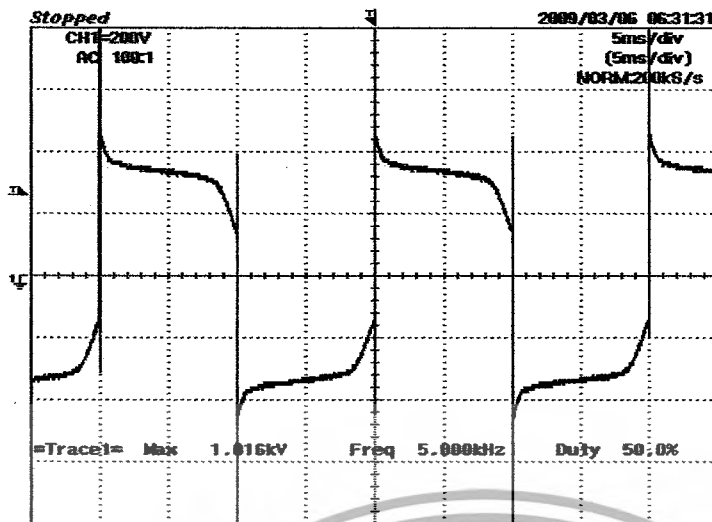
รูปที่ 4.6 รูปคลื่นสี่เหลี่ยมก่อนผ่านหม้อแปลง



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

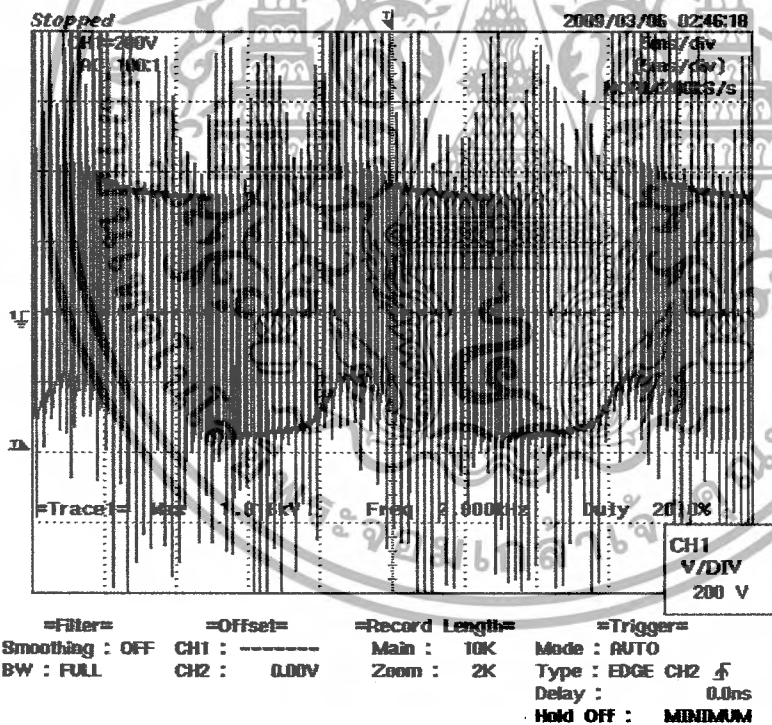
รูปที่ 4.7 รูปคลื่น PWM ก่อนผ่านหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



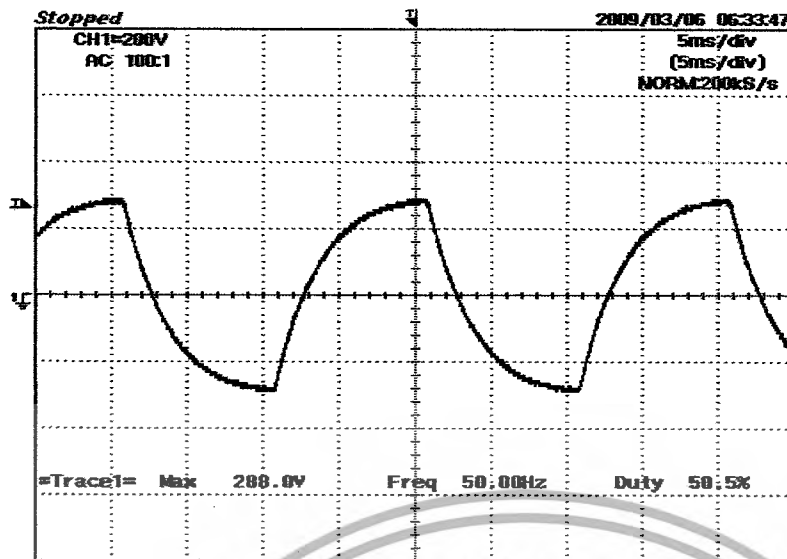
=Filter= =Offset= =Record Length= =Trigger=
Smoothing : OFF CH1 : Main : 10K Mode : AUTO
BW : FULL CH2 : 0.00V Zoom : 2K Type : EDGE CH1 \uparrow
Delay : 0.0ns
Hold OFF : MINIMUM

รูปที่ 4.8 รูปคลื่นสี่เหลี่ยมหลังผ่านหม้อแปลง



รูปที่ 4.9 รูปคลื่น PWM หลังผ่านหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



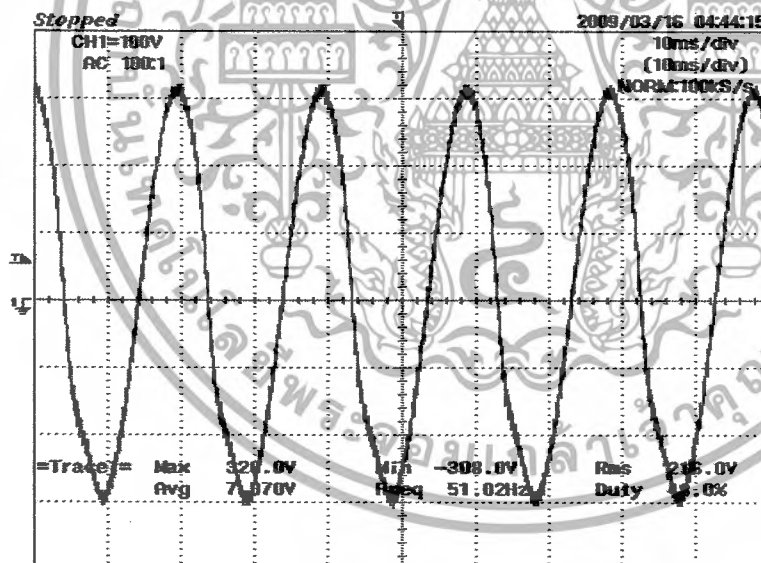
=Filter= Smoothing : OFF BW : FULL

=Offset= CH1 : CH2 : 0.00V

=Record Length= Main : 10K Zoom : 2K

=Trigger= Mode : AUTO Type : EDGE CH1 Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 4.10 รูปคลื่นสี่เหลี่ยมหลังผ่าน LC Filter เดียวกับ
แรงดันที่ได้จาก สัญญาณ PWM



=Filter= Smoothing : OFF BW : FULL

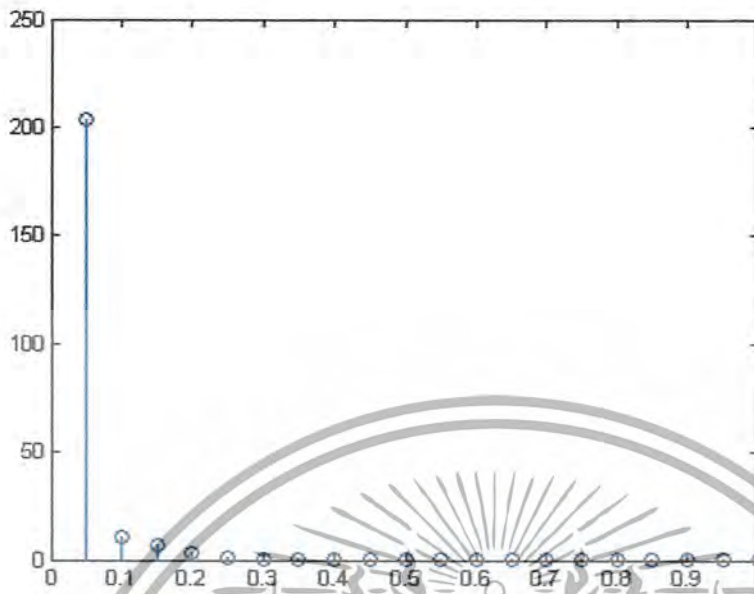
=Offset= CH1 : CH2 : 0.00V

=Record Length= Main : 10K Zoom : 2K

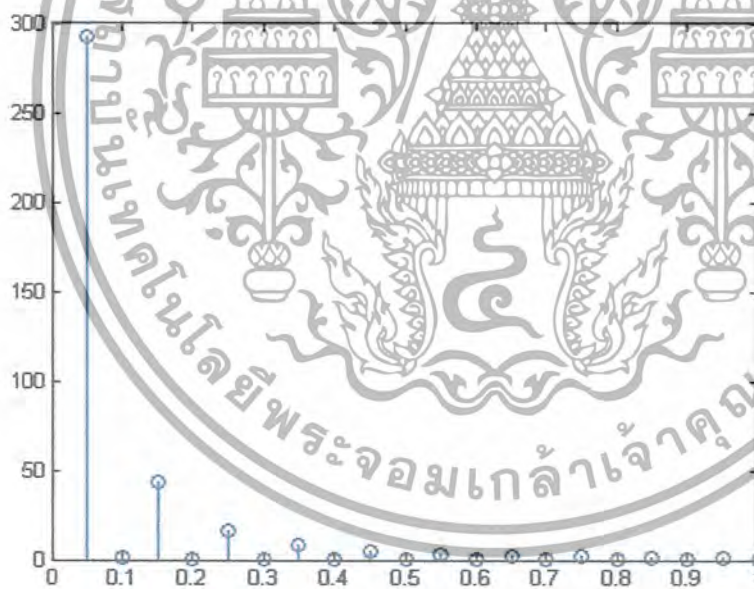
=Trigger= Mode : AUTO Type : EDGE CH2 Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 4.11 รูปคลื่น PWM หลังผ่าน LC Filter มีลักษณะเป็นคลื่นไซน์
กราฟ Sine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



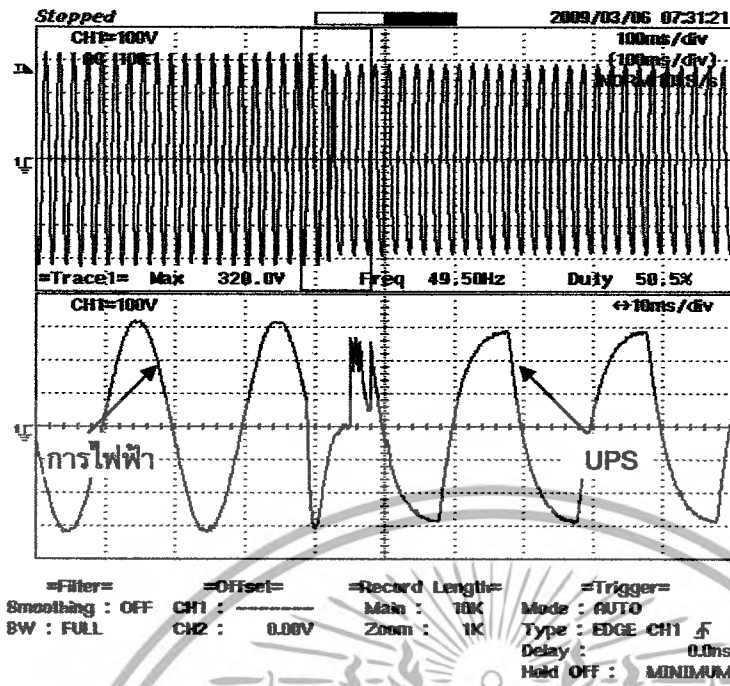
รูปที่ 4.12 กราฟ FFT จากสัญญาณ PWM



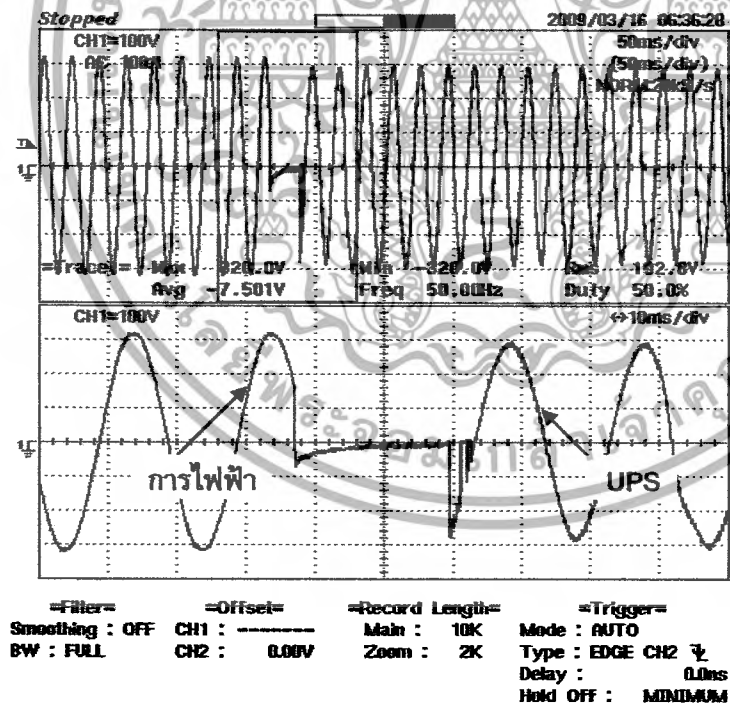
รูปที่ 4.13 กราฟ FFT จาก สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยม

จะพบว่า แรงดันที่ได้จาก สัญญาณ คลื่นสี่เหลี่ยม 50 Hz จะมี Harmonic มากกว่า แรงดันที่ได้จากสัญญาณ PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

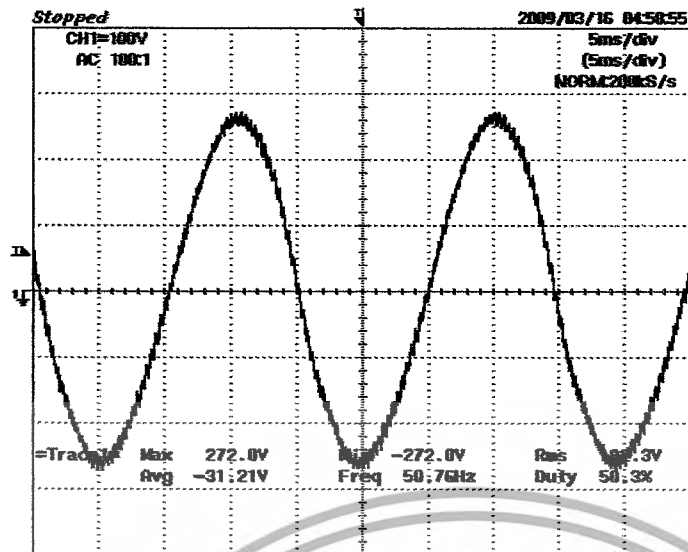


รูปที่ 4.14 การสวิตช์จากการไฟฟ้ามาเป็นไฟจาก UPS
 โดยใช้แรงดันที่ได้จากสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ 50 Hz



รูปที่ 4.15 การสวิตช์จากการไฟฟ้ามาเป็นแหล่งจ่าย
 UPS โดยใช้PWM ผ่าน LC Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



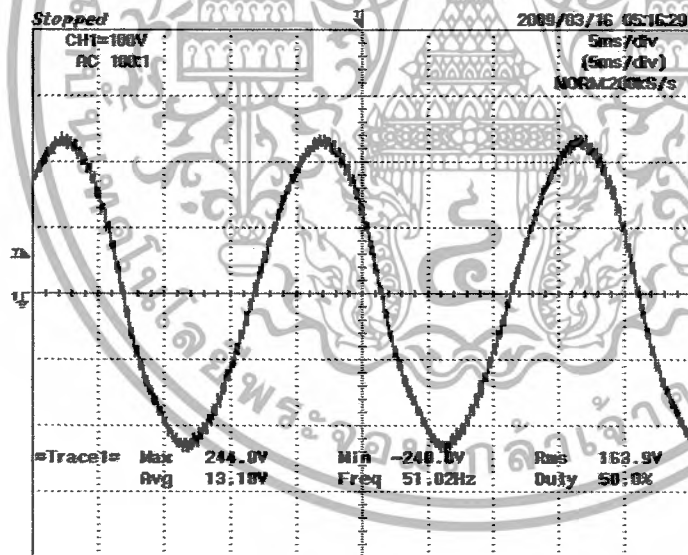
=Filter= Smoothing : OFF
BW : FULL

=Offset= CH1 : ———
CH2 : 0.00V

=Record Length= Main : 10K
Zoom : 2K

=Trigger= Mode : AUTO
Type : EDGE CH2 ∇
Delay : 0.0ns
Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 4.16 ที่สภาวะออนโหลด 100 W



=Filter= Smoothing : OFF
BW : FULL

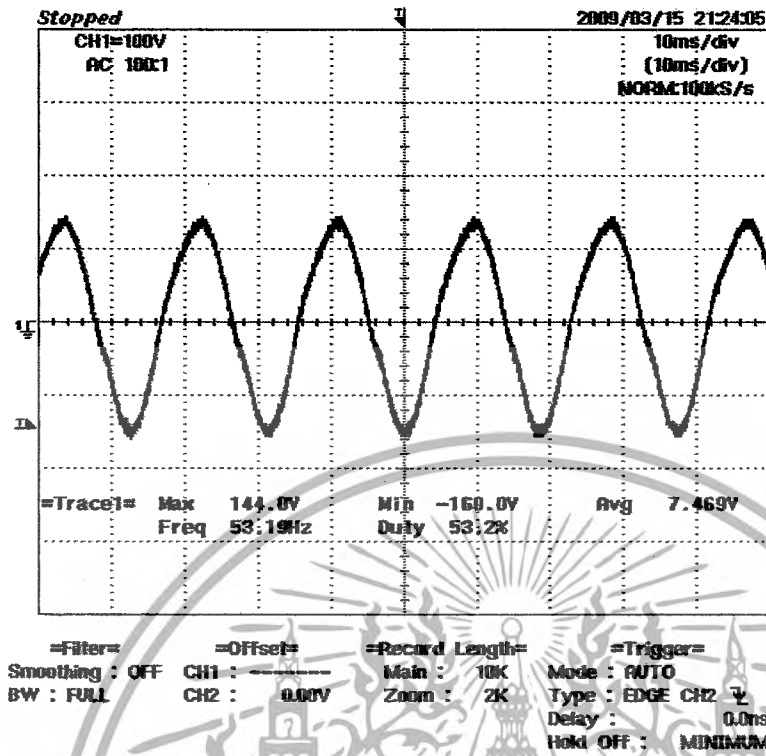
=Offset= CH1 : ———
CH2 : 0.00V

=Record Length= Main : 10K
Zoom : 2K

=Trigger= Mode : AUTO
Type : EDGE CH2 ∇
Delay : 0.0ns
Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 4.17 สภาวะออนโหลด 200 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ที่สถานะออนโหลด 300 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

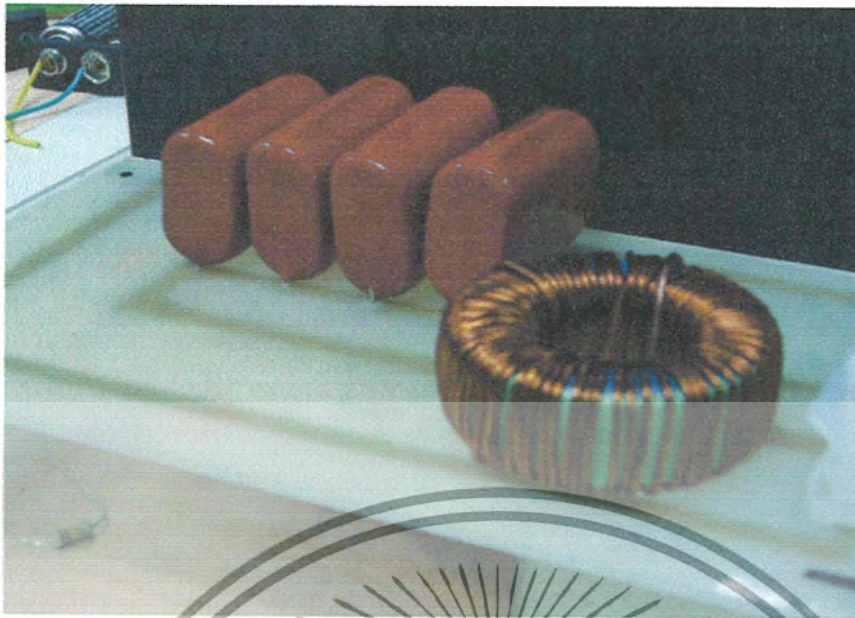
รูปร่างจระต๋นแบบ



รูปที่ 4.19 วงจรอินเวอร์เตอร์

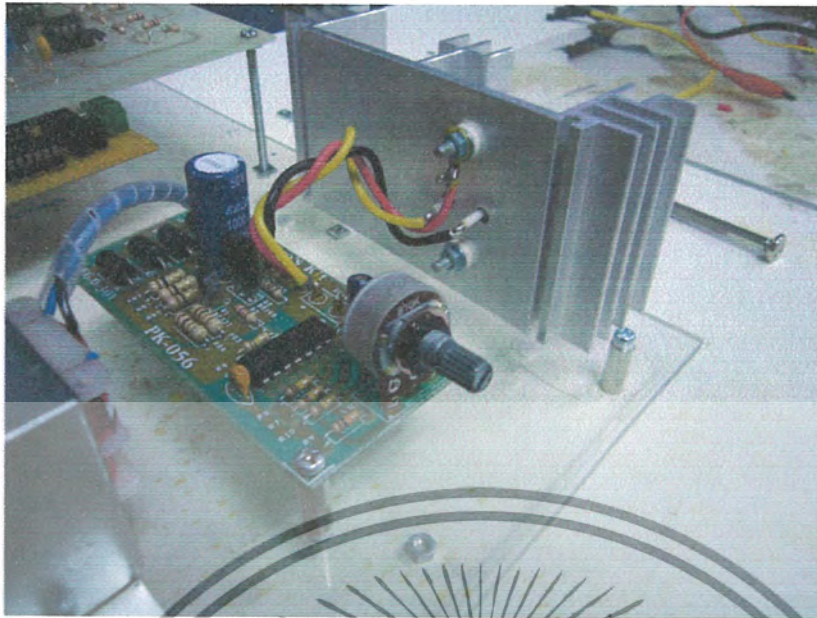
รูปที่ 4.20 รีเลย์ หม้อแปลง และเซอร์กิตเบรกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 วงจรสร้าง Saw tooth และ วงจรจ่ายไฟเลี้ยงแก่ UPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 แบตเตอรี่ชาร์จเจอร์



รูปที่ 4.24 วงจรเดคโทม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 4.26 วงจรรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าการใช้สัญญาณ PWM ในการไดรฟ์ Inverter โดยให้แรงดันผ่าน LC Filter ในการจ่ายกระแสไฟกับโหลด นั้นมีคุณภาพของแรงดัน จะมีประสิทธิภาพมากกว่า UPS ทั่วไปในท้องตลาด ซึ่งจะทำให้การทำงานของโหลด มีประสิทธิภาพมากขึ้น และไม่ส่งผลกระทบต่อความคงทนของโหลด โดย ค่า THD ของสัญญาณ PWM เท่ากับ 9.9% แต่ ค่า THD ของสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ผ่าน LC Filter เช่นกัน เท่ากับ 16.19% ซึ่งพบว่ามีคุณภาพกว่าอย่างเห็นได้ชัด

การจำลองระบบทางคณิตศาสตร์เมื่อมีตัวควบคุมแบบคงทน โดยใช้โปรแกรมแมทแลปพบว่า ระบบนั้นจะรักษาระดับแรงดัน และ ทำให้สัญญาณแรงดันมีเสถียรภาพ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของระบบ เช่นค่า R , L , C ระบบนั้นก็ยังคงรักษาระดับแรงดัน และ เสถียรภาพของระบบให้คงที่ดังที่เราตั้งค่าที่ต้องการไว้ ในทางกลับกัน ระบบที่ไม่มีตัวควบคุมแบบคงทนนั้น เมื่อมีการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในระบบ แรงดันจะมีการเปลี่ยนแปลง ไม่คงที่ และเสถียรภาพ ซึ่งจะทำให้ทั้งภาระทางไฟฟ้า และ แผลงจ่ายไฟฟ้า เกิดความเสียหายหรือ อายุการใช้งานลดลงเร็วขึ้น

5.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในโครงการ

พบว่า การจ่ายโหลด และการต่อ LC Filter ทำให้แรงดันของ UPS นั้นตก ซึ่งทำให้โหลด นั้นไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ กระแสที่อินเวอร์เตอร์ก็เพิ่มขึ้นตามซึ่งทำให้ พิกัดของกระแสเกินพิกัดของมอสเฟตที่คำนวณไว้ในขั้นแรก จึงเป็นผลให้ มอสเฟตที่อินเวอร์เตอร์ เกิดความเสียหาย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ali Emadi, Abdolhosein Nasiri and Stoyan B., **Uninterruptible power supplies and active filters**, Boca Raton : CRC Press, c2005
- [2] มนัส สังวรศิลป์ และ วรรัตน์ ภัทรอมรกุล, **คู่มือการใช้งาน MATLAB ฉบับสมบูรณ์**, กรุงเทพฯ, สานพ. อินโฟเพรส, 2543.
- [3] รศ.ร.อ.ดร.วีระเชษฐ ชันเงิน และ วุฒิพล ธาราธิ์เรษฐ, **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง**, พิมพ์ครั้งที่ 4, ห้างหุ้นส่วนจำกัด วิ.เจ.พรินติ้ง, 2549.
- [4] ชำนาญ โกยทรัพย์, **การออกแบบตัวควบคุมแบบการจัดสรรฐานของรอบ H_∞ สำหรับอินเวอร์เตอร์ของยูพีเอสแบบเฟสเดียว**, บทความเสนอในการสัมมนาวิชา MI , 2551
- [5] ธวัชชัย สันภัย และ วิรัตน์ สุครัมย์ , **"เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าในบ้านให้คงที่และมีประสิทธิภาพสูง"** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2545
- [6] จิรพัฒน์ เพียงพิมพ์ ไชยกร เจริญวิทย์ จุฑานันท์ บุญวงษ์ และ ณวรา ชาญทร, **"แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง"**, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2549
- [7] สมยศ เกียรติวนิชวิไล, **"การวิเคราะห์และออกแบบสัญญาณควบคุมพีดับบลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสโดยใช้โปรแกรม MATLAB"**, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

คำสั่งที่ใช้เขียนใน Micro controller

```
#include <16f877a.h>
#uses NOWDT,NOPROTECT,hs,noput,nodebug,brownout,lvf,nocpd,nowrt
#use delay(clock = 10000000)
#use fast_io(d)
#int_rtcc
BYTE CONST SINE_WAVE[200] = {
128,132,136,139,143,147,150,154,158,161,165,169,172,176,179,
182,186,189,192,195,199,202,204,207,210,213,215,218,220,223,
225,227,229,231,233,235,237,238,240,241,242,243,244,245,246,
247,247,247,248,248,248,248,247,247,247,246,245,244,243,
242,241,240,238,237,235,233,231,229,227,225,223,220,218,215,
213,210,207,204,202,199,195,192,189,186,182,179,176,172,169,
165,161,158,154,150,147,143,139,136,132,128,125,123,120,116,
113,109,106,101,99,95,92,87,85,82,79,76,73,69,66,63,61,59,56,
54,52,50,48,47,45,43,41,39,37,35,33,31,29,28,27,26,25,24,23,
22,21,21,21,20,20,20,20,20,20,21,21,22,22,23,24,25,26,27,28,29,31,33,
35,37,39,41,43,46,48,50,52,55,58,60,62,64,66,68,70,73,76,79,
83,85,87,91,95,98,102,106,109,113,117,120,124};
BYTE sine_index;
void main()
{ set_adc_channel(0);
  set_tris_d(0x00);
  set_tris_a(0x01);
  while(true)
  { if(++sine_index==200)
    {sine_index=0;}
    output_d(SINE_WAVE[sine_index]);
    delay_us(90);
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

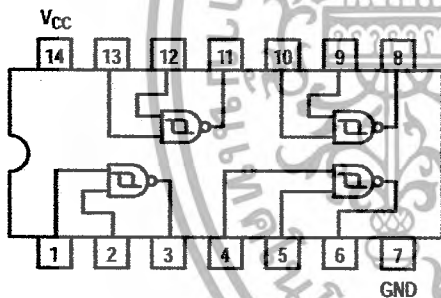
SN74LS132

Quad 2-Input Schmitt Trigger NAND Gate

The SN74LS132 contains four 2-Input NAND Gates which accept standard TTL input signals and provide standard TTL output levels. They are capable of transforming slowly changing input signals into sharply defined, jitter-free output signals. Additionally, they have greater noise margin than conventional NAND Gates.

Each circuit contains a 2-input Schmitt trigger followed by a Darlington level shifter and a phase splitter driving a TTL totem pole output. The Schmitt trigger uses positive feedback to effectively speed-up slow input transitions, and provide different input threshold voltages for positive and negative-going transitions. This hysteresis between the positive-going and negative-going input thresholds (typically 800 mV) is determined internally by resistor ratios and is essentially insensitive to temperature and supply voltage variations. As long as one input remains at a more positive voltage than V_{T+} (MAX), the gate will respond to the transitions of the other input as shown in Figure 1.

LOGIC AND CONNECTION DIAGRAM
DIP (TOP VIEW)



ON Semiconductor
Formerly a Division of Motorola
<http://onsemi.com>

**LOW
POWER
SCHOTTKY**



PLASTIC
N SUFFIX
CASE 646



SOIC
D SUFFIX
CASE 751A

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	4.75	5.0	5.25	V
T_A	Operating Ambient Temperature Range	0	25	70	°C
I_{OH}	Output Current – High			-0.4	mA
I_{OL}	Output Current – Low			8.0	mA

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
SN74LS132N	14 Pin DIP	2000 Units/Box
SN74LS132D	14 Pin	2500/Tape & Reel

SN74LS132

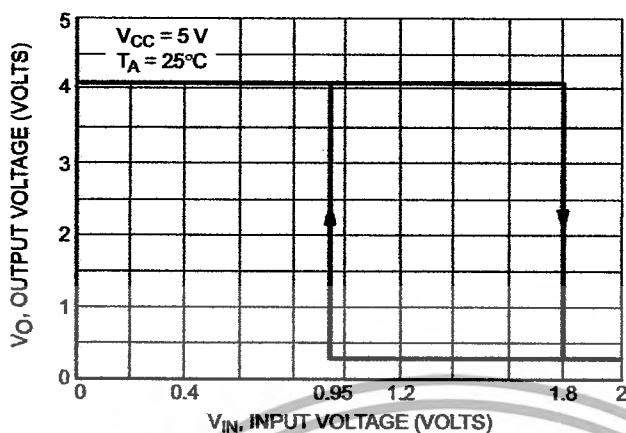


Figure 1. V_{IN} versus V_{OUT} Transfer Function

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage	1.5		2.0	V	$V_{CC} = 5.0\text{ V}$
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage	0.6		1.1	V	$V_{CC} = 5.0\text{ V}$
$V_{T+} - V_{T-}$	Hysteresis	0.4	0.8		V	$V_{CC} = 5.0\text{ V}$
V_{IK}	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{IN} = -18\text{ mA}$
V_{OH}	Output HIGH Voltage	2.7	3.4		V	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{OH} = -400\text{ }\mu\text{A}$, $V_{IN} = V_{IL}$
V_{OL}	Output LOW Voltage		0.25	0.4	V	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{OL} = 4.0\text{ mA}$, $V_{IN} = 2.0\text{ V}$
			0.35	0.5	V	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{OL} = 8.0\text{ mA}$, $V_{IN} = 2.0\text{ V}$
I_{T+}	Input Current at Positive-Going Threshold		-0.14		mA	$V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $V_{IN} = V_{T+}$
I_{T-}	Input Current at Negative-Going Threshold		-0.18		mA	$V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $V_{IN} = V_{T-}$
I_{IH}	Input HIGH Current			20	μA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 2.7\text{ V}$
				0.1	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 7.0\text{ V}$
I_{IL}	Input LOW Current			-0.4	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 0.4\text{ V}$
I_{OS}	Output Short Circuit Current (1)	-20		-100	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{OUT} = 0\text{ V}$
I_{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH		5.9	11	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 0\text{ V}$
	Total, Output LOW		8.2	14	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 4.5\text{ V}$

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t_{PLH}	Turn-Off Delay, Input to Output			22	ns	$V_{CC} = 5.0\text{ V}$ $C_L = 15\text{ pF}$
t_{PHL}	Turn-On Delay, Input to Output			22	ns	

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN74LS132

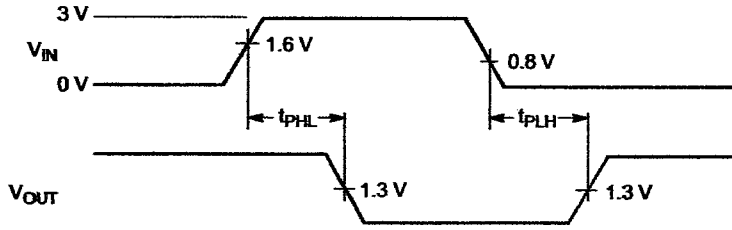


Figure 2. AC Waveforms

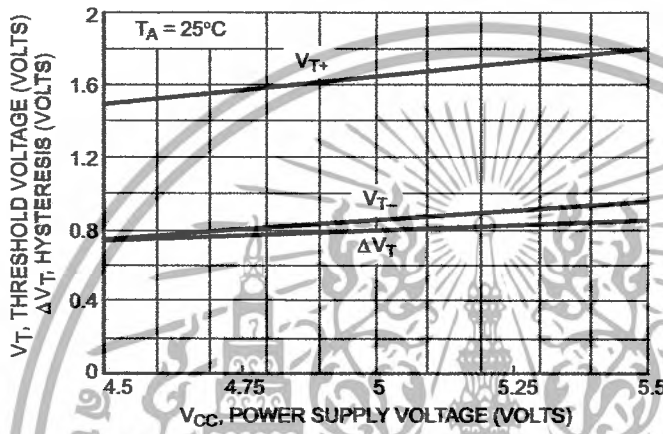


Figure 3. Threshold Voltage and Hysteresis versus Power Supply Voltage

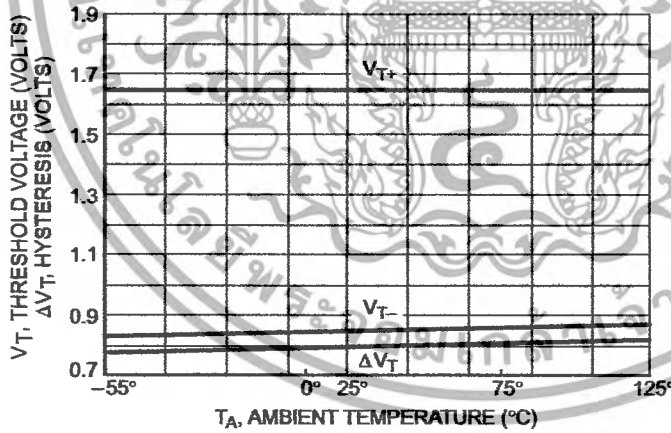


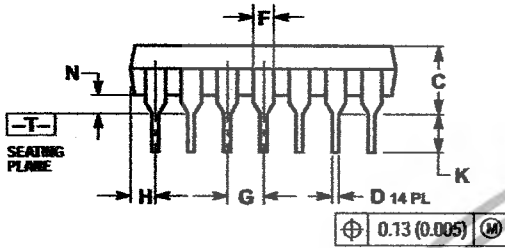
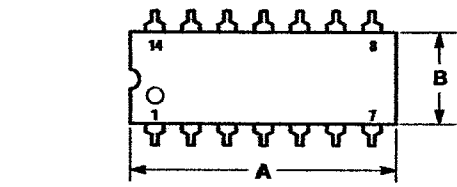
Figure 4. Threshold Voltage and Hysteresis versus Temperature

SN74LS132

PACKAGE DIMENSIONS

N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646-06
ISSUE M

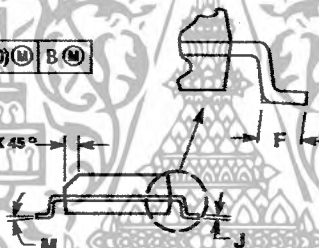
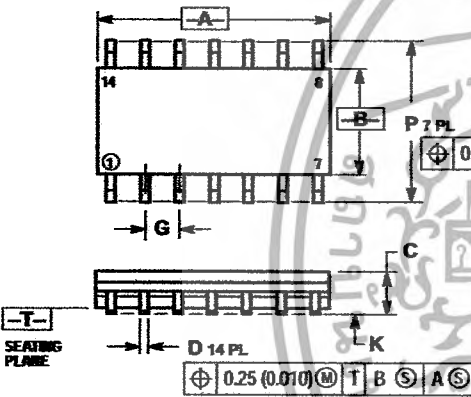
- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
 5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.



DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.80
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.68	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.290	0.310	7.37	7.87
M	10°		10°	
N	0.015	0.039	0.38	1.01

D SUFFIX
PLASTIC SOIC PACKAGE
CASE 751A-03
ISSUE F

- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
 3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
 5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.



DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°		7°	
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

ON Semiconductor and are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

North America Literature Fulfillment:
 Literature Distribution Center for ON Semiconductor
 P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
 Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
 Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
 Email: ONlit@hibbertco.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free USA/Canada

EUROPE: LDC for ON Semiconductor – European Support
German Phone: (+1) 303-308-7140 (M-F 2:30pm to 5:00pm Munich Time)
 Email: ONlit-german@hibbertco.com

French Phone: (+1) 303-308-7141 (M-F 2:30pm to 5:00pm Toulouse Time)
 Email: ONlit-french@hibbertco.com

English Phone: (+1) 303-308-7142 (M-F 1:30pm to 5:00pm UK Time)
 Email: ONlit@hibbertco.com

ASIA/PACIFIC: LDC for ON Semiconductor – Asia Support
 Phone: 303-675-2121 (Tue-Fri 9:00am to 1:00pm, Hong Kong Time)
 Toll Free from Hong Kong 800-4422-3781
 Email: ONlit-asia@hibbertco.com

JAPAN: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center
 4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan 141-8549
 Phone: 81-3-5487-8345
 Email: r14153@onsemi.com

Fax Response Line: 303-675-2167
 800-344-3810 Toll Free USA/Canada

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

For additional information, please contact your local Sales Representative.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN74LS132/D

MegaMOS™ Power MOSFET

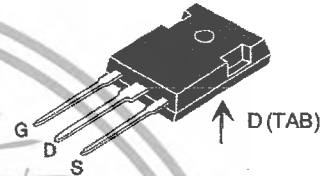
IRFP 460

$V_{DSS} = 500\text{ V}$
 $I_{D(cont)} = 20\text{ A}$
 $R_{DS(on)} = 0.27\Omega$

N-Channel Enhancement Mode, HDMOS™ Family



Symbol	Test Conditions	Maximum Ratings	TO-247 AD
V_{DSS}	$T_J = 25^\circ\text{C to } 150^\circ\text{C}$	500 V	
V_{DGR}	$T_J = 25^\circ\text{C to } 150^\circ\text{C}; R_{GS} = 1\text{ M}\Omega$	500 V	
V_{GS}	Continuous	± 20 V	
V_{GSM}	Transient	± 30 V	
I_{D25}	$T_C = 25^\circ\text{C}$	20 A	
I_{DM}	$T_C = 25^\circ\text{C}$, pulse width limited by T_{JM}	80 A	
I_{AR}		20 A	
E_{AR}	$T_C = 25^\circ\text{C}$	28 mJ	
dv/dt	$I_S \leq I_{DM}$, $di/dt \leq 100\text{ A}/\mu\text{s}$, $V_{DS} \leq V_{DSS}$, $T_J \leq 150^\circ\text{C}$, $R_G = 2\Omega$	3.5 V/ns	
P_D	$T_C = 25^\circ\text{C}$	260 W	
T_J		$-55 \dots +150$ °C	
T_{JM}		150 °C	
T_{stg}		$-55 \dots +150$ °C	
M_d	Mounting torque	1.15/10 Nm/lb.in.	
Weight		6 g	
Maximum lead temperature for soldering 1.6 mm (0.062 in.) from case for 10 s		300 °C	



G = Gate, D = Drain,
S = Source, TAB = Drain

Features

- Repetitive avalanche energy rated
- Fast switching times
- Low $R_{DS(on)}$ HDMOS™ process
- Rugged polysilicon gate cell structure
- High Commutating dv/dt Rating

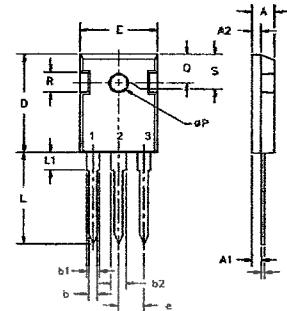
Applications

- Switching Power Supplies
- Motor controls

Symbol	Test Conditions	Characteristic Values ($T_J = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)		
		min.	typ.	max.
V_{DSS}	$V_{GS} = 0\text{ V}$, $I_D = 250\ \mu\text{A}$	500		V
$V_{GS(th)}$	$V_{DS} = V_{GS}$, $I_D = 250\ \mu\text{A}$	2		V
I_{GSS}	$V_{GS} = \pm 20\text{ V}_{DC}$, $V_{DS} = 0$			$\pm 100\text{ nA}$
I_{DSS}	$V_{DS} = 0.8 \cdot V_{DSS}$ $V_{GS} = 0\text{ V}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$		25 μA
		$T_J = 125^\circ\text{C}$		250 μA
$R_{DS(on)}$	$V_{GS} = 10\text{ V}$, $I_D = 12\text{ A}$ Pulse test, $t \leq 300\ \mu\text{s}$, duty cycle $d \leq 2\%$	0.25	0.27	Ω

Symbol	Test Conditions	Characteristic Values ($T_J = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)			
		min.	typ.	max.	
g_{fs}	$V_{DS} = 10\text{ V}; I_D = 12\text{ A}$, pulse test	13	21	S	
C_{iss}	$V_{GS} = 0\text{ V}, V_{DS} = 25\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$		4200	pF	
C_{oss}			450	pF	
C_{rss}			135	pF	
$t_{d(on)}$	$V_{GS} = 10\text{ V}, V_{DS} = 250\text{ V}, I_D = 20\text{ A}$ $R_G = 4.3\ \Omega$, (External)		23	35	ns
t_r			81	120	ns
$t_{d(off)}$			85	130	ns
t_f			65	98	ns
$Q_{g(on)}$	$V_{GS} = 10\text{ V}, V_{DS} = 200\text{ V}, I_D = 20\text{ A}$		135	210	nC
Q_{gs}			28	40	nC
Q_{gd}			62	110	nC
R_{thJC}			0.45	K/W	
R_{thCK}		0.25		K/W	

TO-247 AD Outline



Terminals: 1 - Gate 2 - Drain
3 - Source Tab - Drain

Dim.	Millimeter		Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	4.7	5.3	.185	.209
A ₁	2.2	2.54	.087	.102
A ₂	2.2	2.6	.059	.098
b	1.0	1.4	.040	.055
b ₁	1.65	2.13	.065	.084
b ₂	2.87	3.12	.113	.123
C	.4	.8	.016	.031
D	20.80	21.46	.819	.845
E	15.75	16.26	.610	.640
e	5.20	5.72	0.205	0.225
L	19.81	20.32	.780	.800
L1		4.50		.177
∅P	3.55	3.65	.140	.144
Q	5.89	6.40	0.232	0.252
R	4.32	5.49	.170	.216
S	6.15	BSC	.242	BSC

Source-Drain Diode

Symbol	Test Conditions	Characteristic Values ($T_J = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified)			
		min.	typ.	max.	
I_S	$V_{GS} = 0\text{ V}$			20	A
I_{SM}	Repetitive; pulse width limited by T_{JM}			80	A
V_{SD}	$I_F = 20\text{ A}, V_{GS} = 0\text{ V}$, Pulse test, $t \leq 300\ \mu\text{s}$, duty cycle $d \leq 2\%$			1.8	V
t_{rr}	$I_F = 20\text{ A}, -di/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}, V_R = 100\text{ V}$		570	860	ns
Q_{rr}			5.7		μC

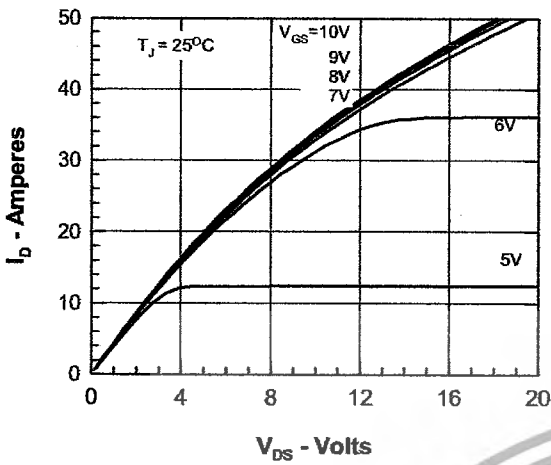


Figure 1. Output Characteristics at 25°C

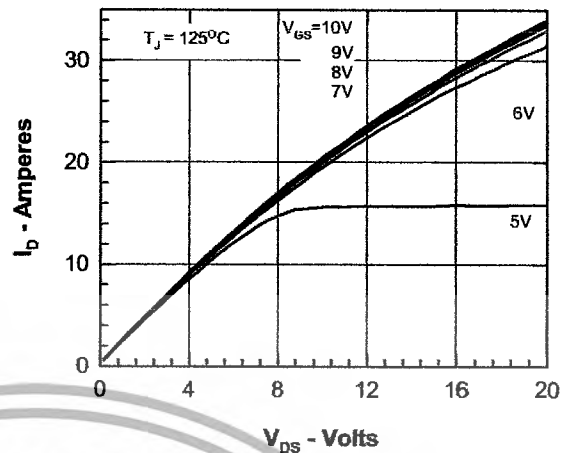


Figure 2. Output Characteristics at 125°C

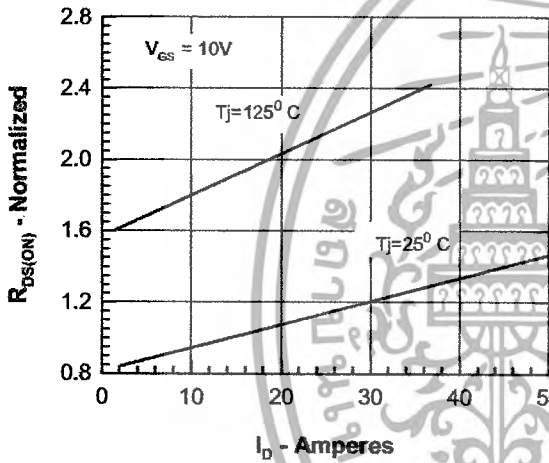


Figure 3. $R_{DS(on)}$ normalized to value at $I_D = 12A$

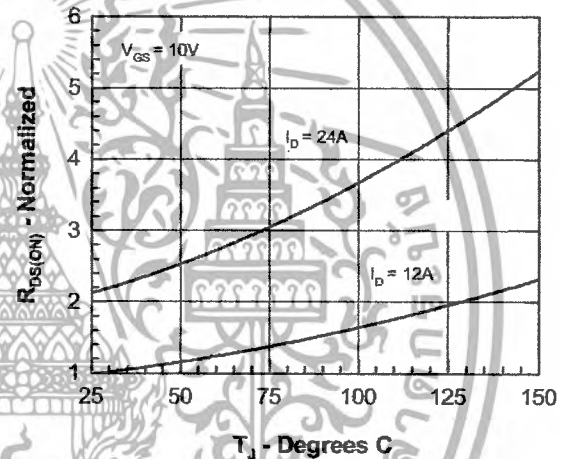


Figure 4. $R_{DS(on)}$ normalized to value at $I_D = 12A$

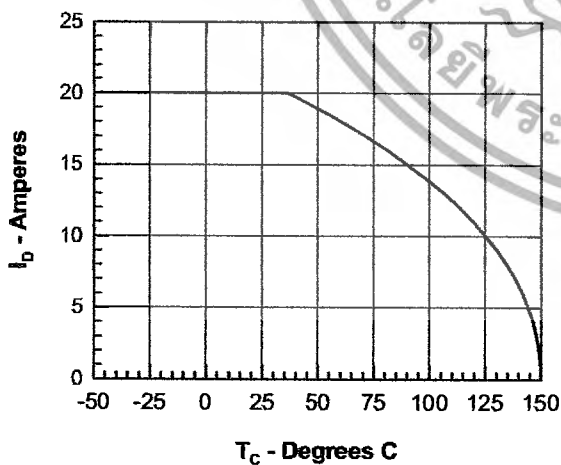


Figure 5. Drain Current vs. Case Temperature

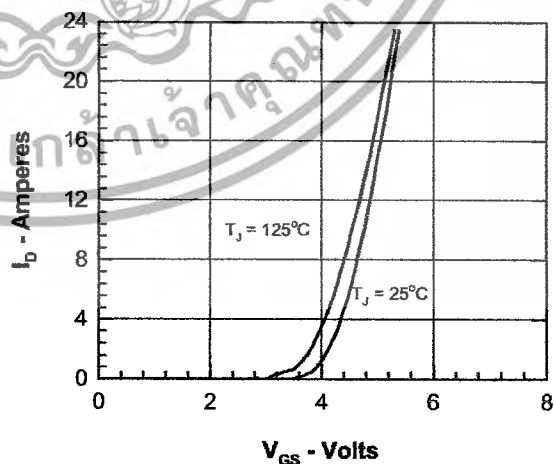


Figure 6. Admittance Curves

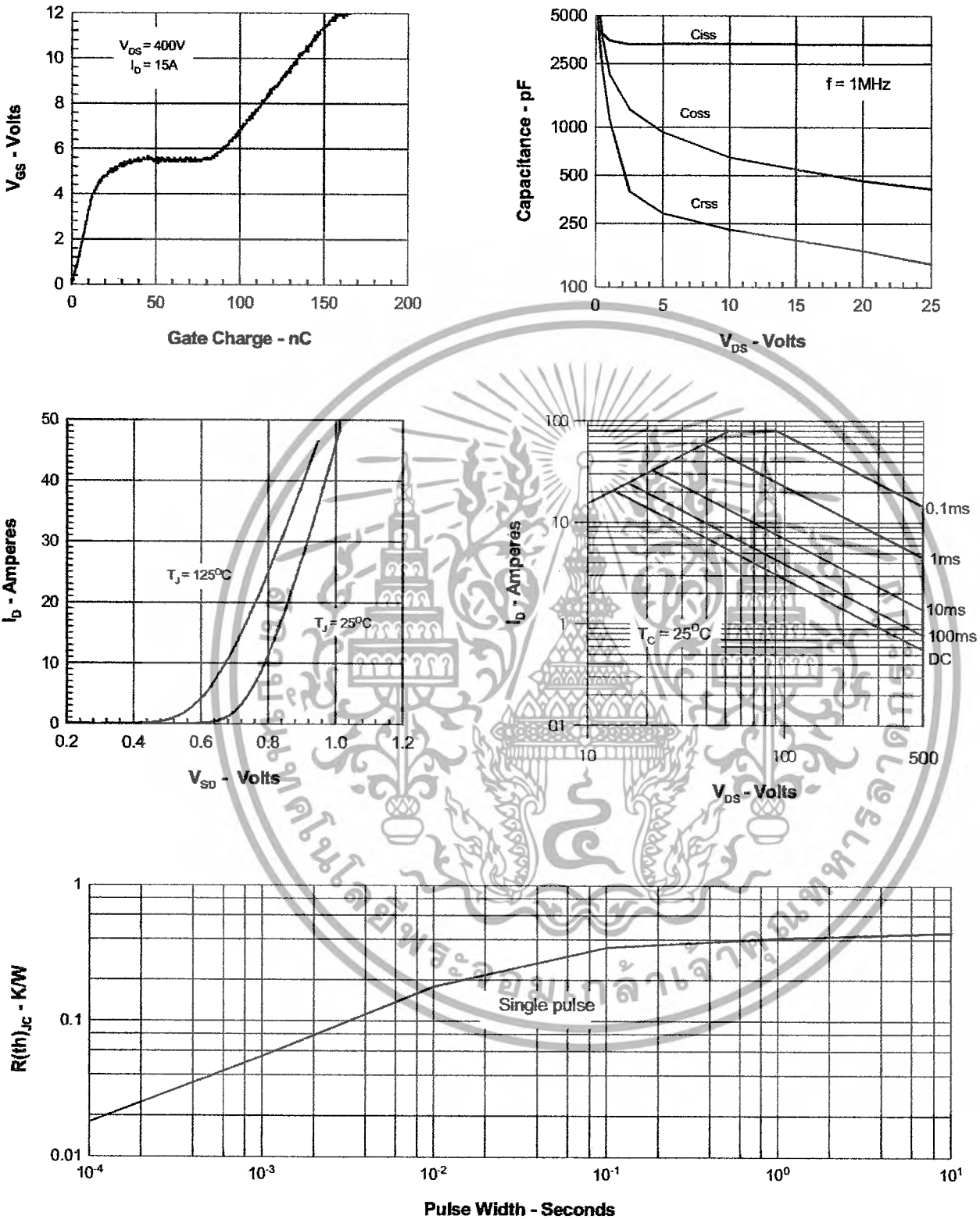


Figure 11. Transient Thermal Resistance



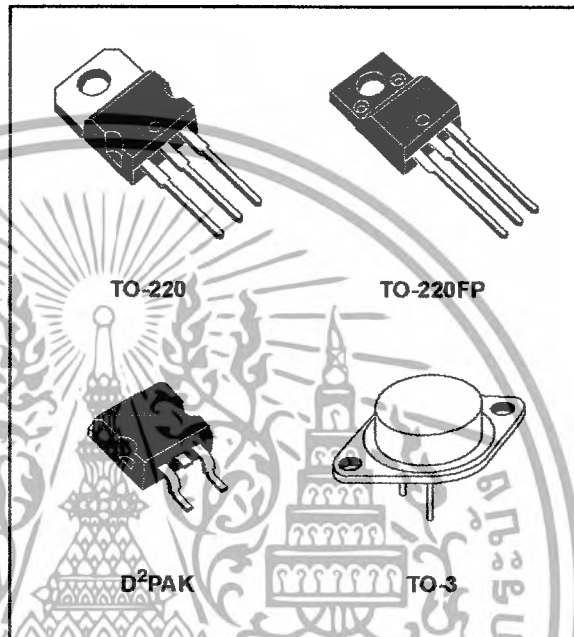
L7800 SERIES

POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

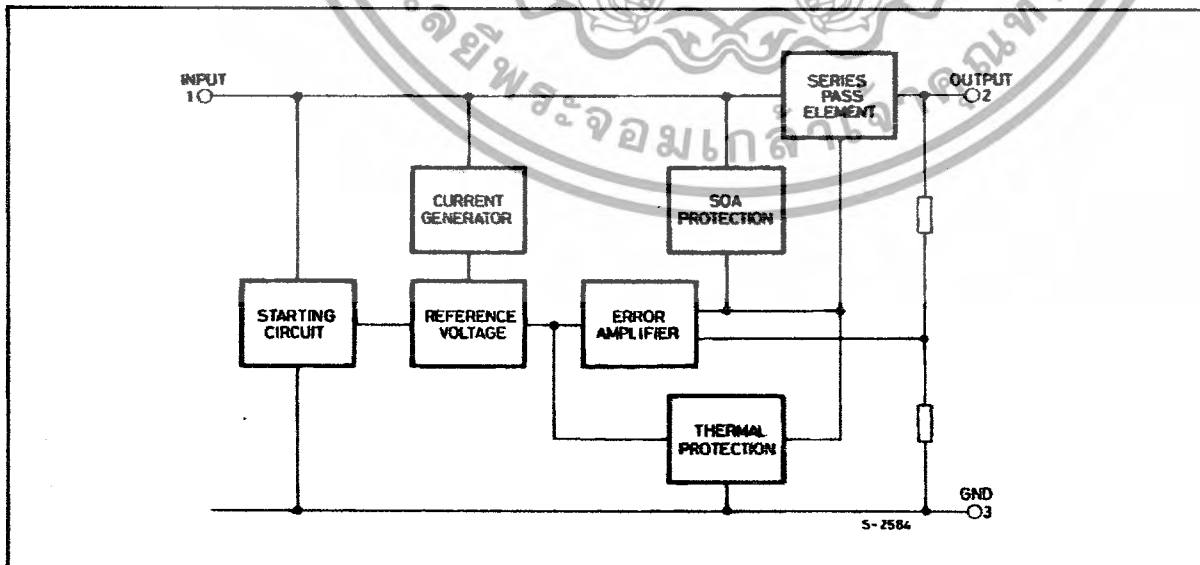
- OUTPUT CURRENT TO 1.5A
- OUTPUT VOLTAGES OF 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 12; 15; 18; 24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSITION SOA PROTECTION

DESCRIPTION

The L7800 series of three-terminal positive regulators is available in TO-220, TO-220FP, TO-3 and D²PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltage and currents.



SCHEMATIC DIAGRAM



L7800 SERIES

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

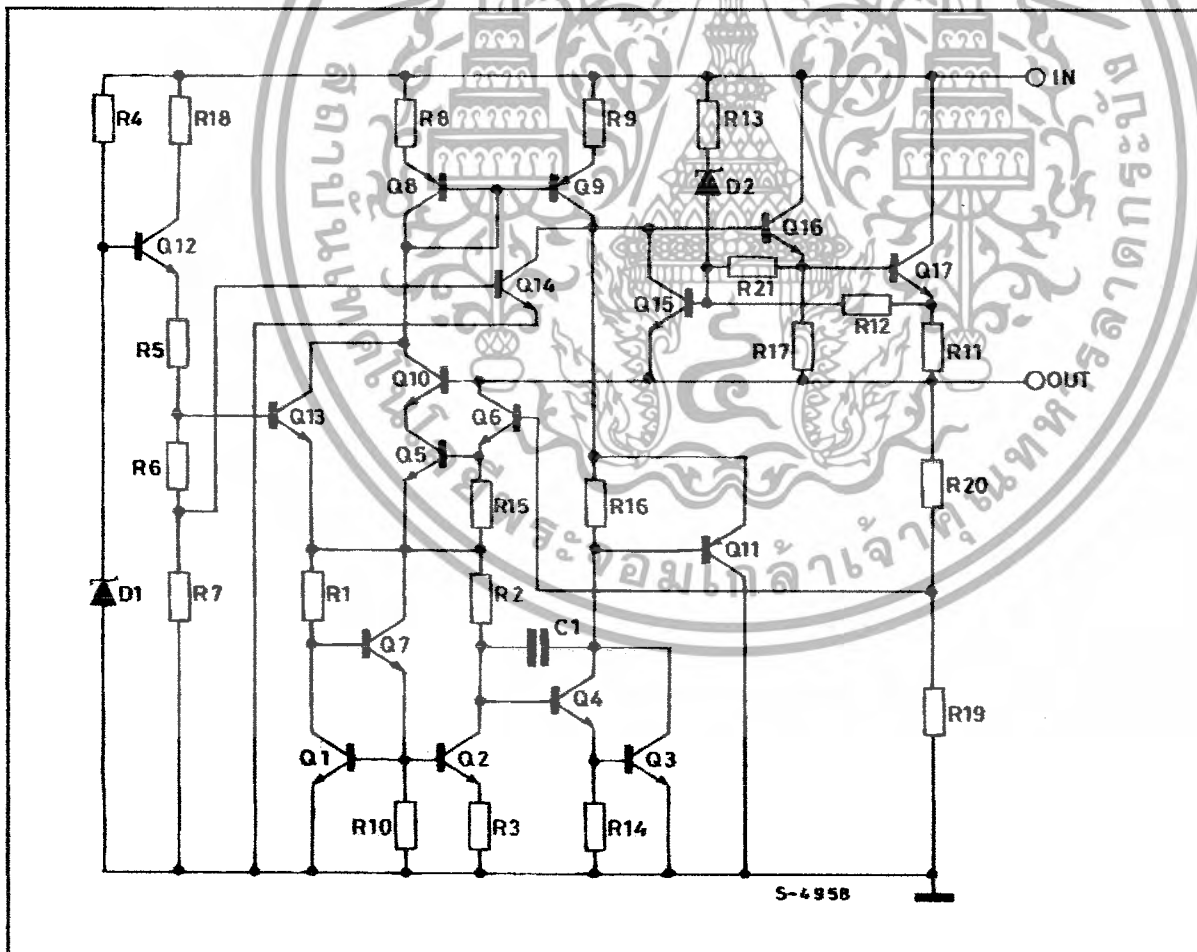
Symbol	Parameter ²		Value	Unit
V_I	DC Input Voltage	for $V_O = 5$ to 18V	35	V
		for $V_O = 20, 24$ V	40	
I_O	Output Current		Internally Limited	
P_{tot}	Power Dissipation		Internally Limited	
T_{stg}	Storage Temperature Range		-65 to 150	°C
T_{op}	Operating Junction Temperature Range	for L7800	-55 to 150	°C
		for L7800C	0 to 150	

Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation under these condition is not implied.

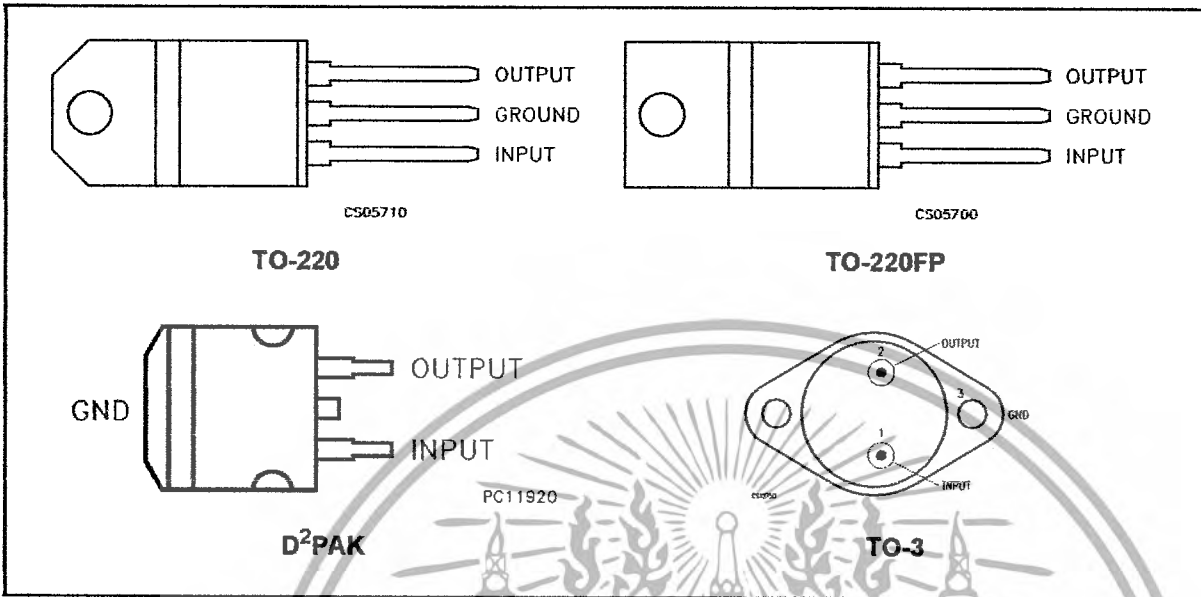
THERMAL DATA

Symbol	Parameter	D ² PAK	TO-220	TO-220FP	TO-3	Unit
$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case Max	3	5	5	4	°C/W
$R_{thj-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient Max	62.5	50	60	35	°C/W

SCHEMATIC DIAGRAM



CONNECTION DIAGRAM (top view)



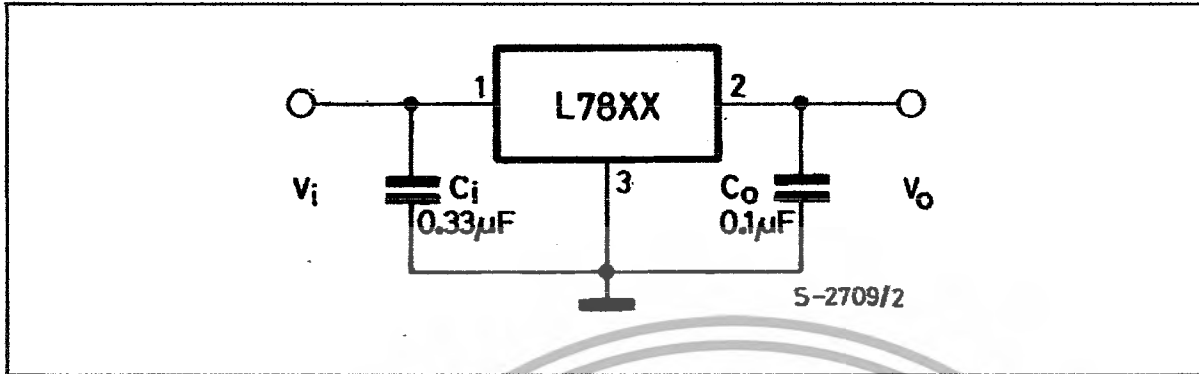
ORDERING CODES

TYPE	TO-220	D ² PAK (*)	TO-220FP	TO-3	OUTPUT VOLTAGE
L7805				L7805T	5 V
L7805C	L7805CV	L7805CD2T	L7805CP	L7805CT	5 V
L7852C	L7852CV	L7852CD2T	L7852CP	L7852CT	5.2 V
L7806				L7806T	6 V
L7806C	L7806CV	L7806CD2T	L7806CP	L7806CT	6 V
L7808				L7808T	8 V
L7808C	L7808CV	L7808CD2T	L7808CP	L7808CT	8 V
L7885C	L7885CV	L7885CD2T	L7885CP	L7885CT	8.5 V
L7809C	L7809CV	L7809CD2T	L7809CP	L7809CT	9 V
L7812				L7812T	12 V
L7812C	L7812CV	L7812CD2T	L7812CP	L7812CT	12 V
L7815				L7815T	15 V
L7815C	L7815CV	L7815CD2T	L7815CP	L7815CT	15 V
L7818				L7818T	18 V
L7818C	L7818CV	L7818CD2T	L7818CP	L7818CT	18 V
L7820				L7820T	20 V
L7820C	L7820CV	L7820CD2T	L7820CP	L7820CT	20 V
L7824				L7824T	24 V
L7824C	L7824CV	L7824CD2T	L7824CP	L7824CT	24 V

(*) Available in Tape & Reel with the suffix "-TR".

L7800 SERIES

APPLICATION CIRCUITS



TEST CIRCUITS

Figure 1 : DC Parameter

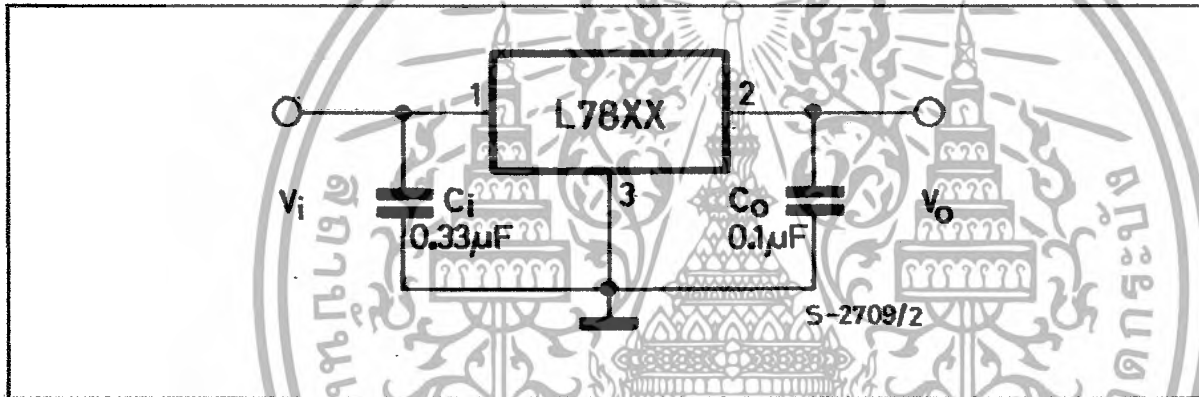
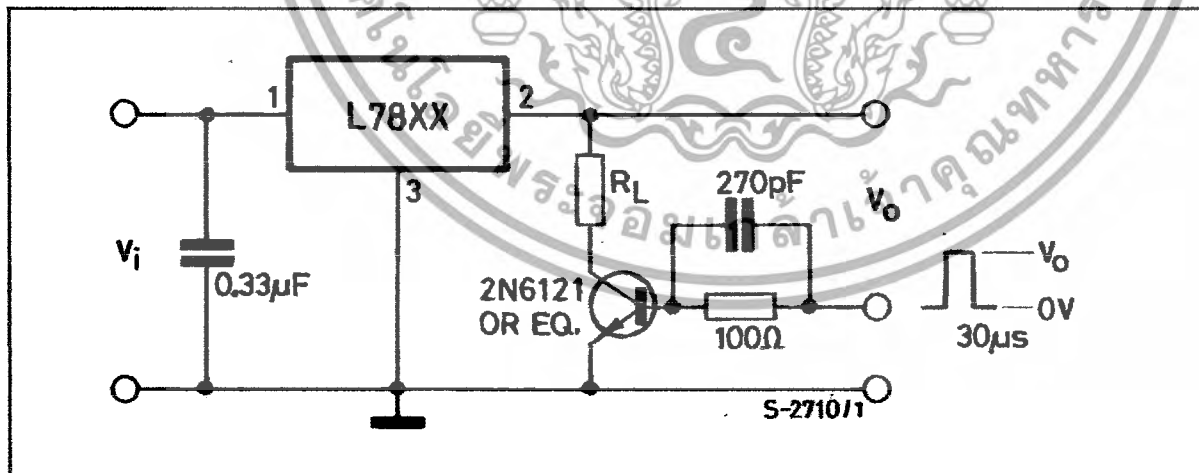


Figure 2 : Load Regulation



HIGH POWER RELAY

1 POLE—12, 30, 40 A

(FOR AUTOMOTIVE APPLICATIONS)

FRL-274 SERIES

■ FEATURES

- High current switching and carry by using new conductive materials.
- Suitable for automotive applications such as ABS, power assisted steering, etc.
- High heat resistance (40A type)
Designed for use in high ambient temperature, such as engine compartment, and able to carry continuous current of 20 A in +125°C.
- New contact material
New contact material formulation which is resistant to welding.
- Three types of contact gaps (0.4mm, 1.0mm, 1.4mm)



■ ORDERING INFORMATION

1. 40A Type

[Example] FRL-274 N D012 / 81 C Y -01A -001
 (a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h)

(a)	Series Name	FRL-274: FRL-274 Series
(b)	Enclosure	N : Plastic sealed type
(c)	Nominal Voltage	D012 : 12 VDC
(d)	Carrying Current	81 : 40 A type
(e)	Contact Arrangement	A : 1 form A C : 1 form C
(f)	Contact Material	Y : Silver-tin oxide
(g)	Cover Terminal	01A : w/cover, wide terminal width
(h)	Custom Designation	To be assigned custom specification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FRL-274 SERIES

■ ORDERING INFORMATION

2. Standard Type

[Example] $\frac{\text{FRL-274}}{\text{(a)}} \frac{\text{N}}{\text{(b)}} \frac{\text{D}}{\text{(c)}} \frac{\text{012}}{\text{(d)}} / \frac{\text{01}}{\text{(e)}} \frac{\text{C}}{\text{(f)}} \frac{\text{S}}{\text{(g)}} - \frac{\text{01A}}{\text{(h)}} - \frac{\text{***}}{\text{(i)}} \frac{\text{(-S)}}{\text{(j)}}$

(a)	Series Name	FRL-274: FRL-274 Series
(b)	Enclosure	N : Plastic sealed type
(c)	Coil Type	D : Standard (nominal power 1.7 to 2.1 W) H : Low power (nominal power 0.6 W)
(d)	Nominal Voltage	009 : 9 VDC 012 : 12 VDC 024 : 24 VDC
(e)	Contact Gap	01 : Standard gap (0.4 mm gap) 51 : 1.0 mm gap 61 : 1.4 mm gap
(f)	Contact Arrangement	A : 1 form A (SPST-NO) C : 1 form C (SPDT)
(g)	Contact Material	Y : Silver-tin oxide
(h)	Cover Terminal	A : standard terminal width 01A : wide terminal width
(i)	Custom Designation	To be assigned custom specification
(j)	Package	Nil : Standard tray -S : Carrier tube

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FRL-274 SERIES

■ SPECIFICATIONS

Item		Specifications		
		12V Battery		24V Battery
		30A	40A	
Contact	Arrangement	1 form A (SPDT-NO), 1 form C (SPDT)		
	Material	Silver-tin oxide		
	Voltage Drop (resistance)	Max. 300mV initial (at 5 Amps, 12VDC) Max. 500mV after durability test (at 5 Amps, 12VDC)		
	Rating	14 VDC 30A (motor lock)	14 VDC 40A (motor lock)	28 VDC 12A (motor lock)
	Gap	01: 0.4mm gap	01: 0.4mm gap	51: 1.0mm gap 61: 1.4mm gap
	Max. Carrying Current	20° C: 30A continuous 40A 10 minutes	20° C: 40A continuous 50A 1 hour 125° C: 20A continuous 40A 10 minutes	20° C: 30A continuous
	Max. Switching Frequency	Mechanical: 1,000 operations/hour Electrical: 1,800 operations/hour		
	Min. Switching Load (*) (reference)	0.6 W minimum (50 mA minimum)		
Coil	Operating Temperature	-40° C to +85° C (no frost) (refer to Characteristic data)		
	Storage Temperature	-40° C to +100° C (no frost)		
Insulation	Resistance	Minimum 100MΩ (at 500VDC)		
	Dielectric Strength	500 VAC 1 minimum		
Time value	Operate (at nominal value)	0.4mm gap: max.10ms		1.0mm gap: max.10ms 1.4mm gap: max.15ms
	Release (at nominal value)	0.4mm gap: max.5ms		1.0mm gap: max. 8ms 1.4mm gap: max.10 ms
Life	Mechanical	10x10 ⁶ operations minimum		
	Electrical	100x10 ³ operations minimum		
Other	Vibration Resistance	10 to 55 Hz (double amplitude of 1.5mm)		
	Shock Resistance	Misoperation	100m/s ² (11± ¹ ms)	
		Endurance	1000m/s ² (11± ¹ ms)	
	Weight	Approximately 20g		

*1 Values when switching a resistive load at normal room temperature and humidity and in a clean environment. The minimum applicable load varies with the switching frequency and operating environment.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

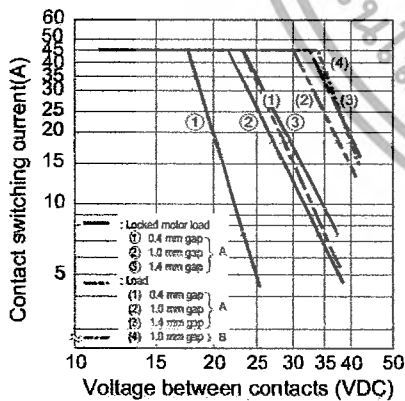
FRL-274 SERIES

COIL DATA CHART

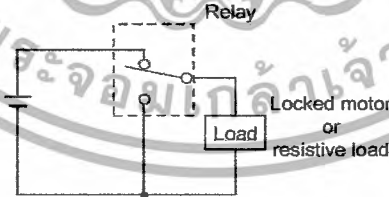
Type	Contact Gap	Nominal Power	Coil Voltage	Part Number	Coil Resistance ($\pm 10\%$) at 20° C	Must Operate Voltage		Coil Temperature Rise
						20° C	80° C	
12V Battery	0.4mm	lower power 0.6W	9 VDC	FRL-274NH009/01 □ Y - □□ A	135 Ω	6.3 V	7.8 V	Approx. 35° C
			10 VDC	FRL-274NH010/01 □ Y - □□ A	165 Ω	7.0 V	8.7 V	
			12 VDC	FRL-274NH012/01 □ Y - □□ A	240 Ω	8.4 V	10.4 V	
		Standard 1.7W	12 VDC	FRL-274ND009/01 □ Y - □□ A	85 Ω	6.5 V	8.0 V	Approx. 75° C
		40A type 0.87W	12VDC	FRL-274ND009/81 □ Y - 01	165 Ω	6.3 V	8.0 V	Approx. 65° C
24V Battery	1.0mm	1.7W	24 VDC	FRL-274ND024/51 □ Y - □□ A	340 Ω	16.8 V	21.0 V	Approx. 75° C
	1.4mm	2.1W	24 VDC	FRL-274ND024/61 □ Y - □□ A	275 Ω	16.8 V	21.0 V	Approx. 85° C

CHARACTERISTIC DATA

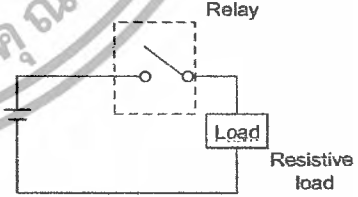
1. MAXIMUM BREAK CAPACITY



Test circuit A



Test circuit B



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NE555, SA555, SE555 PRECISION TIMERS

SLFS022E – SEPTEMBER 1973 – REVISED MARCH 2004

- Timing From Microseconds to Hours
- Astable or Monostable Operation
- Adjustable Duty Cycle
- TTL-Compatible Output Can Sink or Source Up To 200 mA

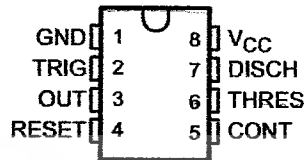
description/ordering information

These devices are precision timing circuits capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time-delay or monostable mode of operation, the timed interval is controlled by a single external resistor and capacitor network. In the astable mode of operation, the frequency and duty cycle can be controlled independently with two external resistors and a single external capacitor.

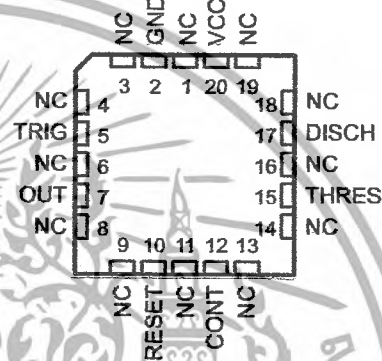
The threshold and trigger levels normally are two-thirds and one-third, respectively, of V_{CC} . These levels can be altered by use of the control-voltage terminal. When the trigger input falls below the trigger level, the flip-flop is set and the output goes high. If the trigger input is above the trigger level and the threshold input is above the threshold level, the flip-flop is reset and the output is low. The reset (RESET) input can override all other inputs and can be used to initiate a new timing cycle. When RESET goes low, the flip-flop is reset and the output goes low. When the output is low, a low-impedance path is provided between discharge (DISCH) and ground.

The output circuit is capable of sinking or sourcing current up to 200 mA. Operation is specified for supplies of 5 V to 15 V. With a 5-V supply, output levels are compatible with TTL inputs.

NE555 . . . D, P, PS, OR PW PACKAGE
SA555 . . . D OR P PACKAGE
SE555 . . . D, JG, OR P PACKAGE
(TOP VIEW)



SE555 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC – No internal connection



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

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

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NE555, SA555, SE555 PRECISION TIMERS

SLFS022E – SEPTEMBER 1973 – REVISED MARCH 2004

description/ordering information (continued)

ORDERING INFORMATION

TA	V _{THRES} MAX V _{CC} = 15 V	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	11.2 V	PDIP (P)	Tube of 50	NE555P	NE555P
		SOIC (D)	Tube of 75	NE555D	NE555
			Reel of 2500	NE555DR	
		SOP (PS)	Reel of 2000	NE555PSR	N555
		TSSOP (PW)	Tube of 150	NE555PW	N555
Reel of 2000	NE555PWR				
-40°C to 85°C	11.2 V	PDIP (P)	Tube of 50	SA555P	SA555P
		SOIC (D)	Tube of 75	SA555D	SA555
			Reel of 2000	SA555DR	
-55°C to 125°C	10.6 V	PDIP (P)	Tube of 50	SE555P	SE555P
		SOIC (D)	Tube of 75	SE555D	SE555D
			Reel of 2500	SE555DR	
		CDIP (JG)	Tube of 50	SE555JG	SE555JG
		LCCC (FK)	Tube of 55	SE555FK	SE555FK

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

FUNCTION TABLE

RESET	TRIGGER VOLTAGE‡	THRESHOLD VOLTAGE‡	OUTPUT	DISCHARGE SWITCH
Low	Irrelevant	Irrelevant	Low	On
High	<1/3 V _{DD}	Irrelevant	High	Off
High	>1/3 V _{DD}	>2/3 V _{DD}	Low	On
High	>1/3 V _{DD}	<2/3 V _{DD}	As previously established	

‡ Voltage levels shown are nominal.

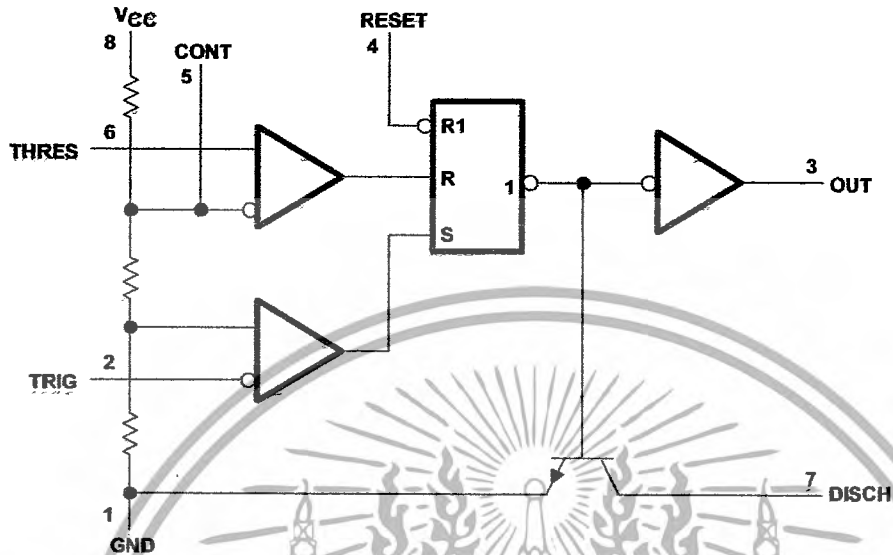


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ Texas Instruments Corporation ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NE555, SA555, SE555 PRECISION TIMERS

SLFS022E – SEPTEMBER 1973 – REVISED MARCH 2004

functional block diagram



Pin numbers shown are for the D, JG, P, PS, and PW packages.
NOTE A: RESET can override TRIG, which can override THRES.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265 3

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAST RECOVERY RECTIFIER

VOLTAGE RANGE 50 to 1000 Volts CURRENT 1.0 Ampere

FEATURES

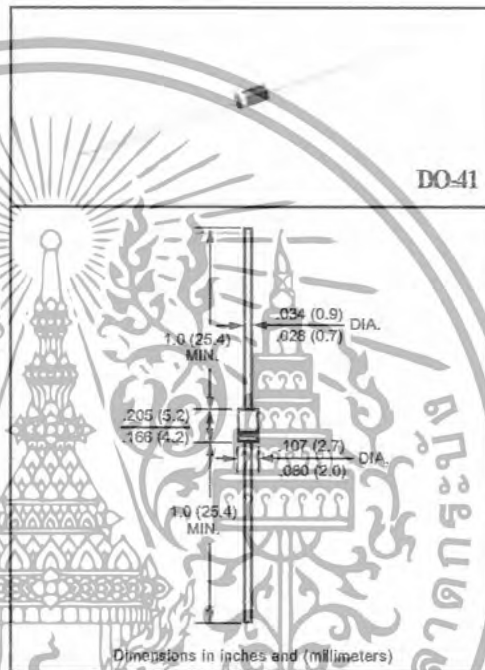
- * Fast switching
- * Low leakage
- * Low forward voltage drop
- * High current capability
- * High surge capability
- * High reliability

MECHANICAL DATA

- * Case: Molded plastic
- * Epoxy: Device has UL flammability classification 94V-0
- * Lead: MIL-STD-202E method 208C guaranteed
- * Mounting position: Any
- * Weight: 0.33 gram

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

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



MAXIMUM RATINGS (At TA = 25°C unless otherwise noted)

RATINGS	SYMBOL	FR101	FR102	FR103	FR104	FR105	FR105P	FR106	FR107	FR107P	UNITS	
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	VRRM	50	100	200	400	600	600	800	1000	1000	Volts	
Maximum RMS Voltage	VRMS	35	70	140	280	420	400	560	700	700	Volts	
Maximum DC Blocking Voltage	VDC	50	100	200	400	600	600	800	1000	1000	Volts	
Maximum Average Forward Rectified Current at TA = 75°C	Io										1.0	Amps
Peak Forward Surge Current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	IFSM										30	Amps
Typical Junction Capacitance (Note 2)	Cj										15	pF
Operating and Storage Temperature Range	Tj, Tstg										-55 to +150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (At TA = 25°C unless otherwise noted)

CHARACTERISTICS	SYMBOL	FR101	FR102	FR103	FR104	FR105	FR105P	FR106	FR107	FR107P	UNITS	
Maximum Instantaneous Forward Voltage at 1.0A DC	Vf						1.3					Volts
Maximum DC Reverse Current at Rated DC Blocking Voltage TA = 25°C	Ir						5.0					uAmps
Maximum Full Load Reverse Current Full Cycle Average, .375" (9.5mm) lead length at TL = 55°C							100					uAmps
Maximum Reverse Recovery Time (Note 1)	trr	150			250		150	500		250	nSec	

NOTES : 1. Test Conditions: IF = 0.5A, IR = -1.0A, IRR = -0.25A
2. Measured at 1 MHz and applied reverse voltage of 4.0 volts

2002-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RATING AND CHARACTERISTIC CURVES (FR101 THRU FR107)

FIG. 1 - TYPICAL FORWARD CURRENT DERATING CURVE

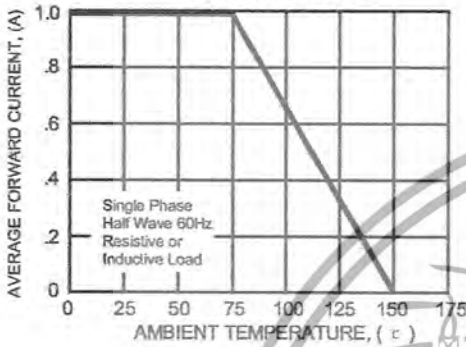


FIG. 2 - MAXIMUM NON-REPETITIVE FORWARD SURGE CURRENT

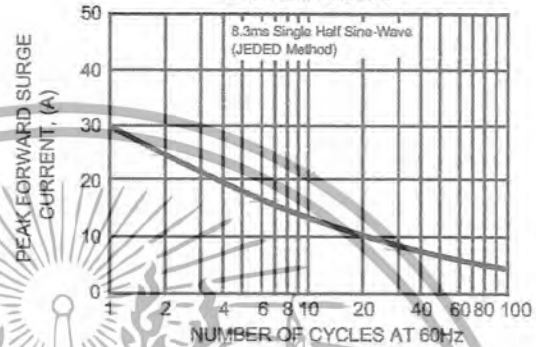


FIG. 3 - TYPICAL INSTANTANEOUS FORWARD CHARACTERISTICS

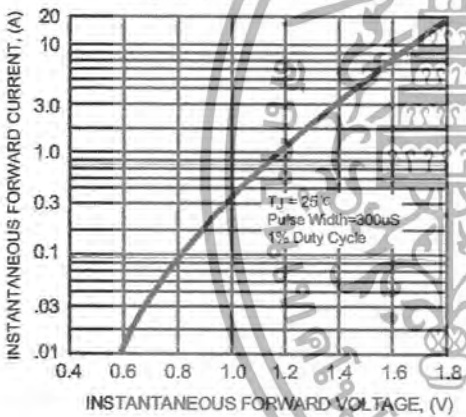


FIG. 4 - TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS

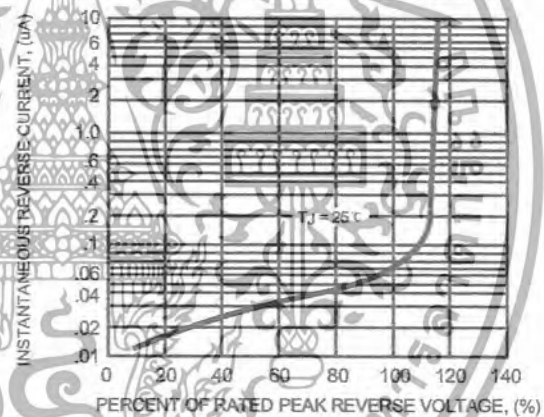


FIG. 5 - TYPICAL JUNCTION CAPACITANCE

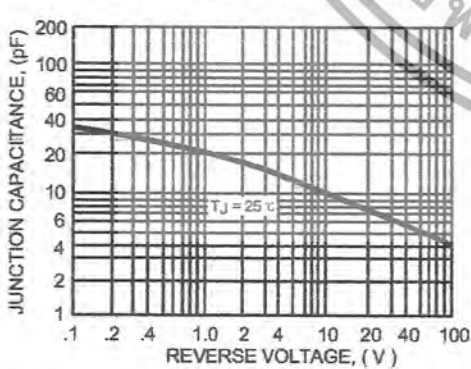
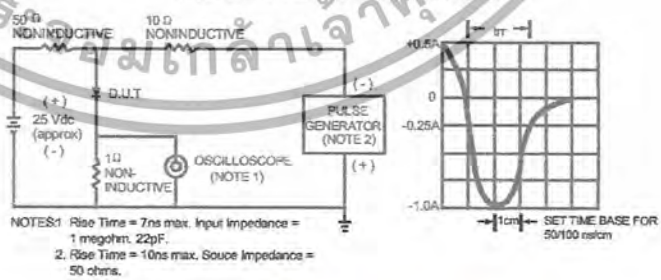


FIG. 6 - TEST CIRCUIT DIAGRAM AND REVERSE RECOVERY TIME CHARACTERISTIC



RECTRON

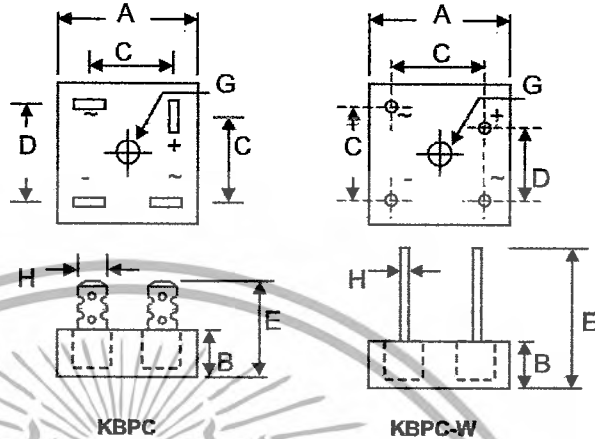
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KBPC1000/W – KBPC1010/W

10A HIGH CURRENT BRIDGE RECTIFIER

Features

- Diffused Junction
- Low Reverse Leakage Current
- Low Power Loss, High Efficiency
- Electrically Isolated Metal Case for Maximum Heat Dissipation
- Case to Terminal Isolation Voltage 2500V
- UL Recognized File # E157705



Mechanical Data

- Case: Metal Case with Electrically Isolated Epoxy
- Terminals: Plated Leads Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Symbols Marked on Case
- Mounting: Through Hole for #10 Screw
- Weight: KBPC 31.6 grams (approx.)
KBPC-W 28.5 grams (approx.)
- Marking: Type Number

"W" Suffix Designates Wire Leads
No Suffix Designates Faston Terminals

Dim	KBPC		KBPC-W	
	Min	Max	Min	Max
A	28.40	28.70	28.40	28.70
B	10.97	11.23	10.97	11.23
C	15.70	16.70	17.10	19.10
D	17.50	18.50	10.90	11.90
E	22.86	25.40	30.50	—
G	Hole for #10 screw, 5.08Ø Nominal			
H	6.35 Typical		0.97Ø	1.07Ø
All Dimension in mm				

Maximum Ratings and Electrical Characteristics @ $T_A=25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

Single Phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	KBPC 1000/W	KBPC 1001/W	KBPC 1002/W	KBPC 1004/W	KBPC 1006/W	KBPC 1008/W	KBPC 1010/W	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage	V_{RRM}								V
Working Peak Reverse Voltage	V_{RWM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
DC Blocking Voltage	V_R								V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Output Current @ $T_A = 50^\circ\text{C}$	I_o	10							A
Non-Repelitive Peak Forward Surge Current 8.3ms Single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC Method)	I_{FSM}	200							A
Forward Voltage (per element) @ $I_F = 5.0\text{A}$	V_{FM}	1.2							V
Peak Reverse Current @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ At Rated DC Blocking Voltage @ $T_C = 125^\circ\text{C}$	I_{RM}	10 1.0							μA mA
Typical Junction Capacitance (Note 1)	C_j	300							pF
Typical Thermal Resistance (Note 2)	$R_{\theta JC}$	6.3							K/W
RMS Isolation Voltage from Case to Lead	V_{iso}	2500							V
Operating and Storage Temperature Range	T_j, T_{stg}	-65 to ± 150							$^\circ\text{C}$

* Glass passivated forms are available upon request.

Note: 1. Measured at 1.0 MHz and applied reverse voltage of 4.0V D.C.

2. Thermal resistance junction to case per element mounted on heatsink.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

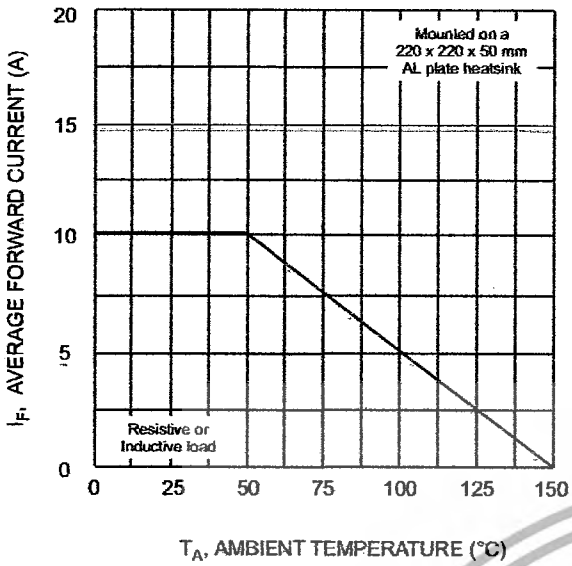


Fig. 1 Forward Current Derating Curve

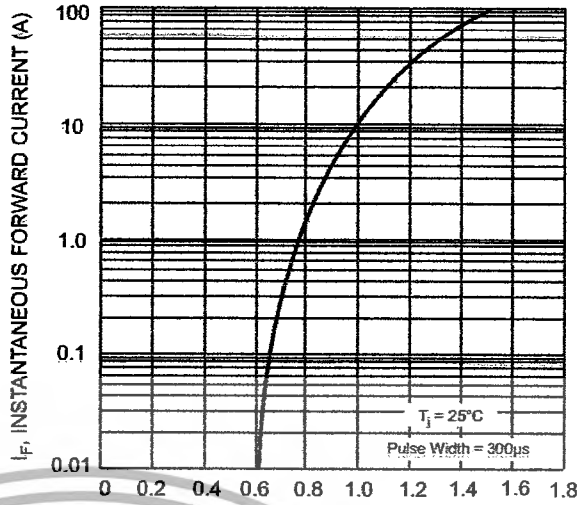


Fig. 2 Typical Forward Characteristics (per element)

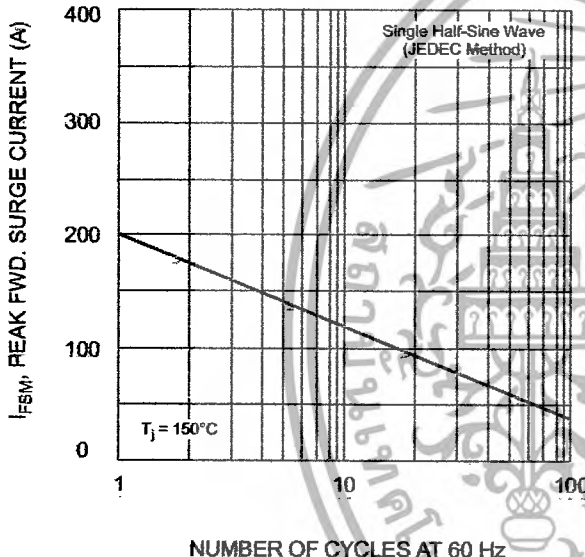


Fig. 3 Max Non-Repetitive Surge Current

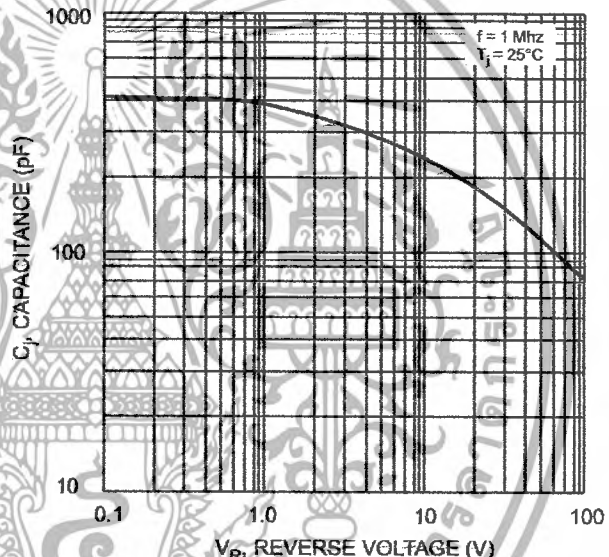


Fig. 4 Typical Junction Capacitance (per element)

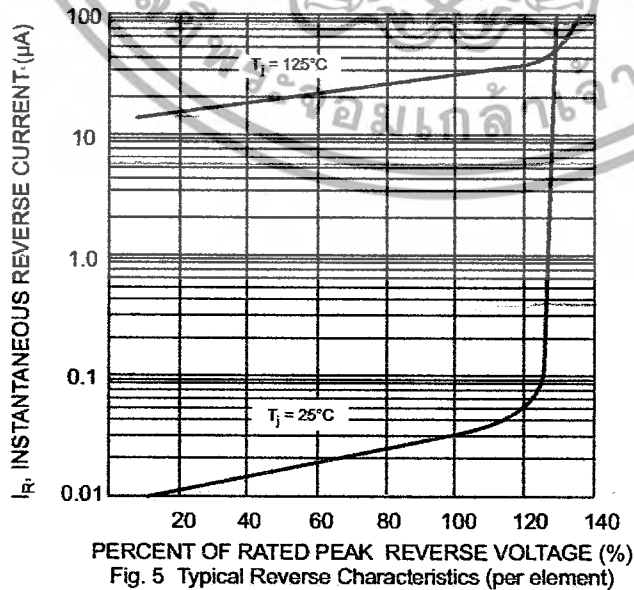


Fig. 5 Typical Reverse Characteristics (per element)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ORDERING INFORMATION

Product No.	Package Type	Shipping Quantity
KBPC1000	Square Bridge	50 Units/Box
KBPC1000W	Square Bridge	50 Units/Box
KBPC1001	Square Bridge	50 Units/Box
KBPC1001W	Square Bridge	50 Units/Box
KBPC1002	Square Bridge	50 Units/Box
KBPC1002W	Square Bridge	50 Units/Box
KBPC1004	Square Bridge	50 Units/Box
KBPC1004W	Square Bridge	50 Units/Box
KBPC1006	Square Bridge	50 Units/Box
KBPC1006W	Square Bridge	50 Units/Box
KBPC1008	Square Bridge	50 Units/Box
KBPC1008W	Square Bridge	50 Units/Box
KBPC1010	Square Bridge	50 Units/Box
KBPC1010W	Square Bridge	50 Units/Box

Shipping quantity given is for minimum packing quantity only. For minimum order quantity, please consult the Sales Department.



Won-Top Electronics Co., Ltd (WTE) has checked all information carefully and believes it to be correct and accurate. However, WTE cannot assume any responsibility for inaccuracies. Furthermore, this information does not give the purchaser of semiconductor devices any license under patent rights to manufacturer. WTE reserves the right to change any or all information herein without further notice.

WARNING: DO NOT USE IN LIFE SUPPORT EQUIPMENT. WTE power semiconductor products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without the express written approval.

Won-Top Electronics Co., Ltd.
 No. 44 Yu Kang North 3rd Road, Chine Chen Dist., Kaohsiung, Taiwan
Phone: 886-7-822-5408 or 886-7-822-5410
Fax: 886-7-822-5417
Email: sales@wontop.com
Internet: http://www.wontop.com

We power your everyday.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

LM741

Single Operational Amplifier

Features

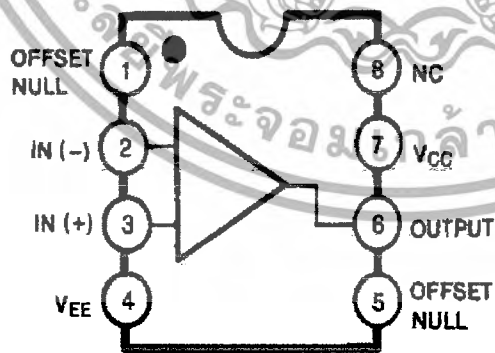
- Short circuit protection
- Excellent temperature stability
- Internal frequency compensation
- High Input voltage range
- Null of offset

Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers. It is intended for a wide range of analog applications. The high gain and wide range of operating voltage provide superior performance in integrator, summing amplifier, and general feedback applications.

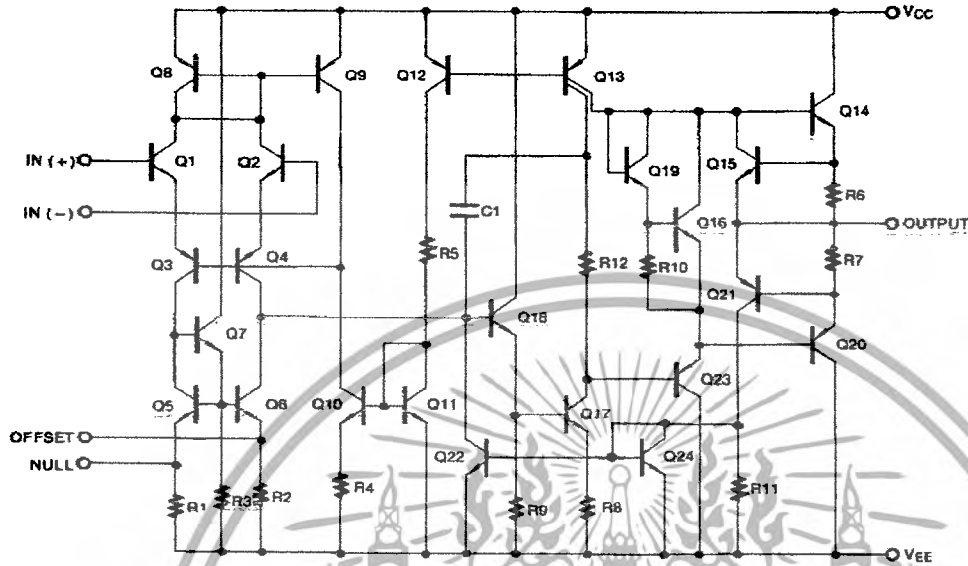


Internal Block Diagram



Rev. 5.0

Schematic Diagram

Absolute Maximum Ratings ($T_A = 25^\circ\text{C}$)

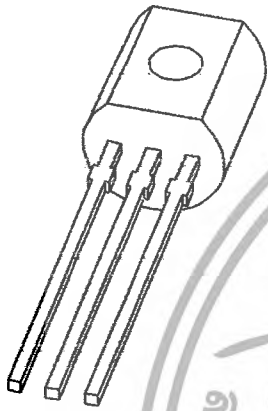
Parameter	Symbol	LM741	Unit
Supply Voltage	V_{CC}	± 18	V
Differential Input Voltage	$V_I(\text{DIFF})$	30	V
Input Voltage	V_I	± 15	V
Output Short Circuit Duration	-	Indefinite	-
Power Dissipation	PD	500	mW
Operating Temperature Range	TOPR	$0 \sim + 70$	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	TSTG	$-65 \sim + 150$	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics

($V_{CC} = 15V$, $V_{EE} = -15V$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise specified)

Parameter		Symbol	Conditions	LM741			Unit	
				Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	V_{IO}		$R_S \leq 10K\Omega$	-	2.0	6.0	mV	
			$R_S \leq 50\Omega$	-	-	-		
Input Offset Voltage Adjustment Range	$V_{IO(R)}$		$V_{CC} = \pm 20V$	-	± 15	-	mV	
Input Offset Current	I_{IO}		-	-	20	200	nA	
Input Bias Current	I_{BIAS}		-	-	80	500	nA	
Input Resistance	R_I		$V_{CC} = \pm 20V$	0.3	2.0	-	$M\Omega$	
Input Voltage Range	$V_I(R)$		-	± 12	± 13	-	V	
Large Signal Voltage Gain	G_V		$R_L \geq 2K\Omega$	$V_{CC} = \pm 20V$, $V_O(P-P) = \pm 15V$	-	-	-	V/mV
			$V_{CC} = \pm 15V$, $V_O(P-P) = \pm 10V$	20	200	-		
Output Short Circuit Current	I_{SC}		-	-	25	-	mA	
Output Voltage Swing	$V_O(P-P)$		$V_{CC} = \pm 20V$	$R_L \geq 10K\Omega$	-	-	-	V
			$R_L \geq 10K\Omega$	-	-	-		
			$V_{CC} = \pm 15V$	$R_L \geq 10K\Omega$	± 12	± 14	-	
			$R_L \geq 10K\Omega$	± 10	± 13	-		
Common Mode Rejection Ratio	CMRR		$R_S \leq 10K\Omega$, $V_{CM} = \pm 12V$	70	90	-	dB	
			$R_S \leq 50\Omega$, $V_{CM} = \pm 12V$	-	-	-		
Power Supply Rejection Ratio	PSRR		$V_{CC} = \pm 15V$ to $V_{CC} = \pm 15V$ $R_S \leq 50\Omega$	-	-	-	dB	
			$V_{CC} = \pm 15V$ to $V_{CC} = \pm 15V$ $R_S \leq 10K\Omega$	77	96	-		
Transient Response	Rise Time	t_R	Unity Gain	-	0.3	-	μs	
	Overshoot	OS		-	10	-	%	
Bandwidth		BW	-	-	-	-	MHz	
Slew Rate		SR	Unity Gain	-	0.5	-	$V/\mu s$	
Supply Current		I_{CC}	$R_L = \infty\Omega$	-	1.5	2.8	mA	
Power Consumption		P_C	$V_{CC} = \pm 20V$	-	-	-	mW	
			$V_{CC} = \pm 15V$	-	50	85		

DATA SHEET



BC556; BC557 PNP general purpose transistors

Product specification
Supersedes data of 1997 Mar 27

1999 Apr 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
การฉ้อโกงใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์

Philips
Semiconductors



PHILIPS

PNP general purpose transistors

BC556; BC557

FEATURES

- Low current (max. 100 mA)
- Low voltage (max. 65 V).

APPLICATIONS

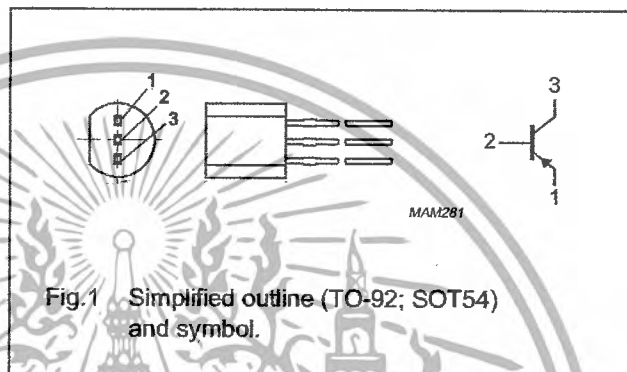
- General purpose switching and amplification.

DESCRIPTION

PNP transistor in a TO-92; SOT54 plastic package.
NPN complements: BC546 and BC547.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector



LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage	open emitter			
	BC556		-	-80	V
	BC557		-	-50	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base			
	BC556		-	-65	V
	BC557		-	-45	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	-	-5	V
I_C	collector current (DC)		-	-100	mA
I_{CM}	peak collector current		-	-200	mA
I_{BM}	peak base current		-	-200	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25\text{ }^\circ\text{C}$	-	500	mW
T_{stg}	storage temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$
T_j	junction temperature		=	150	$^\circ\text{C}$
T_{amb}	operating ambient temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$

PNP general purpose transistors

BC556; BC557

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th\ j-a}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	250	K/W

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

CHARACTERISTICS

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT				
I_{CBO}	collector cut-off current	$I_E = 0; V_{CB} = -30\text{ V}$	-	-1	-15	nA				
		$I_E = 0; V_{CB} = -30\text{ V}; T_j = 150\text{ }^\circ\text{C}$	-	-	-4	μA				
I_{EBO}	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = -5\text{ V}$	-	-	-100	nA				
h_{FE}	DC current gain	$I_C = -2\text{ mA}; V_{CE} = -5\text{ V};$ see Figs 2, 3 and 4								
							BC556	125	-	475
							BC557	125	-	800
							BC556A	125	-	250
							BC556B; BC557B	220	-	475
BC557C	420	-	800							
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	$I_C = -10\text{ mA}; I_B = -0.5\text{ mA}$	-	-60	-300	mV				
		$I_C = -100\text{ mA}; I_B = -5\text{ mA}$	-	-180	-650	mV				
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage	$I_C = -10\text{ mA}; I_B = -0.5\text{ mA};$ note 1	-	-750	-	mV				
		$I_C = -100\text{ mA}; I_B = -5\text{ mA};$ note 1	-	-930	-	mV				
V_{BE}	base-emitter voltage	$I_C = -2\text{ mA}; V_{CE} = -5\text{ V};$ note 2	-600	-650	-750	mV				
		$I_C = -10\text{ mA}; V_{CE} = -5\text{ V};$ note 2	-	-	-820	mV				
C_c	collector capacitance	$I_E = I_C = 0; V_{CB} = -10\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	-	3	-	pF				
C_e	emitter capacitance	$I_C = I_E = 0; V_{EB} = -0.5\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	-	10	-	pF				
f_T	transition frequency	$I_C = -10\text{ mA}; V_{CE} = -5\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	100	-	-	MHz				
F	noise figure	$I_C = -200\text{ }\mu\text{A}; V_{CE} = -5\text{ V}; R_S = 2\text{ k}\Omega;$ $f = 1\text{ kHz}; B = 200\text{ Hz}$	-	2	10	dB				

Notes

1. V_{BEsat} decreases by about -1.7 mV/K with increasing temperature.
2. V_{BE} decreases by about -2 mV/K with increasing temperature.

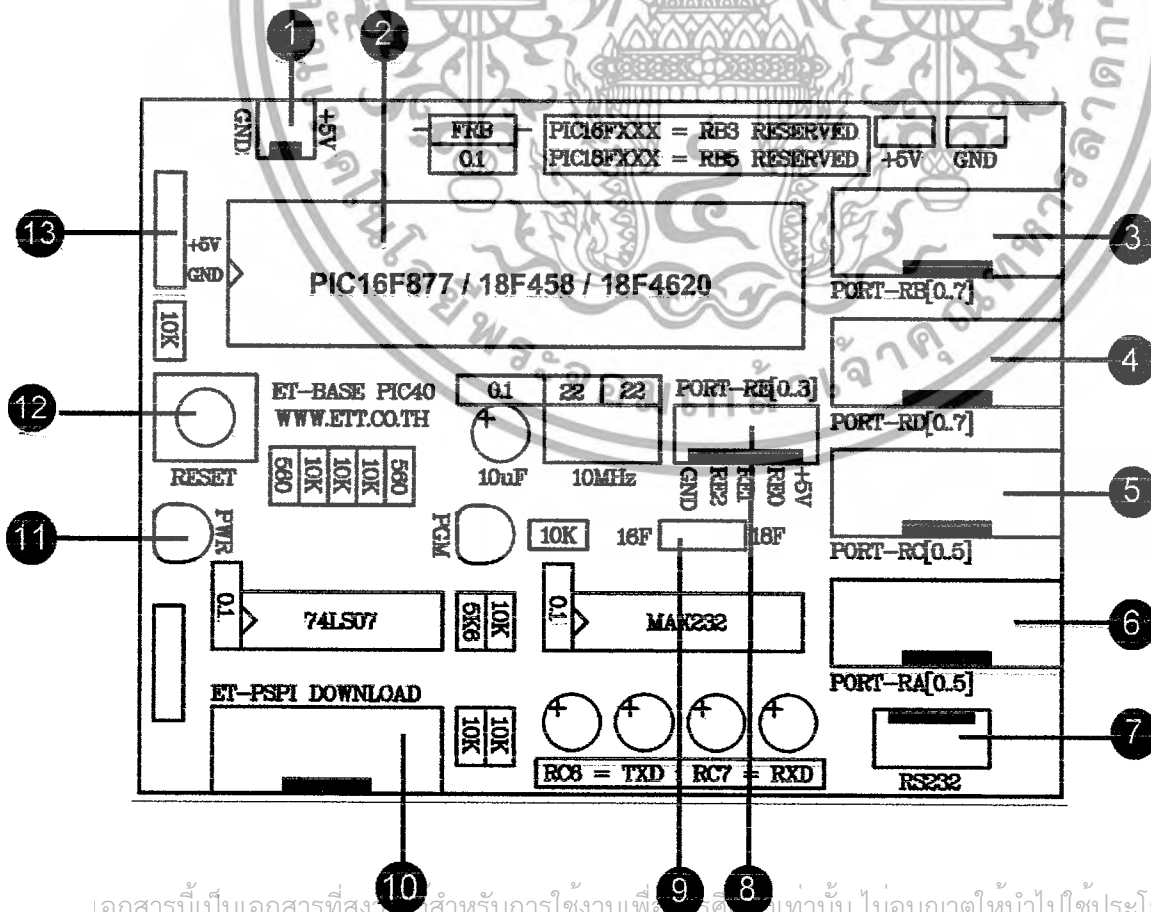
ET-BASE PIC 40

ET-BASE PIC40 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC ขนาด 40 PIN ของบริษัท Microchip ซึ่งในเวอร์ชันนี้ได้นำเอา PIC MCU มาจัดวงจรใช้งานให้มีขนาดกะทัดรัดโดยเน้นการใช้งานทรัพยากรของ PIC MCU เป็นหลัก นอกจากนี้ยังออกแบบให้สนับสนุนการนำไปใช้งานร่วมกับบอร์ดทดลอง “ET-BASIC IO” อีกด้วย

คุณสมบัติของบอร์ด

- รองรับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 PIN คือ PIC16F877 ,PIC18F458 และ PIC18F4620
- สัญญาณนาฬิกาคริสตอลออสซิลเลเตอร์ขนาด 10 MHz
- I/O Port ขนาด 10 PIN (จัดเรียงตามมาตรฐานของ อีทีที) จำนวน 4 พอร์ต
- I/O Port ขนาด 5 PIN จำนวน 1 พอร์ต
- ชุดวงจรไคร์ฟเวอร์ RS232 จำนวน 1 พอร์ต
- ชุดวงจรดาวน์โหลดแบบแรงดันต่ำ (Low Voltage Programming)
- ขั้วต่อแรงดันไฟ VCC และ GND

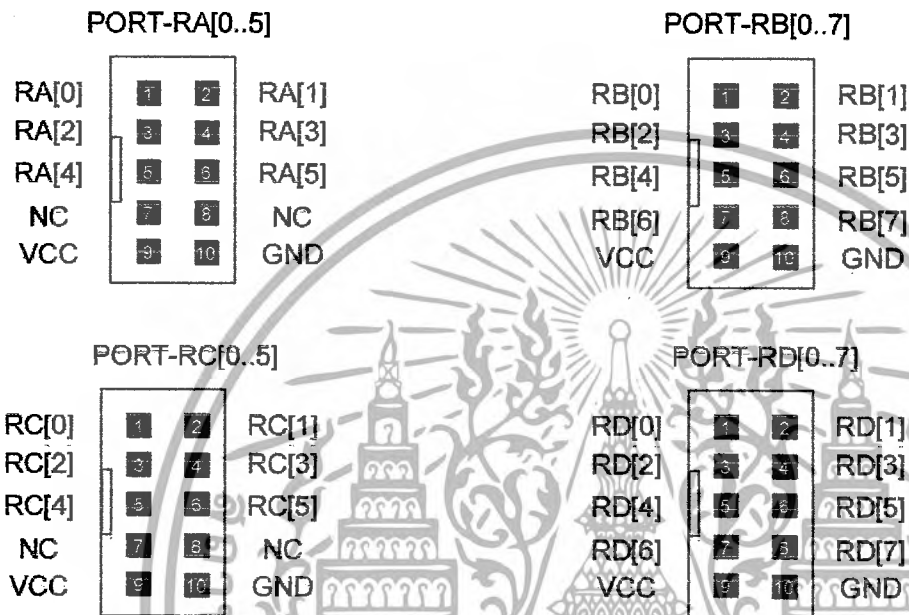
โครงสร้างบอร์ด ET-BASE PIC40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

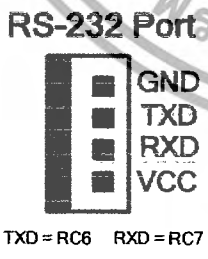
อธิบายรายละเอียดตามหมายเลขต่างๆ ดังนี้

- หมายเลข 1 ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟ
- หมายเลข 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 40 PIN รองรับ PIC16F877, PIC18F458 และ PIC18F4620
- หมายเลข 3,4,5 และ 6 เป็นพอร์ตของขาสัญญาณ I/O ของ PIC MCU คือ PORT-RA , PORT-RB, PORT-RC และ PORT-RD ตามลำดับ โดยจะมีการจัดเรียงขาสัญญาณดังรูปต่อไปนี้



หมายเหตุ ขาสัญญาณ RB3 (กรณี PIC16F877) หรือ RB5 (กรณี PIC18F458 และ PIC18F4620) จะถูกสงวนไว้สำหรับฟังก์ชันการโปรแกรมไม่สามารถใช้งานได้ ส่วน RB6 และ RB7 ให้ถอดสายสัญญาณความถี่ไหลออกก่อนจึงจะใช้งานได้

- หมายเลข 7 พอร์ต RS232 จัดเรียงสัญญาณดังนี้



- หมายเลข 8 ขาสัญญาณ PORTE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

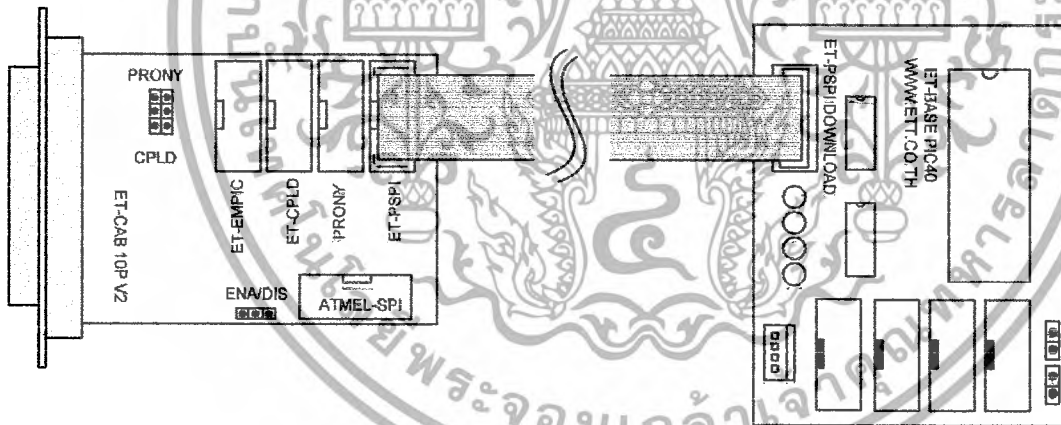
- หมายเลข 9 จัมป์เปอร์เลือกการใช้งาน PIC MCU โดยสามารถเลือกได้ 2 แบบดังนี้
 - 16F คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 40 PIN เบอร์ PIC16F877
 - 18F คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 40 PIN เบอร์ PIC18F458 และ PIC18F4620

16F  18F

- หมายเลข 10 พอร์ตสัญญาณสำหรับคาวาน์โหนดโปรแกรม
- หมายเลข 11 LED แสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟภายในบอร์ด
- หมายเลข 12 สวิตช์ RESET โปรแกรม
- หมายเลข 13 ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟ สำหรับใช้ร่วมกับบอร์ด ET-BASIC I/O

การโปรแกรมซอร์สโค้ด (Hex File)

จะใช้ซอฟต์แวร์ WinPic800 โดยจะต้องทำการเชื่อมต่อสายสัญญาณคาวาน์โหนด ระหว่างบอร์ด กับคอมพิวเตอร์ โดยผ่าน ET-CAB 10P ดังนี้



ข้อแนะนำเบื้องต้น

- ตรวจสอบการเชื่อมต่อของสายสัญญาณต่างๆ
- ตรวจสอบการจ่ายพลังงานให้กับบอร์ด
- ตรวจสอบการเลือกจัมป์เปอร์ 16F/18F ว่าถูกต้องตรงตามเบอร์ที่ใช้หรือไม่
- บอร์ดรับแรงดันไฟได้ 5 VDC ระวังห้ามจ่ายไฟเกิน
- ขาสัญญาณ RB6, RB7 หากไม่สามารถใช้งาน ได้ให้ถอดสายสัญญาณคาวาน์โหนดออก จึงจะสามารถใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124, LM124A, LM224, LM224A, LM324, LM324A, LM2902, LM2902V, LM224K, LM224KA, LM324K, LM324KA, LM2902K, LM2902KV, LM2902KAV

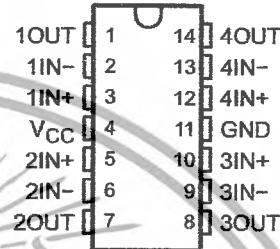
QUADRUPLE OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS066R - SEPTEMBER 1975 - REVISED JANUARY 2005

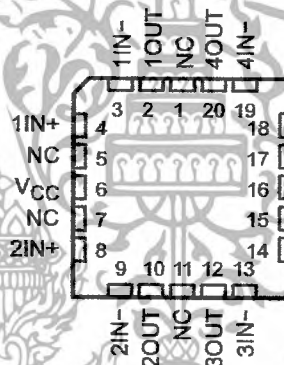
- **2-kV ESD Protection for:**
 - LM224K, LM224KA
 - LM324K, LM324KA
 - LM2902K, LM2902KV, LM2902KAV
- **Wide Supply Ranges**
 - Single Supply . . . 3 V to 32 V (26 V for LM2902)
 - Dual Supplies . . . ± 1.5 V to ± 16 V (± 13 V for LM2902)
- **Low Supply-Current Drain Independent of Supply Voltage . . . 0.8 mA Typ**
- **Common-Mode Input Voltage Range Includes Ground, Allowing Direct Sensing Near Ground**
- **Low Input Bias and Offset Parameters**
 - Input Offset Voltage . . . 3 mV Typ
A Versions . . . 2 mV Typ
 - Input Offset Current . . . 2 nA Typ
 - Input Bias Current . . . 20 nA Typ
A Versions . . . 15 nA Typ
- **Differential Input Voltage Range Equal to Maximum-Rated Supply Voltage . . . 32 V (26 V for LM2902)**
- **Open-Loop Differential Voltage Amplification . . . 100 V/mV Typ**
- **Internal Frequency Compensation**

LM124 . . . D, J, OR W PACKAGE
LM124A . . . J PACKAGE
LM224, LM224A, LM224K, LM224KA . . . D OR N PACKAGE
LM324, LM324K . . . D, N, NS, OR PW PACKAGE
LM324A . . . D, DB, N, NS, OR PW PACKAGE
LM324KA . . . D, N, NS, OR PW PACKAGE
LM2902 . . . D, N, NS, OR PW PACKAGE
LM2902K . . . D, DB, N, NS, OR PW PACKAGE
LM2902KV, LM2902KAV . . . D OR PW PACKAGE

(TOP VIEW)



LM124, LM124A . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC - No internal connection

description/ordering information

These devices consist of four independent high-gain frequency-compensated operational amplifiers that are designed specifically to operate from a single supply over a wide range of voltages. Operation from split supplies also is possible if the difference between the two supplies is 3 V to 32 V (3 V to 26 V for the LM2902), and V_{CC} is at least 1.5 V more positive than the input common-mode voltage. The low supply-current drain is independent of the magnitude of the supply voltage.

Applications include transducer amplifiers, dc amplification blocks, and all the conventional operational-amplifier circuits that now can be more easily implemented in single-supply-voltage systems. For example, the LM124 can be operated directly from the standard 5-V supply that is used in digital systems and provides the required interface electronics, without requiring additional ± 15 -V supplies.

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

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**LM124, LM124A, LM224, LM224A, LM324, LM324A, LM2902, LM2902V,
LM224K, LM224KA, LM324K, LM324KA, LM2902K, LM2902KV, LM2902KAV**
QUADRUPLE OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS066R - SEPTEMBER 1975 - REVISED JANUARY 2005

description/ordering information (continued)

ORDERING INFORMATION

TA	V _{IO} max AT 25°C	MAX TESTED V _{CC}	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING	
0°C to 70°C	7 mV	30 V	PDIP (N)	Tube of 25	LM324N	LM324N	
						LM324KN	LM324KN
			SOIC (D)	Tube of 50	LM324D	LM324	
				Reel of 2500	LM324DR		
				Tube of 50	LM324KD	LM324K	
				Reel of 2500	LM324KDR		
			SOP (NS)	Reel of 2000	LM324NSR	LM324	
				Tube of 50	LM324KNS	LM324K	
				Reel of 2000	LM324KNSR		
	TSSOP (PW)	Tube of 90	LM324PW	L324			
		Reel of 2000	LM324PWR	L324K			
		Tube of 90	LM324KPW				
		Reel of 2000	LM324KPWR				
	-25°C to 85°C	3 mV	30 V	PDIP (N)	Tube of 25	LM324AN	LM324AN
							LM324KAN
				SOIC (D)	Tube of 50	LM324AD	LM324A
					Reel of 2500	LM324ADR	
					Tube of 50	LM324KAD	LM324KA
Reel of 2500					LM324KADR		
SOP (NS)				Reel of 2000	LM324ANSR	LM324A	
				Tube of 50	LM324KANS	LM324KA	
				Reel of 2000	LM324KANSR		
SSOP (DB)		Reel of 2000	LM324ADBR	LM324A			
		Tube of 90	LM324APW	L324A			
		Reel of 2000	LM324APWR	L324KA			
Tube of 90		LM324KAPW					
		Reel of 2000	LM324KAPWR				
5 mV		30 V	PDIP (N)	Tube of 25	LM224N	LM224N	
						LM224KN	LM224KN
			SOIC (D)	Tube of 50	LM224D	LM224	
				Reel of 2500	LM224DR		
	Tube of 50			LM224KD	LM224K		
	Reel of 2500			LM224KDR			
	3 mV		30 V	PDIP (N)	Tube of 25	LM224AN	LM224AN
							LM224KAN
				SOIC (D)	Tube of 50	LM224AD	LM224A
Reel of 2500		LM224ADR					
Tube of 50		LM224KAD			LM224KA		
Reel of 2500		LM224KADR					

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

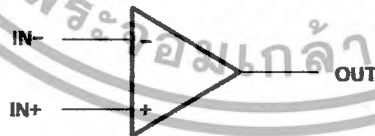
**LM124, LM124A, LM224, LM224A, LM324, LM324A, LM2902, LM2902V,
LM224K, LM224KA, LM324K, LM324KA, LM2902K, LM2902KV, LM2902KAV**
QUADRUPLE OPERATIONAL AMPLIFIERS
SLOS066R – SEPTEMBER 1975 – REVISED JANUARY 2005

ORDERING INFORMATION (CONTINUED)

T _A	V _{IOMAX} AT 25°C	MAX TESTED V _{CC}	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
-40°C to 125°C	7 mV	26 V	PDIP (N)	Tube of 25	LM2902N	LM2902N
				Tube of 25	LM2902KN	LM2902KN
			SOIC (D)	Tube of 50	LM2902D	LM2902
				Reel of 2500	LM2902DR	
				Tube of 50	LM2902KD	LM2902K
				Reel of 2500	LM2902KDR	
		SOP (NS)	Reel of 2000	LM2902NSR	LM2902	
			Tube of 50	LM2902KNS	LM2902K	
		SSOP (DB)	Reel of 2000	LM2902KNSR		L2902K
			Tube of 80	LM2902KDB		
		TSSOP (PW)	Tube of 90	LM2902PW	L2902	
			Reel of 2000	LM2902PWR		
	Tube of 90		LM2902KPW	L2902K		
	Reel of 2000		LM2902KPWR			
	32 V	SOIC (D)	Reel of 2500	LM2902KVQDR	L2902KV	
		TSSOP (PW)	Reel of 2000	LM2902KVQPWR	L2902KV	
	2 mV	32 V	SOIC (D)	Reel of 2500	LM2902KAVQDR	L2902KA
			TSSOP (PW)	Reel of 2000	LM2902KAVQPWR	L2902KA
-55°C to 125°C	5 mV	30 V	CDIP (J)	Tube of 25	LM124J	LM124J
			GFP (W)	Tube of 25	LM124W	LM124W
			LCCC (FK)	Tube of 55	LM124FK	LM124FK
			SOIC (D)	Tube of 50	LM124D	LM124
	Reel of 2500	LM124DR				
	2 mV	30 V	CDIP (J)	Tube of 25	LM124AJ	LM124AJ
LCCC (FK)			Tube of 55	LM124AFK	LM124AFK	

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

symbol (each amplifier)

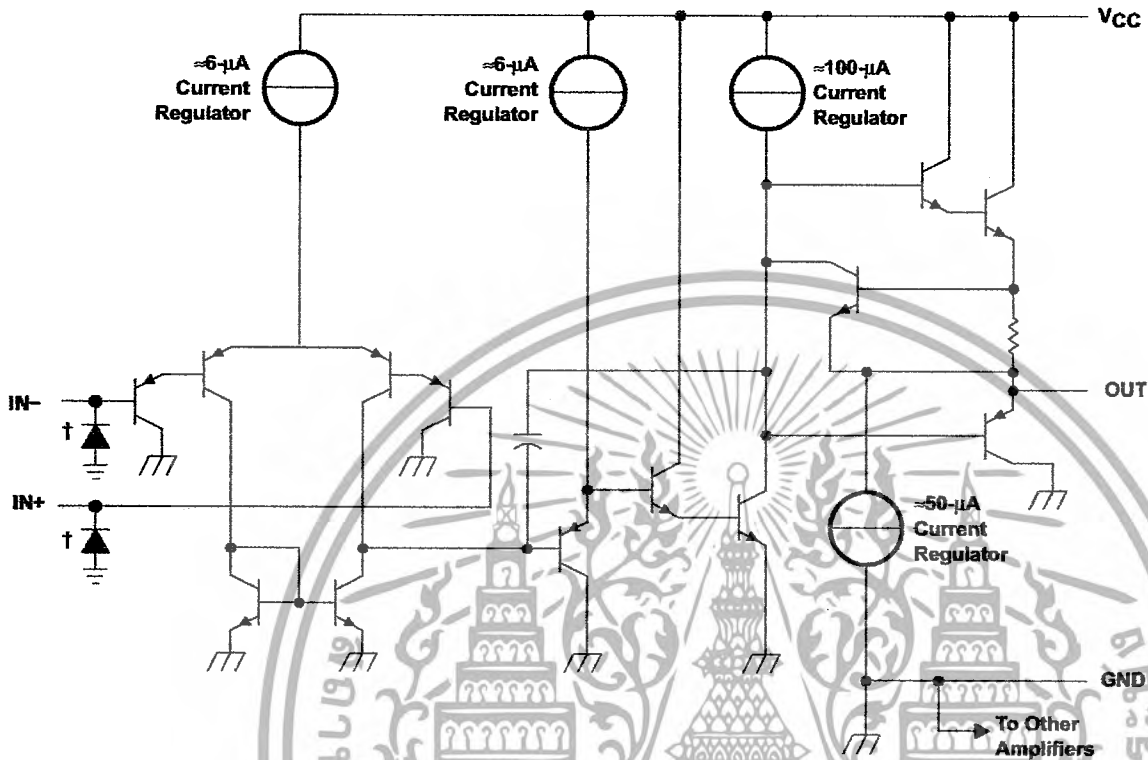


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**LM124, LM124A, LM224, LM224A, LM324, LM324A, LM2902, LM2902V,
LM224K, LM224KA, LM324K, LM324KA, LM2902K, LM2902KV, LM2902KAV**
QUADRUPLE OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS066R - SEPTEMBER 1975 - REVISED JANUARY 2005

schematic (each amplifier)



COMPONENT COUNT (total device)	
Epi-FET	1
Transistors	95
Diodes	4
Resistors	11
Capacitors	4

† ESD protection cells - available on LM324K and LM324KA only



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้