

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบไฟฉุกเฉินโดยใช้ LED
Emergency Lighting Using LED



โดย
นาย กนกพัฒน์ บัวเลิศ
นาย กระพันธ์ เกิดผล
นาย จดพล พงศ์ศิริศาสตร์

รฟ
๗/๑๔๖
๑๕๕๙

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 71943
วัน,เดือน,ปี..... - 6 ส.ย. 2550

b. 1๗๖๐๑๑๐
i.....

ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2549

ระบบไฟฉุกเฉินโดยใช้ LED
Emergency Lighting Using LED



อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สุพัฒน์ กิตติรัตนสัจจา
ดร.สมภาพ ผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2549

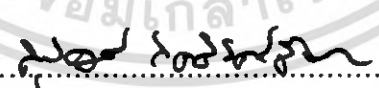
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

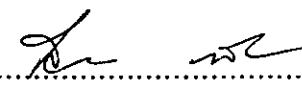
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบไฟฉุกเฉินโดยใช้ LED

ผู้จัดทำ

- 
1. นาย กนกพัฒน์ บัวเลิศ
 2. นาย กระพันธ์ เกิดผล
 3. นาย จตุพล พงศ์ศิริศาสตร์


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุตพัฒน์ กิตติรัตนสัจจา)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร. สมภพ ผลไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบไฟฉุกเฉินโดยใช้ LED

นาย กนกพัฒน์ บัเวลิต

นาย กระพัน เกิดผล

นาย จตุพล พงศ์ศิริศาสตร์

ผศ.ดร. สุพัฒน์ กิตติรัตนัสัจจา อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. สมภพ ผลไม้

อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอเกี่ยวกับไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง ซึ่งประกอบด้วย วงจรสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ วงจรอัดประจุไฟฟ้าแบบอัดประจุด้วยกระแสสูง เพื่ออัดประจุแบตเตอรี่และวงจรขับหลอดแอลอีดี กำลังสูงซึ่งใช้วงจรบั๊กคอนเวอเตอร์ เมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟดับ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจร ทำให้ไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูงทำงาน โดยใช้รีเลย์ตรวจจับสถานะไฟฟ้าและส่งให้ แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง ไปยังหลอดแอลอีดีกำลังสูงเพื่อให้ หลอดสว่างและเมื่อสภาวะปกติสามารถให้หลอดแอลอีดีกำลังสูงทำงานได้ด้วยวงจรออฟไลน์

โครงการนี้ได้ทำการพัฒนาและศึกษาการทำงานของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ในวงจร อัดประจุไฟฟ้า วงจรบั๊กคอนเวอเตอร์ แล้วทำการออกแบบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ รวมทั้งจำลอง การทำงานด้วยโปรแกรม Pspice หลังจากนั้นทำการสร้างไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลัง สูงให้ได้ตามมาตรฐานไฟฉุกเฉินของ วสท.และทำการทดสอบสมรรถนะ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยส่งเสียเงินทองจำนวนมากและเลี้ยงดูคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุพัฒน์ กิตติรัตน์สัจจา และ ดร.สมภพ ผลไม้ ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ให้คำปรึกษา อบรมสั่งสอนทั้งในเรื่องโครงการตลอดจนการใช้ชีวิตในสังคม ตลอดจนอาจารย์ภายในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน

ขอขอบคุณบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ให้ความสะดวกสบายในการเยี่ยมชมอุปกรณ์ทดลอง พร้อมให้คำแนะนำ

ขอขอบคุณพี่ๆ นักศึกษาปริญญาโทและพี่นักศึกษา3W ภายในห้อง PEARL LAB ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในทุกๆด้าน

ขอขอบคุณเพื่อนภาควิชาไฟฟ้าทุกคน ที่คอยให้กำลังใจกันเสมอมา

และที่สำคัญขอขอบคุณสมาชิกในกลุ่มที่ร่วมกันแก้ปัญหาและอุปสรรคต่างๆจนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำ

นาย กนกพัฒน์ บัวเลิศ

นาย กระพันธ์ เกิดผล

นาย จตุพล พงศ์ศิริศาสตร์

Emergency Lighting Using LED

Kanokpat Bualert

Kraphan kerdpol

Jatupol Pongsirisart

Asst. Prof. Dr. Supat Kittiratsutcha Advisor

Dr. Sompob Polmai Advisor

2006

ABSTRACT

This project presents an emergency light system using high power LEDs. The system comprises of flyback converter, charger and LED driver. The charger is used to charge a Ni-MH battery pack with high current and is supplied by the flyback converter. The LED driver is a buck converter deriving power to the LEDs from the battery. When there is an interruption, the relay contact will change status. Consequently, the LED drivers are connected to the battery and the LEDs are ignited. This project studies the principle of flyback converter and the buck converter. The circuit's parameters have been designed and simulated using Pspice program. A prototype is built for verifications.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญรูปภาพ	III
สารบัญตาราง	IV
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ.....	1
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ทฤษฎีของไฟฉุกเงินทั่วไป.....	4
2.2 หลอดฮาโลเจน.....	5
2.3 หลอด High Power LED.....	7
2.4 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง.....	9
2.4.1 วงจรบั๊กคอนเวอเตอร์หรือวงจรลดทอนแรงดัน.....	10
2.5 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของแหล่งจ่ายไฟสวิตชิง.....	10
2.6 รูปแบบและหลักการการทำงานของแหล่งจ่ายไฟสวิตชิง.....	12
2.6.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	12
2.7 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	13
2.7.1 โหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Current Mode: DCM).....	13
2.7.2 โหมดกระแสต่อเนื่อง (Continuous Current Mode: CCM).....	14
2.8 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น.....	15
2.9 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของหม้อแปลงความถี่สูง.....	16
2.9.1 ส่วนประกอบของหม้อแปลงความถี่สูง.....	17
2.9.2 การพันขดลวดทองแดงและการกำหนดขนาดของขดลวด.....	19
2.9.3 ผลกระทบของช่องอากาศในหม้อแปลงความถี่สูง.....	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.10 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรฟิลเตอร์.....	20
2.11 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรสับเบอร์.....	21
2.11.1 วงจรสับเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส (Turn off Snubber).....	21
2.11.2 วงจรสับเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน (Clamp Snubber).....	22
2.12 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรอัดประจุไฟฟ้า.....	22
2.12.1 การอัดประจุแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charging).....	23
2.12.2 การอัดประจุแบบกระแสคงที่ (Constant Current Charging).....	23
2.12.3 การอัดประจุแบบลดค่ากระแส (Tapered Current Charging).....	23
2.12.4 การอัดประจุแบบรวม (Combination Charging: two-step).....	23
2.13 แบตเตอรี่แบบอัดประจุได้.....	24
2.13.1 แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม (Ni-Cd).....	24
2.13.2 แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH).....	24
2.13.3 แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน (Li-ion).....	25
2.13.4 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด (Lead – acid battery).....	25
2.13.5 แบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ.....	26
2.14 ทฤษฎีทางการส่องสว่าง.....	28
2.14.1 ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux ; ϕ).....	28
2.14.2 ความเข้มแสง.....	28
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง.....	29
3.1 การออกแบบโครงสร้างของไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอด High Power LED.....	29
3.2 การออกแบบหลอด High Power LED และขนาดแบตเตอรี่ในการใช้งาน.....	31
3.2.1 การออกแบบหลอด High Power LED.....	31
3.2.2 การขนาดแบตเตอรี่ในการใช้งาน.....	31
3.3 การออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	33
3.3.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โหมดกระแสต่อเนื่อง.....	33
3.3.2 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง.....	34
3.4 การออกแบบวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น.....	38
3.4.1 อัตราการทนกระแสระลอกของตัวเก็บประจุ (RMS Ripple Current Rating).....	38
3.4.2 ค่าแรงดันกระเพื่อมที่เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส (Ripple Voltage).....	38
3.4.3 ช่วงเวลาโฮลด์อัพที่ต้องการ (Hold-up time).....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.4.4 อัตราทนแรงดันของตัวเก็บประจุ.....	38
3.4.5 ขนาดและราคา.....	39
3.5 การออกแบบวงจรสับเบอร์.....	39
3.6 การออกแบบวงจรตัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่.....	40
3.7 การออกแบบวงจรขับหลอด.....	43
3.8 การออกแบบวงจรตรวจจับแรงดัน.....	47
3.9 การออกแบบวงจรรอไฟไลน์.....	47
บทที่ 4 ผลการจำลองวงจรในโปรแกรม Pspice.....	50
4.1 การจำลองแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	50
บทที่ 5 ผลการทดลองจากการออกแบบสร้างวงจร.....	54
5.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	54
5.2 วงจรตัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่.....	58
5.3 วงจรรอไฟไลน์.....	63
5.4 วงจรขับหลอด.....	64
5.5 วงจรตรวจจับแรงดัน.....	66
5.6 การคายประจุของแบตเตอรี่.....	68
5.7 การวัดค่าความส่องสว่าง.....	69
บทที่ 6 วิจารณ์และบทสรุป.....	70
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	

สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงรูปไฟฉุกเฉิน.....	4
2.2 แสดงหลอดฮาโลเจน.....	5
2.3 แสดงลักษณะของหลอด LED กำลังสูงแบบ Luxeon Emitter.....	7
2.4 แสดงลักษณะการกระจายแสงหลอด LED กำลังสูงแบบ Lambertian.....	7
2.5 แสดงความยาวคลื่นสเปกตรัมของหลอด LED กำลังสูงแบบ White.....	8
2.6 แสดงวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง.....	9
2.7 แสดงแรงดันไฟฟ้าของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง.....	9
2.8 แสดงวงจรบัคคอนเวอเตอร์.....	10
2.9 แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น.....	10
2.10 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	12
2.11 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	13
2.12 แสดงสัญญาณกระแสไฟฟ้าของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง(DCM).....	14
2.13 แสดงสัญญาณของกระแสไฟฟ้าของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ ในโหมดกระแสต่อเนื่อง(CCM).....	15
2.14 แสดงวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอด พร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ.....	16
2.15 แสดงวงจร LC ฟิลเตอร์เพื่อลดสัญญาณรบกวน RFI.....	20
2.16 แสดงการต่อวงจรสแน็บเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส.....	22
2.17 แสดงการต่อวงจรสแน็บเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน.....	22
3.1 แสดงแผนภาพการทำงานของระบบไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง.....	30
3.2 แสดงลักษณะการวางหลอดแอลอีดีกำลังสูง.....	31
3.3 แสดงวงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าในวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	33
3.4 แสดงไอซีเบอร์ NCP1052.....	36
3.5 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โดยใช้ NCP1052.....	37
3.6 แสดงแผ่น PCB ของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์.....	37
3.7 แสดงแผ่น PCB ของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ที่มีเฉพาะลายทองแดง.....	38
3.8 แสดงไอซีเบอร์ MC33342.....	40

รูปที่	หน้า
3.9 แสดงวงจรอัดประจุไฟฟ้าโดยใช้ MC33342.....	41
3.10 แสดงแผ่น PCB ของวงจรอัดประจุไฟฟ้า.....	42
3.11 แสดงแผ่น PCB ของวงจรอัดประจุไฟฟ้าโดยมีเฉพาะลายทองแดง.....	43
3.12 แสดงภายในของไอซี MC34063.....	44
3.13 แสดงวงจรขับหลอดโดยใช้ MC34063.....	46
3.14 แสดงแผ่น PCB ของวงจรขับหลอด.....	46
3.15 แสดงแผ่น PCB ของวงจรขับหลอดโดยเฉพาะที่มีลายทองแดง.....	46
3.16 แสดงวงจรตรวจจับแรงดัน.....	47
3.17 แสดงวงจรรีเลย์.....	47
3.18 แสดงวงจรออฟไลน์.....	48
3.19 แสดงแผ่น PCB ของวงจรตรวจจับแรงดันและวงจรออฟไลน์ โดยเฉพาะที่มีลายทองแดง.....	49
4.1 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ จำลองด้วยโปรแกรม Pspice.....	50
4.2 แสดงสัญญาณแรงดันขาออกของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ ซึ่งมีค่าประมาณ 15.35 โวลต์.....	51
4.3 แสดงสัญญาณระลอกคลื่นแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกของ วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์อยู่ระหว่าง 15.433 โวลต์ ถึง 15.625 โวลต์.....	51
4.4 แสดงสัญญาณกระแสขาออกของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ ซึ่งมีค่าประมาณ 300 มิลลิแอมป์.....	52
4.5 แสดงสัญญาณระลอกคลื่นกระแสด้านขาออกของ วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์อยู่ระหว่าง 302.257 ถึง 302.267 มิลลิแอมป์.....	52
4.6 สัญญาณสูงสุดที่ขดลวด L1 ด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงวงจรฟลายแบค คอนเวอเตอร์ซึ่งมีค่าประมาณ 160 มิลลิแอมป์ ซึ่งก็คือ I_{peak} ของวงจร.....	53
4.7 สัญญาณกระแสสูงสุดที่ขดลวด L1 ด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงวงจร ฟลายแบคคอนเวอเตอร์ ซึ่งมีค่าประมาณ 160 มิลลิแอมป์ ซึ่งก็คือ I_{peak} ของวงจร.....	53
5.1 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์ NCP1052.....	54
5.2 สัญญาณแรงดันขาออกของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันกระแสสลับขาเข้า 180 โวลต์.....	55
5.3 สัญญาณแรงดันเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันกระแสสลับขาเข้า 220 โวลต์.....	55
5.4 สัญญาณแรงดันเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันกระแสสลับขาเข้า 260 โวลต์.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
5.5 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลด วงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 180 โวลต์.....	56
5.6 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลด วงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 220 โวลต์.....	57
5.7 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลด วงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 260 โวลต์.....	57
5.8 แสดงวงจรอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่โดยใช้ไอซีเบอร์ MC33342.....	58
5.9 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 180 โวลต์.....	59
5.10 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 220 โวลต์.....	59
5.11 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 260 โวลต์.....	60
5.12 แสดงข้อมูลของแรงดันและกระแสที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่จนเต็ม.....	62
5.13 แสดงวงจรออฟไลน์.....	63
5.14 แสดงสัญญาณจากวงจรออฟไลน์ ณ แรงดันอินพุต 220 โวลต์.....	63
5.15 แสดงวงจรขับหลอดโดยใช้ MC34063.....	64
5.16 แสดงสัญญาณจากวงจรขับหลอด	65
5.17 แสดงวงจรตรวจจับแรงดัน.....	66
5.18 แสดงวงจรรีเลย์.....	66
5.19 แสดงสัญญาณจากรีเลย์ที่ใช้ตรวจจับแรงดัน ณ แรงดันอินพุต 54.2 โวลต์.....	66
5.20 แสดงสัญญาณจากรีเลย์ที่ใช้ตรวจจับแรงดัน ณ แรงดันอินพุต 72 โวลต์.....	67
5.21 แสดงข้อมูลของแรงดันและกระแสที่ใช้ในการคายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่.....	69
5.22 แสดงข้อมูลของแรงดันและกระแสที่จ่ายให้กับหลอด High Power LED ต่อ1ดวงโคม....	69

IV

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงค่า Absolute Maximum Ratings ของหลอด LED กำลังสูง แบบ Lambertian สีขาว.....	8
2.2 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างแหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น.....	11
2.3 แสดงขนาดเส้นลวดจาก Standard Wire Gauge (SWG).....	18
2.4 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลคุณสมบัติต่างๆ ของแบบอัดประจุไฟ ชนิดต่างๆ โดยใช้แบตเตอรี่อัลคาไลน์เป็นตัวอ้างอิง.....	26
2.5 แสดงข้อดีและข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ และชนิดลิเทียมไอออน.....	27
5.1 แสดงข้อมูลของกระแสและแรงดันที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่.....	61
5.2 แสดงข้อมูลของกระแสและแรงดันที่ใช้ในการคายประจุแบตเตอรี่.....	68
6.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างไฟฟ้าฉุกเฉินตามมาตรฐานของ วสท. และไฟฟ้าฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง.....	71

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ระบบไฟฟ้าในปัจจุบันนี้ถือได้ว่าเข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ไปแล้ว เพื่อให้สามารถตอบสนองกับอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยบางสถานที่นั้นจะต้องมีความน่าเชื่อถือเชื่อถือในระบบไฟฟ้ามาก ก็จะต้องมีการสำรองไฟฟ้าทั้งจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงหรือแบตเตอรี่ เป็นต้น เพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดสามารถที่จะทำงานต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง เช่น โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ และสถานที่สำคัญต่างๆ เป็นต้น อีกระบบหนึ่งที่จะต้องให้ความสำคัญก็คือระบบแสงสว่างเพราะสถานที่บางแห่งต้องการแสงสว่างตลอดเวลา เพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน จึงได้มีการคิดระบบไฟฉุกเฉินขึ้น ณ สภาวะปกติจะทำการเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ โดยผ่านวงจรอัดประจุไฟฟ้า และสามารถที่จะทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับหลอดได้ทันที ในกรณีที่ไฟฟ้าดับ

ในโครงการนี้ได้ประยุกต์นำหลอดแอลอีดีกำลังสูง มาใช้แทนหลอดฮาโลเจน ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อเทียบกับหลอดฮาโลเจน อายุการใช้งานมากกว่า เพื่อจะได้ใช้งานได้ระยะเวลานานกว่าเดิมเมื่อใช้พลังงานเท่ากัน และหลอดชนิดนี้กำลังจะเข้ามาแทนหลอดไฟทั่วไปในอนาคตข้างหน้า

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อทำการศึกษาการทำงานของแหล่งจ่ายไฟสวิตซ์ชนิดฟลายแบคคอนเวอเตอร์

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการทำงานของหม้อแปลงความถี่สูงของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

1.2.3 เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการของวงจรอัดประจุไฟฟ้าและคายพลังงานของแบตเตอรี่ชนิดที่สามารถอัดประจุใหม่ได้

1.2.4 เพื่อศึกษาการนำหลอดแอลอีดีกำลังสูงมาใช้ในการให้แสงสว่าง แทนหลอดไฟฟ้าทั่วไป

1.2.5 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของวงจรตรวจจับแรงดันที่นำรีเลย์มาประยุกต์ใช้งาน

1.2.6 เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้ประกอบในการออกแบบไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง(High Power LED Emergency Light)

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

1.3.1 วิเคราะห์ผลการศึกษาโดยใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

1.3.2 ออกแบบวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นและวงจรกรองสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.3.3 สร้างวงจรฟลายแบคคอนเวเตอร์โดยใช้หม้อแปลงความถี่สูง
- 1.3.4 ออกแบบและวิเคราะห์ผลของวงจรอัดประจุไฟฟ้าและแบตเตอรี่เพื่อหาความสามารถในการสำรองพลังงานของแบตเตอรี่ที่นำมาใช้งาน
- 1.3.5 ทำการออกแบบวงจรขับโหลดแอลอีดีกำลังสูงโดยใช้บั๊กคอนเวเตอร์
- 1.3.6 ทำการออกแบบวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟฟ้า
- 1.3.7 วิเคราะห์ผลของการทดสอบไฟดุกเงินโดยใช้โหลดแอลอีดีกำลังสูง ด้วยการจำลองเหตุการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้กับระบบไฟฟ้า

1.4 ขั้นตอนและวิธีการการดำเนินงาน

- 1.4.1 ศึกษาการทำงาน การจำลองและออกแบบสร้างวงจรฟลายแบคคอนเวเตอร์
- 1.4.2 ศึกษาและออกแบบสร้างหม้อแปลงความถี่สูงของวงจรฟลายแบคคอนเวเตอร์
- 1.4.3 วิเคราะห์ผลแรงดันเอาต์พุตของวงจรฟลายแบคคอนเวเตอร์ จากการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบก่อนเข้าสู่วงจร
- 1.4.4 ศึกษาการออกแบบสร้างวงจรอัดประจุไฟฟ้าและเลือกแบตเตอรี่เพื่อสำรองพลังงาน
- 1.4.5 ออกแบบสร้างวงจรขับโหลดแอลอีดีกำลังสูงโดยใช้วงจรบั๊กคอนเวเตอร์
- 1.4.6 ออกแบบสร้างวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟฟ้า
- 1.4.7 ออกแบบวงจรรักษาระดับแรงดันเพื่อนำมาขับโหลดแอลอีดีกำลังสูงด้วยการรับระดับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์
- 1.4.8 นำหลักการต่างๆมาสร้างและวิจารณ์ผลของไฟดุกเงินโดยใช้โหลดแอลอีดีกำลังสูงที่สามารถทำงานได้ทั้งสถานะออนไลน์และออฟไลน์ พร้อมทั้งทำการทดสอบสมรรถนะในการใช้งาน
- 1.4.9 วิเคราะห์ผลและสรุปผล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ด้านวิชาการ ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์จากการเรียนรู้ที่ผ่านมา ดังนี้
 - 1.5.1.1 เข้าใจพื้นฐานการทำงานของแหล่งจ่ายไฟชนิดต่างๆว่ามีข้อดี-ข้อเสียแตกต่างกันอย่างไร
 - 1.5.1.2 เข้าใจถึงหลักการทำงานและการออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวเตอร์
 - 1.5.1.3 เข้าใจถึงลักษณะการอัดประจุไฟฟ้าจากวงจรอัดประจุและการคายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่
 - 1.5.1.4 เข้าใจถึงคุณสมบัติของไฟดุกเงิน พร้อมกับการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ ดังเช่น โหลดแอลอีดีกำลังสูง มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.5.2 ด้านสังคม และจริยธรรม ดังนี้

1.5.2.1 ฝึกฝนการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงาน

1.5.2.2 เกิดความรับผิดชอบต่อนหน้าที่และตรงต่อเวลาเกี่ยวกับงานที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งจะเป็นการพัฒนาบุคลิกภาพให้สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีของไฟฉุกเฉินทั่วไป (Emergency Light)

ไฟฉุกเฉินทั่วไป มีหลักการทำงานคือ รับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ แล้วมีวงจรอัดประจุไฟฟ้า เพื่อสำรองไฟไว้ที่แบตเตอรี่ ซึ่งในไฟฉุกเฉินทั่วไปจะใช้แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด (Seal-Lead Acid) มีค่าแรงดันเท่ากับ 12 โวลต์ และความจุแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบไฟฉุกเฉินเอง ส่วนหลอดไฟเพื่อให้แสงสว่างในไฟฉุกเฉินทั่วไปจะใช้หลอดฮาโลเจนซึ่งมีแรงดันตกคร่อมประมาณ 12 โวลต์

แต่เมื่อมีเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องหรือไฟดับ ไฟฉุกเฉินจะสว่างทันที โดยมีตัวตรวจจับอยู่ว่ามีไฟฟ้าในสภาวะปกติหรือไม่ ถ้าไม่มีไฟฟ้า ไฟฉุกเฉินจะทำงานทันที ไฟฉุกเฉินทั่วไปจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงรูปไฟฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลอดฮาโลเจน (Halogen Bulb)

เป็นหลอดที่อาศัยการกำเนิดแสงจากความร้อนโดยการให้กระแสไหลผ่านไส้หลอดที่ทำด้วยทังสเตนจนร้อน แล้วเปล่งแสงออกมา เช่นเดียวกับหลอด incandescent ต่างกันตรงที่มีการบรรจุสารตระกูลฮาโลเจน ได้แก่ ไอโอดีน คลอรีน , โบรมีนและฟลูออรีนลงในหลอดแก้วที่ทำด้วยควอทซ์ สารที่เติมเข้าไปนี้จะป้องกันการระเหิดตัวของไส้หลอด ซึ่งทำงานที่อุณหภูมิสูงประมาณ 3000-3400 องศาเซลวิน ช่วยให้หลอดมีอายุยาวนานขึ้นกว่าหลอด incandescent ราว 2-3 เท่า คือ 1500-3000 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอด incandescent คือประมาณ 12 - 22 lm/w และสีของลำแสงขาวกว่าคือมีอุณหภูมิสีประมาณ 2800 องศาเซลวิน ทำให้มีค่าดัชนีความถูกต้องของสีสูงถึง 100% ปกติหลอดจะมีลักษณะยาวตรง แต่ก็มีรูปทรงอย่างอื่นเพื่อให้เหมาะกับลักษณะงานที่ต่างกัน เช่นหลอดที่ใช้ใน เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ หรือเครื่องฉายสไลด์ เป็นต้น

หลักการทำงาน

1. เมื่อมีกระแสไหลผ่านไส้หลอด ทังสเตนจะทำงานที่อุณหภูมิสูงประมาณ 3000 องศาเซลวิน ภายในหลอดแก้วควอทซ์ ที่มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 470 องศาเซลวิน ทำให้อนุภาคของทังสเตนระเหิดออกจากไส้หลอด
2. ระหว่างที่อนุภาคของทังสเตนซึ่งร้อน เคลื่อนที่ห่างจากไส้หลอด ก็จะรวมตัวกับอนุภาคหรือโมเลกุลของสารฮาโลเจน เมื่อเคลื่อนที่เข้าใกล้ผนังแก้วควอทซ์มากขึ้น ก็จะรวมตัวกับอนุภาคของสารฮาโลเจนมากยิ่งขึ้น
3. โมเลกุลที่เกิดจากการรวมกันของอนุภาคทังสเตนและสารฮาโลเจน เมื่ออุณหภูมิต่ำลงจะกลายเป็นโมเลกุลที่ไม่มีเสถียรภาพ และวิ่งเข้าหาไส้หลอด ระหว่างที่วิ่งเข้าหาไส้หลอดอนุภาคของสารฮาโลเจนจะแยกตัวออกจากโมเลกุลใหญ่ เนื่องจากความร้อน
4. เมื่อเข้าใกล้หลอดมากขึ้น อนุภาคของสารฮาโลเจนก็จะแยกตัวออกไปจนหมด เหลือแต่อนุภาคของทังสเตน วิ่งไปจับที่ไส้หลอด



รูปที่ 2.2 แสดงหลอดฮาโลเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวัง

1. หลอดฮาโลเจนทุกประเภท ห้ามใช้มือเปล่าจับตัวหลอดเด็ดขาด ถ้าจับแล้วต้องใช้ผ้าแห้งสะอาดชุบแอลกอฮอล์เช็ดให้ทั่ว แล้วปล่อยให้แห้ง จึงสามารถเปิดใช้งานได้มิฉะนั้นกระเปาะแก้วจะเกิดคราบสีดำปิดกั้นแสง ไม่สามารถใช้ได้อีกต่อไป
2. ห้ามจับหลอดขณะใช้งานเนื่องจากอุณหภูมิสูงมาก
3. หลอดฮาโลเจนแรงดันต่ำที่ใช้แรงดัน 12 หรือ 120 โวลต์ จำเป็นต้องใช้หม้อแปลง ถ้าแรงดันที่หลอดได้รับจากหม้อแปลง สูงกว่าที่กำหนด จะทำให้หลอดอายุสั้น
4. โคม downlight สำหรับหลอดฮาโลเจนแรงดันต่ำที่ไม่มีหม้อแปลงติดตั้งมาพร้อมจากโรงงาน หากผู้ติดตั้งวางหม้อแปลง บนฝ้าเพดานและไม่มีการป้องกันที่ดีพอ โดยอาจรู้เท่าไม่ถึงการณ์ อาจทำให้เกิดอัคคีภัยได้
5. อย่าติดตั้งหลอดฮาโลเจนใกล้กับวัสดุไวไฟเช่น กิ๊นเนอร์ , เบนซิน หรือวัสดุที่ไวต่อความร้อน
6. หลีกเลี่ยงการสัมผัสงานสะท้อนแสงของหลอดฮาโลเจน เพื่อป้องกันไม่ให้สาร Dichroic เสียหาย
7. การใช้อุปกรณ์หรือไฟกับหลอดฮาโลเจนอาจทำให้หลอดอายุสั้นลง ทั้งนี้หาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากแต่ละบริษัท ที่อาจมีข้อกำหนด การใช้อุปกรณ์หรือไฟต่างกัน

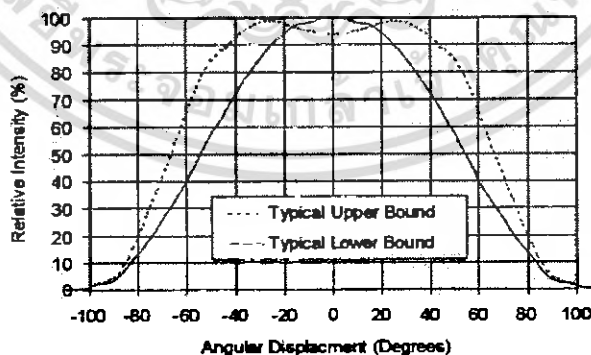
2.3 หลอด High Power LED



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของหลอด LED กำลังสูงแบบ Luxeon Emitter

มีวิวัฒนาการมาจากหลอด LED ซึ่งหลอด LED ได้ผลิตขึ้นในปี ค.ศ. 1962 และถูกนำไปใช้กับงานที่ให้ความสว่างต่ำมากๆ ปัจจุบันได้ถูกพัฒนามาเป็นหลอด High Power LED ซึ่งถูกนำมาใช้กับงานที่ไม่ต้องการความสว่างสูงมากนัก เช่น ระบบไฟฉุกเฉิน ไฟจราจร ไฟป้าย สัญญาณ และไฟตกแต่งสถานที่ต่างๆ เนื่องมาจากมีข้อดีหลายข้อดังนี้

1. มีประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างสูงกว่าหลอดไส้ และหลอดฮาโลเจน
2. อายุการใช้งานนานกว่า มากกว่า 100,000 ชั่วโมง
3. มีให้เลือกหลายสี คือ ขาว, เขียว, ฟ้าสด, เขียวน้ำเงิน, แดง, แดงส้ม, เหลืองอำพัน เป็นต้น
4. มีหลายรูปแบบการกระจายแสง คือ Lambertian, Batwing, Side Emitting และ Focusing
5. ทำงานที่ไฟฟ้ากระแสตรงระดับแรงดันต่ำ
6. อุณหภูมิที่เกิดขึ้นต่ำ ปลอดภัยเมื่อจับต้อง
7. ให้แสงสว่างได้เร็ว ต่ำกว่า 100 ns
8. ไม่มีการแผ่รังสีอัลตราไวโอเล็ต
9. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะการกระจายแสงหลอด LED กำลังสูงแบบ Lambertian

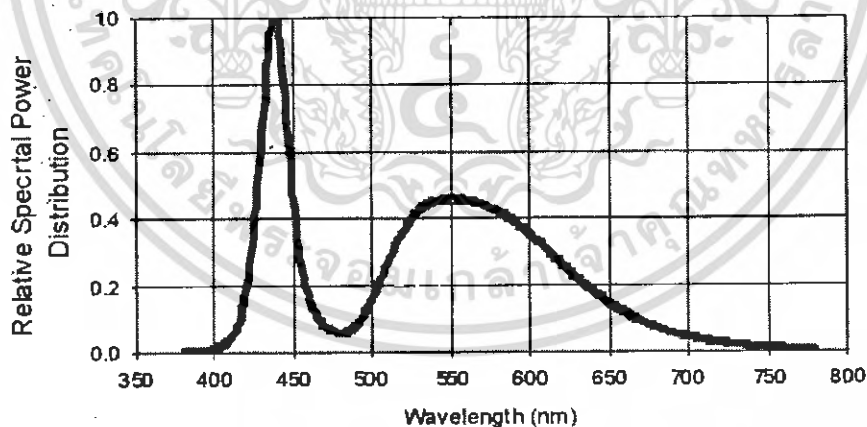
ข้อมูลของหลอดที่เลือกใช้งาน

เป็นหลอดที่มีรูปแบบการกระจายแสงแบบ Lambertian ดังรูปที่ 2.4 มีความสามารถในการให้แสงสว่างเท่ากับ 45 Lm/W Emission 140° และค่า Absolute Maximum Ratings ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่า Absolute Maximum Ratings ของหลอด LED กำลังสูงแบบ Lambertian สีขาว

Parameter	Rating	Units
DC Forward Current	350	mA
Peak Pulsed Forward Current	500	mA
Average Forward Current	350	mA
Forward Voltage	3.42	V
ESD sensitivity	± 16,000V HBM	°C
LED junction Temperature	135	°C
Storage Temperature	-40 to +120	°C
Soldering Temperature	260 for 5 seconds max	°C

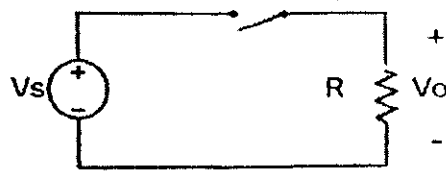
และความยาวคลื่นสเปกตรัมดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงความยาวคลื่นสเปกตรัมของหลอด LED กำลังสูงแบบ White

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง



รูปที่ 2.6 แสดงวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง

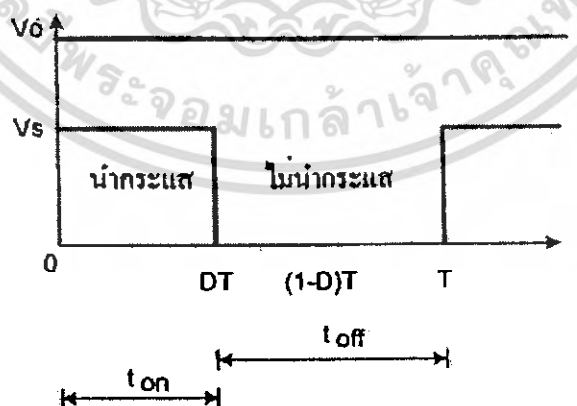
เป็นวงจรที่นิยมมากในงานอุตสาหกรรมและคอมพิวเตอร์ เพราะมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า วงจรแปลงกำลังเชิงเส้น เมื่อทำการออกแบบจะต้องคำนึงถึงความต้องการของแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุต ซึ่งจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการสวิตชิง เช่น มอสเฟต ไอจีบีที มีโหมดการทำงานคือ โหมดนำกระแส และหยุดนำกระแสดังรูปที่ 2.6

โดยที่ช่วงเวลานำกระแสกำหนดให้เป็น t_{on} และช่วงเวลาไม่นำกระแส t_{off} และช่วงเวลาหนึ่งคาบการสวิตชิงเท่ากับ T ได้ความสัมพันธ์

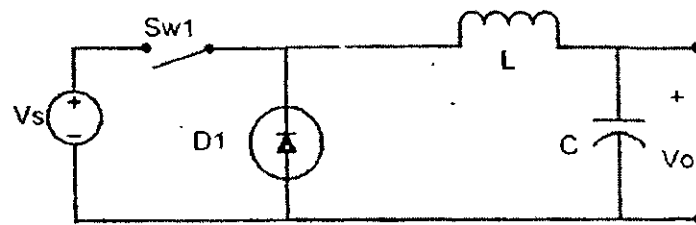
$$t_{on} + t_{off} = T \quad (2.1)$$

$$D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}}, t_{on} = DT, t_{off} = (1-D)T \quad (2.2)$$

โดยที่ D : Duty Cycle คือ อัตราส่วนของช่วงเวลาที่สวิตช์นำกระแสต่อช่วงเวลาหนึ่งคาบการสวิตชิง ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงแรงดันไฟฟ้าของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง



รูปที่ 2.8 แสดงวงจรบัคคอนเวอเตอร์

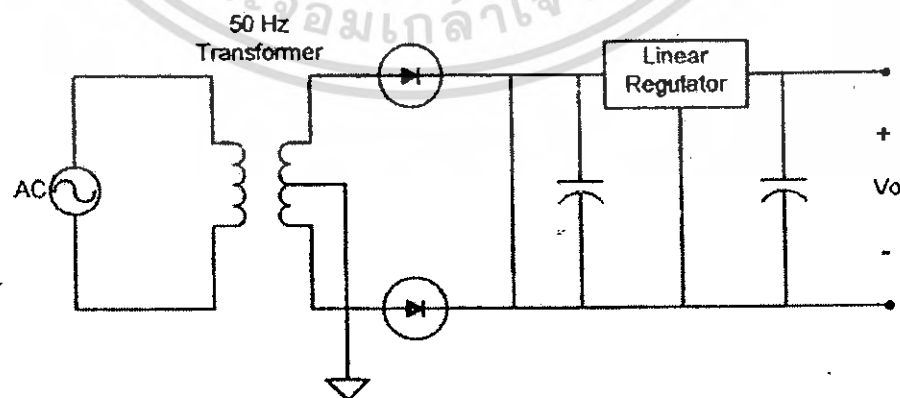
วงจรประเภทนี้ได้แก่ วงจรบัคคอนเวอเตอร์

2.4.1 วงจรบัคคอนเวอเตอร์หรือวงจรทอนแรงดัน เป็นวงจรที่ทำให้ได้แรงดันเอาต์พุตมีค่าต่ำกว่าแรงดันด้านอินพุต เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตมีความเป็นกระแสตรงมากยิ่งขึ้นนิยมใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ดังรูปที่ 2.8

จากรูปช่วงที่ Sw1 นำกระแสจะมีไฟฟ้กระแสตรงจากแหล่งจ่ายผ่านตัวเหนี่ยวนำ L ไปยังโหลด โดยที่กระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะไปเก็บที่ตัวเก็บประจุ และช่วงที่ Sw1 หยุดนำกระแส ไดโอดจะถูกไบแอสให้นำกระแส ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ เกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง

2.5 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของแหล่งจ่ายไฟสวิตซิ่ง

แหล่งจ่ายไฟสวิตซิ่งนั้น เป็นวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ที่แยกส่วนออกจากกันโดยใช้หม้อแปลงความถี่สูง ซึ่งพัฒนามาจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในอดีตซึ่งเป็นแบบเชิงเส้น ซึ่งแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบก่อนนั้นจะมีขนาดใหญ่เนื่องจากจะต้องใช้หม้อแปลงทำการปรับลดระดับแรงดันให้ได้ตามต้องการก่อน แล้วจึงผ่านวงจรเรียงกระแส ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พัฒนาไปมาก โดยเฉพาะอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจึงนิยมใช้แหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งมากกว่าเพราะมีขนาดเล็กลง สามารถพัฒนาใช้กับเครื่องมือติดต่อสื่อสาร เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กต่างๆ มากมายได้ เช่น เครื่องคิดเลข หรือแม้แต่คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค เป็นต้น ดังนั้นการออกแบบจะต้องกำหนดขนาดและคุณสมบัติต่างๆ ให้ถูกต้องและเหมาะสมก่อน เพื่อนำมาใช้ในการสร้างเพื่อให้สามารถทำงานตามความต้องการได้

แหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งนั้นนิยมที่จะนำมาทำการแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ไปเป็นแรงดันไฟฟ้าตรงอีกค่าหนึ่งตามต้องการ ซึ่งหม้อแปลงที่นำมาใช้จะต้องทนแรงดันได้ 220 โวลต์ เหมือนกันกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น แต่แหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งประสิทธิภาพจะสูงกว่า ขนาดเล็กกว่า และน้ำหนักน้อยกว่าแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น เพราะข้อจำกัดทางหม้อแปลงนั่นเอง แหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นนั้นจะมีหม้อแปลงที่ใหญ่และน้ำหนักมาก ส่วนใหญ่จะใช้ทาวเวอร์ทรานซิสเตอร์ต่ออนุกรมที่เอาต์พุตเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าและรักษาระดับแรงดัน จึงก่อให้เกิดความสูญเสียทางกำลังไฟฟ้าและความร้อนสูงทำให้ต้องใช้แผ่นระบายความร้อนขนาดใหญ่ ปกติแล้วประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นจะประมาณ 30% ถึง 50 % แต่ประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งจะประมาณ 65% ถึง 80% แหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งจะมีช่วงเวลาโวลต์อ็อป(หมายถึงช่วงเวลาที่แหล่งจ่ายไฟสามารถยังคงจ่ายแรงดันเอาต์พุตต่อไปได้อีกแม้แรงดันอินพุตขาดหายไป) ประมาณ 20-50 มิลลิวินาที ขณะที่แหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นได้แค่เพียง 2 มิลลิวินาทีเท่านั้น แต่แหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งก็ยังมีข้อเสียนั้นเมื่อใช้งานกับความถี่ที่มีค่าสูงทำให้เกิดสัญญาณรบกวนกับระบบ (Electromagnetic Interference:EMI และ Radio Frequency Interference:RFI) ได้ ระหว่างการสวิตซ์ที่ความถี่สูง รวมถึงมีความซับซ้อนมากกว่า ทำให้มีราคาสูงกว่า

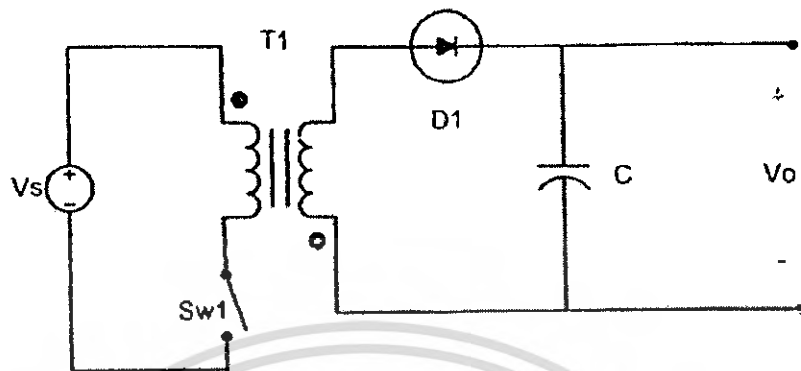
ตารางที่ 2.2 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างแหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น

แหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่ง	แหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น
-ประสิทธิภาพสูง	-ประสิทธิภาพต่ำ
-กำลังสูญเสียต่ำ	-เกิดกำลังสูญเสียในรูปความร้อน
-ให้กำลังไฟฟ้าน้ำหนักสูง	-ให้กำลังไฟฟ้าน้ำหนักต่ำ
-เกิดค่าแรงดันกระเพื่อมสูง	-เกิดค่าแรงดันกระเพื่อมต่ำ
-วงจรซับซ้อนมากออกแบบและซ่อมยาก	-วงจรไม่ซับซ้อนออกแบบและซ่อมแซมง่าย
-เกิดสัญญาณรบกวน EMI/RFI สูง	-เกิดสัญญาณรบกวน EMI/RFI ต่ำ
-ในส่วนของเรกูเลเตอร์มีลักษณะเป็นโพลดที่ดึงกำลังคงที่	-ในส่วนของเรกูเลเตอร์มีลักษณะเป็นโพลดที่ดึงกระแสคงที่
-การใช้งานที่ก่ำลังไฟฟ้าต่ำราคาจะแพง แต่ที่ก่ำลังไฟฟ้าสูงจะมีราคาถูกกว่า	-การใช้งานที่ก่ำลังไฟฟ้าต่ำถูกกว่า แต่ที่ก่ำลังไฟฟ้าปานกลางหรือสูงขึ้นไปจะมีราคาแพงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 รูปแบบและหลักการทำงานของแหล่งจ่ายไฟสวิตชิง

2.6.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์



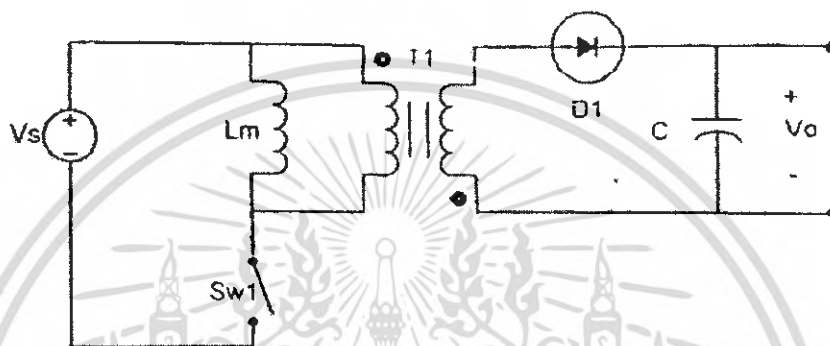
รูปที่ 2.10 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

จากรูปที่ 2.10 เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ $Sw1$ ในฟลายแบคคอนเวอเตอร์จะทำงานในลักษณะเป็นสวิตช์ และจะนำกระแสตามคำสั่งของพัลส์สี่เหลี่ยมที่ป้อนให้กับขาเบส เนื่องจากหม้อแปลง $T1$ จะกำหนดขดปฐมภูมิและทุติยภูมิให้มีลักษณะกลับเฟสกันอยู่ ดังนั้นเมื่อ $Sw1$ นำกระแสไดโอด $D1$ จะอยู่ในลักษณะถูกไบแอสกลับและไม่นำกระแส ทำให้มีการสะสมพลังงานที่ขดปฐมภูมิของหม้อแปลง $T1$ แทน เมื่อ $Sw1$ หยุดนำกระแส สนามแม่เหล็ก $T1$ ยุบตัว ทำให้เกิดการกลับขั้วแรงดันที่ขดปฐมภูมิ และทุติยภูมิ $D1$ ก็จะถูกไบแอสตรง พลังงานที่สะสมในขดปฐมภูมิของหม้อแปลงก็就会被ส่งถ่ายเทออกไปยังขดทุติยภูมิ ทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด $D1$ ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต C และโหลด

ฟลายแบคคอนเวอเตอร์เป็นคอนเวอเตอร์ที่ให้พิกัดกำลังไฟฟ้าได้ไม่สูงมากนัก โดยอยู่ในช่วงไม่เกิน 150 วัตต์ และให้ค่าสัญญาณรบกวน RF/EMI ค่อนข้างสูง รวมทั้งแกนเหล็กของหม้อแปลงจะต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะรองรับกำลังไฟฟ้านอกที่เพิ่มขึ้นได้ แต่โครงสร้างของวงจรไม่ซับซ้อน จึงใช้อุปกรณ์จำนวนน้อย และมีราคาถูก ทำให้เป็นที่นิยมใช้งานที่ต้องการกำลังไฟฟ้านานาเอาต์พุตต่างๆ

2.7 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

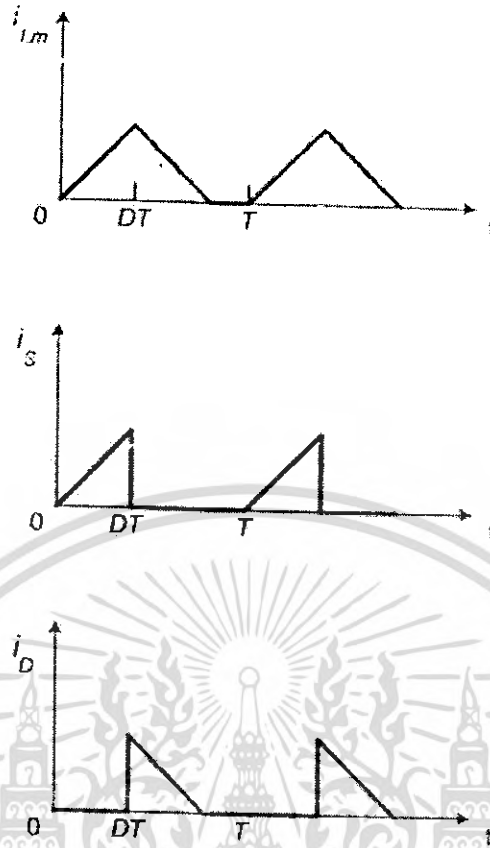
วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ ประกอบด้วย มอสเฟตกำลังซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สวิตช์ ไดโอดกำลังเพื่อเลือกการไหลของกระแส ตัวเก็บประจุไฟฟ้าเอาต์พุตทำหน้าที่รักษาระดับให้เป็นแรงดันกระแสตรง และหม้อแปลงความถี่สูงทำหน้าที่ลดระดับแรงดันที่มีอัตราส่วนจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิต่อทุติยภูมิเท่ากับ N_1/N_2 ซึ่งหน้าที่เป็นตัวแยกกราวด์ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตออกจากกัน โดยที่ L_m คือค่าความเหนี่ยวนำของหม้อแปลงฟลายแบค ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

หลักการทำงานเป็นดังนี้ เมื่อ Sw_1 นำกระแสไฟฟ้าจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงฟลายแบค แต่เนื่องจากว่าขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิมีการพันในลักษณะของทิศทางตรงข้ามกันอยู่ ดังนั้นขณะที่ Sw_1 นำกระแสไฟฟ้า ไดโอดกำลังทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงฟลายแบคคอนเวอเตอร์จะอยู่ในลักษณะไบแอสกลับ ทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลทางด้านเอาต์พุตและเกิดการสะสมพลังงานในหม้อแปลงฟลายแบค เมื่อ Sw_1 หยุดนำกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็กในแกนเหล็กของหม้อแปลงฟลายแบค L_m เกิดการยุบตัวทำให้เกิดการกลับขั้วแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงฟลายแบค ทำให้ไดโอดกำลังอยู่ในลักษณะไบแอสตรง พลังงานที่สะสมในหม้อแปลงฟลายแบค L_m จะถูกถ่ายเทไปยังโหลด ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 2 โหมด นั่นคือ

2.7.1 โหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Current Mode: DCM) หมายถึง พลังงานที่ถูกเก็บสะสมไว้ในหม้อแปลงฟลายแบคถูกถ่ายเทจนหมดก่อนจะจบคาบของการสวิตช์ (กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำของหม้อแปลงฟลายแบคจะมีค่าเป็นศูนย์ก่อนที่จะจบคาบของการสวิตช์) มี 3 ช่วงพิจารณา ดังรูปที่ 2.12



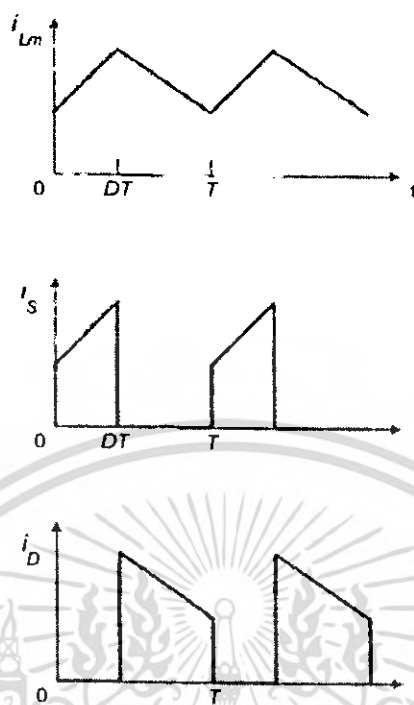
รูปที่ 2.12 แสดงสัญญาณกระแสไฟฟ้าของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง(DCM)

ช่วงที่ 1 กระแสจะเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้น ในช่วงที่ Sw_1 นำกระแส เนื่องจากการสร้างฟลักซ์แม่เหล็กที่ขดลวดทางด้านปฐมภูมิ

ช่วงที่ 2 Sw_1 หยุดนำกระแส กระแสที่ขดลวดปฐมภูมิจะเริ่มลดลงและจะเพิ่มขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิเช่นกัน เนื่องจากทฤษฎีของฟาราเดย์ โดยกระแสที่ไหลผ่านขดลวดไม่สามารถเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางของแรงดัน ทำให้ไดโอดกำลังไบแอสตรงและมีกระแสไฟฟ้าไหลไปยังโหลด

ช่วงที่ 3 เป็นช่วงที่สนามแม่เหล็กภายในแกนเฟอร์ไรต์ลดลงจนเป็นศูนย์ จะไม่เกิดการไหลของกระแสทั้งด้านปฐมภูมิและทุติยภูมินั่นเอง แต่ตัวเก็บประจุที่อยู่ด้านโหลดก็จะเป็นตัวจ่ายกระแสให้กับโหลด

2.7.2 โหมดกระแสต่อเนื่อง (Continuous Current Mode: CCM) หมายถึงพลังงานที่ถูกเก็บสะสมไว้ในหม้อแปลงฟลายแบคถูกถ่ายเทออกยังไม่หมดก่อนจะจบคาบของการสวิตช์ (กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำของหม้อแปลงฟลายแบคจะมีค่ามากกว่าศูนย์ในขณะเริ่มคาบของการสวิตช์ใหม่) ดังรูปที่ 2.13

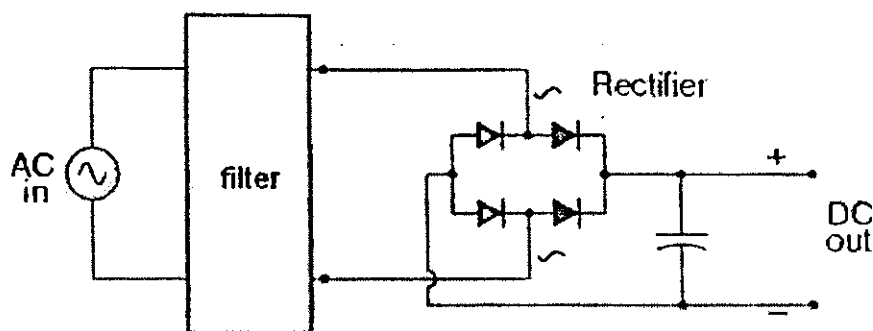


รูปที่ 2.13 แสดงสัญญาณของกระแสไฟฟ้าของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ในโหมดกระแสต่อเนื่อง (CCM)

ข้อแตกต่างระหว่างโหมดกระแสต่อเนื่อง (CCM) กับโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง (DCM) ก็คือในช่วงพิจารณาที่ 3 นั้นกระแสทางด้านปฐมภูมิจะเริ่มที่ค่าหนึ่งๆ เป็นผลเนื่องมาจากค่ากระแสทางด้านทุติยภูมิลดลงไม่ถึงค่าศูนย์นั่นเอง ทำให้เสมือนว่าไม่เกิดช่วงพิจารณาที่ 3 ที่โหมดต่อเนื่อง ซึ่งการรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตให้มีค่าคงที่ กระแสสูงสุดที่พุ่งขึ้นมาทางด้านปฐมภูมิในช่วงที่ Sw_1 นำกระแส จะต้องมามีค่าสมดุลกับกระแสสูงสุดที่ลดลงทางด้านทุติยภูมิในช่วงที่ Sw_1 หยุดนำกระแส

2.8 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น

วงจรเรียงกระแสมีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงผันกำลังไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยต้องการที่จะได้แรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตเป็นไฟฟ้ากระแสตรงมากที่สุด โดยมีทั้งแบบครึ่งคลื่นและแบบเต็มคลื่น ซึ่งข้อดีของแบบเต็มคลื่น ก็คือจะมีค่าตัวประกอบระลอกคลื่น(ripple factor) ต่ำกว่าทำให้สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าด้านออกสูงกว่าแบบวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวครึ่งคลื่น และการต่อตัวเก็บประจุที่มีค่าสูงๆ ขนานกับโหลดของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอด จะสามารถทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตใกล้เคียงกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้มากขึ้น ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอด พร้อมตัวกรองความถี่ด้วยตัวเก็บประจุ

จากรูปวงจรประกอบไปด้วย

1. ฟิลเตอร์ เป็นวงจรทางด้านอินพุต แหล่งจ่ายไฟสวิตซ์ซึ่งทำงานในลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกระแสอย่างเฉียบพลันที่กระแสสูงๆ และกระทำตัวเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนได้เป็นอย่างดี ดังนั้นแหล่งจ่ายไฟสวิตซ์จึงต้องมีวงจรกรองสัญญาณ (Filter) เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่ออกไปสู่ภายนอกให้อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งโดยทั่วไปกระทำได้โดยการต่อ LC ฟิลเตอร์คั่นที่อินพุตกับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ
2. บริดจ์ไดโอดซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันกระแสสลับให้เป็นสัญญาณกระแสตรงแบบเต็มคลื่นเพื่อจ่ายแรงดันอินพุตให้กับวงจรคอนเวอเตอร์
3. ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์ จะเป็นตัวกรองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากการเรียงกระแสของไดโอดให้มีค่าที่เรียบมากขึ้น และช่วยให้กระแสที่ได้มีค่าเพียงพอตามที่คอนเวอเตอร์ต้องการ การทำงานของตัวเก็บประจุฟิลเตอร์เป็นในลักษณะของการชาร์จและคายประจุ ค่ากระแสขณะชาร์จและคายประจุจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความจุของตัวเก็บประจุและสภาวะของโหลดที่เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส

2.9 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของหม้อแปลงความถี่สูง

หลักการทำงานของหม้อแปลงก็คือจะทำการถ่ายเทพลังงานจากขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่งที่อยู่ในวงจรแม่เหล็กเดียวกัน เนื่องมาจากการจ่ายกระแสเข้าที่ขดลวดด้านปฐมภูมิ ในกรณีที่ไม่มี การจ่ายโหลดจะก่อให้เกิดกระแสกระตุ้นขึ้นที่ขดลวดปฐมภูมิทำให้เกิดแรงเคลื่อนแม่เหล็ก (Magneto motive force; m.m.f) และสร้างเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น (Mutual flux) ผ่านแกนเหล็กและไปตัดกับขดลวดด้านทุติยภูมิก่อให้เกิดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้านั้นเอง ซึ่งจำนวนแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อขดลวดหนึ่งรอบ (e.m.f per turn) จะมีค่าเท่ากัน ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (E) ทั้งหมดที่เกิดขึ้นของแต่ละขดจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนรอบ (N) ของแต่ละขดลวดเช่นกัน ดังนั้น

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.3)$$

โดยปกติแล้วกระแสในกรณีที่ไม่มีกระแสไหลจะเกิดขึ้นด้วยกัน i_2 ส่วนคือกระแสที่จะสร้าง Mutual flux กับกระแสที่สูญเสียคือ eddy current loss เมื่อมีการต่อไหลจะมีกระแสไหลไปที่ไหลตามกฎของเลนซ์ คือ เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากกระแส จะต้านกับเส้นแรงแม่เหล็กของขดลวดปฐมภูมิ นั่นคือจำนวนแรงเคลื่อนไฟฟ้า(m.m.f.)เป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนแอมแปร์-เทิร์นของขดลวดนั้นซึ่งค่า m.m.f. ของแต่ละขดจะมีค่าเท่ากันได้ว่า

$$N_1 I_1 = N_2 I_2 \quad (2.4)$$

เนื่องจากค่าความสูญเสียมีค่าน้อยมากและ Power factor เข้าใกล้ 1 ทำให้ได้ว่า

$$V_1 I_1 = V_2 I_2 \quad (2.5)$$

หม้อแปลงประเภทนี้มีความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากต้องใช้งานที่ความถี่สูง ในวงจรคอนเวอเตอร์ จึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสมต่างๆในการใช้งาน เพื่อความปลอดภัยและลดกำลังงานที่สูญเสียในหม้อแปลงขณะใช้งาน

2.9.1 ส่วนประกอบของหม้อแปลงความถี่สูง

มีหน้าที่ลดทอนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่อินพุตของวงจรคอนเวอเตอร์ซึ่งมีค่าสูงประมาณ 310 โวลต์ให้ลดระดับแรงดันไฟฟ้าลงมาที่ค่าเอาต์พุต ซึ่งจะแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต เพื่อป้องกันอันตรายจากการถูกไฟฟ้าดูด ส่วนประกอบที่สำคัญมีดังนี้

2.9.1.1. แกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite core)

เฟอร์ไรต์เป็นวัสดุประเภทเฟอร์โรแมกเนติก การเหนี่ยวนำแม่เหล็กบนแกนเฟอร์ไรต์จะมีผลทำให้เกิดความหนาแน่นแม่เหล็กสูงกว่าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนแกนอากาศมาก เฟอร์ไรต์มีค่าจุดอิ่มตัวแม่เหล็กสูง ประมาณในช่วง 3,000 – 4,000 เกาส์ และเกิดการสูญเสียในตัวเองต่ำที่ความถี่สูงๆ ดังนั้นจึงมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไปตามการใช้งานและมาตรฐานการออกแบบ

2.9.1.2. บอบบิ้น (Bobbin)

บอบบิ้นหรือแบบรองพัน ปกติจะทำมาจากพลาสติกที่ทนความร้อนได้สูงและไม่ติดไฟซึ่งจะช่วยในการพันขดลวดบนแกนเฟอร์ไรต์ให้สะดวกขึ้น และป้องกันปัญหาการลัดวงจรระหว่างแกนเฟอร์ไรต์กับขดลวด โดยส่วนใหญ่จะออกแบบให้มีขาพักลวดทองแดง เพื่อสะดวกในการพันขดลวดและการบัดกรีติดบอร์ด

2.9.1.3. ลวดทองแดงอาบน้ำยา (Enameled copper wire)

การพันขดลวดของหม้อแปลงความถี่สูงที่ใช้กับกำลังไฟต่ำๆ จะนิยมใช้ขดลวดที่ทำการอาบน้ำยามาเรียบร้อยแล้ว ขนาดของขดลวดที่ใช้พันนั้นขึ้นอยู่กับขนาดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดนั่นเอง ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงขนาดเส้นลวดจาก Standard Wire Gauge (SWG)

Wire Number	Standard Wire Gauge (SWG)		Wire Number	Standard Wire Gauge (SWG)	
	Gauge	In.		Gauge	In.
0000000(7/0)	0.5000	12.700	000000(6/0)	0.4640	11.786
00000(5/0)	0.4320	10.973	0000(4/0)	0.4000	10.160
000(3/0)	0.3720	9.449	00(2/0)	0.3480	8.8390
0(1/0)	0.3240	8.230	1	0.3000	7.6200
2	0.2760	7.010	3	0.2520	6.4010
4	0.2320	5.893	5	0.2120	5.3850
6	0.1920	4.877	7	0.0760	4.4700
8	0.1600	4.064	9	0.1440	3.6580
10	0.1280	3.251	11	0.1160	2.9460
12	0.1040	2.642	13	0.0920	2.3370
14	0.0800	2.032	15	0.0720	1.8290
16	0.0640	1.626	17	0.0560	1.4220
18	0.0480	1.219	19	0.0400	1.0160
20	0.0360	0.914	21	0.0320	0.8130
22	0.0280	0.711	23	0.0240	0.6100
24	0.0220	0.599	25	0.0200	0.5080
26	0.0180	0.457	27	0.0164	0.4170
28	0.0148	0.376	29	0.0136	0.3450
30	0.0124	0.315	31	0.0116	0.2950
32	0.0108	0.275	33	0.0100	0.2540
34	0.0092	0.234	35	0.0084	0.2130
36	0.0075	0.193	37	0.0068	0.1730
38	0.0060	0.152	39	0.0052	0.1320
40	0.0048	0.122	41	0.0044	0.1120
42	0.0040	0.102	43	0.0036	0.0914
44	0.0032	0.0813	45	0.0028	0.0711
46	0.0024	0.0610	47	0.0020	0.0508
48	0.0016	0.0406	49	0.0012	0.0305
50	0.0010	0.0254	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.4. เทปฉนวน (Insulation type)

เป็นฉนวนที่ใช้กั้นระหว่างขดลวดทางด้านปฐมให้แยกออกจากขดลวดทางด้านทุติยภูมิ วัสดุที่ใช้ทำเทปฉนวนอาจเป็นพวกไมลาร์(Mylar) หรือโพลีเอสเตอร์(Polyester) ที่มีความหนาประมาณ 0.05-0.1 มิลลิเมตร การเลือกใช้งานขึ้นอยู่กับการออกแบบโดยต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้งานเป็นหลัก แต่ถ้าเป็นการใช้งานที่กักพลังงานไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ต่ำๆ นั้นสามารถที่จะไม่ต้องกั้นระหว่างขดลวดทั้งสองด้านก็ได้

คุณสมบัติของเนื้อสารที่ใช้ทำแกนเฟอร์ไรต์จะมีผลของเส้นโค้งฮิสเตอร์รีซิส (Hysteresis Curve) และค่าการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์ (Core Loss) โดยเส้นโค้งฮิสเตอร์รีซิสจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนแกนเฟอร์ไรต์ กับความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดการเหนี่ยวนำของขดลวดที่พันบนแกน ค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเข้มสนามแม่เหล็กมีค่ามากขึ้น จนถึงจุดจุดหนึ่งที่ค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยมาก แม้จะมีการเพิ่มค่าความเข้มสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้นแล้วก็ตามหรือที่เรียกว่า จุดอิ่มตัวของฟลักซ์แม่เหล็ก ดังนั้นการใช้งานแกนเฟอร์ไรต์จะต้องคำนึงไม่ให้เกิดการอิ่มตัว และหากค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว จะทำให้แรงดันตกคร่อมขดลวดปฐมภูมิมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว แรงดันอินพุทจะไปตกคร่อมที่สวิตช์ ขณะที่นำกระแสสูงๆ แทน ทำให้เกิดการเสียหายกับหม้อแปลงได้ และความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงจะทำให้เกิดการสูญเสียในแม่เหล็กสูงด้วย ดังนั้นการกำหนดค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดที่ยอมรับได้ที่เกิดขึ้นขณะทำงานจะต้องคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ คือแกนเฟอร์ไรต์ต้องไม่อิ่มตัวขณะทำงานและค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กสูงสุดที่เกิดขึ้นในขณะทำงานจะต้องเกิดการสูญเสียในแกนเฟอร์ไรต์ต่ำที่สุด

2.9.2 การพันขดลวดทองแดงและการกำหนดขนาดของขดลวด

ตามปกติแล้วการพันขดลวดในหม้อแปลงความถี่สูงจะใช้ขดลวดทองแดงอาบน้ำมันเป็นตัวพัน ในขณะที่หม้อแปลงทำงานที่ความถี่สูงๆ นั้น ลวดทองแดงจะนำกระแสเพียงที่ผิว ซึ่งเป็นผลทำให้พื้นที่หน้าตัดขดลวดในการนำกระแสไฟฟ้ามูลค่าลดลง การสูญเสียในขดลวดจะมีค่ามากขึ้น รวมไปถึงการเรียงซ้อนกันก็มีผลต่อกำลังการสูญเสียในขดลวดเช่นเดียวกัน กำลังสูญเสียตัวนี้ มีผลทำให้เกิดความร้อน ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในขณะทำงาน การกำหนดขนาดและวิธีการพันขดลวดทองแดงจึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสม เพื่อลดการสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในขดลวดทองแดงให้มีค่าต่ำที่สุด

2.9.3 ผลกระทบของช่องอากาศในหม้อแปลงความถี่สูง

จากการเปรียบเทียบพลังงานสะสมระหว่างแม่เหล็กและในช่องอากาศ จะได้สมการ

$$W_{\text{core}} = \frac{1}{2 \times \mu} \times H_c^2 \quad (2.6)$$

$$\text{และ} \quad W_{\text{air}} = \frac{1}{2 \times \mu_0} \times H_g^2 \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อให้ $H_c = H_g$ จะเห็นได้ว่าพลังงานที่สะสมในแกนเหล็กจะมีค่าน้อยกว่าพลังงานที่สะสมในช่องอากาศ เพราะค่าซึมซาบได้สัมพัทธ์ของแกนเหล็กจะมีค่ามากกว่าอากาศประมาณ 10 -1000 เท่า ทำให้การสร้างหม้อแปลงความถี่สูงที่ต้องการให้ทำหน้าที่สะสมพลังงานจะต้องมีช่องอากาศซึ่งจะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำแม่เหล็ก L_m มีค่าคงที่

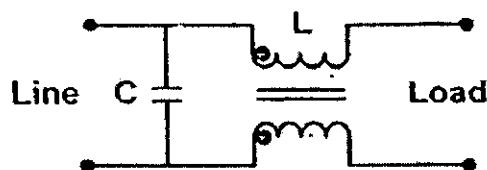
2.10 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรฟิลเตอร์

RFI (Radio Frequency Interference) ซึ่งอาจจะเรียกว่า องค์กรประกอบความถี่สูง ก็ได้ การทำงานของแหล่งจ่ายสวิตซ์ซึ่งเป็นการทำงานในลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกระแสอย่างฉับพลันที่ค่ากระแสสูงๆ แหล่งจ่ายสวิตซ์จึงจำเป็นต้องมีวงจรฟิวเตอร์เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่จะออกไปภายนอก ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ วิธีการลดสัญญาณรบกวน ที่จะออกไปภายนอกที่ใช้กันโดยทั่วไปสำหรับแหล่งจ่ายสวิตซ์ก็คือ การต่อ LC ฟิลเตอร์คั่นที่อินพุทกับระบบแรงดันไฟสลับ เพื่อลดสัญญาณ RFI ทั้งสัญญาณโหมดความแตกต่าง (Differential Mode) และสัญญาณโหมดร่วม(Common Mode)

หลักการการทำงานของ RFI ฟิลเตอร์

เมื่อมีองค์กรประกอบความถี่สูง (Noise) หรือส่วนประกอบของสัญญาณ ที่มีความถี่สูงอันเนื่องมาจากการสวิตซ์หรือจากภายในระบบไฟฟ้าเอง หลังจากที่ผ่านมาวงจร RFI ฟิลเตอร์ แล้วจะต้องไม่มีส่วนประกอบความถี่สูงนั้นอีก หรือพูดได้ว่าเป็นตัวสกัดกั้นสัญญาณที่มีความถี่สูง โดยภายในวงจรจะประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ เป็นส่วนประกอบหลัก ถ้าองค์กรประกอบที่มีความถี่สูงเข้ามาตัวเก็บประจุจะมีสถานะเสมือนลัดวงจรเนื่องมาจาก $X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$ ณ ความถี่สูง C จะมีความต้านทานน้อย และ ณ ความถี่สูงตัวเหนี่ยวนำจะมีสถานะเหมือนเปิดวงจรเนื่องมาจาก $X_L = \omega L = 2\pi f L$ ทำให้ L มีความต้านทานสูง ซึ่งภายในวงจรเราออกแบบให้ L ต่ออนุกรมระหว่างไลน์กับโหลด เพื่อต้านองค์กรประกอบความถี่สูงและ C ต่อลงกราวนด์ เพื่อจับองค์กรประกอบความถี่สูงให้ลงกราวนด์

ในโครงการเราเลือกใช้ RFI ฟิลเตอร์ ชนิด Commercial Filter with Capacitors to ground มีพารามิเตอร์ต่างๆ ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงวงจร LC ฟิลเตอร์เพื่อลดสัญญาณรบกวน RFI

วงจร RFI ฟิลเตอร์ดังรูปที่ 2.15 ควรกำหนดค่าของตัวเก็บประจุและค่าของตัวเหนี่ยวนำให้มีค่าดังนี้

C เท่ากับ 2200 pF ถึง 0.033 μ F

L เท่ากับ 1.8 mH ที่ 25 mA ถึง 47 mH ที่ 0.3 A

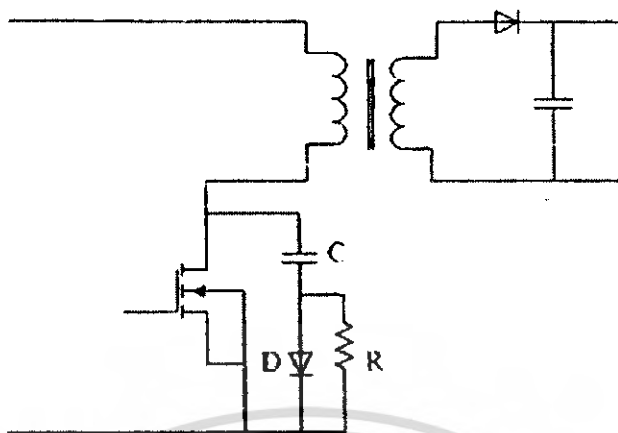
2.11 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรสแน็บเบอร์

วงจรสแน็บเบอร์ เป็นส่วนที่เพิ่มเข้ามาในวงจรคอนเวอเตอร์ เพื่อลดกำลังงานสูญเสียและป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งในขณะที่วงจรทำงานปกติ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและไดโอด ในบางครั้งเราอาจเรียกว่า วงจร RCD สแน็บเบอร์ แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

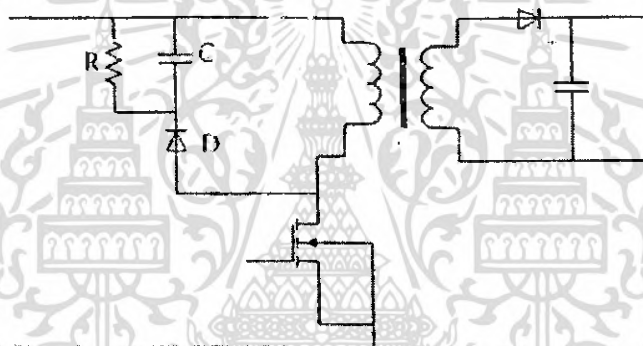
2.11.1. วงจรสแน็บเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส (Turn off Snubber) จากการสูญเสียกำลังที่เกิเกิดขึ้นบนสวิตซ์ไม่ว่าจะเป็น มอสเฟต หรือ ทรานซิสเตอร์ มักจะสูญเสียในขณะที่เปลี่ยนสถานะการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะเริ่มหยุดนำกระแส ก่อนที่สวิตซ์จะหยุดนำกระแส นั้น กระแสจะลดลงอย่างช้าๆ ในขณะที่แรงดันเพิ่มขึ้นสู่ค่าแรงดันอินพุตอย่างรวดเร็ว จึงมีพลังงานบางส่วนที่สูญเสียไปในรูปของความร้อน

เพื่อลดการสูญเสียดังกล่าวอาจทำได้โดยการต่อวงจรสแน็บเบอร์เข้ากับตัวสวิตซ์ เพื่อควบคุมให้แรงดันเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนกระทั่งกระแสที่ไหลผ่านตัวสวิตซ์ลดลงได้ทันกันดังรูปที่ 2.16

การทำงานของวงจรสแน็บเบอร์ช่วงเริ่มหยุดนำกระแสจะเป็นดังนี้คือ เมื่อสวิตซ์เริ่มหยุดนำกระแส แรงดันตกคร่อมสวิตซ์จะมีค่าสูงขึ้นทำให้มีกระแสบางส่วนไหลผ่านตัวเก็บประจุ C และไดโอด D ของวงจรสแน็บเบอร์ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม C ด้วย แรงดันตกคร่อม C จะทำให้แรงดันตกคร่อมสวิตซ์เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ดังนั้นถ้าให้ค่าของ C มีค่ามากพอ การเพิ่มขึ้นของแรงดันที่ตกคร่อมสวิตซ์ในขณะที่สวิตซ์หยุดนำกระแสจะถูกหน่วงออกไปเพื่อให้กระแสที่ไหลผ่านสวิตซ์ค่อยๆ ลดลง และสามารถลดการสูญเสียกำลังในตัวสวิตซ์ได้ ขณะที่สวิตซ์เริ่มนำกระแสใหม่อีกครั้ง C จะคายประจุผ่านตัวต้านทาน R ทิ้งไป แรงดันตกคร่อม C จึงลดลงและสามารถทำงานได้ใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 2.16 แสดงการต่อวงจร snubber เบอร์ช่วงหยุดนำกระแส



รูปที่ 2.17 แสดงการต่อวงจร snubber เบอร์ป้องกันแรงดันเกิน

2.11.2. วงจร snubber เบอร์ป้องกันแรงดันเกิน (Clamp Snubber) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของแรงดันที่ตกคร่อมสวิตช์ในขณะที่สวิตช์เริ่มหยุดนำกระแส หรือที่เรียกกันว่า แรงดันสไปค์ ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมสวิตช์มีค่าเกินกว่าค่าแรงดันสูงสุดที่สวิตช์จะทนได้ เป็นผลทำให้เกิดความเสียหายแก่สวิตช์ วงจร snubber เบอร์ป้องกันแรงดันเกิน จึงมีหน้าที่ป้องกันค่าแรงดันสไปค์ที่เกิดขึ้นไม่ให้เกินค่าแรงดันสูงสุดที่สวิตช์สามารถทนได้ โดยการต่อวงจรทำได้ดังรูปที่ 2.17

2.12 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรอัดประจุไฟฟ้า

การอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่มีหลายวิธี ยกตัวอย่าง เช่น วิธีการใช้กระแสคงที่ วิธีการใช้พัลส์ของกระแส วิธีการใช้กระแสค่าต่ำๆ (Trickle Method) วิธีการใช้กระแสที่มีค่าลดลงเรื่อยๆ (Taper Current) นอกจากนี้การอัดประจยังสามารแบ่งเป็นหลายช่วง ในช่วง soft start จะเป็นการปรับสภาพแบตเตอรี่เพื่อให้พร้อมกับการอัดประจุ โดยในช่วงนี้กระแสจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นสู่กระแสสูงสุดในเวลาประมาณ 2 นาที ช่วง fast charge จะเป็นช่วงหลักของการอัดประจุ โดยค่ากระแสเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง $C/2$ ถึง $4C$ ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบเครื่องอัดประจุ เมื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จบช่วง fast charge แบตเตอรี่จะเต็มถึงประมาณ 80-90% หลังจากนั้นจะเป็นช่วง topping charge เพื่อเติมประจุให้เต็มและช่วง maintenance charge เพื่อรักษาประจุให้เต็มอยู่เสมอ ในสองช่วงนี้กระแสเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ C/10 และ C/40 ตามลำดับ ทั้งนี้ในแต่ละช่วงอาจใช้กระแสที่มีค่าไม่คงที่ โดยอาจใช้กระแสที่มีลักษณะเป็นพัลส์หรือเป็นพัลส์บวกสลับกับพัลส์ลบสั้นๆ ก็ได้

การตรวจจับว่าแบตเตอรี่ได้รับการอัดประจุจนเต็มแล้วก็มีหลายวิธีเช่นกัน การตรวจความเปลี่ยนแปลงของแรงดันของแบตเตอรี่ (Voltage slope termination) การตรวจจับอุณหภูมิของตัวแบตเตอรี่ (Temperature termination) และการจับเวลา (Time termination) โดยทั่วไปแรงดันและอุณหภูมิของแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วก่อนที่จะประจุเต็ม ดังนั้นตัวแปรทั้งสองจึงสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการวัดประจุเต็มได้ ส่วนการจับเวลามักใช้เป็นวิธีสำรองเพื่อเป็น safety backup เท่านั้น

เครื่องอัดประจุไฟโดยทั่วไปมักจะใช้มากกว่าหนึ่งวิธีเพื่อเพิ่มความแม่นยำและป้องกันการอัดประจุเกิน โดยการอัดประจุแบ่งออกได้เป็นดังนี้

2.12.1 การอัดประจุแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charging) ซึ่งการอัดประจุแบบนี้มีความต้องการให้แบตเตอรี่อยู่ในสภาวะประจุเต็ม (Fully Charge) เสมอ โดยจะต้องระวังในเรื่องการอัดประจุสูงเกินไป ซึ่งการอัดประจุแบบนี้ทำให้แรงดันเอาท์พุทมีเสถียรภาพพร้อมทั้งมีความจุกระแสสูง ซึ่งในช่วงที่แรงดันแบตเตอรี่มีค่าต่ำๆ ค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่มีค่าน้อยมาก ฉะนั้นกระแสที่อัดประจุจึงมีค่าสูงมาก เป็นผลให้เครื่องอัดประจุต้องมีขนาดใหญ่และราคาแพง อีกทั้งยังทำให้เกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่ ซึ่งปกติเครื่องอัดประจุแบบนี้จะมีอุปกรณ์ช่วยในการจำกัดกระแสเริ่มต้นโดยใช้ Constant current regulation และในตอนท้ายของการอัดประจุกระแสจะลดลงอย่างอัตโนมัติ

2.12.2 อัดประจุแบบกระแสคงที่ (Constant Current Charging) ซึ่งวิธีการนี้มีข้อดีตรงที่ว่าไม่จำเป็นต้องชดเชยทางอุณหภูมิเหมือนการอัดประจุแบบแรงดันคงที่ แต่ก็ข้อเสียคือต้องระวังเรื่องเวลาในการอัดประจุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการอัดประจุด้วยกระแสสูงๆ ซึ่งแบตเตอรี่จะเต็มภายในเวลาอันสั้นๆเท่านั้น การอัดประจุด้วยอัตรากระแสสูงทำให้แรงดันที่แบตเตอรี่สูงเกินไปส่งผลทำให้อายุของแบตเตอรี่มีค่าลดลง

2.12.3 การอัดประจุแบบลดค่ากระแส (Tapered Current Charging) ซึ่งเป็นวิธีการอัดประจุแบตเตอรี่ที่ง่ายๆ ไม่ซับซ้อน ราคาถูก วงจรการอัดประจุประกอบด้วย หม้อแปลง วงจรเรียงกระแส และค่าความต้านทานที่เหมาะสม สำหรับจำกัดกระแส การอัดประจุแบบนี้สามารถใช้แทนการอัดประจุแบบกระแสคงที่ได้ ไม่เพียงเฉพาะการอัดประจุแบตเตอรี่หลายๆ ลูกในครั้งเดียวเท่านั้น ยังสามารถใช้ในระบบ Trick Charge ได้ด้วย

2.12.4 การอัดประจุแบบรวม (Combination Charging: two-step) ซึ่งวิธีการนี้บางทีเรียกว่า two-rate โดยการนำเอาการอัดประจุแบบกระแสคงที่ และแบบแรงดันคงที่ รวมเข้าด้วยกัน โดยในการอัดประจุขั้นแรกนั้น จะใช้วิธีการอัดประจุเร็ว และขั้นที่สอง จะใช้การอัดประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยกระแสต่ำ การสวิตช์จากขั้นแรกไปขั้นที่สอง อาจทำได้หลายวิธี เช่น การตรวจสอบแรงดัน แบตเตอรี่ หรือ ควบคุมเวลาในการอัดประจุ หรือตรวจสอบกระแสในการอัดประจุ เป็นต้น

2.13 แบตเตอรี่แบบอัดประจุได้

แบตเตอรี่แบบอัดประจุได้ (Rechargeable Battery) ที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันมีอยู่ 4 ชนิด คือ ชนิดนิกเกิลแคดเมียม (Ni-Cd) ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH) ชนิดลิเทียมไอออน

(Li-ion) และแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด (Lead – acid battery) โดยมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

2.13.1 แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม (Ni-Cd)

แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียมเป็นแบตเตอรี่แบบอัดประจุได้สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้แพร่หลายที่สุดและมีราคาต่ำที่สุด โดยมีขั้วแอโนดหรือขั้วบวกของแบตเตอรี่ทำมาจากนิกเกิลที่ถูกออกซิไดซ์ (Nickel Oxyhydroxide) ในขณะที่คาโทดหรือขั้วลบทำมาจากแคดเมียมและมีอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นสารละลายของเหลวของ Potassium Hydroxide แรงดันต่อเซลล์มีค่าค่อนข้างคงที่ที่ 1.2 โวลต์เกือบคงที่ตลอดช่วงการใช้งาน แบตเตอรี่ชนิดนี้มีความทนทานสูงทั้งทางด้านกายภาพและทางด้านไฟฟ้า สามารถจ่ายกระแสได้สูงตลอดช่วงการใช้งาน (ทั้งในขณะที่มีประจุเต็มและประจุเกือบหมด) ดังนั้นจึงเหมาะสมเป็นพิเศษกับเครื่องใช้ที่ต้องใช้กระแสสูง

แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียมมีข้อเสียหลายอย่าง ที่สำคัญที่สุดคือ ปรากฏการณ์ความจำ หรือ memory effect ปรากฏการณ์นี้ คือการที่แบตเตอรี่สามารถเก็บประจุได้น้อยลงหากตัวแบตเตอรี่ถูกนำไปอัดประจุขณะที่ยังใช้ประจุไฟไม่หมดเป็นเวลาหลายๆ ครั้ง นอกจากนี้ แบตเตอรี่ชนิดนี้มีความสามารถในการเก็บประจุไฟต่อหน่วยน้ำหนักต่ำ มีอัตราการสูญเสียประจุเมื่อได้ใช้ถูกใช้งานสูงถึงประมาณ 20% ต่อเดือน ที่สำคัญที่สุดคือ แคดเมียมเป็นสารก่อมะเร็งที่มีพิษสูงมาก ถึงแม้ว่าแบตเตอรี่ทุกชนิดจะมีส่วนประกอบที่เป็นสารพิษอยู่ไม่มากนักแต่แคดเมียมถือว่ามีพิษรุนแรงกว่าสารตัวอื่นๆ มาก

2.13.2 แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH)

แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH) ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อเสียต่างๆ ของแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม แบตเตอรี่ชนิดนี้ถูกดัดแปลงมาจากชนิดนิกเกิลแคดเมียม โดยการเปลี่ยนสารที่ใช้ทำขั้วลบจากแคดเมียมเป็นอัลลอยของโลหะที่ดูดซึมไฮโดรเจนไว้ (metalhydride) เนื่องจากอัลลอยของโลหะความจุต่อปริมาตรสูงกว่าแคดเมียม ดังนั้นจึงมีปริมาตรเหลือใช้ใช้ขั้วบวกที่ใหญ่ขึ้นได้ ผลก็คือ แบตเตอรี่มีความจุต่อหน่วยปริมาตรสูงกว่าแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียมประมาณ 1.5-2 เท่า ลักษณะแรงดันของแบตเตอรี่ชนิดนี้จะคล้ายคลึงกับชนิดนิกเกิลแคดเมียมมาก ดังนั้นจึงสามารถนำไปทดแทนแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียมได้โดยไม่ต้องแก้ไขอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่อย่างใด ทั้งนี้มีข้อควรระวัง คือไม่ควรใช้แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์กับอุปกรณ์อัดประจุไฟของแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียมเนื่องจากความแตกต่างของลักษณะสมบัติในขณะอัดประจุไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากความจุที่สูงกว่าแล้วแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมเทิลไฮไดรด์ยังมีข้อดีอีกคือ ไม่มีปรากฏการณ์ความจำทำให้ให้ใช้งานได้สะดวกขึ้น และไม่มีสารพิษแคดเมียม แบตเตอรี่ชนิดนี้มีจุดด้อยอยู่บ้าง คือ สามารถจ่ายกระแสต่ำกว่าชนิดนิกเกิลแคดเมียม แบตเตอรี่จะมีอุณหภูมิสูงในขณะที่อัดประจุทำให้การตรวจจบบว่าแบตเตอรี่ถูกอัดประจุจนเต็มแล้วทำได้ยากขึ้น อัตราการรั่วไหลของประจุขณะไม่ใช้งานสูงถึง 30% ต่อเดือน และสามารถนำไปอัดประจุได้น้อยครั้งกว่าชนิดนิกเกิลแคดเมียม

2.13.3 แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน (Li - ion)

ลิเทียมถูกนำมาพัฒนาเพื่อใช้ในแบตเตอรี่เพราะเป็นธาตุที่มีน้ำหนักเบา และมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีสูง ทำให้แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนมีความสามารถในการเก็บพลังงานต่อหน่วยน้ำหนักและต่อหน่วยความจุสูงกว่าแบตเตอรี่ตระกูลนิกเกิลที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ในขณะที่แบตเตอรี่นิกเกิลเมเทิลไฮไดรด์มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับชนิดนิกเกิลแคดเมียมเนื่องจากแอโนดและอิเล็กโทรไลต์ทำมาจากสารชนิดเดียวกัน แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนมีคุณสมบัติที่ต่างไปมาก โดยแรงดันระหว่างการใช้งานจะเริ่มจากประมาณ 4.2 โวลต์ และจะตกลงเรื่อยๆ จนถึงประมาณ 3.0 โวลต์ โดยมีค่ากลางที่ประมาณ 3.6 โวลต์

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนใช้ขั้วลบที่ทำมาจาก กราไฟต์ หรือ Petroleum coke และขั้วบวกที่ทำจาก LiCoO_2 หรือ LiNiO_2 หรือ LiMn_2O_4 โดยลิเทียมไอออนจะวิ่งกลับไปกลับมาระหว่างขั้วทั้งสองในขณะที่แบตเตอรี่กำลังจ่ายไฟหรือถูกอัดประจุไฟ บางครั้งเทคโนโลยีของลิเทียมจึงเรียกว่า เทคโนโลยีเก้าอี้โยก (Rocking chair technology, RCT) อิเล็กโทรไลต์ของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมจะเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ (Organic solvent) ที่มีเกลือละลายอยู่

ข้อดีของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนนอกจากความจุสูงและน้ำหนักเบาแล้ว ก็คือแรงดันจำเพาะที่เป็น 3.6 โวลต์ แรงดันนี้สูงพอที่จะขับวงจรอิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่ โดยใช้แบตเตอรี่เพียงก้อนเดียวได้ ในแง่ของการใช้งานแบตเตอรี่ชนิดนี้มีความสามารถทำงานที่อุณหภูมิสูงและต่ำกว่าแบตเตอรี่ตระกูลนิกเกิล นอกจากนี้ยังสามารถอัดประจุได้อย่างรวดเร็วในเวลาเพียงหนึ่งชั่วโมง ข้อควรระวังในการใช้งานแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ การอัดประจุจนเกินขีดจำกัด เนื่องจากตัวคาโทดหรือขั้วลบกับอิเล็กโทรไลต์จะ Decompose ทำให้ความดันในตัวแบตเตอรี่สูงขึ้น และเกิดการระเบิดได้

2.13.4 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด (Lead – acid battery)

Lead – acid battery ได้สร้างขึ้นในปี 1859 โดยนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ชื่อ Gaston Plante ซึ่งเป็นแบบเซลล์กัลวานิก และเป็นแบตเตอรี่แบบอัดประจุใหม่ได้ที่นิยมใช้มากที่สุดในทุกวันนี้ ได้รับการยอมรับจากนักออกแบบเก่าแก่ว่าเป็นแบตเตอรี่ที่มีอัตราส่วนของพลังงานต่อน้ำหนักต่ำที่สุด ใกล้เคียงกับ nickel-ion battery ปกติอยู่ที่ประมาณ 30 Wh/kg ดังนั้น อัตราส่วนระหว่างพลังงานต่อปริมาตรจะต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ อัตราส่วนระหว่างกำลังต่อน้ำหนักจะสูง มันจะมีราคาต่ำเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดอื่น และสามารถจ่ายกระแสที่เป็นระลอกคลื่นสูงๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lead – acid battery แต่ละเซลล์มีแรงดันจำเพาะประมาณ 2 โวลต์ต่อหน่วยเซลล์บรรจุด้วยอิเล็กโทรดของlead(Pb) และ lead oxide (PbO₂) ในอิเล็กโทรไลต์ประมาณ 37 % ของกรดซัลฟิวริก ในสภาวะดีสชาร์จ อิเล็กโทรดทั้งคู่จะกลายเป็น lead(II)sulfate และอิเล็กโทรไลต์จะกลายเป็นน้ำ

การอัดประจุเกินขีดจำกัด จะก่อให้เกิดก๊าซออกซิเจน และก๊าซไฮโดรเจน ควรระวังอันตรายจากกรดซัลฟิวริกที่เกิดขึ้นจากการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

2.13.5 แบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ

นอกจากแบตเตอรี่ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นยังมีแบตเตอรี่แบบอัดประจุไฟฟ้าชนิดอื่นอีก เช่น แบบสังกะสี-อากาศ (Zinc-air) แบบลิเทียมโพลีเมอร์ (Lithium-polymer)

ตารางที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลคุณสมบัติต่างๆ ของแบบอัดประจุไฟชนิดต่างๆ โดยใช้แบตเตอรี่อัลคาไลน์เป็นตัวอ้างอิง

ชนิดแบตเตอรี่	แรงดันจำเพาะ (โวลต์)	พลังงานต่อหน่วยน้ำหนัก (Wh/kg)	พลังงานต่อหน่วยปริมาตร (Wh/l)	การสูญเสียประจุ (% เดือน)	จำนวนครั้งของการอัดประจุ
NiCd	1.2	40	90	10-20	500-700
NiMH	1.2	60	180	30	300-500
Li-ion	3.6	100	230	5-10	>1000
Li-polymer	3.0	100-200	150-350	1	200-1000
Alkaline	1.5	150	375	0.3	1
Lead-acid	2	30-50	65	5	300-1000

ตาราง 2.5 แสดงข้อดีและข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ และชนิดลิเทียมไอออน

ชนิดแบตเตอรี่	ข้อดี	ข้อเสีย
Ni-Cd	<ul style="list-style-type: none"> - ราคาถูก - หาง่าย - จ่ายกระแสได้สูง - ความทนทานสูง 	<ul style="list-style-type: none"> - ความจุต่อหน่วยน้ำหนักและต่อหน่วยปริมาตรต่ำ - มีปรากฏการณ์ความจำ - แคดเมียมมีความเป็นพิษสูง
Ni-MH	<ul style="list-style-type: none"> - ความจุสูงกว่าชนิดนิกเกิลแคดเมียม 1.5-2 เท่า - ไม่มีปรากฏการณ์ความจำ - ความเป็นพิษน้อยกว่าแคดเมียม - สามารถนำมาทดแทนแบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียมได้โดยตรง 	<ul style="list-style-type: none"> - จ่ายกระแสได้ต่ำกว่าชนิดนิกเกิลแคดเมียม - จำนวนครั้งของการอัดประจุต่ำกว่า - การตรวจจบบattery เต็มยากกว่าชนิดนิกเกิลแคดเมียม - การรั่วไหลของประจุสูงกว่า
Lithium ion	<ul style="list-style-type: none"> - แรงดันจำเพาะสูงถึง 3.6 โวลต์ - น้ำหนักเบา - ความจุต่อหน่วยน้ำหนักและปริมาตรสูงสุด 	<ul style="list-style-type: none"> - การอัดประจุต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ - ราคาแพง

ทางโครงการของเราได้เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH) เพราะ เมื่อเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลแคดเมียม (Ni-Cd) จะมีความเป็นพิษน้อยกว่าและมีความจุสูงกว่า 1.5 – 2 เท่า และสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดเมื่อแบตเตอรี่ที่นำมาสำรองไฟเสื่อมอายุการใช้งาน

2.14 ทฤษฎีทางการส่องสว่าง

2.14.1 ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux ; ϕ)

ฟลักซ์ส่องสว่าง คือ เป็นพลังงานแสงสว่างที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงต่อหน่วยเวลา โดยมีหน่วยเป็นลูเมน (lumen ; lm)

$$\phi = \frac{dQ}{dt} \quad (2.9)$$

โดยที่ Q หมายถึง พลังงานแสงสว่าง มีหน่วยเป็น ลูเมน-วินาที (lm·s)

ค่าลูเมนเป็นค่าฟลักซ์ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงแผ่อยู่ภายในมุมเชิงของแข็ง

2.14.2 ความเข้มแสง คือ ฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกกระทบส่วนย่อยส่วนหนึ่งของพื้นผิวนั้นหารด้วยพื้นที่ส่วนย่อยนั้น โดยถ้าพื้นมีหน่วยเป็นตารางเมตร ความเข้มแสงจะมีหน่วยเป็นลักซ์ (Lux) แต่ถ้าพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางฟุต ความเข้มแสงจะมีหน่วยเป็นฟุตแคนเดิล (foot candle ; fc)

$$E = \frac{\phi}{Area} \quad (2.10)$$

บทที่ 3

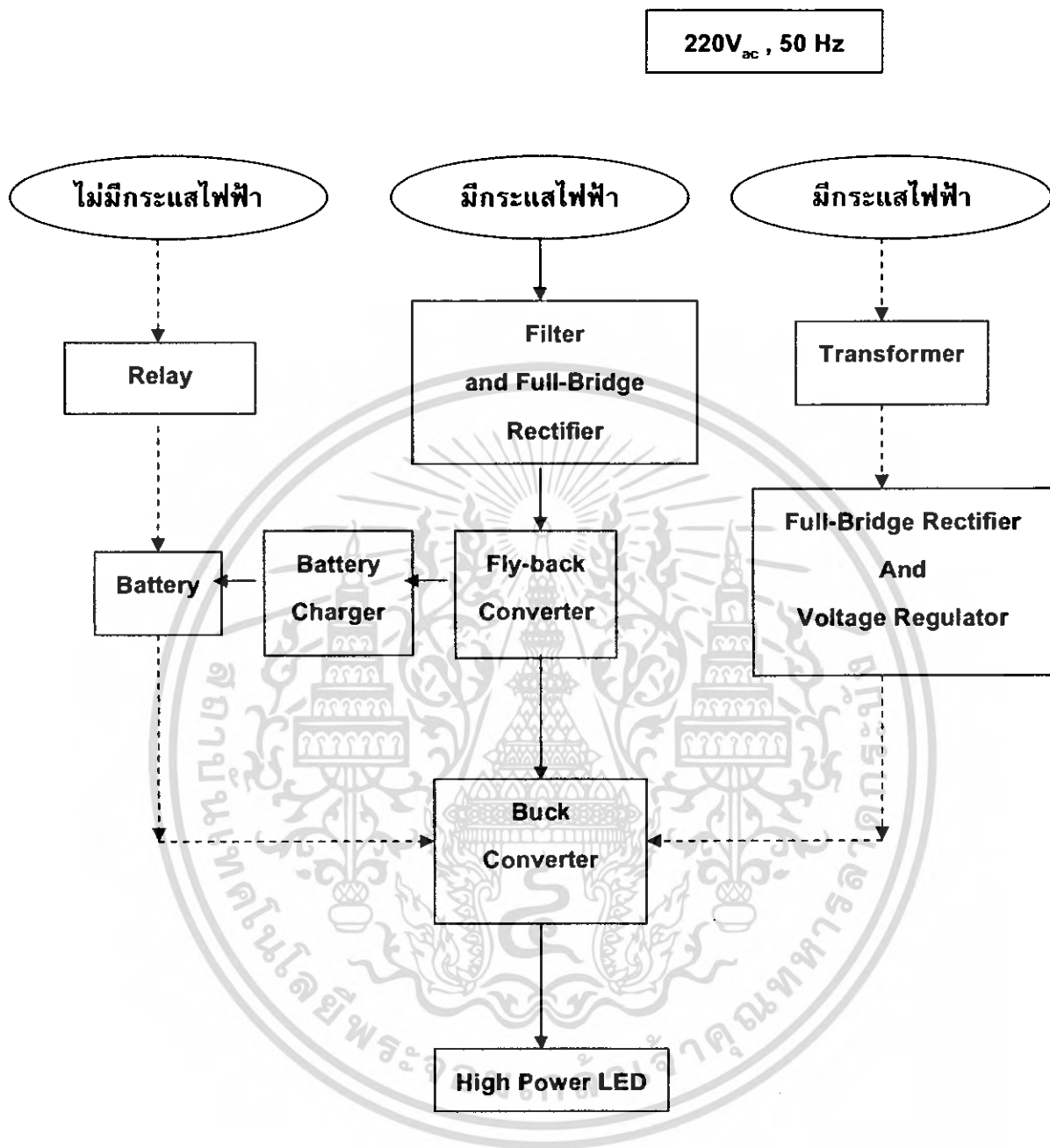
การออกแบบและการสร้าง

3.1 การออกแบบโครงสร้างของไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอด High Power LED

ไฟฉุกเฉินที่ใช้หลอด High Power LED จะทำการรับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ แล้วผ่านฟิลเตอร์ชนิด RFI ฟิลเตอร์ เพื่อกรองสัญญาณรบกวน แล้วเข้าสู่วงจรเรียงกระแส จากนั้นผ่านวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ เป็นวงจรแปลงผันกระแสตรงเป็นกระแสตรงลดระดับแรงดันเท่ากับ 12 โวลต์ เข้าสู่วงจรอัดประจุไฟฟ้าเป็นแบบอัดประจุด้วยกระแสสูง เพื่ออัดประจุแบตเตอรี่ชนิดนิเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH) จำนวน 8 ก้อน (มีแรงดันของแบตเตอรี่เท่ากับ 11.2 โวลต์ และความจุแบตเตอรี่เท่ากับ 2700 มิลลิแอมแปร์)

หากเกิดเหตุการณ์ไฟดับหรือขัดข้อง จะมีรีเลย์สั่งการให้แบตเตอรี่จ่ายไฟให้กับวงจรขับหลอด High Power LED ซึ่งเป็นวงจรบั๊กคอนเวอเตอร์ แล้วจ่ายกระแสและแรงดันที่เหมาะสมให้กับหลอด High Power LED จึงทำให้หลอด High Power LED สว่างขึ้นมา

เมื่อต้องการความสว่างจากหลอด High Power LED ในสภาวะปกติจะมีวงจรออฟไลน์ จะทำการรับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ แล้วผ่านหม้อแปลงลดระดับแรงดันเหลือ 15 โวลต์ ผ่านวงจรเรียงกระแสแล้วเข้าสู่วงจรโวลเตจเรกูเรเตอร์ ลดระดับแรงดันเท่ากับ 11.2 โวลต์ แล้วเข้าสู่วงจรบั๊กคอนเวอเตอร์ เพื่อให้หลอด High Power LED สว่างขึ้นมา ในการออกแบบไฟฉุกเฉินที่ใช้หลอด High Power LED ได้ออกแบบตามมาตรฐานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและป้ายทางออกฉุกเฉิน ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าปี 2543-2544 ดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพการทำงานของไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง (Emergency Lighting Using LED)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบหลอด High Power LED และขนาดแบตเตอรี่ในการใช้งาน

3.2.1 การออกแบบหลอด High Power LED

ในโครงการไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอด High Power LED ได้คำนวณพื้นที่สำหรับใช้งาน 50 ตารางเมตร ความส่องสว่างตามมาตรฐานของวสท. กำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำไม่น้อยกว่า 0.5 ลักซ์ และมาตรฐานของกฎกระทรวงกำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำ ณ จุดกึ่งกลางจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 10 ลักซ์

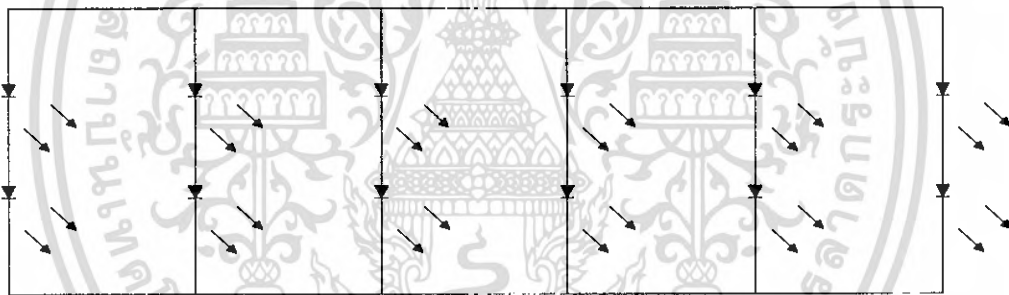
$$\text{จากสูตร} \quad E = \frac{\phi}{\text{Area}} \quad (3.1)$$

$$\therefore \phi = 10 \times 50 = 500 \text{ lm}$$

เลือกใช้หลอด High Power LED 1 Watt Emitter รูปแบบการกระจายแสงแบบ Lambertian ชื่อรุ่น Luxeon I ของบริษัท Phillips ซึ่งให้ค่าความสว่างเท่ากับ 45 ลูเมน/หลอด

จะใช้หลอดแอลอีดีทั้งหมด $\frac{500}{45} = 11.11 \approx 12$ หลอด

การวางหลอด ใช้ทั้งหมด 2 ดวงโคม (6หลอดต่อ1ดวงโคม) โดยวางอนุกรม 2 หลอด และขนาน 3 แถว ต่อ 1 ดวงโคม ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการวางหลอดแอลอีดีกำลังสูง

3.2.2 การขนาดแบตเตอรี่ในการใช้งาน

หลอด LED 1 Watt Emitter มีแรงดันเท่ากับ 3.42 โวลต์ กระแส 350 มิลลิแอมแปร์จะมีความต้านทานตกคร่อมต่อหลอดเท่ากับ 9.77 โอห์ม ต่อหลอดอนุกรม 2 หลอด และขนานกัน 6 แถว ดังรูปที่ 3.1 จะได้ค่าความต้านทานรวม $\frac{9.77 \times 2}{6} = 3.257$ โอห์มกำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้ใน 1 ชั่วโมง จะได้

$$P = I^2 R \quad (3.2)$$

$$P = (0.35 \times 6)^2 (3.257) = 14.36 \text{ วัตต์}$$

ตามมาตรฐานกำหนดให้ไฟฉุกเฉินต้องใช้งานได้ไม่น้อยกว่า 1.5 ชั่วโมง แต่จะสำรองเพิ่มอีก 20 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น กำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้มีค่า $14.36 \times 1.5 \times 1.2 = 25.85$ วัตต์ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิด Ni-MH ขนาด 1.2 โวลต์ 2700 มิลลิแอมแปร์ชั่วโมง
หาจำนวนแบตเตอรี่ที่ต้องนำมาใช้ จากสมการ

$$P = IV \quad (3.3)$$

$$25.85 = (2.7)(V)$$

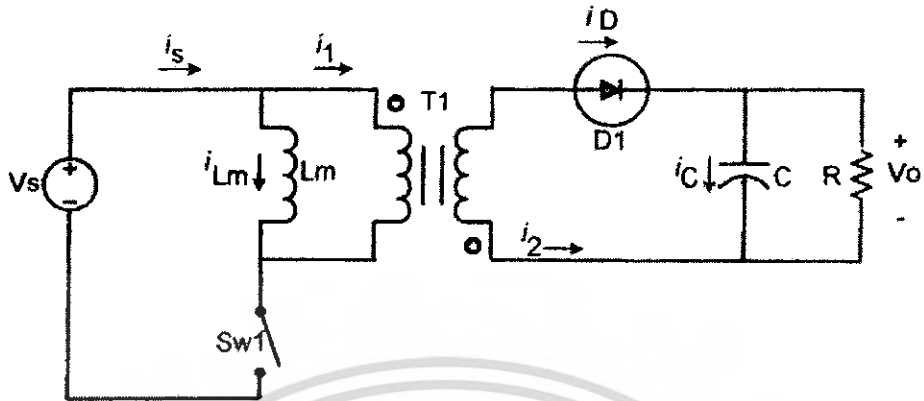
$$V = 9.57 \text{ โวลต์}$$

จะใช้แบตเตอรี่ทั้งหมด $\frac{9.57}{1.2} = 7.975$ ก้อน หรือ ประมาณ 8 ก้อน

ดังนั้น ต้องเลือกใช้แบตเตอรี่ชนิด Ni-MH ขนาด 1.2 โวลต์ 2700 มิลลิแอมแปร์ชั่วโมง
จำนวน 8 ก้อน



3.3 การออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าในวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์เป็นวงจรที่มีลักษณะคล้ายกับวงจรบัก-บูสต์คอนเวอเตอร์ แต่จะทำการเปลี่ยนจากตัวเหนี่ยวนำมาเป็นหม้อแปลงความถี่สูงซึ่งทำให้ลักษณะของแหล่งจ่ายไฟมีขนาดเล็กลง วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์จัดอยู่ในประเภทป้อนแบบแรงดันไฟฟ้า มีรูปแบบวงจรดังรูป 3.3

เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์เข้าใจหลักการทำงานของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ จึงต้องกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ดังนี้คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เช่น ไดโอดกำลัง และสวิตช์จะถือว่าเป็นอุดมคติ ไม่มีตัวเหนี่ยวนำรั่วจากแกนเหล็กของหม้อแปลงความถี่สูงที่ใช้แรงดันเอาต์พุตมีค่าคงที่ เมื่อพิจารณาในสภาวะคงตัว ให้ค่าดีทีไอเคิลของสวิตช์มีช่วงเวลานำกระแสเท่ากับ DT และช่วงเวลาหยุดนำกระแสมีค่าเท่ากับ $(1-D)T$ โดยที่วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์นั้นคล้ายกับวงจรบัก-บูสต์คอนเวอเตอร์โดยที่ตัวเหนี่ยวนำ L_m จะทำการสะสมพลังงานไว้ในขณะที่สวิตช์นำกระแสและจะคายพลังงานให้กับวงจรช่วงเวลาที่สวิตช์ไม่นำกระแสตนเอง ซึ่งสามารถทำการพิจารณาได้ดังนี้

3.3.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โหมดกระแสต่อเนื่อง หมายถึง ค่ากระแสจะมีการเพิ่มขึ้นในช่วงสวิตช์นำกระแสและลดลงแบบเชิงเส้นช่วงที่สวิตช์ไม่นำกระแส ทั้งสองช่วงกระแสที่ไหลผ่าน L_m ไม่มีช่วงใดเลยที่กระแสมีค่าเป็นศูนย์ แบ่งการพิจารณาได้เป็น 2 ช่วงดังต่อไปนี้

3.3.1.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โหมดกระแสต่อเนื่อง ช่วงสวิตช์นำกระแสเมื่อพิจารณาด้านปฐมภูมิจะได้ค่าการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทำแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าเท่ากับ

$$(\Delta i_{lm})_{closed} = \frac{V_s DT}{L_m} \quad (3.4)$$

ด้านทุติยภูมิจะได้

$$V_2 = V_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right) = V_s \left(\frac{N_2}{N_1} \right), i_2 \text{ และ } i_1 = 0 \quad (3.5)$$

เนื่องมาจากว่าช่วงที่สวิตช์นำกระแสในไดโอดกำลังจะอยู่ในสภาวะไบแอสกลับ(เนื่องมาจากคุณสมบัติของหม้อแปลงที่กระแสไหลเข้าด้านที่มีขั้ว (Dotted) ของขดลวดปฐมภูมิก็จะไหลออกด้านที่มีขั้วของขดลวดทุติยภูมิ) เป็นผลให้กระแส i_2 ไหลทางด้านทุติยภูมิมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นด้านปฐมภูมิจึงไม่มีกระแส i_1 เช่นเดียวกัน แต่พลังงานที่เกิดขึ้นจะสะสมอยู่ในขดลวดเหนี่ยวนำ L_m ด้านปฐมภูมิ เมื่อถึงช่วงที่สวิตช์หยุดนำกระแสก็จะเกิดการคายพลังงานออกจากขดลวดตัวเหนี่ยวนำ L_m ในทิศทางตรงข้าม ทำให้ไดโอดสามารถที่จะนำกระแสได้เพราะอยู่ในสภาวะไบแอสตรง จึงมีกระแส i_2 ไหลทางด้านทุติยภูมิ

3.3.1.2 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โหมตกระแสต่อเนื่อง ช่วงสวิตช์ไม่นำกระแสจากที่กล่าวมาแล้วว่าเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส กระแสที่สะสมอยู่ในตัวเหนี่ยวนำจะทำการยุบตัว กระแสไหลเข้าด้านไม่มีขั้วของหม้อแปลงไดโอดทำการไบแอสตรงทำให้กระแส i_2 ไหลทางด้านทุติยภูมิเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

$$V_1 = -V_o \frac{N_1}{N_2} = V_2 \frac{N_1}{N_2} \quad (3.6)$$

การเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทำแม่เหล็กของหม้อแปลงเท่ากับ

$$(\Delta i_{lm})_{opened} = \frac{V_o(1-D)T}{L_m} \times \frac{N_1}{N_2} \quad (3.7)$$

เมื่อทำการพิจารณารวมจากค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดตัวเหนี่ยวนำ L_m มีค่าเท่ากับศูนย์จะได้

$$V_o = V_s \times \frac{D}{1-D} \times \frac{N_2}{N_1} \quad (3.8)$$

จะเห็นได้ว่ามีค่าคล้ายกับ-บัสต์คอนเวอเตอร์ แต่มีอัตราส่วนของหม้อแปลง(Transformer ratio) เป็นจำนวนเท่า

ส่วนค่าระลอกคลื่นนั้นมีค่าเท่ากับบัสต์คอนเวอเตอร์เพราะมีโครงสร้างทางด้านเอาต์พุตเหมือนกัน

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf_s} \quad (3.9)$$

3.3.2 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โหมตกระแสไม่ต่อเนื่อง เป็นโหมตที่กระแสไหลผ่านในขดลวดเหนี่ยวนำ L_m มีช่วงที่ค่ากระแสเป็นศูนย์ โดยที่กระแสจะเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นในช่วงสวิตช์นำกระแสและค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งเป็นศูนย์นั่นเอง

$$V_o = V_s \times D \times \sqrt{\frac{RT}{2L_m}} \quad (3.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากทฤษฎีนี้เราสามารถที่จะนำมาออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ โดยการกำหนดให้ทำการป้อนอินพุตแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 310 โวลต์ (นำไฟฟ้ากระแสสลับผ่านวงจรฟิลเตอร์และวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น) 50 เฮิร์ตซ์ ให้ได้แรงดันเอาต์พุตเป็นไฟฟ้ากระแสตรงระดับแรงดัน 12 โวลต์

ได้ทำการออกแบบดังต่อไปนี้

ออกแบบวงจรเพื่อทำการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ขนาด 9.6 วัตต์ (1.2 โวลต์ × 8 ก้อน ที่ระดับกระแสอัดประจุ 1 A) ดังนั้นจึงออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ที่มีขนาดกำลังทางด้านเอาต์พุต 9.6 วัตต์ ดังนี้

$$V_{in}(\min) = 220 \times 0.8 = 176 \text{ Vac} \quad , V_{peak}(\min) = 249 \text{ Vdc}$$

$$V_{in}(\max) = 220 \times 1.2 = 264 \text{ Vac} \quad , V_{peak}(\max) = 373 \text{ Vdc}$$

ให้ประสิทธิภาพเท่ากับ 75 % ดังนี้

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{eff} = \frac{9.6}{0.75} = 12.8 \text{ W} \quad (3.11)$$

หาค่ากระแสอินพุตจาก

$$I_{in(avg)} = \frac{P_{in}}{V_{in(low)}} \quad (3.12)$$

โดยที่ $V_{in(low)} = V_{peak(\min)} - V_{ripple} - V_{diode}$ และ $V_{ripple} = 32\% V_{peak(\min)}$

$$\text{ดังนั้น } I_{in(avg)} = \frac{9.6}{249 - 80 - 1.5} = \frac{9.6}{167.5} = 57.3 \text{ mA}$$

$$I_{peak} = 2 \times I_{in(avg)} \times \frac{t_{sw}}{t_{on}} = 2 \times 57.3 \times 10^{-3} \times \frac{10 \mu\text{s}}{4 \mu\text{s}} = 286.6 \text{ mA} \quad (3.13)$$

โดยที่ความถี่ในการสวิตซ์ 100 KHz ค่าDuty เท่ากับ 0.4

จึงทำการเลือกใช้ไอซี NCP 1052 ที่สามารถทำการสวิตซ์ความถี่ 100 กิโลเฮิร์ตซ์ และมีขีดจำกัดกระแสขนาด 300 มิลลแอมป์ แรงดันที่ทนได้สูงสุด 700 โวลต์ เป็นเพาเวอร์มอสเฟตที่ใช้ในการสวิตซ์ หากพิจารณาค่าความสูญเสียเป็นดังนี้

$$P_{loss} = P_{in}(1-eff.) = P_{in} - P_{out} = 3.2 \text{ W} \quad (3.14)$$

$$\text{MOSFET Power Losses} = 3.2 \times 35\% = 1.12 \text{ W}$$

$$\text{Rectifier Power Losses} = 3.2 \times 60\% = 1.92 \text{ W}$$

หา Capacitor ด้านอินพุต

$$C_{in} = \frac{P_{in}}{f_{ac} \times (V_{peak(\min)}^2 - V_{in(low)}^2)} = \frac{12.8}{50 \times (249^2 - 167.5^2)} = 7.54 \mu\text{F} \quad (3.15)$$

ออกแบบขนาดขดลวดของหม้อแปลงดังนี้

$$L_{pri} = \frac{V_{in(low)} \times Duty_{max}}{I_{peak} \times f_{sw}} = \frac{167.5 \times 0.4}{0.286 \times 100 \times 10^3} = 2.34 \text{ mH} \quad (3.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาต้านปรุสมภูมิ

$$V_{FB} = \frac{V_{m(low)} \times t_{on}}{t_{off}} = \frac{167.5 \times 4 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-6}} = 111.67 \text{ V} \quad (3.17)$$

ขณะที่ t_{on} เท่ากับ $4 \mu\text{s}$ หรือ Duty 0.4 ที่ 100 kHz

หาขนาดขดลวดของหม้อแปลงต้านทุติยภูมิ

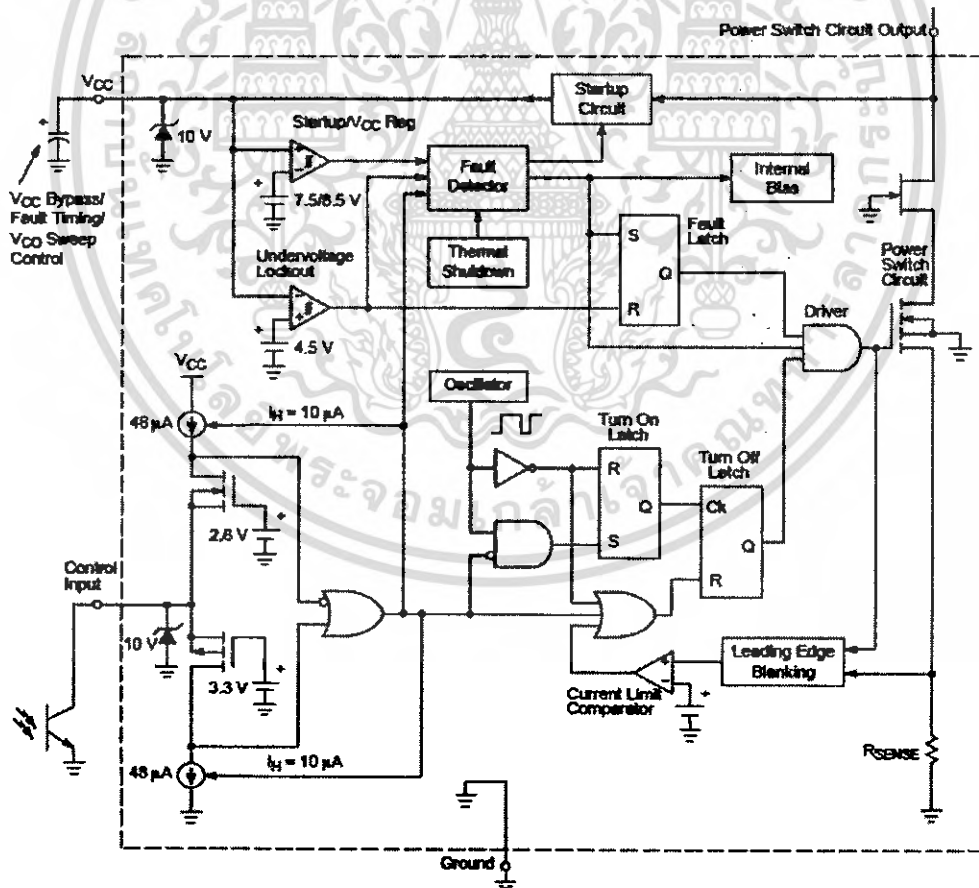
$$\frac{N_{pri}}{N_{sec}} = \frac{V_{FB}}{V_{out} + V_f} = \frac{111.67}{12 + 1.5} = 8.27 \approx 9 \text{ เท่า} \quad (3.18)$$

ดังนั้น

$$L_{sec} = \left(\frac{N_{sec}}{N_{pri}} \right)^2 \times L_{pri} = \left(\frac{1}{9} \right)^2 \times 2.34 \times 10^{-3} = 28.9 \mu\text{H} \quad (3.19)$$

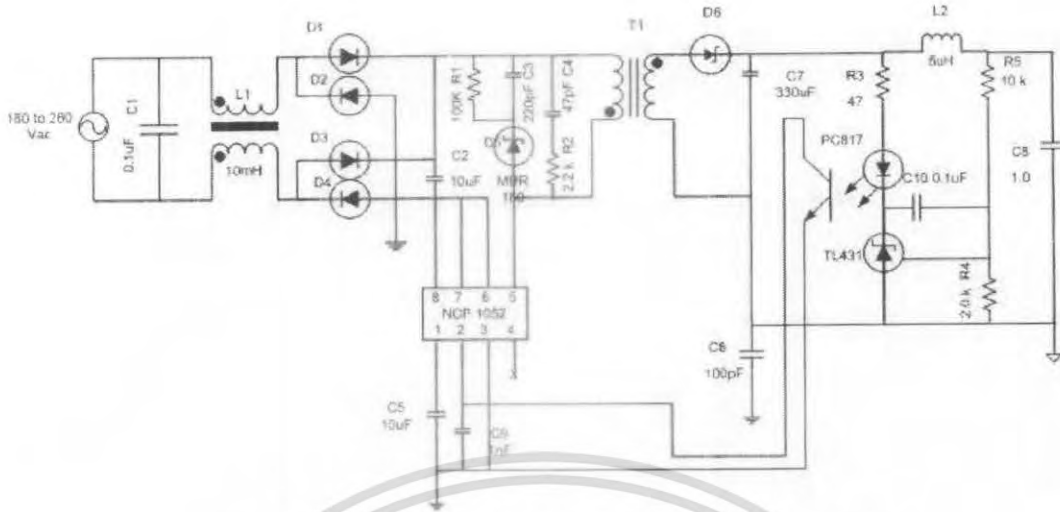
หลักการทำงานของไอซีเบอร์ NCP1052

วงจรควบคุมมีหน้าที่ในการปรับดิโอดีไซน์ของพาวเวอร์มอสเฟตซึ่งอยู่ภายในไอซีนี้ โดย ไอซี NCP1052 ซึ่งให้สัญญาณ PWM ในการขับพาวเวอร์มอสเฟตที่ความถี่ 100 kHz อีกทั้งไอซีนี้สามารถรับไฟจากรงจกรกำลังได้โดยตรง ไม่ต้องมีการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับไอซี ดังรูป 3.4



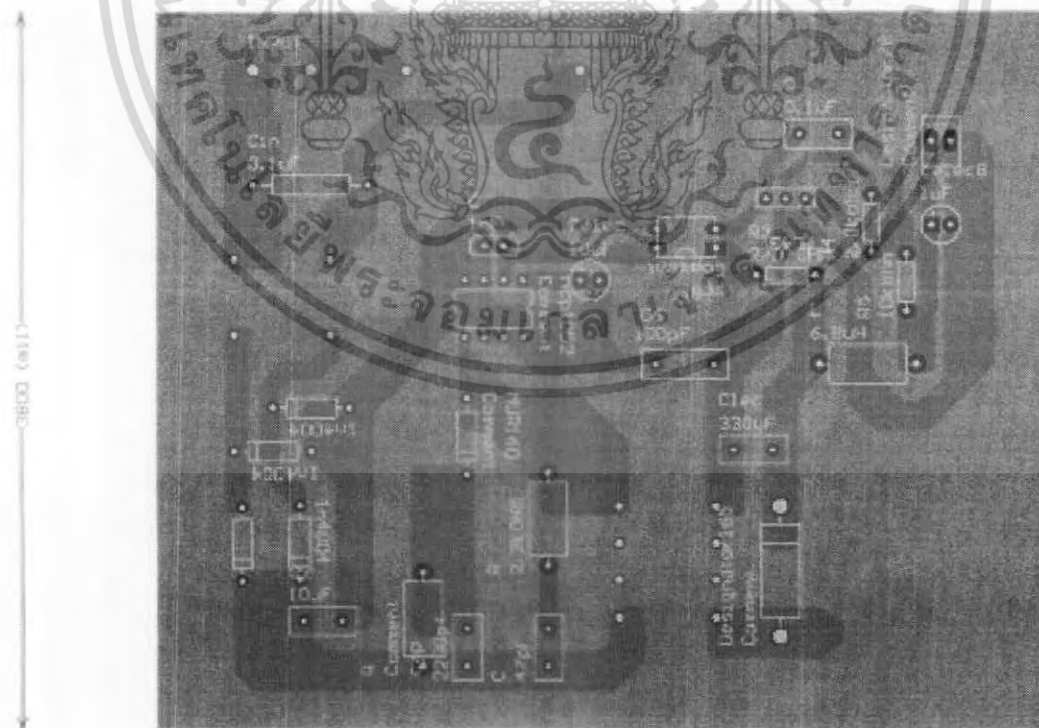
รูปที่ 3.4 แสดงไอซีเบอร์ NCP1052

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



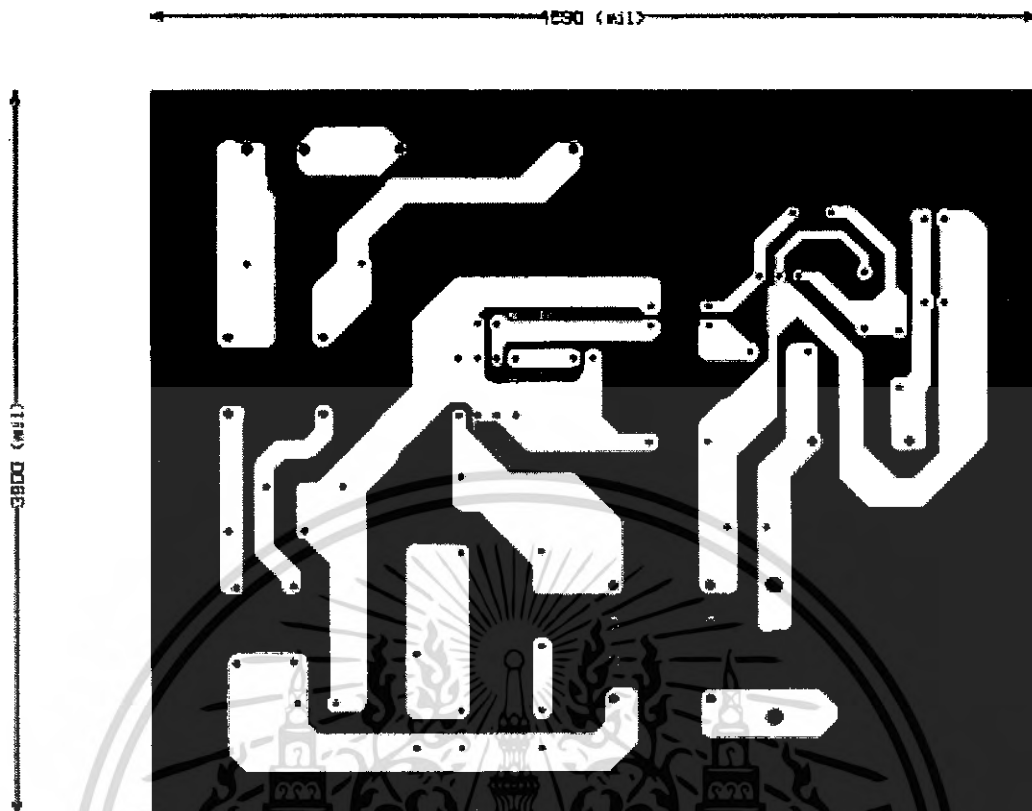
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โดยใช้ NCP1052

หลังจากทำการออกแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โดยใช้ NCP1052 แล้วจึงวาด PCB ของวงจรมี ดังรูปที่ 3.6 และ 3.7



รูปที่ 3.6 แสดงแผ่น PCB ของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงแผ่น PCB ของวงจรฟลายแบคคอนเวเตอร์ที่มีเฉพาะสายทองแดง

3.4 การออกแบบวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่น

การพิจารณาเลือกตัวเก็บประจุฟิเตอร์ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆดังนี้

3.4.1 อัตราการทนกระแสลอกของตัวเก็บประจุ (RMS Ripple Current Rating) โดยที่ จะต้องเลือกที่ค่ามากกว่าค่ากระแสลอกที่คำนวณได้ เพื่อไม่ให้ตัวเก็บประจุร้อนขณะทำงาน

3.4.2 ค่าแรงดันกระเพื่อมที่เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส (Ripple Voltage) ซึ่งจะมีผล ทำงานโดยตรงกับการทำงานของวงจรฟลายแบคคอนเวเตอร์ การกระเพื่อมที่แรงดันเอาต์พุต ทำให้แรงดันอินพุตมีค่าไม่คงที่ หากยอมให้แรงดันกระเพื่อมทางด้านเอาต์พุตของวงจรเรียง กระแสมีค่ามากก็ย่อมทำให้การรักษาความคงที่ของแรงดันเอาต์พุตของฟลายแบคคอนเวเตอร์ มีค่าลดลงไป โดยปกติแล้วจะยอมให้วงจรเรียงกระแสมีขนาดไม่เกิน 10% ของแรงดันเอาต์พุต

3.4.3 ช่วงเวลาโฮลด์อัปที่ต้องการ (Hold-up time) เป็นช่วงเวลาที่แหล่งจ่ายไฟยังคงค่า แรงดันเอาต์พุตได้ตามปกติที่โหลดสูงสุด เมื่อหยุดจ่ายแรงดันไฟกระแสสลับหรือแรงดันไฟ กระแสสลับมีค่าต่ำกว่าที่กำหนด ดังนั้นตัวเก็บประจุจะต้องมีค่ามากพอจ่ายกระแสให้กับวงจร คอนเวเตอร์เมื่อมีการหยุดจ่ายแรงดันไฟกระแสสลับ

3.4.4 อัตราทนแรงดันของตัวเก็บประจุ เพื่อความปลอดภัยแล้วควรจะเมื่อค่าอัตราอดทน แรงดันไว้อย่างน้อยที่ค่าแรงดันไฟตรงสูงสุดที่เป็นไปได้ของคอนเวเตอร์ เช่นแรงดันไฟ กระแสสลับ 220 โวลต์ ก็ควรเลือกประจุฟิเตอร์ที่มีขนาดมากกว่า 310 โวลต์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 ขนาดและราคา เนื่องจากที่อัตราทดแรงดันสูงๆ ตัวเก็บประจุที่มีอัตราทดแรงดันและค่าความจุสูงเกินไป จะเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเกินความจำเป็น และยังเพิ่มขนาดให้กับวงจร ดังนั้นขนาดและราคาจึงต้องคำนึงถึงเป็นหลัก ซึ่งสามารถหาขนาดได้ดังต่อไปนี้

$$C \approx \frac{1}{2fR(\Delta V_o/V_m)} \quad (3.20)$$

โดยที่

ค่าความจุของตัวเก็บประจุทางด้านเอาต์พุตเท่ากับ C

ความถี่ของสัญญาณเท่ากับ f

ค่าความต้านทานของโหลดทางด้านเอาต์พุตเท่ากับ R

ค่าแรงดันกระเพื่อมที่เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแส (Ripple Voltage) $\Delta V_o/V_m$

ดังนั้นค่า C ที่เลือกใช้ในวงจรเรียงกระแสต้องมีค่ามากกว่า

$$\frac{1}{2 \times 50 \times 100 \times 10^3 \times (0.1)} > 1 \mu F$$

3.5 การออกแบบวงจรสับเบอร์

วงจรสับเบอร์นี้ทำงานโดยการถ่ายเทพลังงานสะสมในตัวเหนี่ยวนำแม่เหล็กเป็นตัวทำให้เกิดแรงดันสไปค์ไปไว้ที่ตัวเก็บประจุ C แทน นั่นคือ

$$\frac{1}{2} C V_c^2 = \frac{1}{2} L_i I_{p(peak)}^2 \quad (3.21)$$

เนื่องจาก V_c จะมีค่าได้ไม่เกิน $V_{ceo} - V_{clamp}$ ดังนั้นจะได้ว่า

$$C = \frac{L_i I_{p(peak)}^2}{(V_{ceo} - V_{clamp})^2} \quad (3.22)$$

$$C = \frac{2.34m \times (286.6m)^2}{(700 - 310)^2} = 1264 pF$$

L_i คือ ค่าความเหนี่ยวนำแม่เหล็กที่เกิดจากฟลักซ์รั่วของขดปฐมภูมิ

$I_{p(peak)}$ คือ ค่ากระแสสูงสุดขณะเริ่มหยุดนำกระแสของสวิตช์

V_{ceo} คือ อัตราทดแรงดันตกคร่อมสูงสุดของสวิตช์

V_{clamp} คือ ค่าแรงดันสูงสุดที่ยอมให้เกิดได้เมื่อสวิตช์เริ่มหยุดนำกระแส

ค่าความต้านทาน R อาจหาได้จาก

$$R = \frac{t_{off(min)}}{2 \times 3 \times C} \quad (3.23)$$

$$R = \frac{6 \mu s}{2 \times 3 \times 220 pF} = 50 k\Omega$$

3.6 การออกแบบวงจรอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่

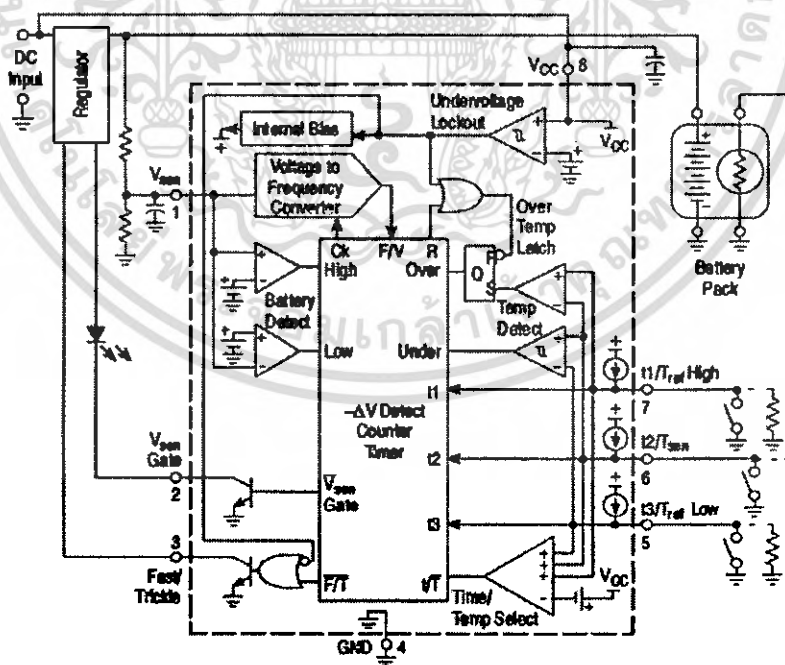
วงจรอัดประจุไฟฟ้า ได้ทำการออกแบบให้มีการอัดประจุได้ 2 แบบ คือ ในช่วงแรกจะเป็นแบบอัดประจุด้วยกระแสสูง (fast charge) และในช่วงหลังจะเป็นแบบอัดประจุด้วยกระแสต่ำ (trickle charge) ซึ่งวงจรอัดประจุแบตเตอรี่นี้จะเหมาะสำหรับการอัดประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ชนิดนิเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH) และนิเกิลแคดเมียม (Ni-Cd)

การออกแบบวงจรอัดประจุไฟฟ้าได้ประยุกต์โดยการนำไอซีเบอร์ MC33342 เป็นไอซีที่ควบคุมการอัดประจุแบบด่วน (Battery Fast Charge Controllers) มีลักษณะดังนี้

- แรงดันขาเข้ามีค่าระหว่าง 3.25 ถึง 18 โวลต์
- สามารถตัดการอัดประจุได้ เมื่อแบตเตอรี่มีอุณหภูมิสูง
- ไม่มีตะกั่วเป็นสารประกอบ

การทำงานของไอซีเบอร์ MC33342

วงจรควบคุมการทำงานในการอัดประจุของแบตเตอรี่ มีการทำงาน 2 แบบคือ แบบแรกเป็นการอัดประจุด้วยกระแสสูง และแบบที่สองเป็นการอัดประจุด้วยกระแสต่ำ ซึ่งไอซีสามารถตัดการทำงานเมื่ออุณหภูมิแบตเตอรี่สูง โดยใช้เทอร์มิสเตอร์ติดไว้กับแบตเตอรี่ หลักการทำงานของไอซี ถ้าค่าแรงดันที่ขา 1 คือ V_{sen} มีค่าอยู่ระหว่าง 1.0-2.0 โวลต์ จะทำการอัดประจุไฟฟ้าแบบกระแสสูง (fast charge) แต่เมื่อค่าแรงดันที่ขา 1 (V_{sen}) มีค่ามากกว่า 2.0 โวลต์ หรือน้อยกว่า 1.0 โวลต์ จะทำการอัดประจุไฟฟ้าแบบกระแสต่ำ (trickle charge) ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงไอซีเบอร์ MC33342

หาขนาดของตัวต้านทาน (R_5) เพื่อให้กระแส fast charge มีค่าเท่ากับ 1 แอมแปร์ ซึ่งกระแส I_{Adj} สามารถปรับให้มิต่ำน้อยกว่า 100 ไมโครแอมป์ได้ เพื่อให้ค่าความผิดพลาดจากเทอม $I_{Adj} \times R_6$ มีค่าน้อยลงจนอาจถือว่ายกเว้นได้ (ซึ่งจากข้อมูลของ LM317T มีค่า I_{Adj} เท่ากับ 50 ไมโครแอมป์)

$$I_{chg(fast)} = \frac{V_{ref} + (I_{Adj} \times R_6)}{R_5}$$

หาค่าของ R_5

$$R_5 = \frac{1.25}{1} = 1.25\Omega \quad (3.24)$$

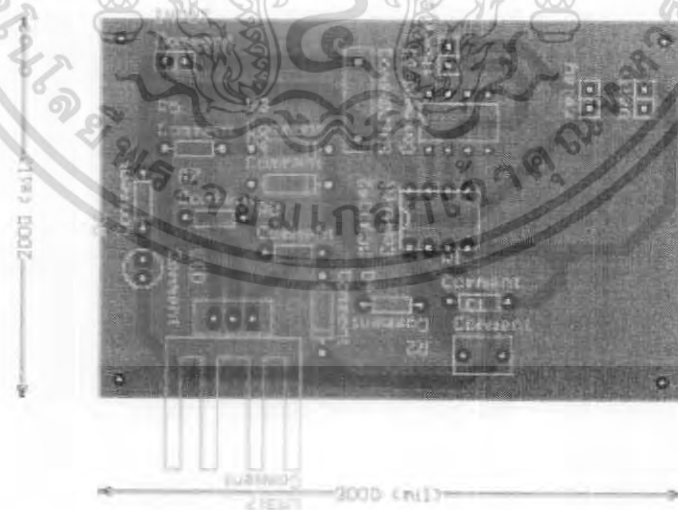
หาขนาดตัวต้านทาน (R_3) เพื่อให้กระแสสำหรับ trickle charge มีค่าเท่ากับ 300 มิลลิแอมป์

$$I_{chg(trickle)} = \frac{V_{in} - V_{FD3} - V_{Batt}}{R_3}$$

หาค่าของ R_3

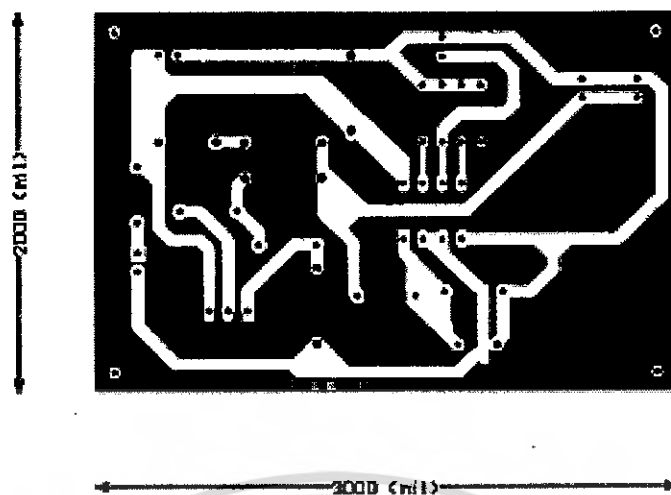
$$R_3 = \frac{12 - 0.7 - 11.2}{0.3} = 0.33\Omega \quad (3.25)$$

หลังจากทำการออกแบบวงจรอัดประจุไฟฟ้าโดยใช้ MC33342 แล้วจึงวาด PCB ของวงจรนี้ ดังรูปที่ 3.10 และ 3.11



รูปที่ 3.10 แสดงแผ่น PCB ของวงจรอัดประจุไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงแผ่นPCB ของวงจรอัดประจุไฟฟ้าโดยมีเฉพาะลายทองแดง

3.7 การออกแบบวงจรขับหลอด

เนื่องมาจากแรงดันและกระแสที่ออกจากแบตเตอรี่ ไม่เหมาะที่จะนำมาจ่ายให้กับหลอด High Power LED โดยนำหลักการของวงจรบัคคอนเวอเตอร์ ซึ่งแรงดันทางด้านขาออกมีค่าน้อยกว่าแรงดันขาเข้า มาประยุกต์ใช้ในวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง มีแรงดันขาเข้าจากแบตเตอรี่ อยู่ในช่วงระหว่าง 9.6 -11.2 โวลต์ โดยออกแบบให้แรงดันขาออกเมื่อขับหลอด High Power LED เท่ากับ 6.84 โวลต์ และมีกระแสเอาต์พุตเท่ากับ 1.05 แอมแปร์ โดยออกแบบวงจรขับหลอด 1 ชุด ต่อ 1 ดวงโคม

ได้นำ ไอซีเบอร์ MC34063 ซึ่งมีลักษณะดังนี้

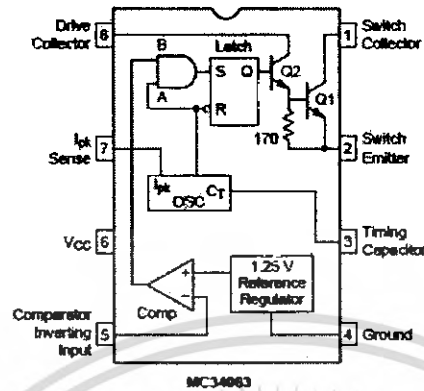
- ทำงานในช่วงแรงดันระหว่าง 3.0 – 40.0 V
- จ่ายกระแสเอาต์พุต เท่ากับ 1.5 A
- สามารถปรับแรงดันเอาต์พุตได้

วงจรควบคุมมีหน้าที่ในการปรับค่าตัวดิโวลต์เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต(Vo) ให้มีค่าคงที่ โดยในที่นี้ใช้ไอซี MC34063 ซึ่งให้สัญญาณ PWM ที่ความถี่ที่ต้องการ รูปที่ 3.12 แสดงองค์ประกอบภายในของไอซี MC34063 ซึ่งประกอบไปด้วย AND gate, RS Flip-Flop, Oscillator, 1.25 V Reference Regulator, Error Amp และ Transistor 2 ตัว โดยไอซีจะรับแรงดันที่มาจากการแบ่งแรงดันทางด้านเอาต์พุตเข้ามาทางขา 5 เพื่อเปรียบเทียบกับ Reference Voltage 1.25 V แล้วนำค่า error ที่ได้ไปเข้า AND gate เพื่อเปรียบเทียบสัญญาณว่าควรจะมีการปิดหรือเปิดสวิตซ์อย่างไรเพื่อให้แรงดันขาออกคงที่

หลักการการทำงานคือ ในช่วงชาร์จ C_T ที่ขา A ของ AND gate จะมีสถานะเป็น 1 และเมื่อแรงดันขาออกต่ำกว่าปกติที่ขา B ของ AND gate จะมีสถานะเป็น 1 ส่งผลให้ RS Flip-Flop ให้ค่าออกมาเป็น 1 ทำให้สวิตซ์นำกระแส ต่อมาเมื่อ C_T เริ่มคายประจุ จะให้สถานะ 0 ที่ขา A ของ AND gate ทำให้ RS Flip-Flop มีสถานะ reset ส่งผลให้สวิตซ์ไม่นำกระแส เมื่อแรงดันขาออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงกว่าปกติสวิตช์ก็จะไม่นำกระแสเช่นกัน การควบคุมแรงดันขาออกเราสามารถทำได้โดยใช้การแบ่งแรงดันมาเข้าที่ ขา 5 (Comparator Inverting Input) ของไอซี ที่ระดับแรงดัน 1.25 V reference



รูปที่ 3.12 แสดงภายในของไอซี MC34063

ในการออกแบบวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงโดยใช้ไอซีเบอร์ MC34063 ซึ่งสามารถค่าพารามิเตอร์ต่างๆในวงจร จากสมการต่อไปนี้โดยมีเงื่อนไขดังนี้

$$V_{out} = 6.84 \text{ โวลต์}$$

$$I_{out} = 1.05 \text{ แอมแปร์}$$

$$V_{in} = 9.6 - 11.2 \text{ โวลต์}$$

หาค่าของ t_{on}/t_{off}

$$\frac{t_{on}}{t_{off}} = \frac{V_{out} + V_f}{V_{in(min)} - V_{sat} - V_{out}} = \frac{6.84 + 0.8}{9.6 - 0.8 - 6.84} = 3.84 \quad (3.26)$$

V_{sat} คือ แรงดันอิ่มตัวของสวิตช์ขาออกมีค่าเท่ากับ 0.8 โวลต์

V_f คือ แรงดันตกคร่อมไดโอดมีค่าเท่ากับ 0.8 โวลต์

หาค่าของ $t_{on} + t_{off}$

$$t_{on} + t_{off} = \frac{1}{f} = \frac{1}{33\text{kHz}} = 30.30 \mu\text{s} \quad (3.27)$$

หาค่าของ t_{off}

$$t_{off} = \frac{t_{on} + t_{off}}{\frac{t_{on}}{t_{off}} + 1} = \frac{30.30 \times 10^{-6}}{3.84 + 1} = 6.26 \mu\text{s} \quad (3.28)$$

หาค่าของ t_{on}

$$t_{on} = (t_{on} + t_{off}) - t_{off} = 30.30 - 6.26 = 24.04 \mu\text{s} \quad (3.29)$$

หาค่าของ C_T

$$C_T = 4 \times 10^{-5} t_{on} = 961.6 \text{ pF} \quad (3.30)$$

เลือกใช้ C_T ที่ใกล้เคียง คือ $C_T = 1 \text{ nF}$ หรือ 1000 pF

หาค่าของ $I_{pk(switch)}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_{pk(switch)} = 2I_{out(max)} = 2 \times 1.05 = 2.1A \quad (3.31)$$

$I_{out(max)}$ คือ กระแสขาออก กำหนดให้เท่ากับ 1.05 A

หาค่าของ R_{sc}

$$R_{sc} = \frac{0.3}{I_{pk(switch)}} = \frac{0.3}{2.1} = 0.143\Omega \quad (3.32)$$

หาค่าของ L_{min}

$$L_{min} = \frac{(V_{in(min)} - V_{sat} - V_{out})}{I_{pk(switch)}} \times t_{on(max)} = \frac{(9.6 - 0.8 - 6.84)}{2.1} (24.04 \mu s) = 22.44 \mu H \quad (3.33)$$

หาค่าของ C_o

$$C_o = \frac{I_{pk(switch)} \times (t_{on} + t_{off})}{8V_{ripple(pp)}} \quad (3.34)$$

กำหนด

$$V_{ripple} = 0.5\% \text{ ของ } V_{out} = \frac{0.5}{100} \times 6.84 = 34mV_{p-p}$$

$$C_o = \frac{(2.1)(30.30 \times 10^{-6})}{8(34mV)} = 233.93 \mu F$$

การแบ่งกระแสสามารถผ่านได้ $100 \mu A$

$$V_{out} = 1.25 \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right)$$

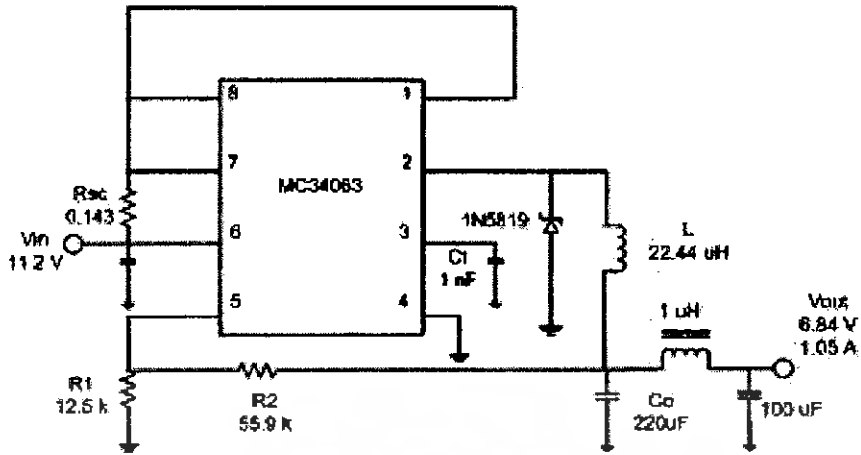
หาค่าของ R_1

$$R_1 = \frac{1.25}{100 \times 10^{-6}} = 12.5k\Omega \quad (3.35)$$

หาค่าของ R_2

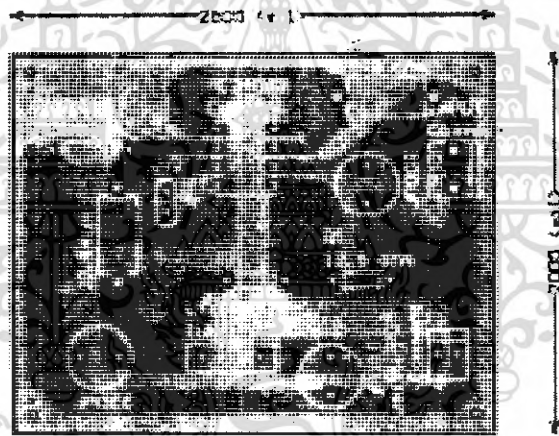
$$R_2 = 12.5 \times 10^3 \left(\frac{6.84}{1.25} - 1 \right) = 55.9k\Omega \quad (3.36)$$

หลังจากคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆในวงจรขับโหลดแอลอีดีกำลังสูงจะได้วงจรดังรูปที่ 3.13

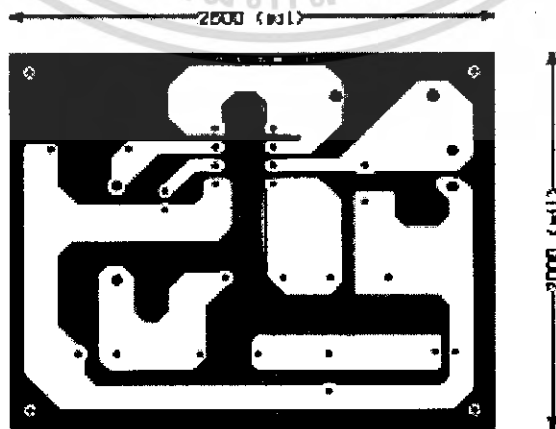


รูปที่ 3.13 แสดงวงจรขับโหลดโดยใช้ MC34063

หลังจากทำการออกแบบวงจรขับโหลดโดยใช้ MC34063 แล้วจึงวาด PCB ของวงจรนี้ ดังรูปที่ 3.14 และ 3.15



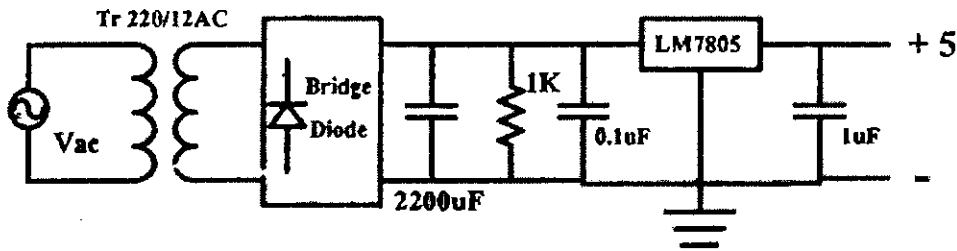
รูปที่ 3.14 แสดงแผ่นPCB ของวงจรขับโหลด



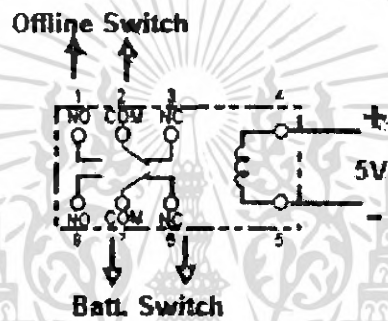
รูปที่ 3.15 แสดงแผ่นPCB ของวงจรขับโหลดโดยเฉพาะที่มีลายทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้จัดทำเห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การออกแบบวงจรตรวจจับแรงดัน



รูปที่ 3.16 แสดงวงจรตรวจจับแรงดัน



รูปที่ 3.17 แสดงวงจรรีเลย์

จากรูปเป็นการประยุกต์ใช้งานรีเลย์มาตรวจจับแรงดัน ซึ่งรีเลย์ที่เลือกใช้งานจะมีหน้าสัมผัสอยู่ 2 สถานะคือ NO และ NC โดยเมื่อทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ เข้าที่คอล์ยของรีเลย์ หากมีไฟฟ้าในระบบ หน้าสัมผัสของรีเลย์จะอยู่ในสถานะตรงข้าม คือ แบตเตอรี่ จะอยู่ในสถานะ open circuit เมื่อไม่มีไฟฟ้าก็จะอยู่ในสถานะ close circuit ทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรขับหลอด ดังรูปที่ 3.17

3.9 การออกแบบวงจรออฟไลน์

เป็นวงจรที่ใช้เปิด-ปิดหลอดแอลอีดีกำลังสูง เมื่อมีความต้องการที่จะใช้งานในสภาวะปกติ และแรงดันกระแสสลับส่วนหนึ่งก็จะไปยังวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ แล้วเข้าวงจรชาร์จ แบตเตอรี่ เพื่อทำการอัดประจุตลอดเวลา

ซึ่งส่วนหนึ่งประกอบด้วยวงจรแปลงแรงดันลงด้วยหม้อแปลงให้เหลือระดับแรงดัน กระแสสลับ 15 โวลต์ ผ่านบริดจ์ไดโอดได้ระดับแรงดันกระแสตรงประมาณ 15 โวลต์ ผ่านวงจรลดทอนแรงดันจาก 15 โวลต์เหลือประมาณ 11.2 โวลต์โดยใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์เบอร์ LM317T

จุดเด่นและลักษณะพิเศษของ LM317T

- กระแสเอาต์พุต 2.2 แอมแปร์
- แรงดันเอาต์พุตปรับค่าได้ตั้งแต่ 1.2 ถึง 37 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีการป้องกันอุณหภูมิภายในสูงเนื่องจากโหลดเกิน
- มีการป้องกันการลัดวงจรภายใน
- ไม่มีสารตะกั่วเป็นส่วนประกอบ

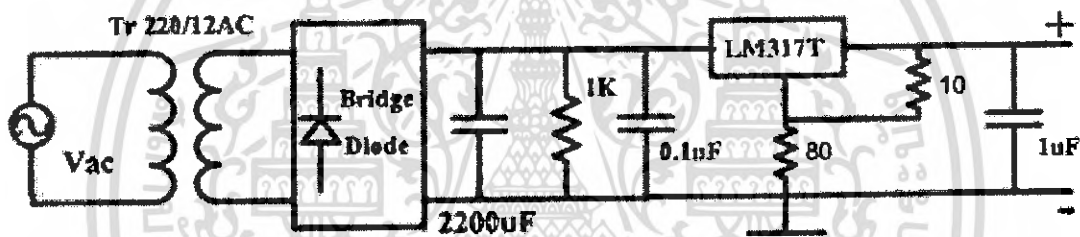
ซึ่งกระแส I_{adj} สามารถปรับให้มีค่าน้อยกว่า 100 ไมโครแอมป์ได้ เพื่อให้ค่าความผิดพลาดจากเทอม $I_{adj} \times R2$ มีค่าน้อยลง จนอาจถือว่าขี้กเว้นได้ (ซึ่งจากข้อมูลของ LM317T มีค่า I_{adj} เท่ากับ 50 ไมโครแอมป์)

ดังนั้นสมการข้างต้นเหลือเป็น

$$V_{out} = 1.25(1 + \frac{R2}{R1}) \tag{3.24}$$

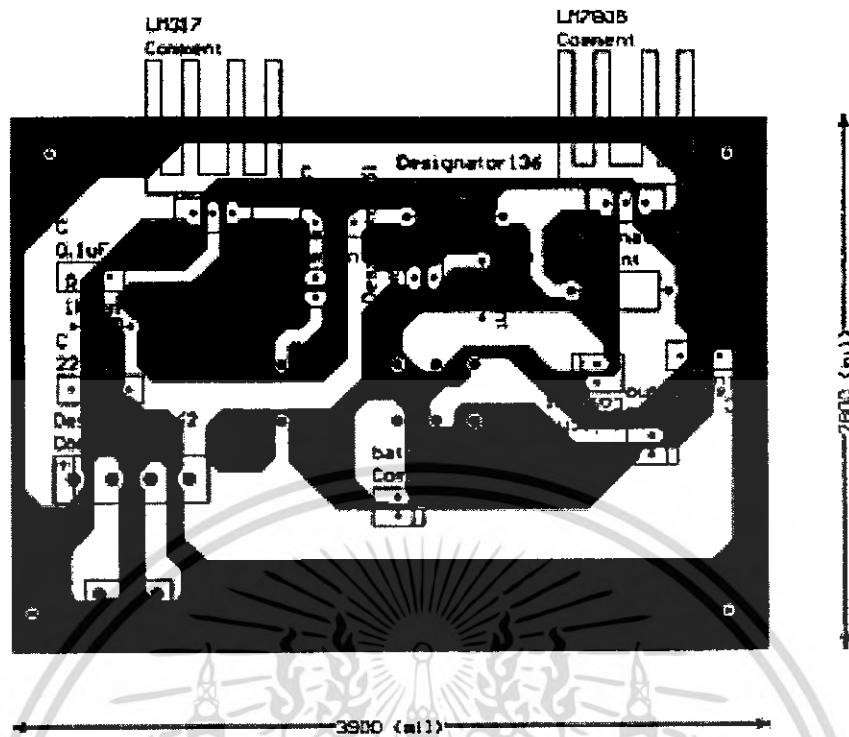
ต้องการแรงดันเอาต์พุต 11.2 โวลต์ ดังนั้น $R2 = 80$ โอห์ม และ $R1 = 10$ โอห์ม

หลังจากนั้นก็ผ่านวงจรขับหลอด เพื่อทำการขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงโดยมีค่าใกล้เคียงกับที่ได้ทำการออกแบบไว้ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง



รูปที่ 3.18 แสดงวงจรออฟไลน์

หลังจากทำการออกแบบวงจรตรวจจับแรงดันและวงจรออฟไลน์ แล้วจึงวาด PCB ของวงจรนี้ ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 แสดงแผ่นPCB ของวงจรตรวจจับแรงดันและวงจรออฟไลน์โดยเฉพาที่มี
ลายทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

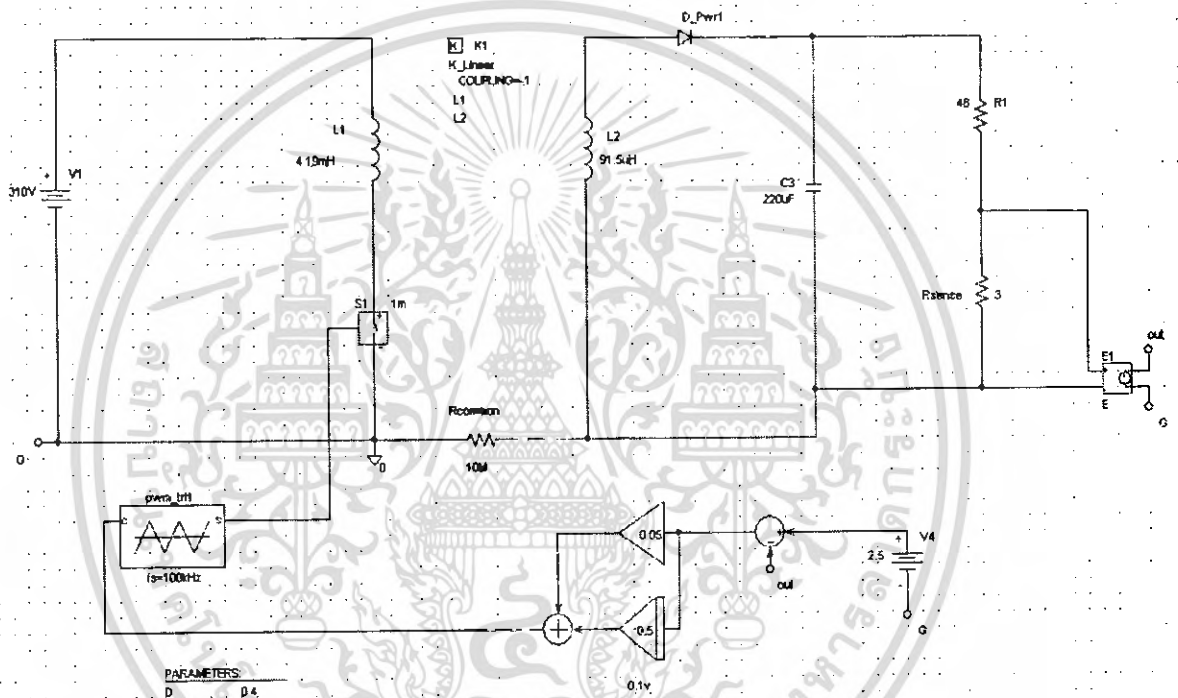
บทที่ 4

ผลการทดลอง

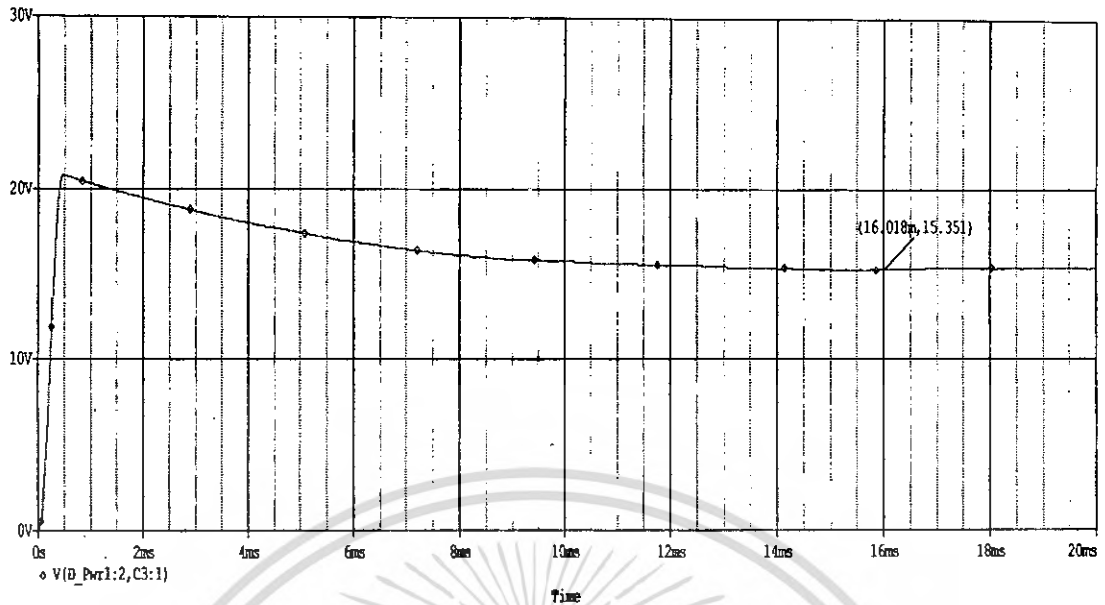
4.1 การจำลองแบบวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์

เป็นการจำลองวงจรที่ได้จากการคำนวณเพื่อให้สามารถวิเคราะห์และเปรียบเทียบสัญญาณที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

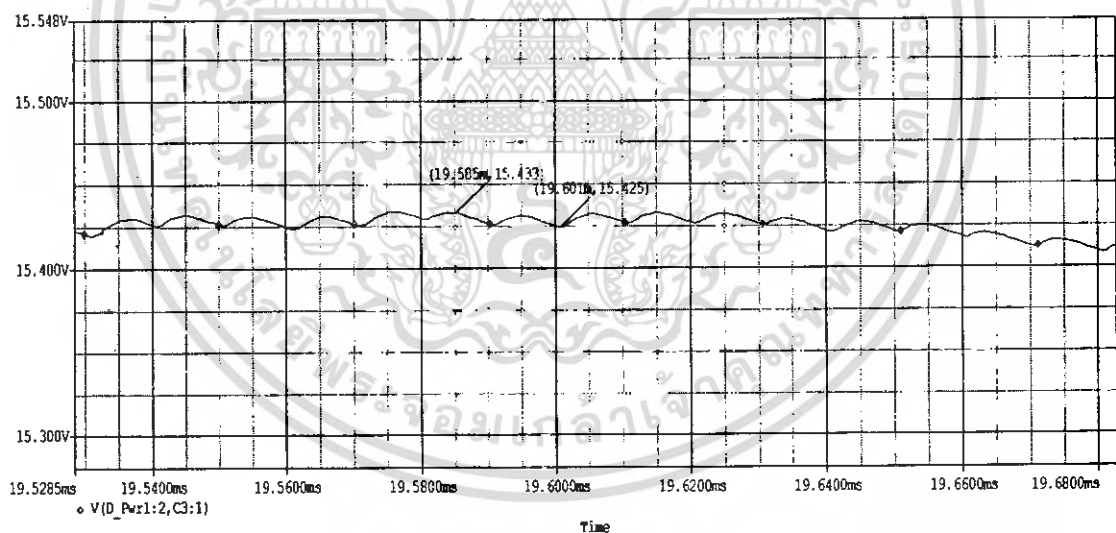
วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ เป็นวงจรที่ทำการรับไฟฟ้ากระแสตรงจากวงจรเรียงกระแส 310 V_{dc} จากนั้นทำการสวิตซ์ที่ความถี่ 100 kHz แล้วทำการวัดสัญญาณต่างๆ



รูปที่ 4.1 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ จำลองด้วยโปรแกรม Pspice

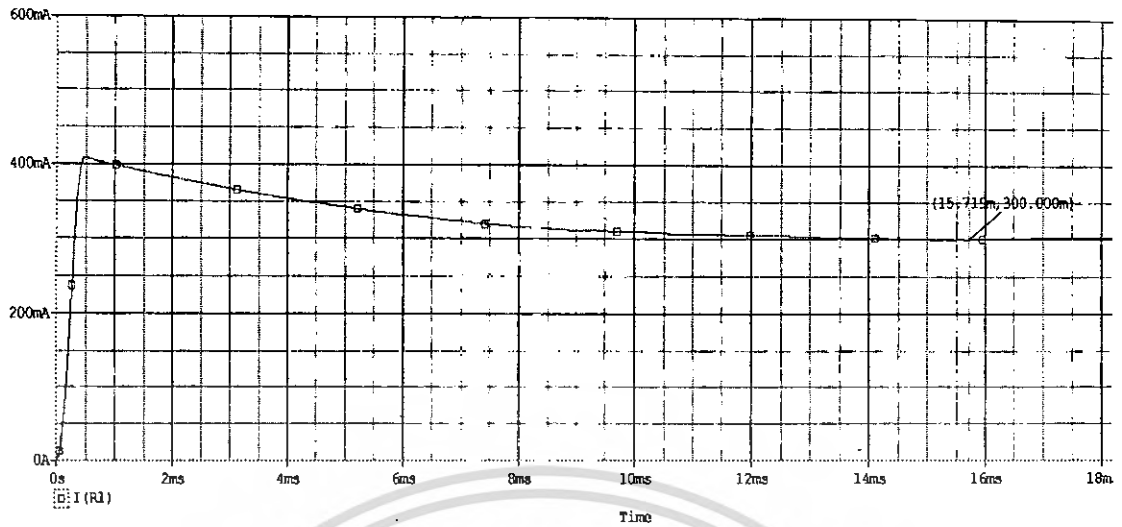


รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณแรงดันขาออกของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งมีค่าประมาณ 15.35 โวลต์

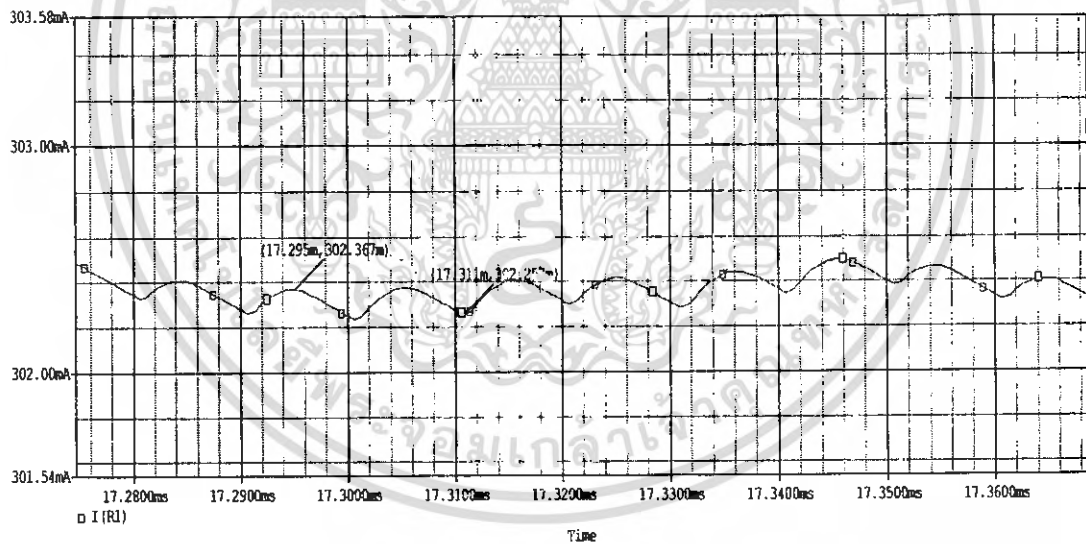


รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณระลอกคลื่นแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ อยู่ระหว่าง 15.433 โวลต์ ถึง 15.625 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

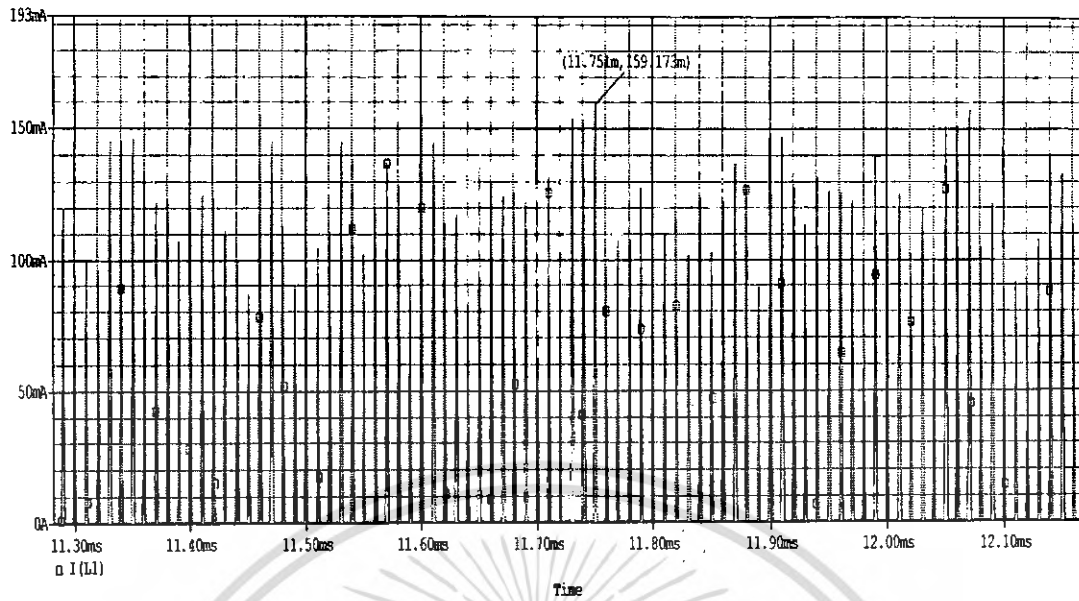


รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณกระแสขาออกของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งมีค่าประมาณ 300 มิลลิแอมป์แปร์

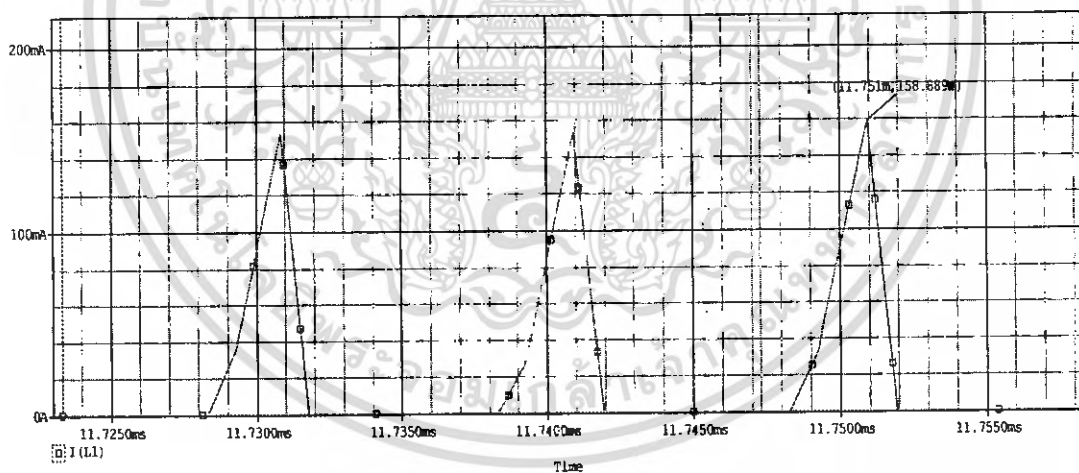


รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณระลอกคลื่นกระแสต้านขาออกของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ อยู่ระหว่าง 302.257 ถึง 302.267 มิลลิแอมป์แปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 สัญญาณสูงสุดที่ขดลวด L1 ด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงวงจรฟลายแบคคอนเวเตอร์ซึ่งมีค่าประมาณ 160 มิลลิแอมป์แอมป์ ซึ่งก็คือ I_{peak} ของวงจร



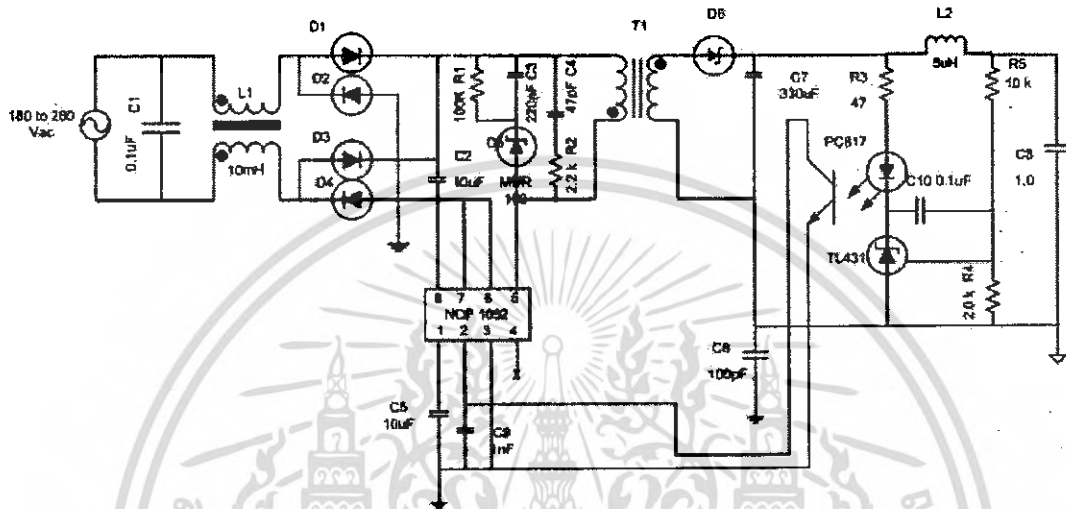
รูปที่ 4.7 สัญญาณกระแสสูงสุดที่ขดลวด L1 ด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงวงจรฟลายแบคคอนเวเตอร์ซึ่งมีค่าประมาณ 160 มิลลิแอมป์แอมป์ ซึ่งก็คือ I_{peak} ของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลองจากการออกแบบสร้างวงจร

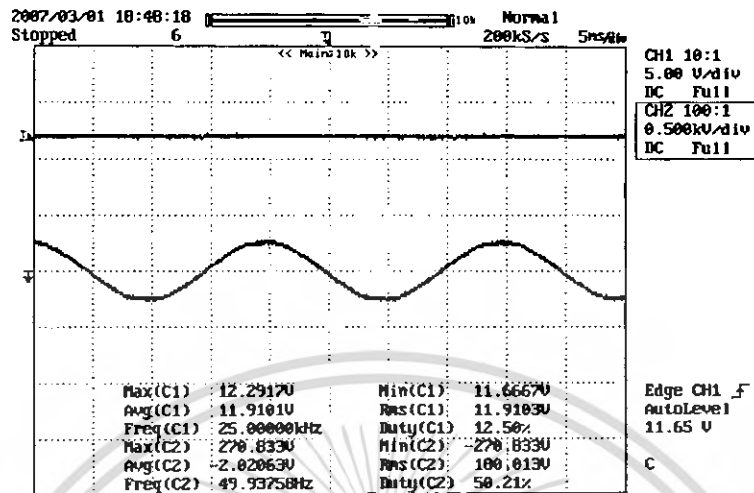
5.1 วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์



รูปที่ 5.1 แสดงวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์ NCP1052

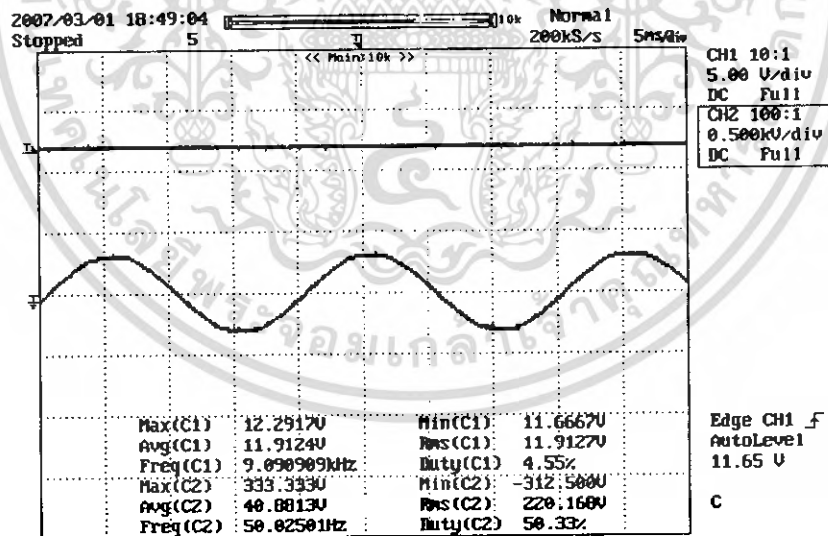
ทำการทดลองโดยป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์ $\pm 20\%$ สังเกตค่าแรงดันไฟฟ้าขาออกและทำการบันทึกผล

5.1.1 ผลการทดลองจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันขาเข้า 180 โวลต์



รูปที่ 5.2 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันกระแสสลับขาเข้า 180 โวลต์

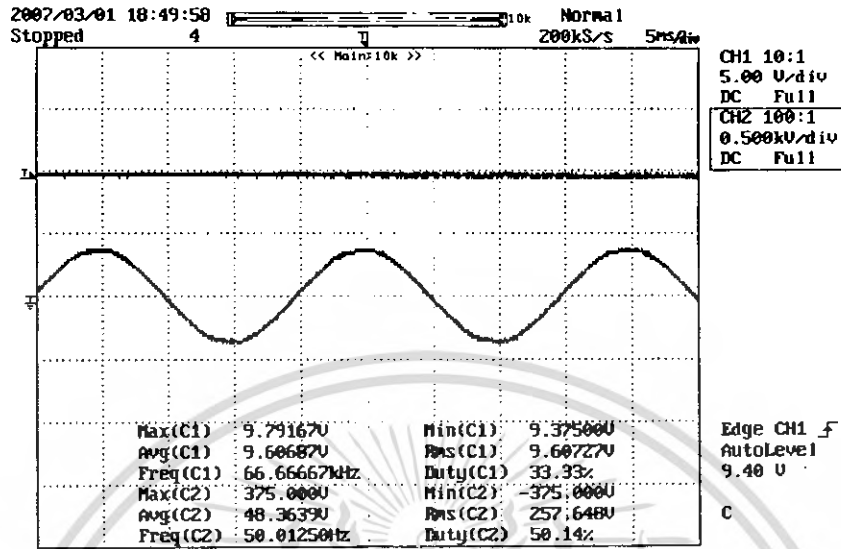
5.1.2 ผลการทดลองจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันขาเข้า 220 โวลต์



รูปที่ 5.3 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันกระแสสลับขาเข้า 220 โวลต์

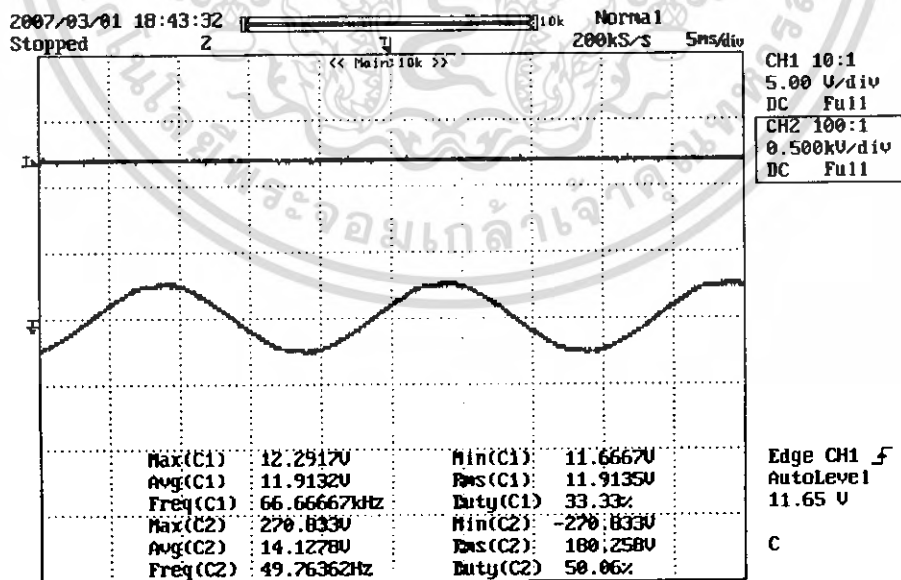
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ผลการทดลองจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันขาเข้า 260 โวลต์



รูปที่ 5.4 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งไม่มีการต่อโหลด ณ แรงดันกระแสสลับขาเข้า 260 โวลต์

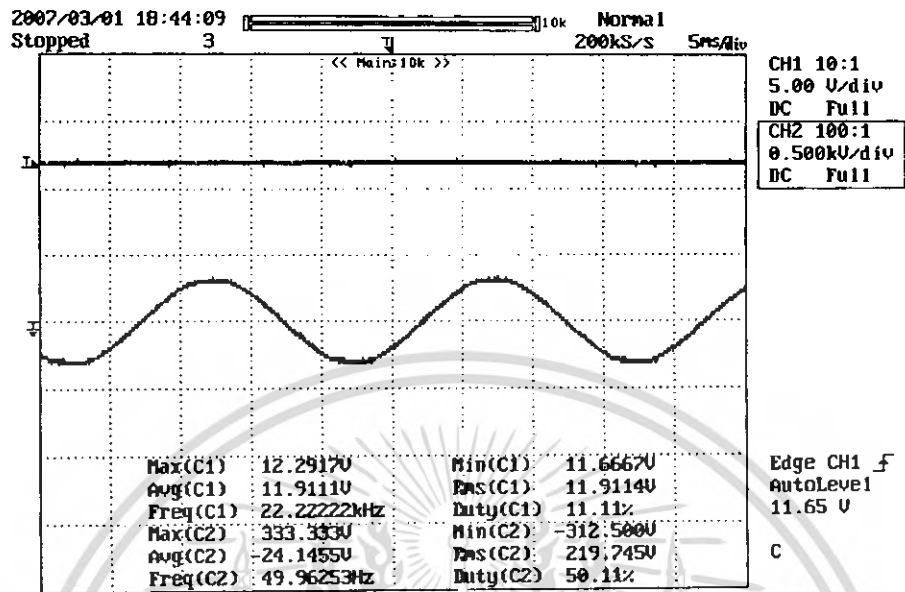
5.1.4 ผลการทดลองวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลดวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 180 โวลต์



รูปที่ 5.5 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลดวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 180 โวลต์

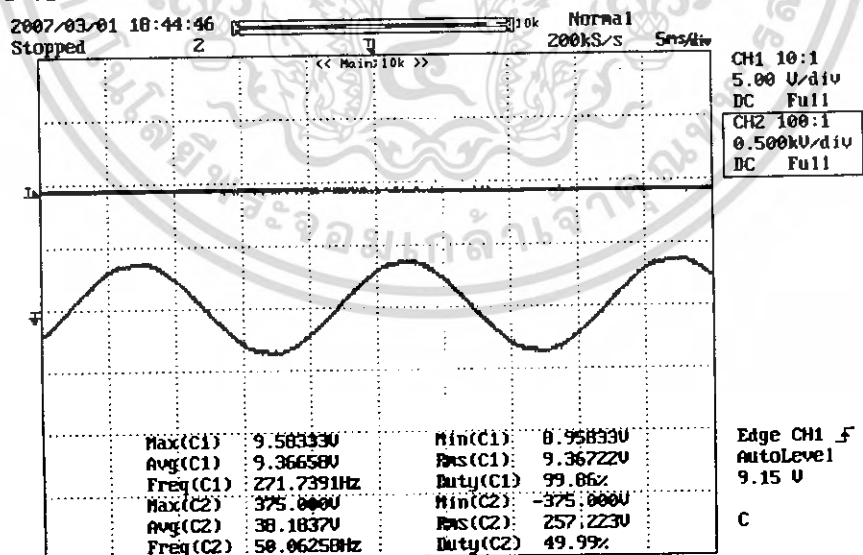
เอกสารนี้เป็นเอกสารทศวงวินโสภาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5 ผลการทดลองวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลดวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 220 โวลต์



รูปที่ 5.6 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลดวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 220 โวลต์

5.1.6 ผลการทดลองวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลดวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 260 โวลต์



รูปที่ 5.7 แสดงสัญญาณจากวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ซึ่งต่อโหลดวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 260 โวลต์

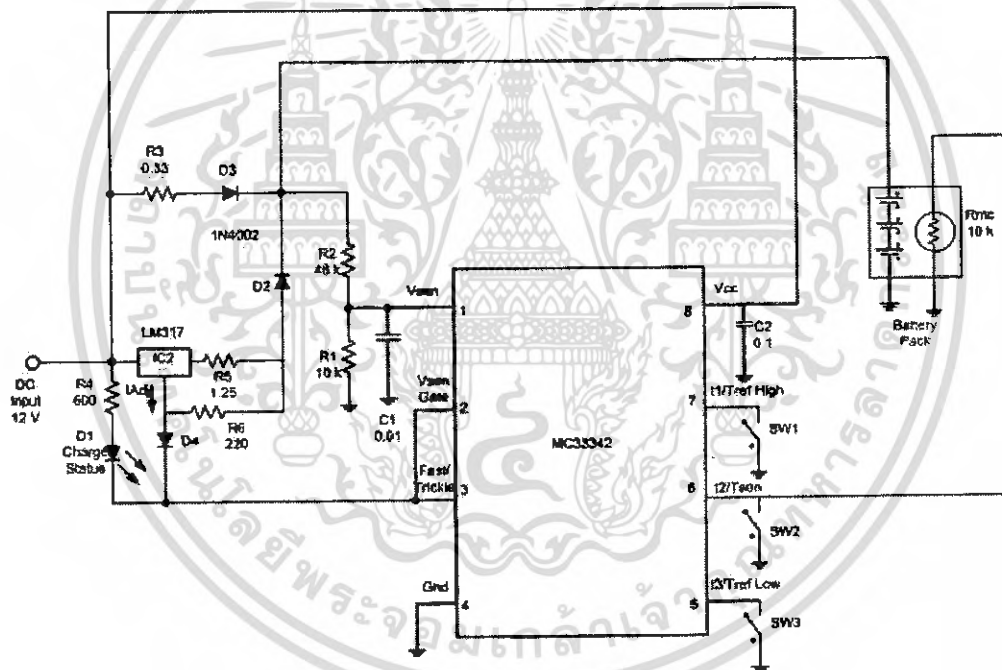
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์

จากการทดลองวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์แบบไม่มีการต่อโหลดและมีการต่อโหลด ได้ค่าแรงดันขาออกใกล้เคียงกับที่ได้ทำการออกแบบไว้ คือ 12 โวลต์ จากการทดลองได้ค่าแรงดันขาออกประมาณ 11.91 โวลต์ แต่เมื่อปรับแรงดันกระแสสลับขาเข้าเป็น 260 โวลต์ ทำให้แรงดันขาออกขณะไม่มีการต่อโหลดมีค่าลดลงเป็น 9.6 โวลต์ และแบบมีการต่อโหลดแรงดันขาออกมีค่าเท่ากับ 9.36 โวลต์

หลังจากนั้นได้ทำการวัดประสิทธิภาพของวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์มีค่ากำลังไฟฟ้าขาเข้าเท่ากับ 1.6 วัตต์ และกำลังไฟฟ้าขาออกมีค่าเท่ากับ 1.42 วัตต์ แล้วจึงคำนวณหาประสิทธิภาพได้เท่ากับ 88.75%

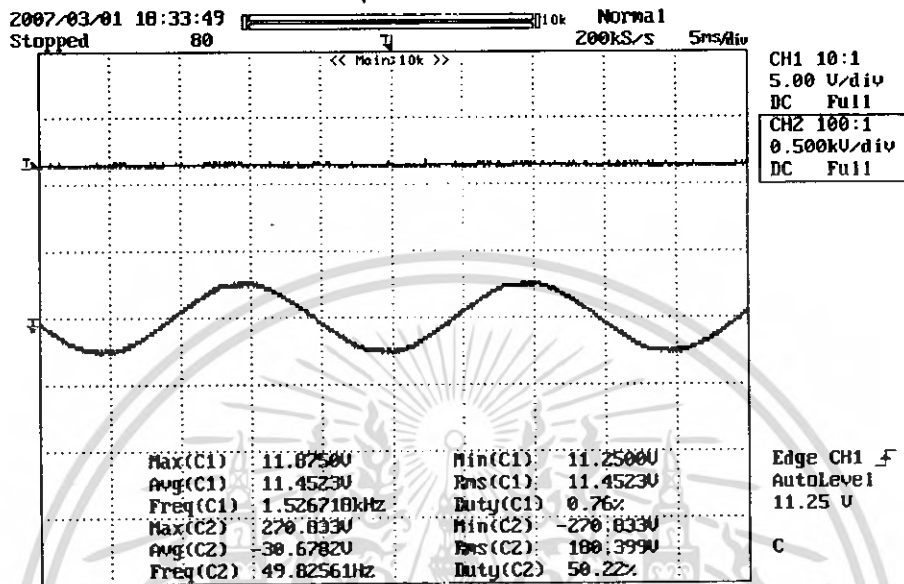
5.2 วงจรอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่



รูปที่ 5.8 แสดงวงจรอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่โดยใช้ไอซีเบอร์ MC33342

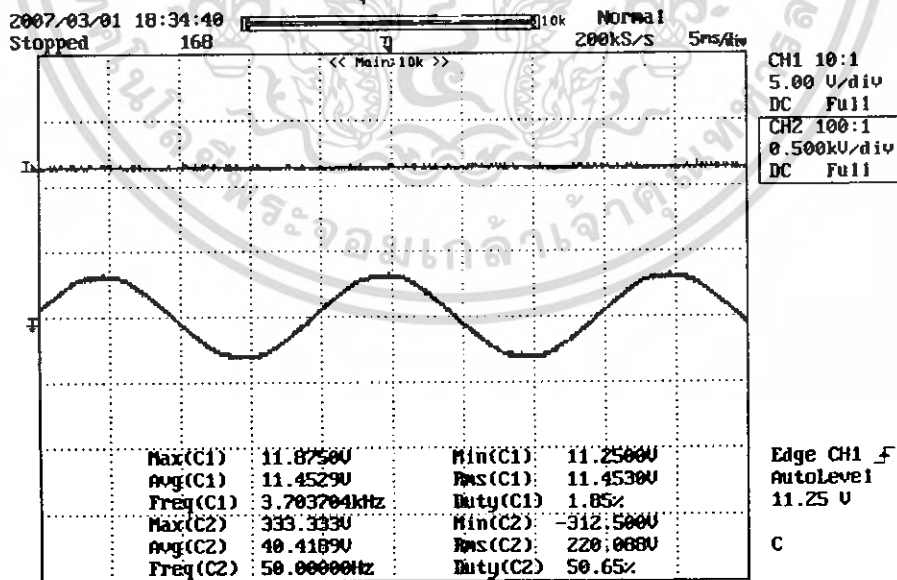
ทำการทดลองโดยป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์ $\pm 20\%$ สังเกตค่าแรงดันไฟฟ้าขาออกและทำการบันทึกผล

5.2.1 ผลการทดลองวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 180 โวลต์



รูปที่ 5.9 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 180 โวลต์

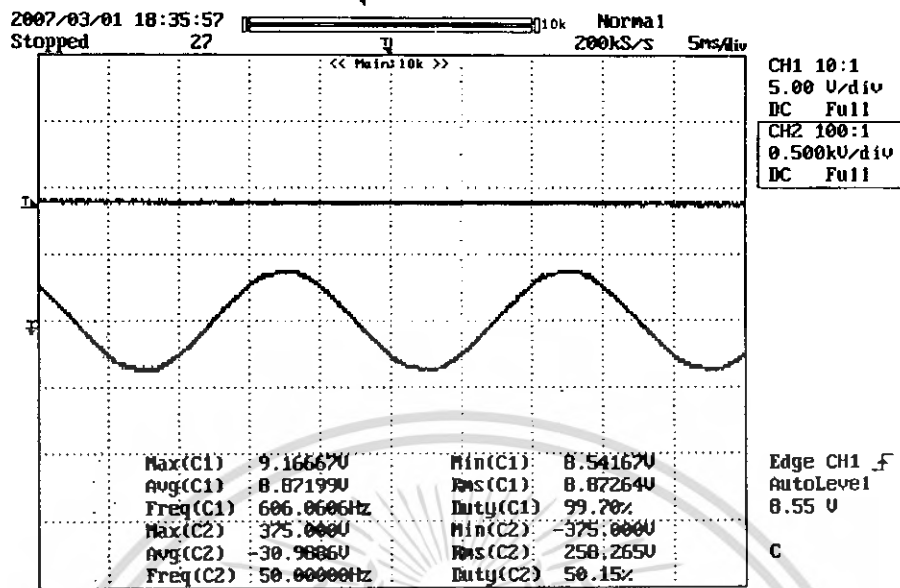
5.2.2 ผลการทดลองวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 220 โวลต์



รูปที่ 5.10 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 220 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 ผลการทดลองวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 260 โวลต์



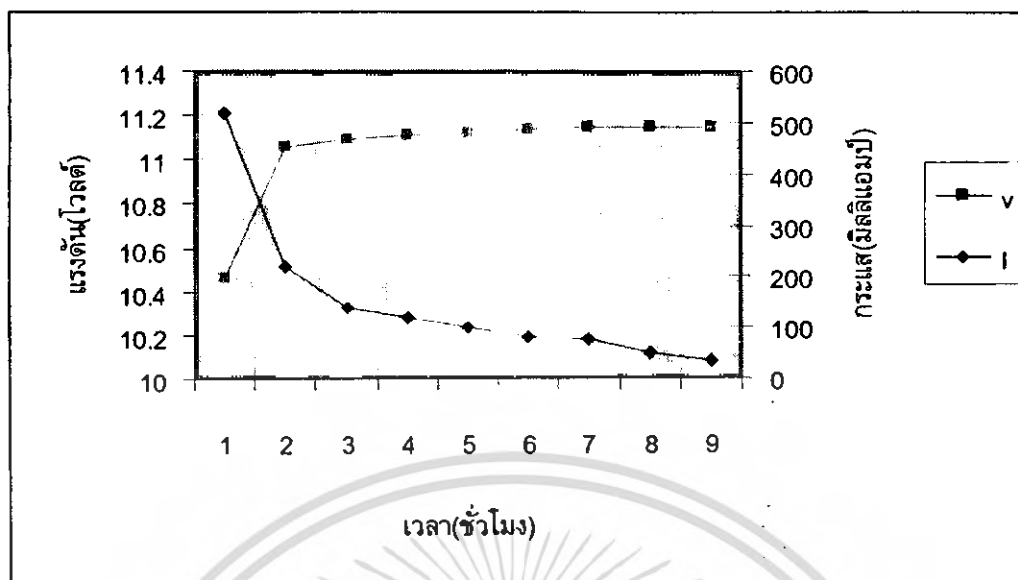
รูปที่ 5.11 แสดงสัญญาณจากวงจรอัดประจุไฟฟ้า ณ แรงดันขาเข้า 260 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลของแรงดันและกระแสที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าให้เต็มกับแบตเตอรี่

เวลาที่ใช้ (hr:mm)	แรงดัน (โวลต์)	กระแสอัด ประจุ (mA)	เวลาที่ใช้ (hr:mm)	แรงดัน (โวลต์)	กระแสอัด ประจุ (mA)
เริ่มต้น	10.46	520	4:45	11.12	105
0:15	10.94	320	5:00	11.12	100
0:30	10.99	260	5:15	11.13	94
0:45	11.00	230	5:30	11.13	91
1:00	11.02	220	5:45	11.13	88
1:15	11.03	200	6:00	11.14	86
1:30	11.04	190	6:15	11.14	84
1:45	11.05	180	6:30	11.14	83
2:00	11.06	170	6:45	11.14	81
2:15	11.07	160	7:00	11.15	76
2:30	11.08	150	7:15	11.15	70
2:45	11.08	150	7:30	11.15	64
3:00	11.09	140	7:45	11.15	59
3:15	11.10	130	8:00	11.15	52
3:30	11.11	130	8:15	11.15	47
3:45	11.11	130	8:30	11.15	41
4:00	11.11	120	8:45	11.15	38
4:15	11.12	116	9:00	11.15	33
4:30	11.12	113			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 แสดงข้อมูลของแรงดันและกระแสที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่จนเต็ม

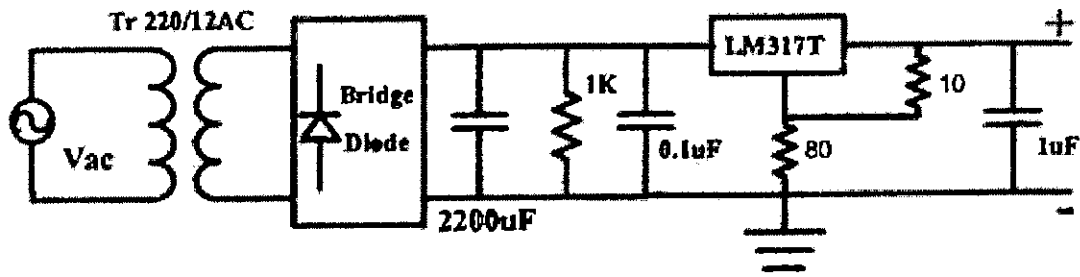
สรุปผลการทดลองของวงจรอัดประจุไฟฟ้า

จากการทดลองวงจรอัดประจุไฟฟ้า ได้ค่าแรงดันขาออกใกล้เคียงกับที่ได้ออกแบบไว้คือ 11.45 โวลต์ ซึ่งก็คือค่าความจุของแบตเตอรี่ 8 ก้อน แต่เมื่อปรับแรงดันขาเข้าเป็น 260 โวลต์ จะทำให้แรงดันขาออกมีค่าลดลงเป็น 8.87 โวลต์

จากรูปที่ 5.15 จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกจะอัดประจุไฟฟ้าแบบเร็ว ซึ่งอัดประจุไฟฟ้าด้วยกระแสสูง และหลังจากผ่านไป 3 - 4 ชั่วโมง จะเปลี่ยนมาเป็นการอัดประจุแบบกระแสต่ำ จนกระทั่งถึงเวลา 9 ชั่วโมงแบตเตอรี่จะเต็มคือมีแรงดันเท่ากับ 11.2 โวลต์

ทำการวัดประสิทธิภาพของวงจรอัดประจุไฟฟ้า มีค่ากำลังทางไฟฟ้าทางด้านขาเข้าเท่ากับ 1.42 วัตต์ และกำลังไฟฟ้าทางด้านขาออกมีค่าเท่ากับ 1.3 วัตต์ ค่าฉนวนค่าประสิทธิภาพได้เท่ากับ 91.55 %

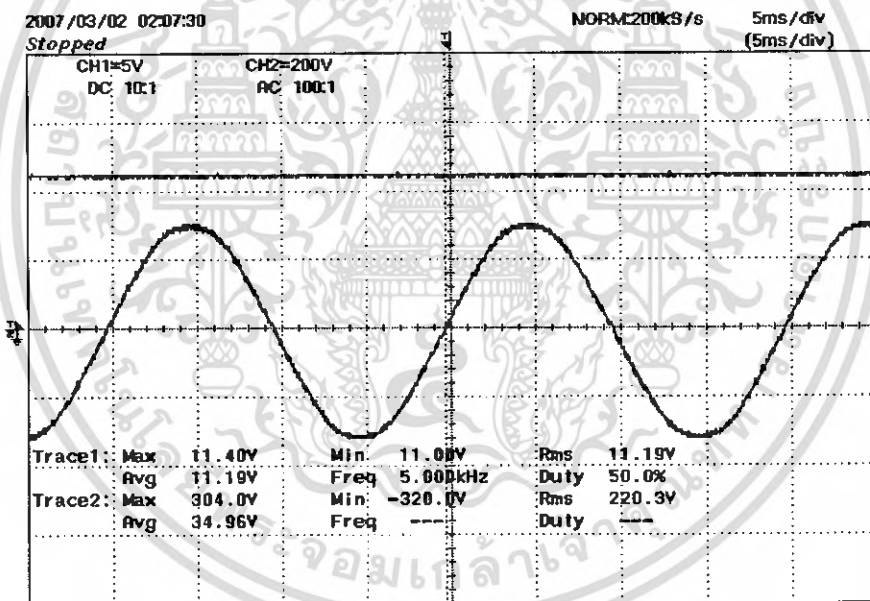
5.3 วงจรออฟไลน์



รูปที่ 5.13 แสดงวงจรออฟไลน์

ออกแบบวงจรให้มีแรงดันขาออก 11.2 โวลต์ ซึ่งเท่ากับแรงดันเต็มความจุแบตเตอรี่

5.3.1 ผลการทดลองวงจรออฟไลน์ ณ แรงดันขาเข้า 220 โวลต์

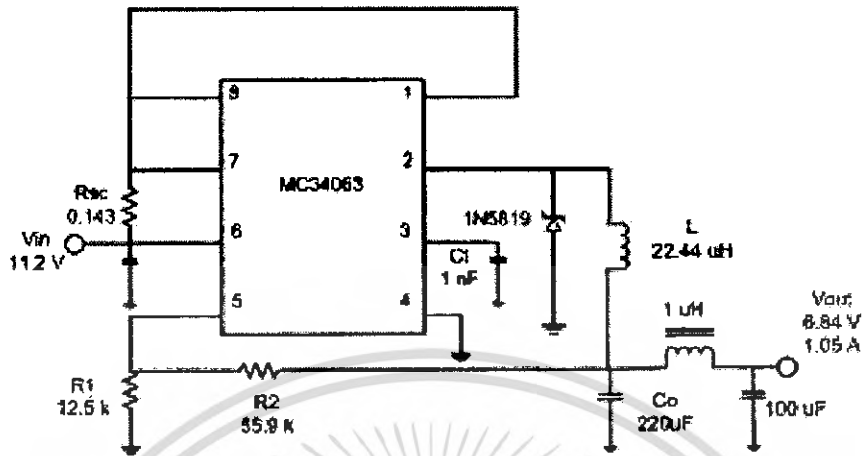


รูปที่ 5.14 แสดงสัญญาณจากวงจรออฟไลน์ ณ แรงดันขาเข้า 220 โวลต์

สรุปผลการทดลองวงจรออฟไลน์

จากผลการทดลองวงจรออฟไลน์ ณ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้า 220 โวลต์ จะให้ค่าแรงดันขาออกเท่ากับ 11.2 โวลต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับแบตเตอรี่ขนาด 8 ก้อน (ออกแบบให้แรงดันขาออกเท่ากับแรงดันแบตเตอรี่)

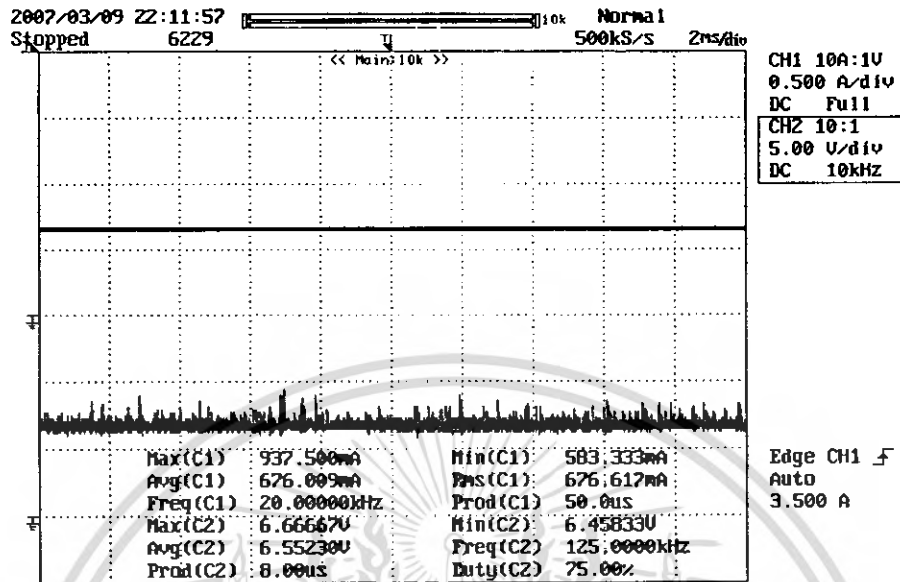
5.4 วงจรขับโหลด



รูปที่ 5.15 แสดงวงจรขับโหลดโดยใช้ MC34063

ออกแบบให้มีแรงดันทางด้านขาออกขนาด 6.84 โวลต์ กระแส 1.05 แอมแปร์

5.4.1 ผลการทดลองวงจรขับหลอด

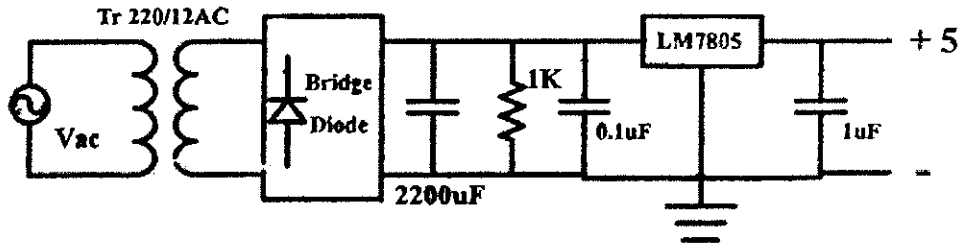


รูปที่ 5.16 แสดงสัญญาณจากวงจรขับหลอด

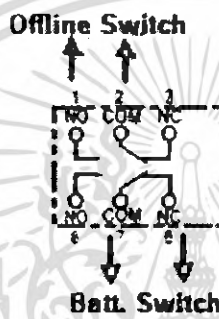
สรุปผลการทดลองวงจรขับหลอด

จากผลการทดลองวงจรขับหลอดได้ค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าทางด้านขาออกต่ำกว่าที่ต้องการเล็กน้อยคือ ได้แรงดันขนาด 6.67 โวลต์และกระแส 937.5 มิลลิแอมแปร์

5.5 วงจรตรวจจับแรงดัน



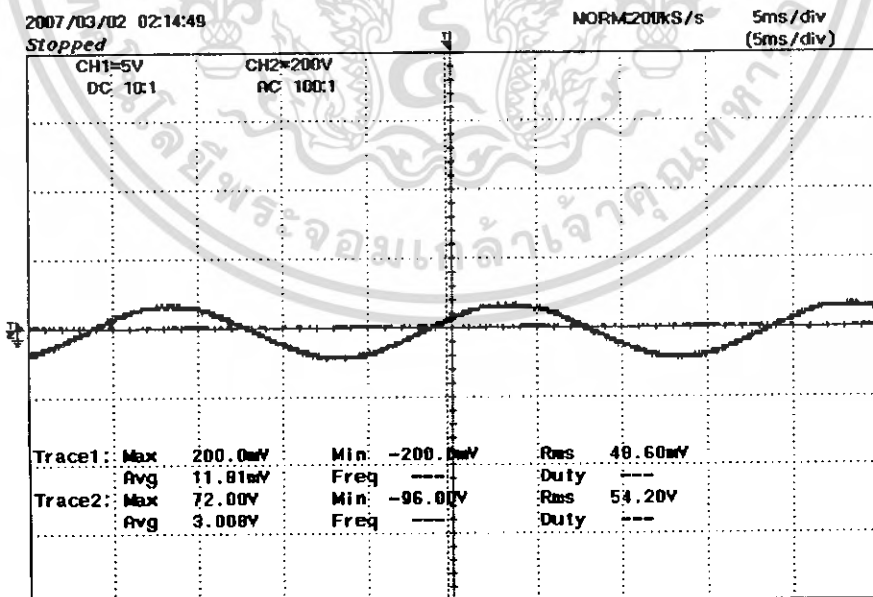
รูปที่ 5.17 แสดงวงจรตรวจจับแรงดัน



รูปที่ 5.18 แสดงวงจรรีเลย์

5.5.1 ผลการทดลองตรวจจับแรงดัน ณ แรงดันที่รีเลย์ยังไม่เปลี่ยนสถานะหน้าคอนแทก

เดอร์

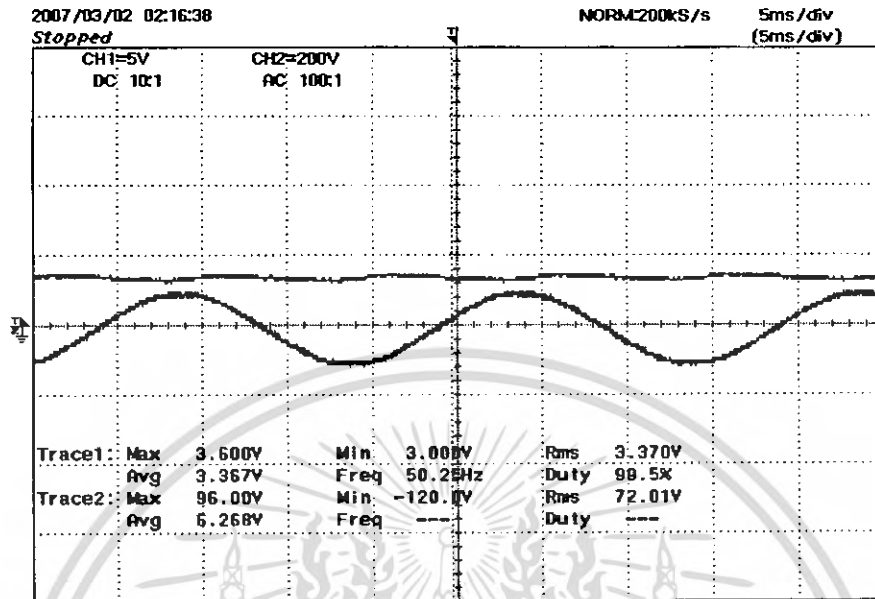


รูปที่ 5.19 แสดงสัญญาณรีเลย์ที่ใช้ตรวจจับแรงดัน ณ แรงดันอินพุต 54.2 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.2 ผลการทดลองตรวจจับสนแรงดัน ณ แรงดันที่รีเลย์เปลี่ยนสถานะหน้าคอนแทคเตอร์

แล้ว



รูปที่ 5.20 แสดงสัญญาณจากรีเลย์ที่ใช้ตรวจจับสนแรงดัน ณ แรงดันอินพุต 72 โวลต์

สรุปผลการทดลองวงจรตรวจจับสนแรงดัน

จากผลการทดลองวงจรตรวจจับสนแรงดัน รีเลย์ที่ใช้ในการตรวจจับสนแรงดันจะเริ่มเปลี่ยนสถานะหน้าคอนแทคเตอร์ ณ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านขาเข้ามีค่าเท่ากับ 72 โวลต์ (จะเริ่มใช้งานตรวจจับสนแรงดันได้เมื่อแรงดันไฟฟ้าขาเข้าเท่ากับ 72 โวลต์)

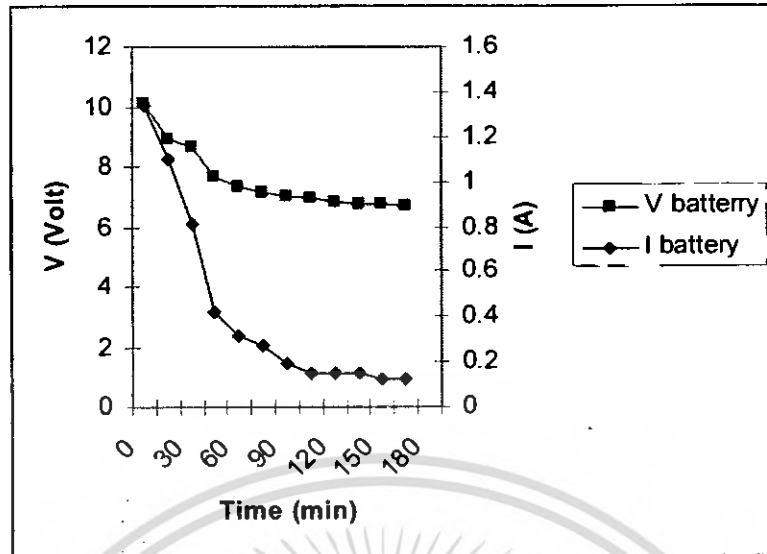
5.6 การคายประจุของแบตเตอรี่

จากการทดลองการจ่ายไฟให้กับหลอด High Power LED โดยใช้แบตเตอรี่ได้ค่าตารางที่

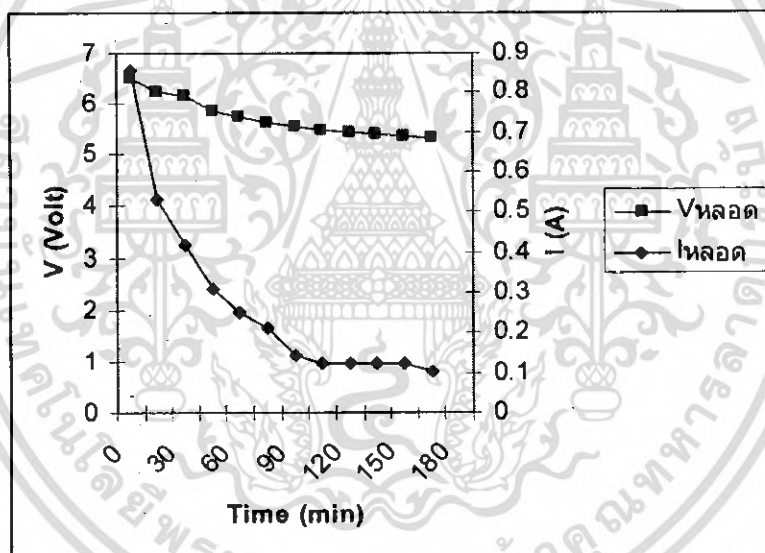
5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงข้อมูลแรงดันและกระแสที่ใช้ในการคายประจุของแบตเตอรี่

เวลา (hr:min)	แรงดัน แบตเตอรี่ (โวลต์)	กระแส แบตเตอรี่ (A)	แรงดันหลอด (โวลต์)	กระแสหลอด (A)
เริ่มต้น	10.10	1.34	6.5	0.854
0:15	8.92	1.10	6.25	0.533
0:30	8.64	0.813	6.17	0.416
0:45	7.67	0.417	5.87	0.311
1:00	7.34	0.313	5.73	0.333
1:15	7.14	0.271	5.62	0.210
1:30	7.02	0.187	5.53	0.145
1:45	6.92	0.145	5.48	0.125
2:00	6.85	0.145	5.43	0.125
2:15	6.78	0.145	5.38	0.125
2:30	6.73	0.125	5.34	0.125
2:45	6.67	0.125	5.31	0.105



รูปที่ 5.21 แสดงข้อมูลของแรงดันและกระแสที่ใช้ในการคายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่



รูปที่ 5.22 แสดงข้อมูลของแรงดันและกระแสที่จ่ายให้กับหลอด High Power LED ต่อ 1 ดวงโคม

5.7 การวัดค่าความส่องสว่าง

ได้คำนวณพื้นที่สำหรับใช้งาน 50 ตารางเมตร ความส่องสว่างตามมาตรฐานของวสท. กำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำไม่น้อยกว่า 0.5 ลักซ์ และเมื่อเวลาผ่านไป 1.5 ชั่วโมงค่าความส่องสว่างสามารถลดลงได้ไม่น้อยกว่า 60%ของระดับความส่องสว่างเริ่มแรก

จากการทดลอง วัดค่าความส่องสว่างเริ่มต้นได้ 47 ลักซ์ ณ จุดกึ่งกลางของพื้นที่ 50 ตารางเมตร และวัดค่าความส่องสว่างหลังจากใช้งานไปแล้ว 1.5 ชั่วโมง ได้ 29 ลักซ์ คิดเป็น 61.7 %ของความส่องสว่างเริ่มแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

วิจารณ์และบทสรุป

โครงการนี้เป็นการพัฒนาและศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวกับหลักการทำงาน และส่วนประกอบของไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง จากหลักการทำงานของแหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่งหรือวงจรแปรผันกระแสไฟฟ้ากระแสตรง เป็นกระแสตรงชนิดต่างๆ เราจึงสามารถสรุปได้ว่าวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์เหมาะสมที่จะนำมาเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับวงจรอัดประจุไฟฟ้า เพราะว่ามีพิกัดกำลังค่อนข้างต่ำ คือ น้อยกว่า 150 วัตต์ และเป็นวงจรที่มีขนาดเล็ก แล้วจึงมาจ่ายให้กับวงจรอัดประจุไฟฟ้าซึ่งใช้แบตเตอรี่ในการเก็บพลังงาน เมื่อไฟฟ้าเกิดขัดข้อง รีเลย์จะสั่งให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังวงจรขับหลอด High Power LED เพื่อให้หลอด High Power LED สว่าง โดยได้พัฒนาให้มีจำนวนหลอดเท่ากับ 12 หลอด

ผลการทดลองการสร้างวงจรจริง

- วงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ หลังจากได้ทำการจำลองแบบด้วยโปรแกรม Pspice ได้ค่าแรงดันขาออกเท่ากับ 15 V และกระแสขาออกเท่ากับ 1 A ซึ่งวงจรฟลายแบคคอนเวอเตอร์ได้ออกแบบให้ปรับเปลี่ยนแรงดันได้ $\pm 20\%$ เท่ากับ 176 โวลต์ และ 264 โวลต์
- วงจรอัดประจุไฟฟ้า ได้นำไอซีเบอร์ MC33342 มาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมการอัดประจุ เป็นแบบอัดประจุด้วยกระแสสูง (fast charge controlled) มีโหมดการทำงาน 2 แบบ คือ แบบแรกเป็นการอัดประจุด้วยกระแสสูง (fast charge) กำหนดขนาดกระแสเท่ากับ 1 A และแบบที่สองเป็นการอัดประจุด้วยกระแสที่ต่ำ (trickle charge) กำหนดขนาดกระแสเท่ากับ 300 มิลลิแอมป์
- วงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง นำหลักการมาจากวงจรบั๊กคอนเวอเตอร์ โดยใช้ไอซีเบอร์ MC34063 มีค่าแรงดันอินพุตระหว่าง 9.6-11.2 โวลต์ จากการทดลองมีค่าแรงดันขาออกเท่ากับ 7 โวลต์ กระแสเท่ากับ 0.9 A เพื่อไปขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงให้ทำงาน
- วงจรตรวจจับแรงดันและวงจรออฟไลน์ ทำการรับกระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงและวงจรเรียงกระแสเดียวกันหลังจากนั้นจึงขนานวงจรเพื่อทำการรักษาระดับแรงดันที่มีค่าต่างกันคือ 5 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับคอล์ยของรีเลย์ซึ่งจากการทดลองลดระดับแรงดันลงเรื่อยๆ แสดงให้เห็นว่าคอนแทคเตอร์ของรีเลย์จะปิดหรือแบตเตอรี่จะสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังวงจรขับได้เมื่อระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบต่ำกว่า 54.2 โวลต์ ส่วนวงจรออฟไลน์ก็สามารถทำได้โดยการรักษาระดับแรงดันให้ใกล้เคียงกับสภาวะปกติของแบตเตอรี่ คือ ประมาณ 11.2 โวลต์ แล้วจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรขับหลอดเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างไฟฉุกเฉินตามมาตรฐานของวสท.
และไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง

ข้อกำหนดตามมาตรฐานของ วสท.	ไฟฉุกเฉินตามมาตรฐานของ วสท.	ไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง
<p>โคมไฟฉุกเฉิน</p> <ul style="list-style-type: none"> - ชนิดของโคม - ความส่องสว่างขั้นต่ำของทางหนีภัยที่จุดใดๆ ณ ความสูงติดตั้ง 2 เมตร - ช่วงเวลาการส่องสว่างอนุโลมให้ลดลงลดลงได้เหลือไม่น้อยกว่า 60% ของระดับความส่องสว่างเริ่มแรก - ระยะเวลาที่โคมไฟฉุกเฉินต้องให้ปริมาณแสงออกมาเต็มพิกัด หลังจากแหล่งจ่ายไฟปกติล้มเหลวแบบเดอรี - ชนิดของแบตเตอรี่ เป็นชนิดที่ไม่ต้องบำรุงรักษา (Maintenance Free) <p>เครื่องอัดประจุ</p> <ul style="list-style-type: none"> - ระยะเวลาที่ใช้ในการอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ได้เต็ม <p>เครื่องป้องกัน</p> <ul style="list-style-type: none"> - เครื่องป้องกันกระแสไฟเกินด้านขาเข้า - การปลดแบตเตอรี่ออกจากระบบเมื่อแรงดันแบตเตอรี่ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด 1 โวลต์ (นิเกิลแคดเมียม) 	<p>หลอดฮาโลเจน</p> <p>ไม่น้อยกว่า 0.5 ลักซ์ (วสท.)</p> <p>ไม่น้อยกว่า 10 ลักซ์ (กฎกระทรวง)</p> <p>ไม่น้อยกว่า 1.5 ชั่วโมง (วสท.)</p> <p>ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง (กฎกระทรวง)</p> <p>60 วินาที</p> <p>นิเกิลแคดเมียม หรือ ตะกั่วกรด</p> <p>ไม่เกิน 24 ชั่วโมง</p> <p>มี</p> <p>มี</p>	<p>หลอดแอลอีดีกำลังสูง</p> <p>N/A</p> <p>มากกว่า 1.5 ชั่วโมง</p> <p>น้อยกว่า 1 วินาที</p> <p>นิเกิลเมทัลไฮไดรด์</p> <p>ประมาณ 9 ชั่วโมง</p> <p>มี (ฟิวส์)</p> <p>ไม่มี</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเห็นาเบ้ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

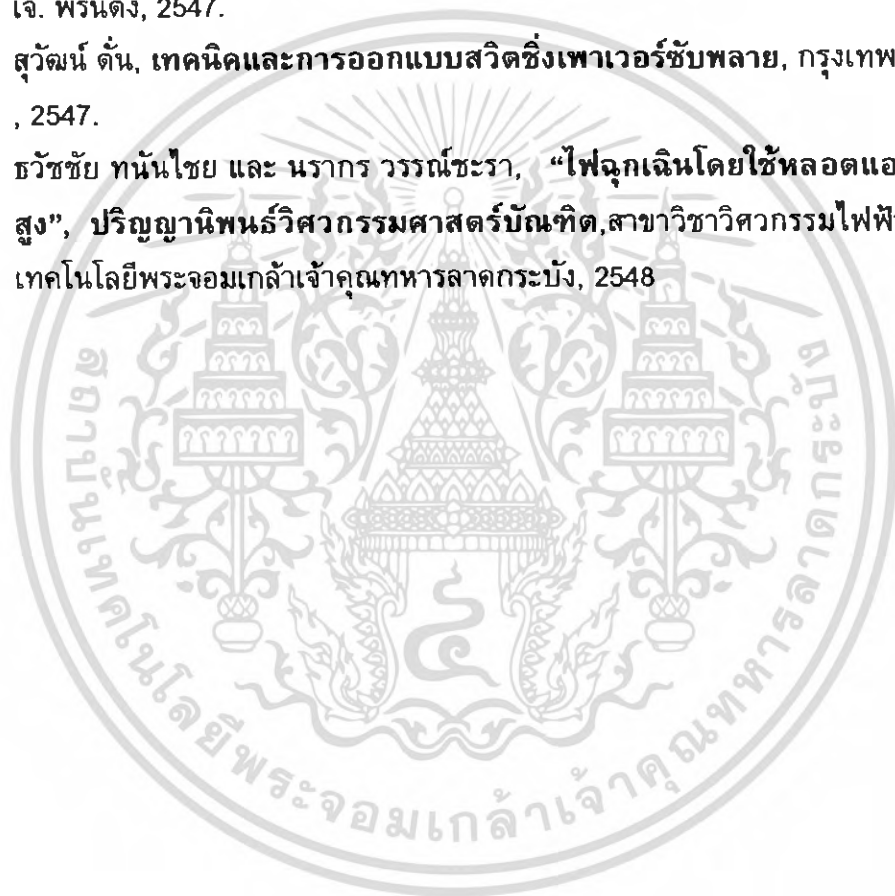
<p>อื่นๆ</p> <ul style="list-style-type: none"> - ระยะเวลาในการเปลี่ยนจากแหล่งจ่ายไฟปกติมาเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉินอย่างสมบูรณ์ - ไฟแสดงสถานะ หลอดไฟแสดงการจ่ายไฟเข้า หลอดไฟแสดงสถานการณ์อัดประจุ หลอดไฟแสดงการล้มเหลวของระบบ <p>- อุปกรณ์สำหรับทดสอบระบบ</p>	<p>ภายใน 5 วินาที</p> <p>มี</p> <p>มี</p> <p>มี</p> <p>มี</p>	<p>น้อยกว่า 1 วินาที</p> <p>มี</p> <p>มี</p> <p>ไม่มี แต่สามารถทำการเพิ่มเข้าไปได้หลังจากทำการติดตั้งวงจรทดสอบระบบ</p> <p>มี คือ สวิตช์เปิด-ปิดทำการทดสอบระบบได้</p>
--	---	--

ข้อเสนอแนะ

- เนื่องจากโครงการไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอด High Power LED ได้ออกแบบโคมใส่หลอด High Power LED ขนาดใหญ่ จึงทำให้ขนาดของกล่องของไฟฉุกเฉินมีขนาดใหญ่ตามไปด้วย แต่สามารถพัฒนาต่อไปได้โดยออกแบบ PCB สำหรับวางหลอด High Power LED ให้มีขนาดเล็กลง เพื่อให้ใส่โคมขนาดเล็กลง จะทำให้ขนาดกล่องไฟฉุกเฉิน High Power LED มีขนาดเล็กลงตามไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] กำพล ทองเรือง, การใช้โปรแกรม PSpice A/D For windows วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, กรุงเทพฯ, สกายบุ๊คส์, 2544.
- [2] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าปี 2543-2544, มาตรฐานระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและป้ายทางออกฉุกเฉิน, กรุงเทพฯ, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2544.
- [3] วีระเชษฐ์ ชันเงิน และ วุฒิพล ธาราธิ์เศรษฐ์, อิเล็กทรอนิกส์กำลัง, กรุงเทพฯ, สนพ.วี.เจ. พรินต์ติ้ง, 2547.
- [4] สุวัฒน์ ตัน, เทคนิคและการออกแบบสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย, กรุงเทพฯ, สนพ.วิชา, 2547.
- [5] ธวัชชัย ทนน์ไชย และ นรากร วรณชะระา, “ไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2548

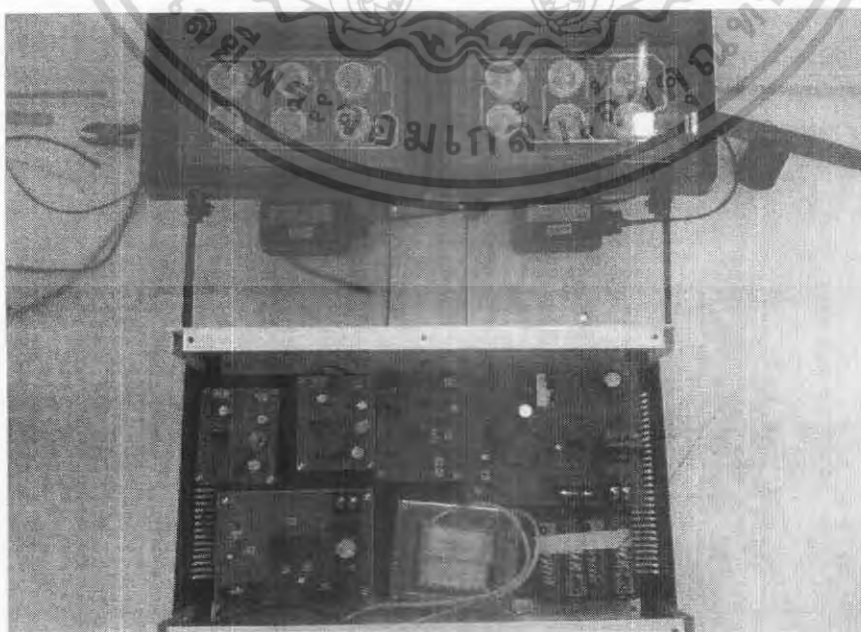
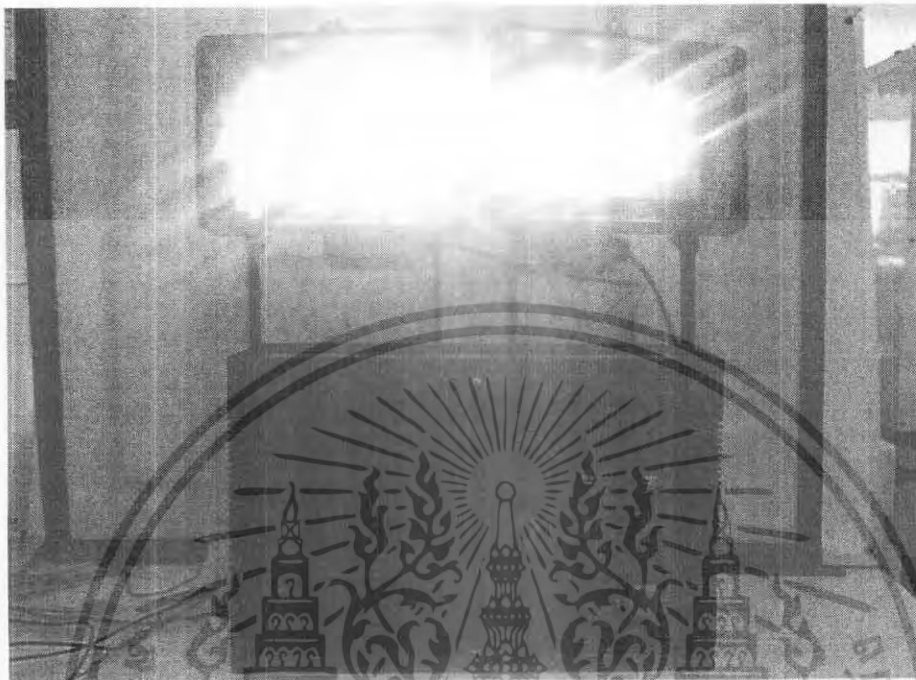




ภาคผนวก

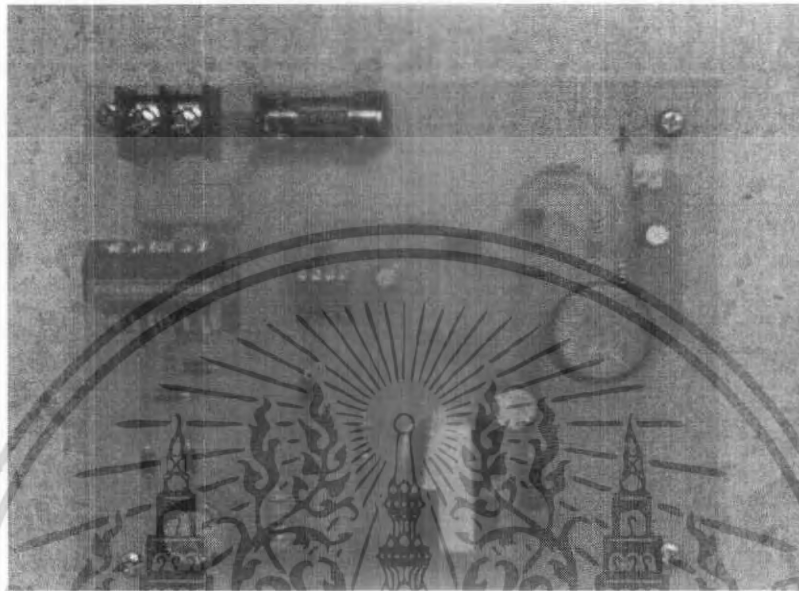
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
ไฟฉุกเฉินโดยใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูง

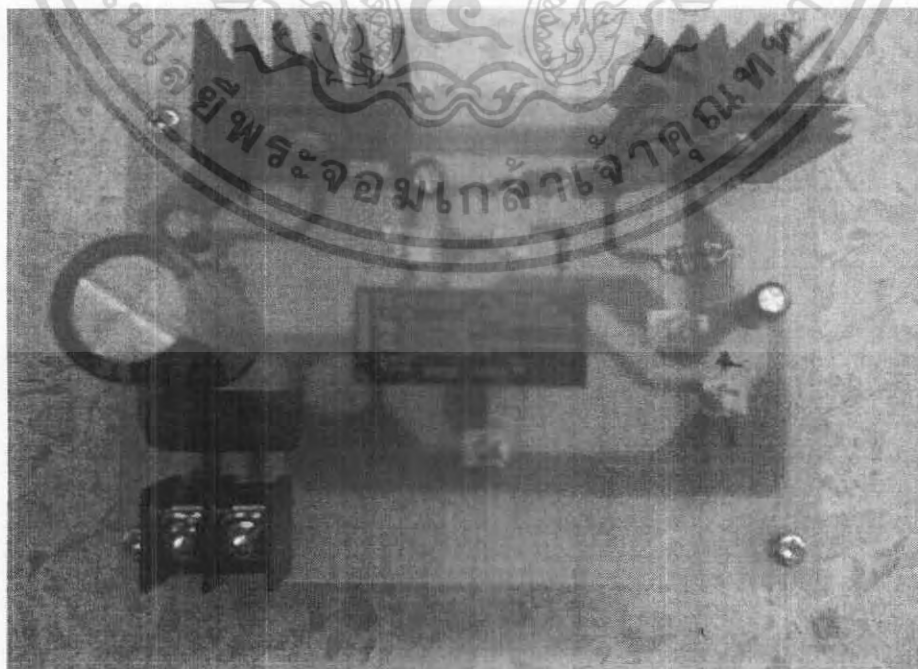


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรฟลายแบคคอนเวเตอร์

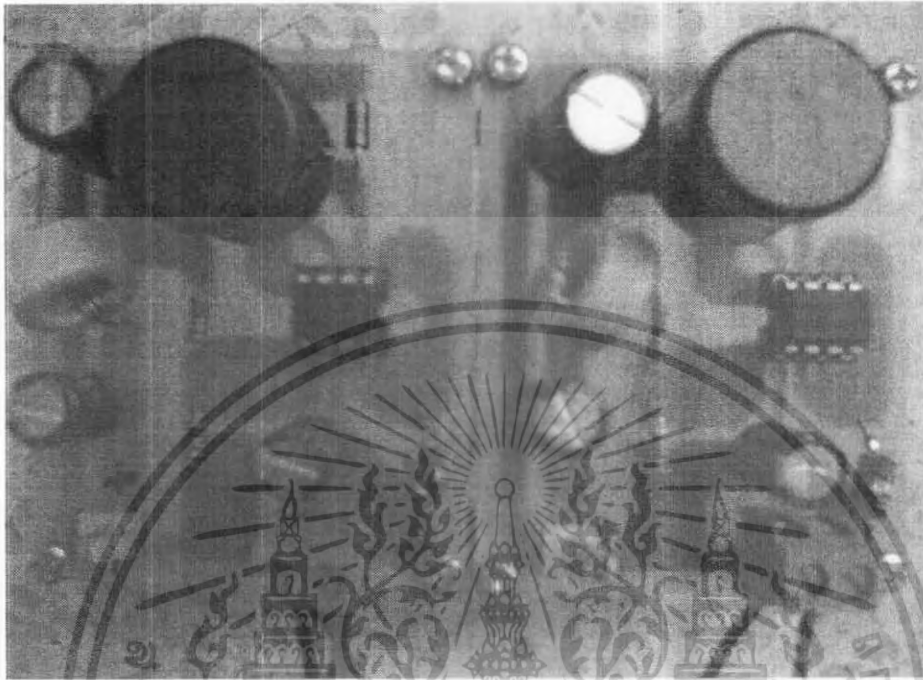


วงจรเรย์และวงจรรอฟไลน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรมอเตอร์

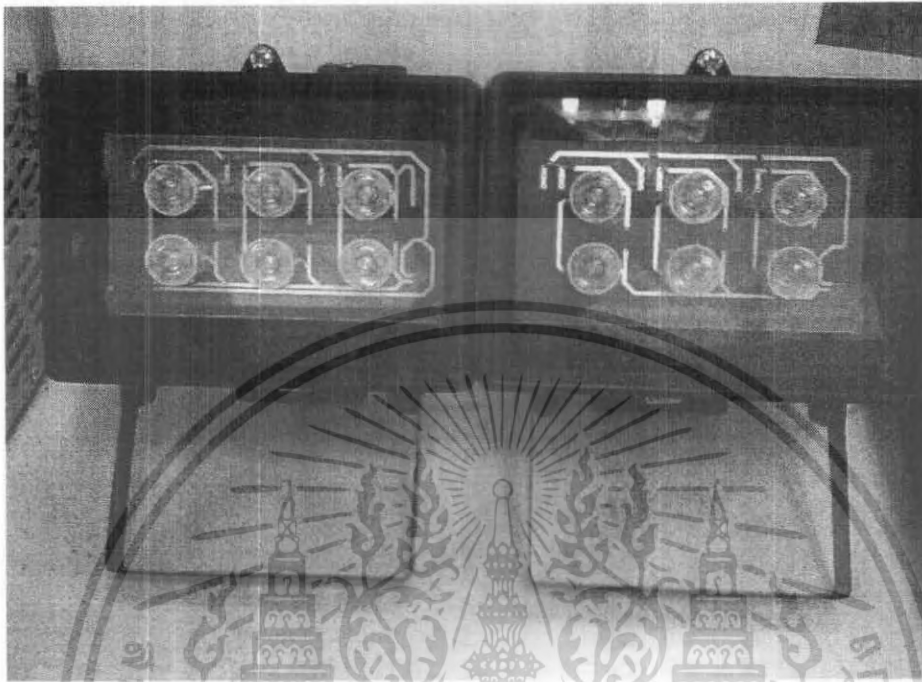


วงจรถักประจุไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคมของหลอดแอลอีดีกำลังสูง

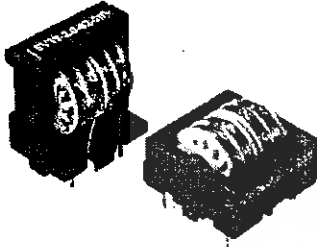


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RFI suppression chokes EV/EH series

Common mode suppression chokes

SCHAFFNER
safety for electronic systems



- Current rating up to 5A
- Broadband attenuation characteristics
- Low magnetic leakage flux
- UL rated materials
- RoHS compliant

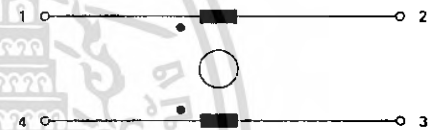
RoHS
2002/95/EC

By March 2005

Environmental ratings

Maximum continuous operating voltage:	250V @ 50°C
Power operating frequency:	dc to 400Hz @ 50°C
Overcurrent:	1.5x nominal for 1 minute, once per hour
High potential test voltage winding-to-winding @ 25°C:	3000VAC, 60sec, guaranteed
	2000V, 50Hz, 2sec, factory test
Temperature range (operation and storage):	-25°C to +100°C
Climatic class per IEC68:	25/100/21
Flammability corresponding to:	UL94-V0

Typical electrical schematic



Test conditions

Measuring frequency:	10kHz; 5mA < 16μH; 500μA > 16μH < 160μH; 50μA > 160μH < 16mH; 50mV > 16mH < 160mH; inductance tolerance ±30%
Resistance:	Tolerance max. ±15% @ 25°C; <20mΩ, 1A; > 20mΩ ≤ 200mΩ, 100mA; > 200mΩ ≤ 2V, 10mA
Electrical characteristics:	@ 25°C ±2°C

Common mode suppression chokes are mainly used to filter noise on AC power lines. Noise on commercial power lines could enter the equipment and disturb the proper function. Noise generated by the equipment for example from switch mode power supplies need to be filtered and the spread of such generated noise need to be suppressed. Common mode suppression chokes together with line bypass capacitors building an AC EMI suppression filter device.

Features and benefits

- Current rating up to 5A
- Compact and light weight
- Low magnetic leakage flux
- Sectional winding
- Standard foot print
- Broad range of available inductances and current ratings
- Custom specific versions
- Schaffner offers you also EMI measurement service to verify that your design will pass the required safety standards.

Typical applications

- Input filters for switch mode power supplies
- Filters to reduce leaking noise
- TV's, VCR's, multimedia and audio equipment
- Office automation, communications and other electronic devices
- Electric ballast
- AC/AC converters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Choke selection table

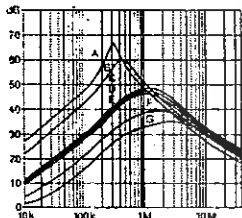
EV Choke	EH Choke	L _{nominal} (±30%) [mH]	DC resistance R [mΩ]	Rated current I (50°C) [A]	Weight [g]
EV 20-0.3-02-33M	EH 20-0.3-02-33M	33	1780	0.3	10
EV 20-0.5-02-18M	EH 20-0.5-02-18M	18	725	0.5	10
EV 20-0.8-02-5M6	EH 20-0.8-02-5M6	5.6	245	0.8	10
EV 20-1.0-02-3M9	EH 20-1.0-02-3M9	3.9	168	1.0	10
EV 20-1.2-02-3M3	EH 20-1.2-02-3M3	3.3	127	1.2	10
EV 20-1.5-02-1M8	EH 20-1.5-02-1M8	1.8	72	1.5	10
EV 20-2.0-02-0M8	EH 20-2.0-02-0M8	0.82	38	2.0	10
EV 24-0.5-02-44M	EH 24-0.5-02-44M	44	1250	0.5	18
EV 24-0.8-02-18M	EH 24-0.8-02-18M	18	438	0.8	18
EV 24-1.0-02-10M	EH 24-1.0-02-10M	10	244	1.0	18
EV 24-1.5-02-4M5	EH 24-1.5-02-4M5	4.5	116	1.5	18
EV 24-2.0-02-2M5	EH 24-2.0-02-2M5	2.5	62	2.0	18
EV 24-3.0-02-1M2	EH 24-3.0-02-1M2	1.2	29	3.0	18
EV 24-4.0-02-0M5	EH 24-4.0-02-0M5	0.5	16	4.0	18
EV 28-1.0-02-36M	EH 28-1.0-02-36M	36	591	1.0	31
EV 28-1.5-02-20M	EH 28-1.5-02-20M	20	282	1.5	31
EV 28-2.0-02-11M	EH 28-2.0-02-11M	11	162	2.0	31
EV 28-3.0-02-5M0	EH 28-3.0-02-5M0	5	79	3.0	31
EV 28-4.0-02-2M3	EH 28-4.0-02-2M3	2.3	40	4.0	31
EV 28-5.0-02-1M1	EH 28-5.0-02-1M1	1.1	27	5.0	31
EV 35-1.0-02-90M	EH 35-1.0-02-90M	90	628	1.0	70
EV 35-2.0-02-20M	EH 35-2.0-02-20M	20	150	2.0	70
EV 35-3.0-02-10M	EH 35-3.0-02-10M	10	72	3.0	70
EV 35-4.0-02-5M0	EH 35-4.0-02-5M0	5	53	4.0	70
EV 35-5.0-02-3M6	EH 35-5.0-02-3M6	3.6	33	5.0	70

All wires rated 130°C or higher

Typical choke attenuation

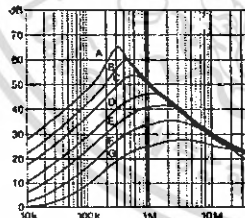
Per CISPR 17; 50Ω/50Ω asym

EV/EH 20 types



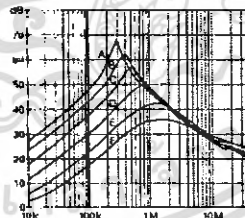
- A = 33mH
- B = 18mH
- C = 5.6mH
- D = 3.9mH
- E = 3.3mH
- F = 1.8mH
- G = 0.8mH

EV/EH 24 types



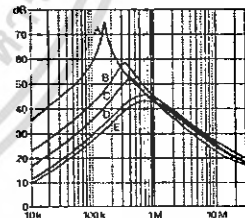
- A = 44mH
- B = 18mH
- C = 10mH
- D = 4.5mH
- E = 2.5mH
- F = 1.2mH
- G = 0.5mH

EV/EH 28 types



- A = 36mH
- B = 20mH
- C = 11mH
- D = 5mH
- E = 2.3mH
- F = 1.1mH

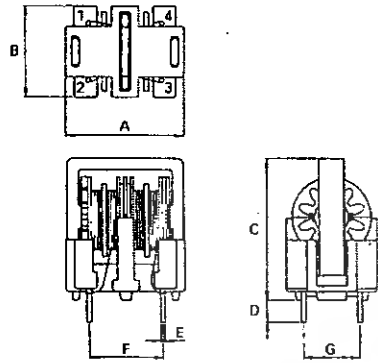
EV/EH 35 types



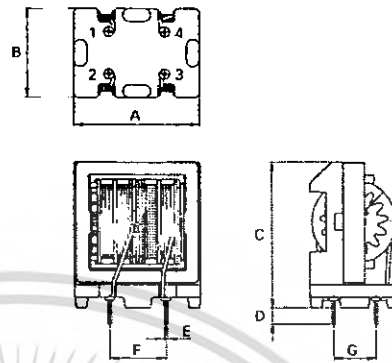
- A = 90mH
- B = 20mH
- C = 10mH
- D = 5mH
- E = 3.6mH

Mechanical Data

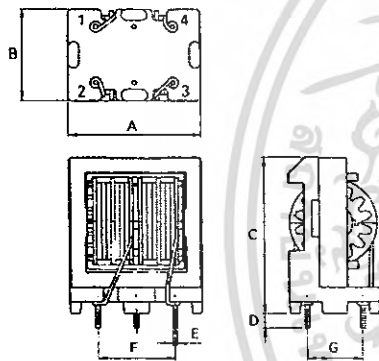
EV 20



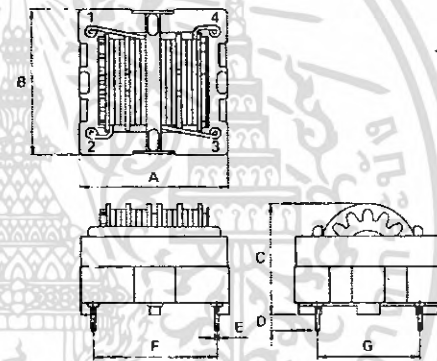
EV 24, EV 28



EV 35



EH 20 to EH 35



Dimensions

	EV 20	EV 24	EV 28	EV 35	EH 20	EH 24	EH 28	EH 35
A	21.0	24.6	29.2	36.0	21.0	24.0	28.0	36.0
B	16.0	17.4	21.0	24.5	21.0	24.0	28.0	36.0
C	25.0	29.1	34.7	42.7	17.8	20.0	22.9	27.7
D	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
E	∅ 0.8	∅ 0.8	∅ 0.8	∅ 1.2	∅ 0.8	∅ 0.8	∅ 0.8	∅ 1.0
F	13.0	13.0	13.0	21.0	13.0	21.0	24.0	30.0
G	10.0	10.0	10.0	15.0	10.0	15.0	20.0	25.0

All dimensions in mm, 1 inch = 25.4mm
Tolerances according: ISO2768 / EN22768

Your local partner: To find your local partner within Schaffner's global network, please go to www.schaffner.com

March 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

Monolithic High Voltage Gated Oscillator Power Switching Regulator

The NCP1050 through NCP1055 are monolithic high voltage regulators that enable end product equipment to be compliant with low standby power requirements. This device series combines the required converter functions allowing a simple and economical power system solution for office automation, consumer, and industrial products. These devices are designed to operate directly from a rectified AC line source. In flyback converter applications they are capable of providing an output power that ranges from 6.0 W to 40 W with a fixed AC input of 100 V, 115 V, or 230 V, and 3.0 W to 20 W with a variable AC input that ranges from 85 V to 265 V.

This device series features an active startup regulator circuit that eliminates the need for an auxiliary bias winding on the converter transformer, fault detector and a programmable timer for converter overload protection, unique gated oscillator configuration for extremely fast loop response with double pulse suppression, power switch current limiting, input undervoltage lockout with hysteresis, thermal shutdown, and auto restart fault detection. These devices are available in economical 8-pin dual-in-line and 4-pin SOT-223 packages.

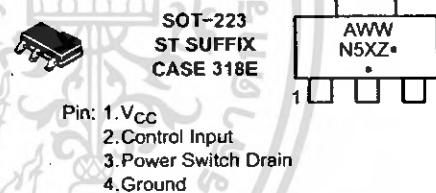
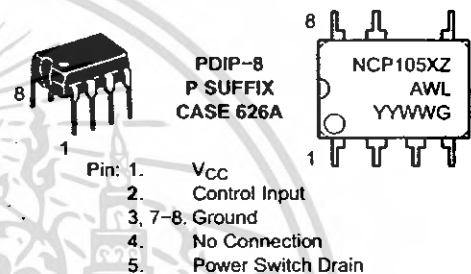
Features

- Startup Circuit Eliminates the Need for Transformer Auxiliary Bias Winding
- Optional Auxiliary Bias Winding Override for Lowest Standby Power Applications
- Converter Output Overload and Open Loop Protection
- Auto Restart Fault Protection
- IC Thermal Fault Protection
- Unique, Dual Edge, Gated Oscillator Configuration for Extremely Fast Loop Response
- Oscillator Frequency Dithering with Controlled Slew Rate Driver for Reduced EMI
- Low Power Consumption Allowing European Blue Angel Compliance
- On-Chip 700 V Power Switch Circuit and Active Startup Circuit
- Rectified AC Line Source Operation from 85 V to 265 V
- Input Undervoltage Lockout with Hysteresis
- Oscillator Frequency Options of 44 kHz, 100 kHz, 136 kHz
- Pb-Free Packages are Available

Typical Applications

- AC-DC Converters
- Wall Adapters
- Portable Electronic Chargers
- Low Power Standby and Keep-Alive Supplies

MARKING DIAGRAMS



- X = Current Limit (0, 1, 2, 3, 4, 5)
- Z = Oscillator Frequency
A = 44 kHz, B = 100 kHz, C = 136 kHz
- A = Assembly Location
- WL, L = Wafer Lot
- YY, Y = Year
- WW, W = Work Week
- G or • = Pb-Free Package
(Note: Microdot may be in either location)

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information on page 22 of this data sheet.

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

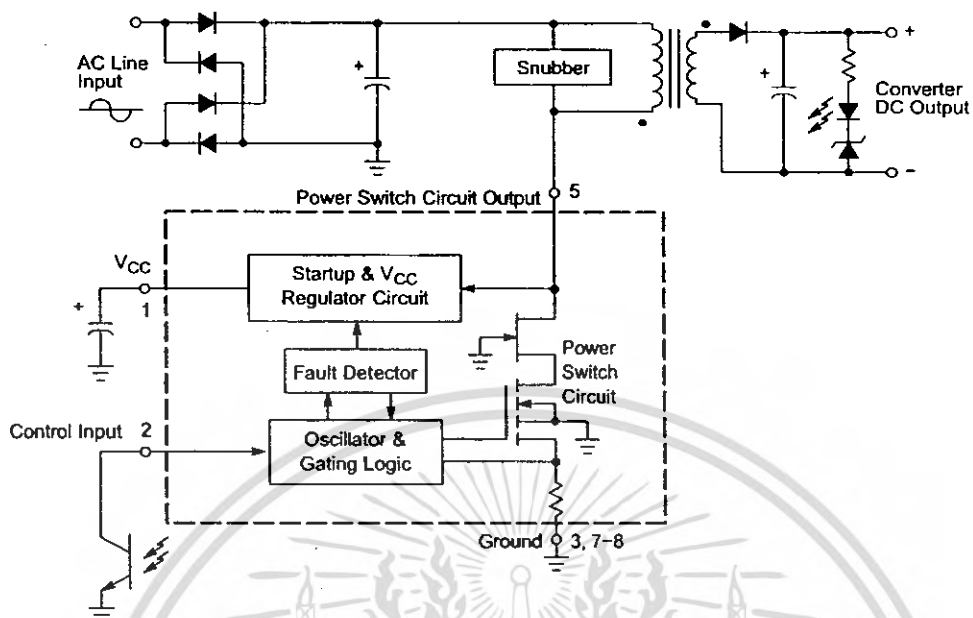


Figure 1. Typical Application

Pin Function Description

Pin (SOT-223)	Pin (PDIP-8)	Function	Description
1	1	V _{CC}	This is the positive supply voltage input. During startup, power is supplied to this input from Pin 5. When V _{CC} reaches V _{CC(on)} , the Startup Circuit turns off and the output is allowed to begin switching with 1.0 V hysteresis on the V _{CC} pin. The capacitance connected to this pin programs fault timing and frequency modulation rate.
2	2	Control Input	The Power Switch Circuit is turned off when a current greater than approximately 50 μ A is drawn out of or applied to this pin. A 10 V clamp is built onto the chip to protect the device from ESD damage or overvoltage conditions.
4	3, 7, 8	Ground	This pin is the control circuit and Power Switch Circuit ground. It is part of the integrated circuit lead frame.
-	4	No Connection	
3	5	Power Switch Drain	This pin is designed to directly drive the converter transformer primary, and internally connects to Power Switch and Startup Circuit.

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

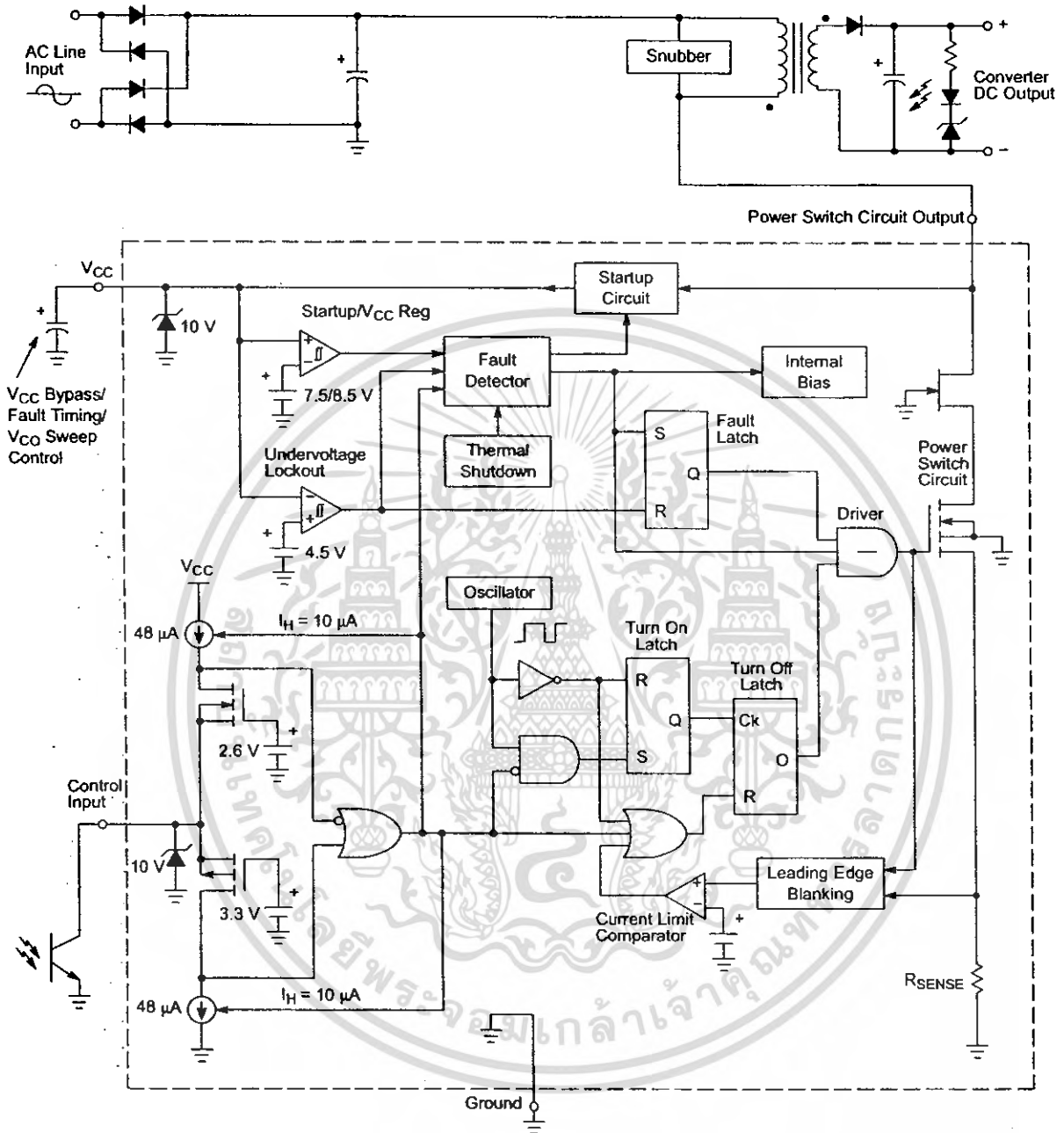


Figure 2. Representative Block Diagram

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

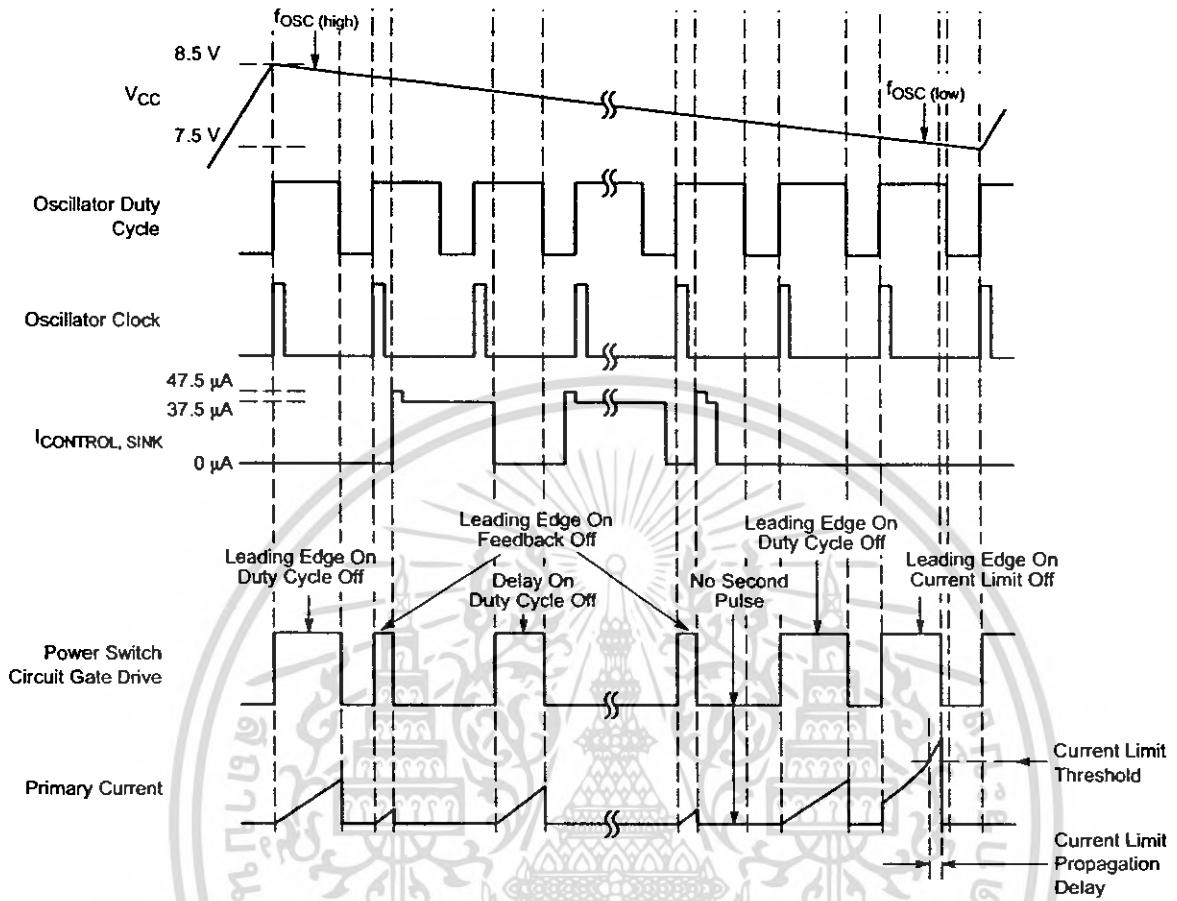


Figure 3. Timing Diagram for Gated Oscillator with Dual Edge PWM

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

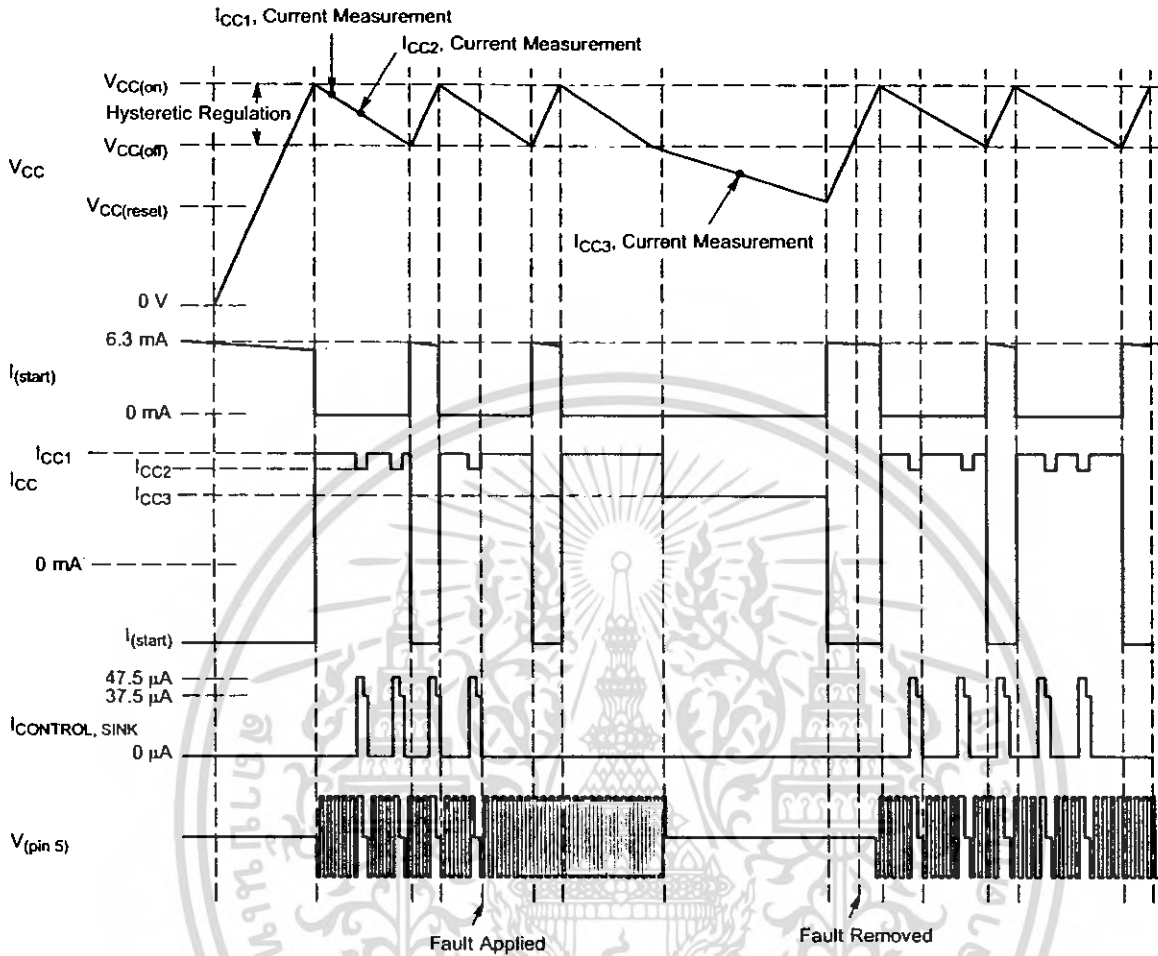


Figure 4. Non-Latching Fault Condition Timing Diagram

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Switch and Startup Circuit Drain Voltage Range Drain Current Peak During Transformer Saturation	V_{DS} $I_{DS(pk)}$	-0.3 to 700 2.0 I_{lim} Max	V A
Power Supply/ V_{CC} Bypass and Control Input Voltage Range Current	V_{IR} I_{max}	-0.3 to 10 100	V mA
Thermal Characteristics P Suffix, Plastic Package Case 626A-01 Junction-to-Lead Junction-to-Air, 2.0 Oz. Printed Circuit Copper Clad 0.36 Sq. Inch 1.0 Sq. Inch ST Suffix, Plastic Package Case 318E-04 Junction-to-Lead Junction-to-Air, 2.0 Oz. Printed Circuit Copper Clad 0.36 Sq. Inch 1.0 Sq. Inch	$R_{\theta JL}$ $R_{\theta JA}$ $R_{\theta JL}$ $R_{\theta JA}$	9.0 77 60 14 74 55	$^{\circ}C/W$
Operating Junction Temperature	T_J	-40 to +150	$^{\circ}C$
Storage Temperature	T_{stg}	-65 to +150	$^{\circ}C$

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

A. This device series contains ESD protection and exceeds the following tests:

Pins 1-3: Human Body Model 2000 V per MIL-STD-883, Method 3015.

Machine Model Method 400 V.

Pin 5: Human Body Model 1000 V per MIL-STD-883, Method 3015.

Machine Model Method 400 V.

Pin 5 is connected to the power switch and start-up circuits, and is rated only to the max voltage of the part, or 700 V.

B. This device contains Latch-up protection and exceeds ± 100 mA per JEDEC Standard JESD78.

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 8.0\text{ V}$, for typical values $T_J = 25^\circ\text{C}$, for min/max values, T_J is the operating junction temperature range that applies (Note 1), unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OSCILLATOR					
Frequency ($V_{CC} = 7.5\text{ V}$) $T_J = 25^\circ\text{C}$: 44 kHz Version 100 kHz Version 136 kHz Version $T_J = T_{low}$ to T_{high} : 44 kHz Version 100 kHz Version 136 kHz Version	$f_{OSC(low)}$	38 87 119 37 84 113	42.5 97 132 – – –	47 107 145 47 107 145	kHz
Frequency ($V_{CC} = 8.5\text{ V}$) $T_J = 25^\circ\text{C}$: 44 kHz Version 100 kHz Version 136 kHz Version $T_J = T_{low}$ to T_{high} : 44 kHz Version 100 kHz Version 136 kHz Version	$f_{OSC(high)}$	41 93 126 39 90 120	45.5 103 140 – – –	50 113 154 50 113 154	kHz
Frequency Sweep ($V_{CC} = 7.5\text{ V}$ to 8.5 V , $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$\%f_{OSC}$	–	5.0	–	%
Maximum Duty Cycle	$D_{(max)}$	74	77	80	%
CONTROL INPUT					
Lower Window Input Current Threshold Switching Enabled, Sink Current Increasing Switching Disabled, Sink Current Decreasing Upper Window Input Current Threshold Switching Enabled, Source Current Increasing Switching Disabled, Source Current Decreasing	$I_{off(low)}$ $I_{on(low)}$ $I_{off(high)}$ $I_{on(high)}$	–58 –50 37 25	–47.5 –37.5 47.5 37.5	–37 –25 58 50	μA
Control Window Input Voltage Lower ($I_{sink} = 25\ \mu\text{A}$) Upper ($I_{source} = 25\ \mu\text{A}$)	V_{low} V_{high}	1.1 4.2	1.35 4.6	1.6 5.0	V

1. Tested junction temperature range for the NCP105X series:
 $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ $T_{high} = +125^\circ\text{C}$

<http://onsemi.com>

7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 8.0\text{ V}$, for typical values $T_J = 25^\circ\text{C}$, for min/max values, T_J is the operating junction temperature range that applies (Note 2), unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	
POWER SWITCH CIRCUIT						
Power Switch Circuit On-State Resistance NCP1050, NCP1051, NCP1052 ($I_D = 50\text{ mA}$) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = 125^\circ\text{C}$ NCP1053, NCP1054, NCP1055 ($I_D = 100\text{ mA}$) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = 125^\circ\text{C}$	$R_{DS(on)}$	-	22 42	30 55	Ω	
Power Switch Circuit & Startup Breakdown Voltage ($I_{D(off)} = 100\ \mu\text{A}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	$V_{(BR)DS}$	700	-	-	V	
Power Switch Circuit & Startup Circuit Off-State Leakage Current ($V_{DS} = 650\text{ V}$) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = 125^\circ\text{C}$	$I_{DS(off)}$	-	25 15	40 80	μA	
Switching Characteristics ($R_L = 50\ \Omega$, V_{DS} set for $I_D = 0.7\ I_{lim}$) Turn-on Time (90% to 10%) Turn-off Time (10% to 90%)	t_{on} t_{off}	-	20 10	-	ns	
CURRENT LIMIT AND THERMAL PROTECTION						
Current Limit Threshold ($T_J = 25^\circ\text{C}$) (Note 5) NCP1050 NCP1051 NCP1052 NCP1053 NCP1054 NCP1055	I_{lim}		93 186 279 372 493 632	100 200 300 400 530 680	107 214 321 428 567 728	mA
Conversion Power Deviation ($T_J = 25^\circ\text{C}$) (Note 6)	I^2f_{OSC}	-	0	10	$\%A^2\text{Hz}$	
Propagation Delay, Current Limit Threshold to Power Switch Circuit Output NCP1050, NCP1051, NCP1052 NCP1053, NCP1054, NCP1055	t_{PLH}	-	135 160	-	ns	
Thermal Protection ($V_{CC} = 8.6\text{ V}$) (Note 2, 3, 4) Shutdown (Junction Temperature Increasing) Hysteresis (Junction Temperature Decreasing)	T_{sd} T_H	140 -	160 75	-	$^\circ\text{C}$	
STARTUP CONTROL						
Startup/ V_{CC} Regulation Startup Threshold/ V_{CC} Regulation Peak (V_{CC} Increasing) Minimum Operating/ V_{CC} Valley Voltage After Turn-On Hysteresis	$V_{CC(on)}$ $V_{CC(off)}$ V_H	8.0 7.0 -	8.5 7.5 1.0	9.0 8.0 -	V	
Undervoltage Lockout Threshold Voltage, V_{CC} Decreasing	$V_{CC(reset)}$	4.0	4.5	5.0	V	
Startup Circuit Output Current (Power Switch Circuit Output = 40 V) $V_{CC} = 0\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }125^\circ\text{C}$ $V_{CC} = V_{CC(on)} - 0.2\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = -40\text{ to }125^\circ\text{C}$	I_{start}		5.4 4.5	6.3 -	7.2 8.0	mA
Minimum Start-up Drain Voltage ($I_{start} = 0.5\text{ mA}$, $V_{CC} = V_{CC(on)} - 0.2\text{ V}$)	$V_{start(min)}$	-	13.4	20	V	
Output Fault Condition Auto Restart (V_{CC} Capacitor = 10 μF , Power Switch Circuit Output = 40 V) Average Switching Duty Cycle Frequency	D_{rst} f_{rst}	-	6.0 3.5	-	% Hz	

- Tested junction temperature range for the NCP105X series:
 $T_{low} = -40^\circ\text{C}$ $T_{high} = +125^\circ\text{C}$
- Maximum package power dissipation limits must be observed.
- Guaranteed by design only.
- Adjust di/dt to reach I_{lim} in 4.0 μsec .
- Consult factory for additional options including test and trim for output power accuracy.

<http://onsemi.com>

8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 8.0\text{ V}$, for typical values $T_J = 25^\circ\text{C}$, for min/max values, T_J is the operating junction temperature range that applies (Note 7), unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
TOTAL DEVICE					
Power Supply Current After UVLO Turn-On (Note 8)					
Power Switch Circuit Enabled	I_{CC1}				mA
NCP1050, NCP1051, NCP1052					
44 kHz Version		0.35	0.45	0.55	
100 kHz Version		0.40	0.50	0.60	
136 kHz Version		0.40	0.525	0.65	
NCP1053, NCP1054, NCP1055					
44 kHz Version	0.40	0.50	0.60		
100 kHz Version	0.45	0.575	0.70		
136 kHz Version	0.50	0.65	0.80		
Power Switch Circuit Disabled	I_{CC2} I_{CC3}				
Non-Fault Condition		0.35	0.45	0.55	
Fault Condition		0.10	0.175	0.25	

7. Tested junction temperature range for the NCP105X series:

$$T_{low} = -40^\circ\text{C} \quad T_{high} = +125^\circ\text{C}$$

8. See Non-Latching Fault Condition Timing Diagram in Figure 4.



NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

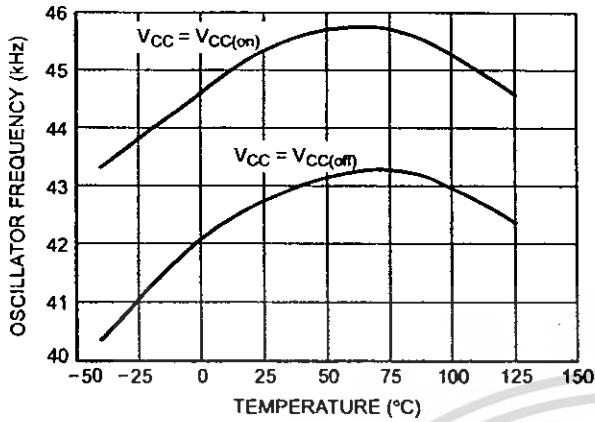


Figure 5. Oscillator Frequency (44 kHz Version) versus Temperature

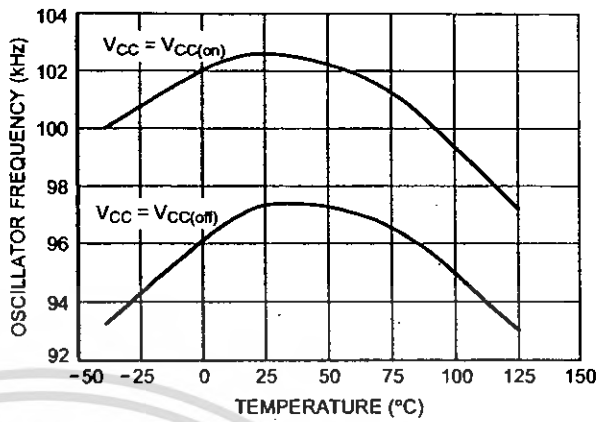


Figure 6. Oscillator Frequency (100 kHz Version) versus Temperature

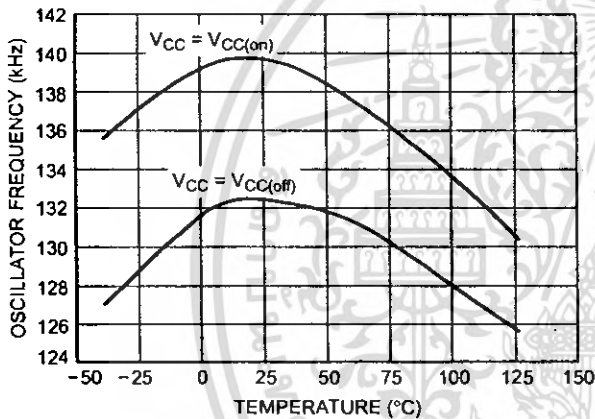


Figure 7. Oscillator Frequency (136 kHz Version) versus Temperature

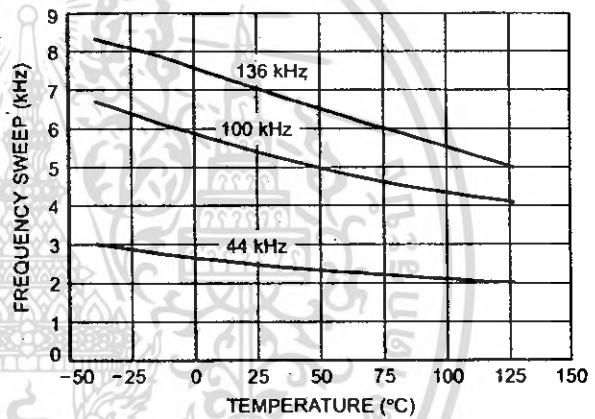


Figure 8. Frequency Sweep versus Temperature

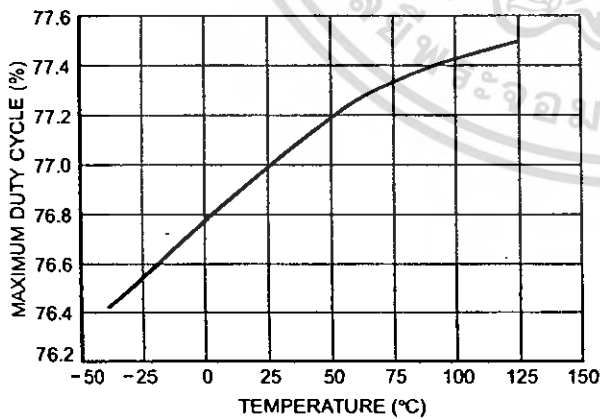


Figure 9. Maximum Duty Cycle versus Temperature

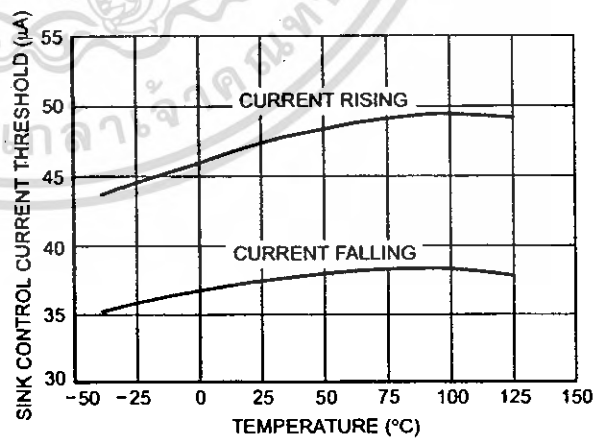


Figure 10. Lower Window Control Input Current Thresholds versus Temperature

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

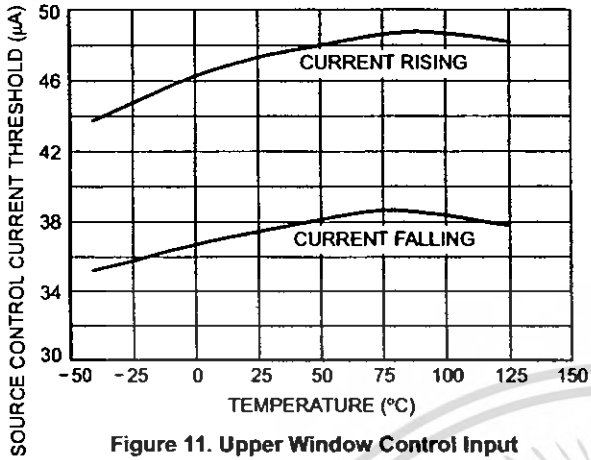


Figure 11. Upper Window Control Input Current Thresholds versus Temperature

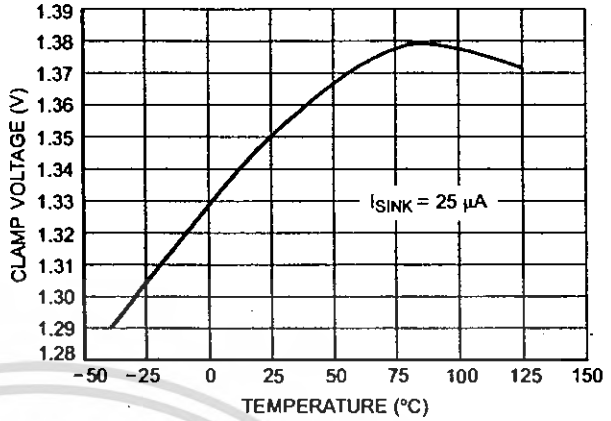


Figure 12. Control Input Lower Window Clamp Voltage versus Temperature

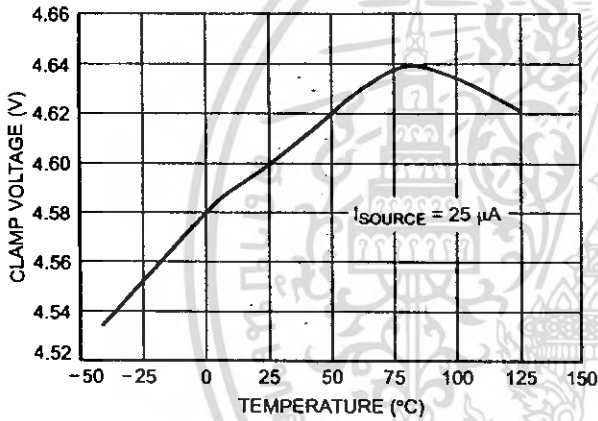


Figure 13. Control Input Upper Window Clamp Voltage versus Temperature

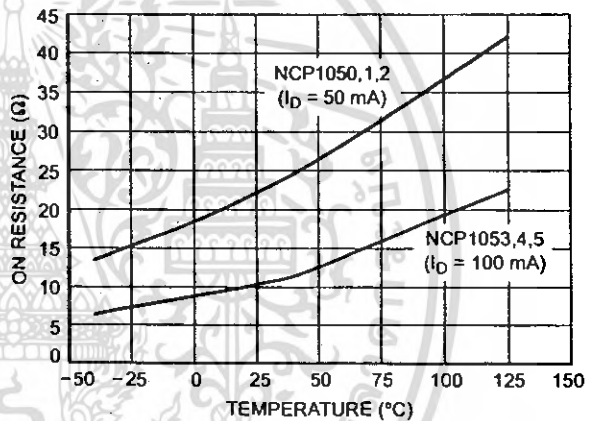


Figure 14. On Resistance versus Temperature

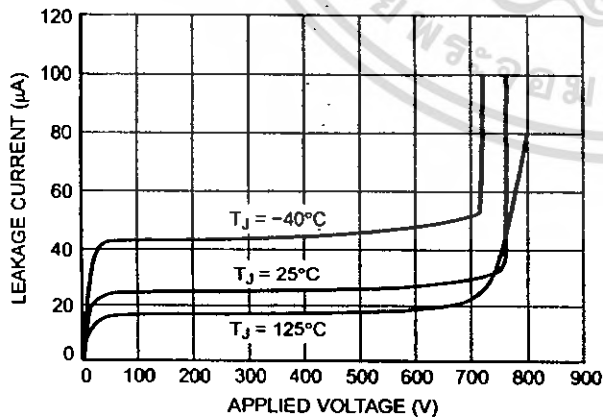


Figure 15. Power Switch and Startup Circuit Leakage Current versus Voltage

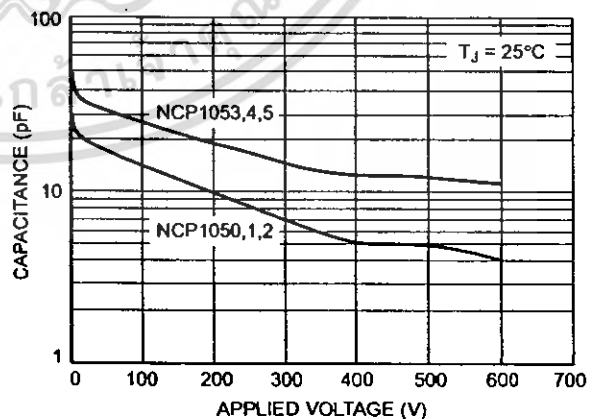


Figure 16. Power Switch and Startup Circuit Output Capacitance versus Applied Voltage

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

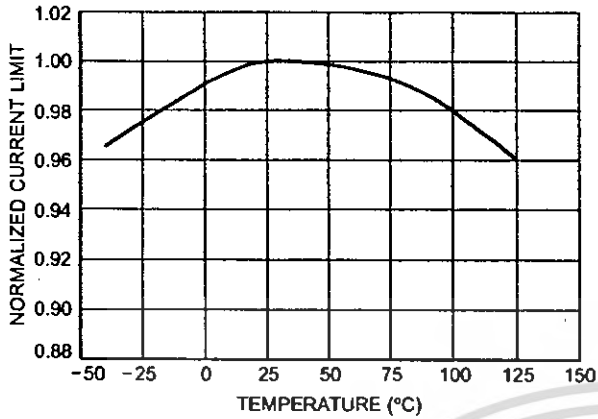


Figure 17. Normalized Peak Current Limit versus Temperature

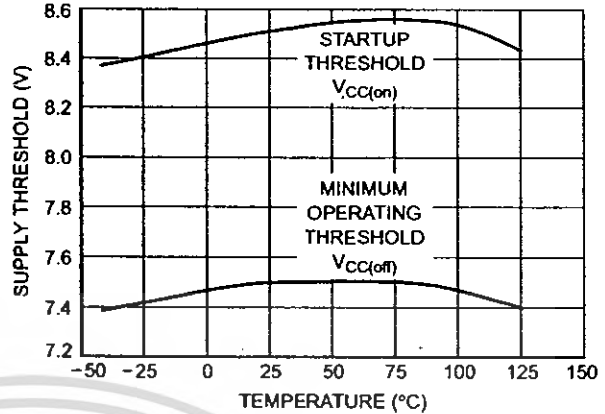


Figure 18. Supply Voltage Thresholds versus Temperature

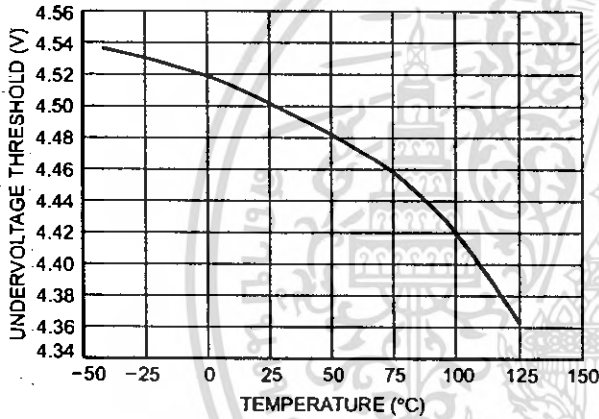


Figure 19. Undervoltage Lockout Threshold versus Temperature

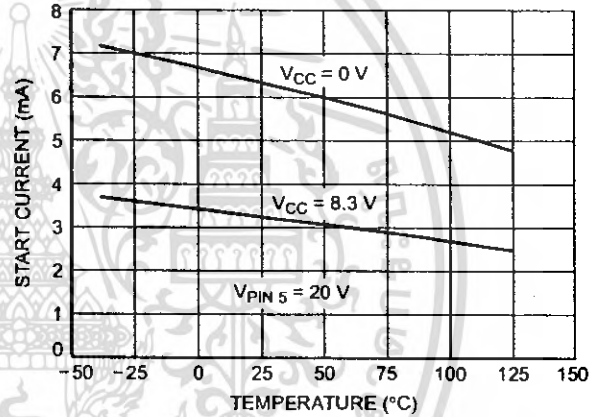


Figure 20. Start Current versus Temperature

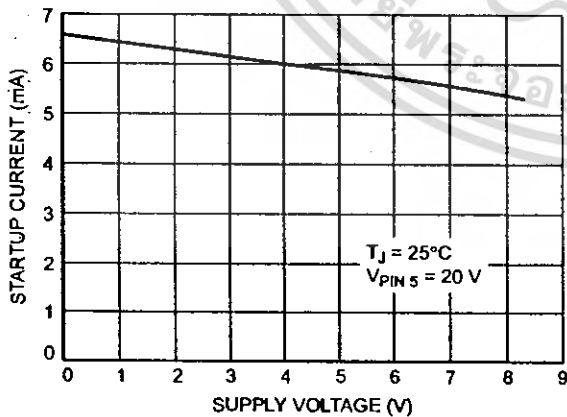


Figure 21. Startup Current versus Supply Voltage

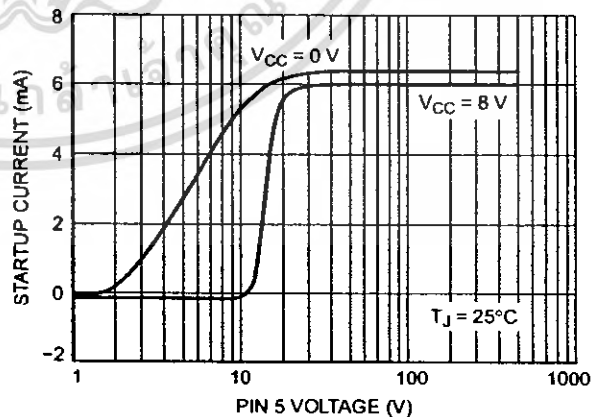


Figure 22. Startup Current versus Pin 5 Voltage

NCP1050, NCP1051, NCP1052, NCP1053, NCP1054, NCP1055

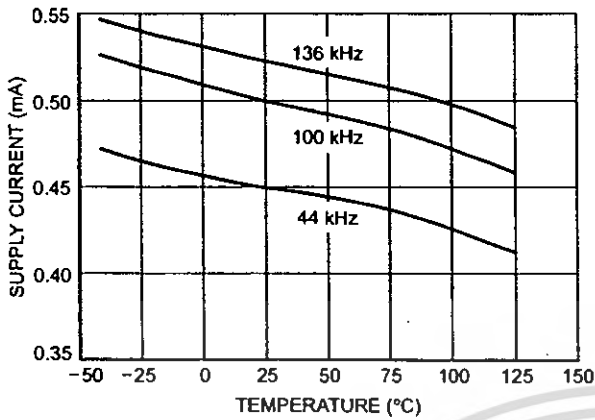


Figure 23. Supply Current versus Temperature (NCP1050/1/2)

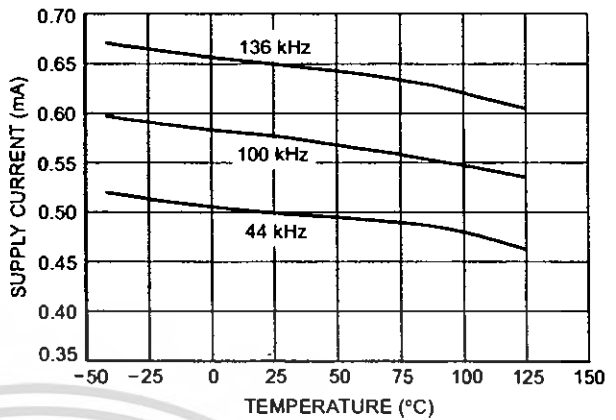


Figure 24. Supply Current versus Temperature (NCP1053/4/5)

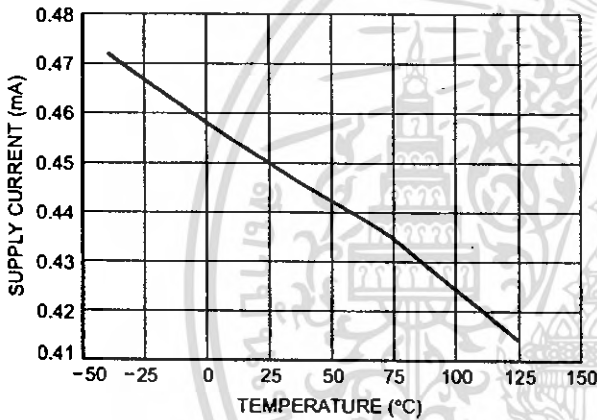


Figure 25. Supply Current When Switching Disable versus Temperature

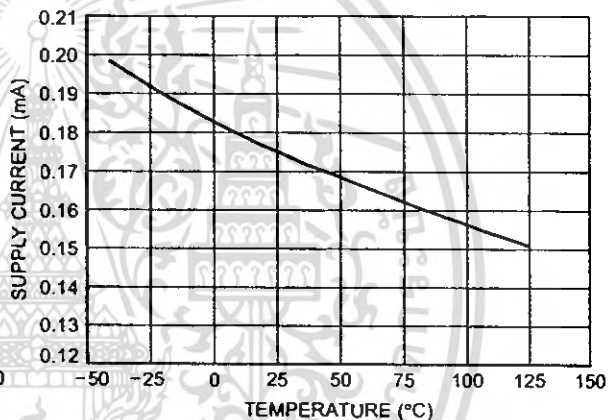


Figure 26. Supply Current in Fault Condition versus Temperature

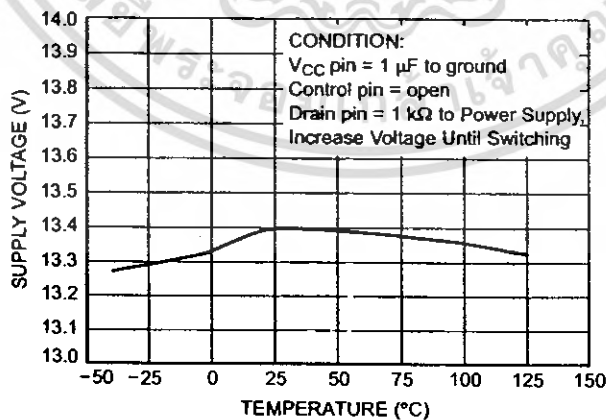


Figure 27. Supply Voltage versus Temperature

1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

1N4004 and 1N4007 are Preferred Devices



ON Semiconductor™

<http://onsemi.com>

Axial Lead Standard Recovery Rectifiers

This data sheet provides information on subminiature size, axial lead mounted rectifiers for general-purpose low-power applications.

Mechanical Characteristics

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 0.4 gram (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead and Mounting Surface Temperature for Soldering Purposes: 220°C Max. for 10 Seconds, 1/16" from case
- Shipped in plastic bags, 1000 per bag.
- Available Tape and Reeled; 5000 per reel, by adding a "RL" suffix to the part number
- Available in Fan-Fold Packaging, 3000 per box, by adding a "FF" suffix to the part number
- Polarity: Cathode Indicated by Polarity Band
- Marking: 1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

LEAD MOUNTED RECTIFIERS 50–1000 VOLTS DIFFUSED JUNCTION



MARKING DIAGRAM



AL = Assembly Location
1N400x = Device Number
x = 1, 2, 3, 4, 5, 6 or 7
YY = Year
WW = Work Week

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
*Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
*Non-Repetitive Peak Reverse Voltage (halfwave, single phase, 60 Hz)	V_{RSM}	60	120	240	480	720	1000	1200	Volts
*RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	Volts
*Average Rectified Forward Current (single phase, resistive load, 60 Hz, $T_A = 75^\circ\text{C}$)	I_O	1.0							Amp
*Non-Repetitive Peak Surge Current (surge applied at rated load conditions)	I_{FSM}	30 (for 1 cycle)							Amp
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J T_{stg}	-65 to +175							$^\circ\text{C}$

*Indicates JEDEC Registered Data

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information on page 2 of this data sheet.

Preferred devices are recommended choices for future use and best overall value.

1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

ELECTRICAL CHARACTERISTICS*

Rating	Symbol	Typ	Max	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage Drop ($i_F = 1.0$ Amp, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	v_F	0.93	1.1	Volts
Maximum Full-Cycle Average Forward Voltage Drop ($I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$, 1 inch leads)	$V_{F(AV)}$	–	0.8	Volts
Maximum Reverse Current (rated dc voltage) ($T_J = 25^\circ\text{C}$) ($T_J = 100^\circ\text{C}$)	I_R	0.05 1.0	10 50	μA
Maximum Full-Cycle Average Reverse Current ($I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$, 1 inch leads)	$I_{R(AV)}$	–	30	μA

*Indicates JEDEC Registered Data

ORDERING & SHIPPING INFORMATION

Device	Package	Shipping
1N4001	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N4001FF	Axial Lead	3000 Units/Box
1N4001RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel
1N4002	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N4002FF	Axial Lead	3000 Units/Box
1N4002RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel
1N4003	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N4003FF	Axial Lead	3000 Units/Box
1N4003RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel
1N4004	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N4004FF	Axial Lead	3000 Units/Box
1N4004RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel
1N4005	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N4005FF	Axial Lead	3000 Units/Box
1N4005RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel
1N4006	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N4006FF	Axial Lead	3000 Units/Box
1N4006RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel
1N4007	Axial Lead	1000 Units/Bag
1N4007FF	Axial Lead	3000 Units/Box
1N4007RL	Axial Lead	5000/Tape & Reel

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MUR120 Series

Preferred Devices

SWITCHMODE™ Power Rectifiers

MUR105, MUR110, MUR115, MUR120,
MUR130, MUR140, MUR160

The MUR120 series of SWITCHMODE power rectifiers are designed for use in switching power supplies, inverters and as free wheeling diodes.

Features

- Ultrafast 25, 50 and 75 Nanosecond Recovery Times
- 175°C Operating Junction Temperature
- Low Forward Voltage
- Low Leakage Current
- High Temperature Glass Passivated Junction
- Reverse Voltage to 600 V
- Shipped in Plastic Bags; 1,000 per Bag
- Available Tape and Reel; 5,000 per Reel, by adding a "RL" Suffix to the Part Number
- These are Pb-Free Devices*

Mechanical Characteristics:

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 0.4 Gram (Approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead Temperature for Soldering Purposes: 260°C Max. for 10 Seconds
- Polarity: Cathode Indicated by Polarity Band



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

ULTRAFAST RECTIFIERS
1.0 AMPERE, 50 – 600 VOLTS



AXIAL LEAD
CASE 59
STYLE 1

MARKING DIAGRAM



A = Assembly Location
MUR1xx = Specific Device Code
Y = Year
WW = Work Week
• = Pb-Free Package

(Note: Microdot may be in either location)

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 6 of this data sheet.

Preferred devices are recommended choices for future use and best overall value.

*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

MUR120 Series

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	MUR							Unit
		105	110	115	120	130	140	160	
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	50	100	150	200	300	400	600	V
Average Rectified Forward Current (Square Wave Mounting Method #3 Per Note 2)	$I_{F(AV)}$	1.0 @ $T_A = 130^\circ\text{C}$			1.0 @ $T_A = 120^\circ\text{C}$				A
Nonrepetitive Peak Surge Current (Surge applied at rated load conditions, halfwave, single phase, 60 Hz)	I_{FSM}	35							A
Operating Junction Temperature and Storage Temperature	T_J, T_{stg}	-65 to +175							$^\circ\text{C}$

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Maximum Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	Note 2	$^\circ\text{C/W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Maximum Instantaneous Forward Voltage (Note 1) ($I_F = 1.0 \text{ Amp}$, $T_J = 150^\circ\text{C}$) ($I_F = 1.0 \text{ Amp}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_F	0.710 0.875	1.05 1.25	V
Maximum Instantaneous Reverse Current (Note 1) (Rated DC Voltage, $T_J = 150^\circ\text{C}$) (Rated DC Voltage, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_R	50 2.0	150 5.0	μA
Maximum Reverse Recovery Time ($I_F = 1.0 \text{ A}$, $di/dt = 50 \text{ A}/\mu\text{s}$) ($I_F = 0.5 \text{ A}$, $I_R = 1.0 \text{ A}$, $I_{REC} = 0.25 \text{ A}$)	t_{rr}	35 25	75 50	ns
Maximum Forward Recovery Time ($I_F = 1.0 \text{ A}$, $di/dt = 100 \text{ A}/\mu\text{s}$, I_{REC} to 1.0 V)	t_{fr}	25	50	ns

1. Pulse Test: Pulse Width = 300 μs , Duty Cycle $\leq 2.0\%$.

1N5820, 1N5821, 1N5822

1N5820 and 1N5822 are Preferred Devices

Axial Lead Rectifiers

This series employs the Schottky Barrier principle in a large area metal-to-silicon power diode. State-of-the-art geometry features chrome barrier metal, epitaxial construction with oxide passivation and metal overlap contact. Ideally suited for use as rectifiers in low-voltage, high-frequency inverters, free wheeling diodes, and polarity protection diodes.

Features

- Extremely Low V_F
- Low Power Loss/High Efficiency
- Low Stored Charge, Majority Carrier Conduction
- Shipped in plastic bags, 500 per bag
- Available in Tape and Reel, 1500 per reel, by adding a "RL" suffix to the part number
- Pb-Free Packages are Available*

Mechanical Characteristics:

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 1.1 Gram (Approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead Temperature for Soldering Purposes: 260°C Max. for 10 Seconds
- Polarity: Cathode indicated by Polarity Band



ON Semiconductor®

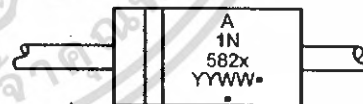
<http://onsemi.com>

**SCHOTTKY BARRIER
RECTIFIERS
3.0 AMPERES
20, 30, 40 VOLTS**



AXIAL LEAD
CASE 267-05
(DO-201AD)
STYLE 1

MARKING DIAGRAM



A = Assembly Location
1N582x = Device Code
x = 0, 1, or 2
YY = Year
WW = Work Week
▪ = Pb-Free Package
(Note: Microdot may be in either location)

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information on page 3 of this data sheet.

Preferred devices are recommended choices for future use and best overall value.

*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

1N5820, 1N5821, 1N5822

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N5820	1N5821	1N5822	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	20	30	40	V
Non-Repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RSM}	24	36	48	V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	14	21	28	V
Average Rectified Forward Current (Note 1) $V_{R(equiv)} \leq 0.2 V_{R(dc)}$, $T_L = 95^\circ\text{C}$ ($R_{\theta JA} = 28^\circ\text{C/W}$, P.C. Board Mounting, see Note 5)	I_O	3.0			A
Ambient Temperature Rated $V_{R(dc)}$, $P_{F(AV)} = 0$ $R_{\theta JA} = 28^\circ\text{C/W}$	T_A	90	85	80	$^\circ\text{C}$
Non-Repetitive Peak Surge Current (Surge applied at rated load conditions, half wave, single phase 60 Hz, $T_L = 75^\circ\text{C}$)	I_{FSM}	80 (for one cycle)			A
Operating and Storage Junction Temperature Range (Reverse Voltage applied)	T_J, T_{stg}	65 to +125			$^\circ\text{C}$

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

*THERMAL CHARACTERISTICS (Note 5)

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	28	$^\circ\text{C/W}$

*ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_L = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted) (Note 1)

Characteristic	Symbol	1N5820	1N5821	1N5822	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage (Note 2) ($I_F = 1.0$ Amp) ($I_F = 3.0$ Amp) ($I_F = 9.4$ Amp)	V_F	0.370 0.475 0.850	0.380 0.500 0.900	0.390 0.525 0.950	V
Maximum Instantaneous Reverse Current @ Rated dc Voltage (Note 2) $T_L = 25^\circ\text{C}$ $T_L = 100^\circ\text{C}$	I_R	2.0 20	2.0 20	2.0 20	mA

1. Lead Temperature reference is cathode lead 1/32" from case.

2. Pulse Test: Pulse Width = 300 μs , Duty Cycle = 2.0%.

*Indicates JEDEC Registered Data for 1N5820-22.

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PC817 Series

High Density Mounting Type Photocoupler

- Lead forming type (I type) and taping reel type (P type) are also available. (PC817I/PC817P)
- TÜV (VDE8884) approved type is also available as an option.

Features

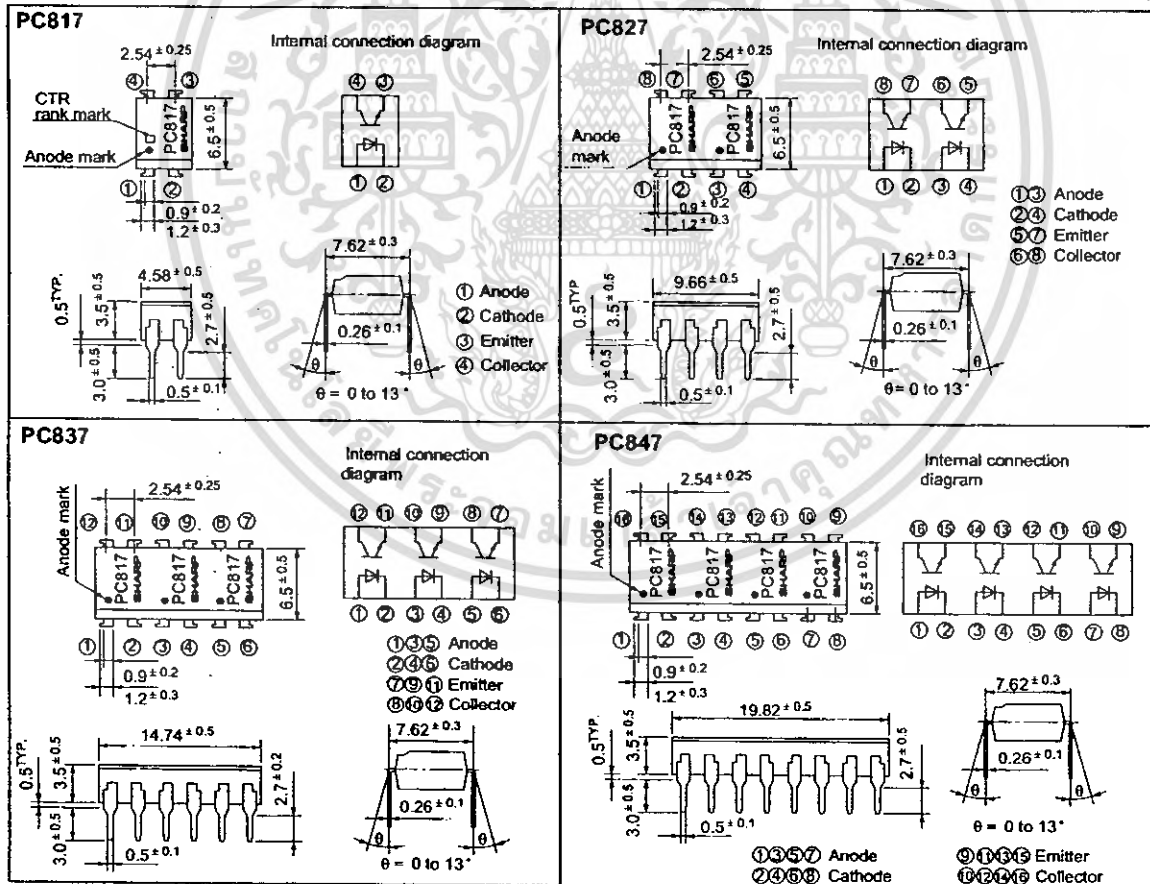
- Current transfer ratio
(CTR: MIN. 50% at $I_F = 5\text{mA}$, $V_{CE} = 5\text{V}$)
- High isolation voltage between input and output ($V_{iso} : 5000\text{V}_{rms}$)
- Compact dual-in-line package
 PC817 : 1-channel type
 PC827 : 2-channel type
 PC837 : 3-channel type
 PC847 : 4-channel type
- Recognized by UL, file No. E64380

Applications

- Computer terminals
- System appliances, measuring instruments
- Registers, copiers, automatic vending machines
- Electric home appliances, such as fan heaters, etc.
- Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

Outline Dimensions

(Unit : mm)



* In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that occur in equipment using any of SHARP's devices, shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest version of the device specification sheets before using any SHARP's device.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Ta= 25°C)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Forward current	I_F	50	mA
¹ Peak forward current	I_{FM}	1	A
Reverse voltage	V_R	6	V
Power dissipation	P	70	mW
Collector-emitter voltage	V_{CEO}	35	V
Emitter-collector voltage	V_{ECO}	6	V
Collector current	I_C	50	mA
Collector power dissipation	P_C	150	mW
Total power dissipation	P_{tot}	200	mW
² Isolation voltage	V_{iso}	5 000	V _{rms}
Operating temperature	T_{opr}	-30 to +100	°C
Storage temperature	T_{stg}	-55 to +125	°C
³ Soldering temperature	T_{sol}	260	°C

*1 Pulse width ≤ 100µs, Duty ratio : 0.001

*2 40 to 60% RH, AC for 1 minute

*3 For 10 seconds

Electro-optical Characteristics (Ta= 25°C)

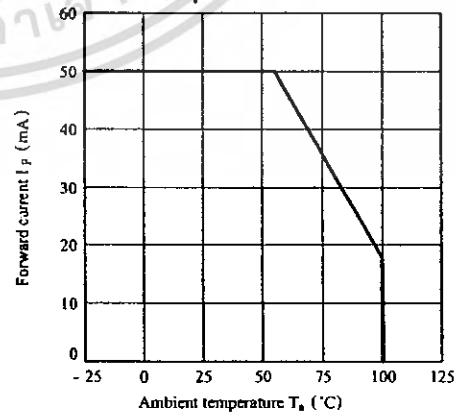
Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Forward voltage	V_F	$I_F = 20mA$	-	1.2	1.4	V
Peak forward voltage	V_{FM}	$I_{FM} = 0.5A$	-	-	3.0	V
Reverse current	I_R	$V_R = 4V$	-	-	10	µA
Terminal capacitance	C_t	$V = 0, f = 1kHz$	-	30	250	pF
Collector dark current	I_{CEO}	$V_{CE} = 20V$	-	-	10^{-7}	A
*Current transfer ratio	CTR	$I_F = 5mA, V_{CE} = 5V$	50	-	600	%
Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_F = 20mA, I_C = 1mA$	-	0.1	0.2	V
Isolation resistance	R_{iso}	DC500V, 40 to 60% RH	5×10^{10}	10^{11}	-	Ω
Floating capacitance	C_f	$V = 0, f = 1MHz$	-	0.6	1.0	pF
Response time	Rise time	$V_{CE} = 5V, I_C = 2mA, R_L = 100\Omega, -3dB$	-	4	18	µs
	Fall time		-	3	18	µs

*4 Classification table of current transfer ratio is shown below.

Model No.	Rank mark	CTR (%)
PC817A	A	80 to 160
PC817B	B	130 to 260
PC817C	C	200 to 400
PC817D	D	300 to 600
PC8*7AB	A or B	80 to 260
PC8*7BC	B or C	130 to 400
PC8*7CD	C or D	200 to 600
PC8*7AC	A, B or C	80 to 400
PC8*7BD	B, C or D	130 to 600
PC8*7AD	A, B, C or D	80 to 600
PC8*7	A, B, C, D or No mark	50 to 600

● : 1 or 2 or 3 or 4

Fig. 1 Forward Current vs. Ambient Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL431, A, B Series, NCV431A, B

Programmable Precision References

The TL431, A, B integrated circuits are three-terminal programmable shunt regulator diodes. These monolithic IC voltage references operate as a low temperature coefficient zener which is programmable from V_{ref} to 36 V with two external resistors. These devices exhibit a wide operating current range of 1.0 mA to 100 mA with a typical dynamic impedance of 0.22 Ω . The characteristics of these references make them excellent replacements for zener diodes in many applications such as digital voltmeters, power supplies, and op amp circuitry. The 2.5 V reference makes it convenient to obtain a stable reference from 5.0 V logic supplies, and since the TL431, A, B operates as a shunt regulator, it can be used as either a positive or negative voltage reference.

Features

- Programmable Output Voltage to 36 V
- Voltage Reference Tolerance: $\pm 0.4\%$, Typ @ 25°C (TL431B)
- Low Dynamic Output Impedance, 0.22 Ω Typical
- Sink Current Capability of 1.0 mA to 100 mA
- Equivalent Full-Range Temperature Coefficient of 50 ppm/°C Typical
- Temperature Compensated for Operation over Full Rated Operating Temperature Range
- Low Output Noise Voltage
- Pb-Free Packages are Available



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>



TO-92 (TO-226)
LP SUFFIX
CASE 29

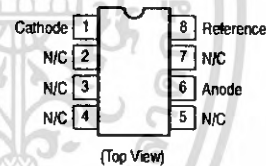
Pin 1. Reference
2. Anode
3. Cathode



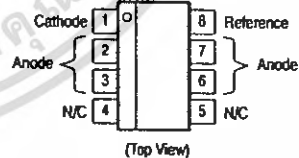
PDIP-8
P SUFFIX
CASE 626



Micro8™
DM SUFFIX
CASE 846A



SOIC-8
D SUFFIX
CASE 751



This is an internally modified SOIC-8 package. Pins 2, 3, 6 and 7 are electrically common to the die attach flag. This internal lead frame modification increases power dissipation capability when appropriately mounted on a printed circuit board. This modified package conforms to all external dimensions of the standard SOIC-8 package.

ORDERING INFORMATION

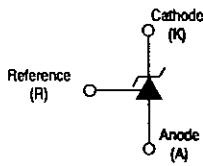
See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 13 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

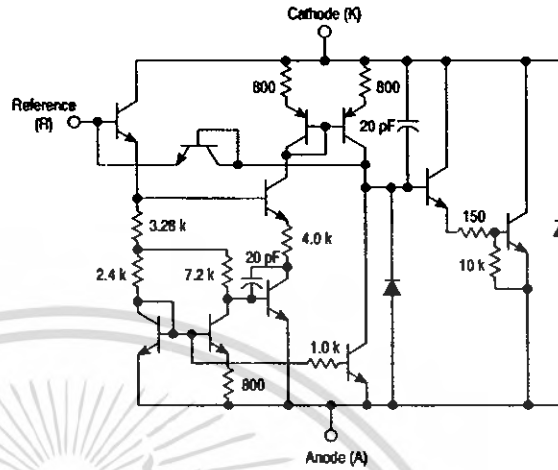
See general marking information in the device marking section on page 16 of this data sheet.

TL431, A, B Series, NCV431A, B

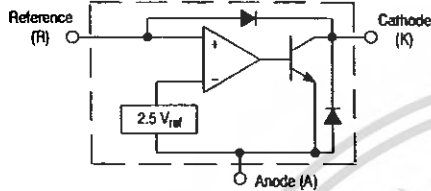
Symbol



Representative Schematic Diagram
Component values are nominal



Representative Block Diagram



This device contains 12 active transistors.

MAXIMUM RATINGS (Full operating ambient temperature range applies, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Cathode to Anode Voltage	V_{KA}	37	V
Cathode Current Range, Continuous	I_K	-100 to +150	mA
Reference Input Current Range, Continuous	I_{ref}	-0.05 to +10	mA
Operating Junction Temperature	T_J	150	°C
Operating Ambient Temperature Range TL431I, TL431AI, TL431BI TL431C, TL431AC, TL431BC NCV431AI, NCV431B, TL431BV	T_A	-40 to +85 0 to +70 -40 to +125	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	°C
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C Ambient Temperature D, LP Suffix Plastic Package P Suffix Plastic Package DM Suffix Plastic Package	P_D	0.70 1.10 0.52	W
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C Case Temperature D, LP Suffix Plastic Package P Suffix Plastic Package	P_D	1.5 3.0	W
ESD Rating	HBM MM	>2000 >200	V

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Condition	Symbol	Min	Max	Unit
Cathode to Anode Voltage	V_{KA}	V_{ref}	36	V
Cathode Current	I_K	1.0	100	mA

THERMAL CHARACTERISTICS

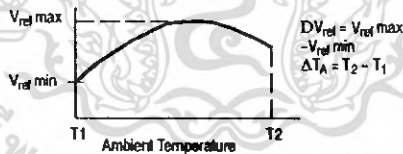
Characteristic	Symbol	D, LP Suffix Package	P Suffix Package	DM Suffix Package	Unit
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	178	114	240	°C/W
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	83	41	-	°C/W

TL431, A, B Series, NCV431A, B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	TL431I			TL431C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Reference Input Voltage (Figure 1) V _{KA} = V _{ref} , I _K = 10 mA T _A = 25°C T _A = T _{low} to T _{high} (Note 1)	V _{ref}	2.44 2.41	2.495 -	2.55 2.58	2.44 2.423	2.495 -	2.55 2.567	V
Reference Input Voltage Deviation Over Temperature Range (Figure 1, Notes 1, 2) V _{KA} = V _{ref} , I _K = 10 mA	ΔV _{ref}	-	7.0	30	-	3.0	17	mV
Ratio of Change in Reference Input Voltage to Change in Cathode to Anode Voltage I _K = 10 mA (Figure 2), ΔV _{KA} = 10 V to V _{ref} ΔV _{KA} = 36 V to 10 V	$\frac{\Delta V_{ref}}{\Delta V_{KA}}$	-	-1.4 -1.0	-2.7 -2.0	-	-1.4 -1.0	-2.7 -2.0	mV/V
Reference Input Current (Figure 2) I _K = 10 mA, R1 = 10 k, R2 = ∞ T _A = 25°C T _A = T _{low} to T _{high} (Note 1)	I _{ref}	-	1.8 -	4.0 6.5	-	1.8 -	4.0 5.2	μA
Reference Input Current Deviation Over Temperature Range (Figure 2, Note 1, 4) I _K = 10 mA, R1 = 10 k, R2 = ∞	ΔI _{ref}	-	0.8	2.5	-	0.4	1.2	μA
Minimum Cathode Current For Regulation V _{KA} = V _{ref} (Figure 1)	I _{min}	-	0.5	1.0	-	0.5	1.0	mA
Off-State Cathode Current (Figure 3) V _{KA} = 36 V, V _{ref} = 0 V	I _{off}	-	20	1000	-	20	1000	nA
Dynamic Impedance (Figure 1, Note 3) V _{KA} = V _{ref} , ΔI _K = 1.0 mA to 100 mA f ≤ 1.0 kHz	Z _{KA}	-	0.22	0.5	-	0.22	0.5	Ω

- T_{low} = -40°C for TL431AIP, TL431AILP, TL431IP, TL431ILP, TL431BID, TL431BIP, TL431BILP, TL431AIDM, TL431IDM, TL431BIDM, TL431ACDM, TL431BCDM
= 0°C for TL431ACP, TL431ACLP, TL431CP, TL431CLP, TL431CD, TL431ACD, TL431BCD, TL431BCP, TL431BCLP, TL431CDM, TL431ACDM, TL431BCDM
T_{high} = +85°C for TL431AIP, TL431AILP, TL431IP, TL431ILP, TL431BID, TL431BIP, TL431BILP, TL431IDM, TL431AIDM, TL431BIDM, TL431ACDM, TL431BCDM
= +70°C for TL431ACP, TL431ACLP, TL431CP, TL431ACD, TL431BCD, TL431BCP, TL431BCLP, TL431CDM, TL431ACDM, TL431BCDM
- The deviation parameter ΔV_{ref} is defined as the difference between the maximum and minimum values obtained over the full operating ambient temperature range that applies.



The average temperature coefficient of the reference input voltage, αV_{ref} is defined as:

$$V_{ref} \text{ ppm/}^{\circ}\text{C} = \frac{\left(\frac{\Delta V_{ref}}{V_{ref} @ 25^{\circ}\text{C}} \right) \times 10^6}{\Delta T_A} = \frac{\Delta V_{ref} \times 10^6}{\Delta T_A (V_{ref} @ 25^{\circ}\text{C})}$$

αV_{ref} can be positive or negative depending on whether V_{ref} Min or V_{ref} Max occurs at the lower ambient temperature. (Refer to Figure 6.)

Example : ΔV_{ref} = 8.0 mV and slope is positive,

$$V_{ref} @ 25^{\circ}\text{C} = 2.495 \text{ V}, \Delta T_A = 70^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha V_{ref} = \frac{0.008 \times 10^6}{70 (2.495)} = 45.8 \text{ ppm/}^{\circ}\text{C}$$

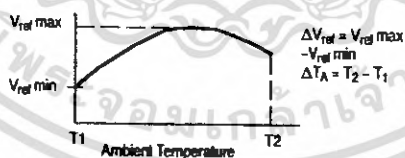
- The dynamic impedance Z_{KA} is defined as: |Z_{KA}| = $\frac{\Delta V_{KA}}{\Delta I_K}$. When the device is programmed with two external resistors, R1 and R2, (refer to Figure 2) the total dynamic impedance of the circuit is defined as: |Z_{KA}| = |Z_{KA}| $\left(1 + \frac{R1}{R2} \right)$

TL431, A, B Series, NCV431A, B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	TL431AI / NCV431AI			TL431AC			TL431BI / TL431BV NCV431BV			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Reference Input Voltage (Figure 1) V _{KA} = V _{ref} , I _K = 10 mA T _A = 25°C T _A = T _{low} to T _{high}	V _{ref}	2.47 2.44	2.495 -	2.52 2.55	2.47 2.453	2.495 -	2.52 2.537	2.483 2.475	2.495 2.495	2.507 2.515	V
Reference Input Voltage Deviation Over Temperature Range (Figure 1, Notes 4, 5) V _{KA} = V _{ref} , I _K = 10 mA	ΔV _{ref}	-	7.0	30	-	3.0	17	-	3.0	17	mV
Ratio of Change in Reference Input Voltage to Change in Cathode to Anode Voltage I _K = 10 mA (Figure 2), ΔV _{KA} = 10 V to V _{ref} ΔV _{KA} = 36 V to 10 V	$\frac{\Delta V_{ref}}{\Delta V_{KA}}$	-	-1.4 -1.0	-2.7 -2.0	-	-1.4 -1.0	-2.7 -2.0	-	-1.4 -1.0	-2.7 -2.0	mV/V
Reference Input Current (Figure 2) I _K = 10 mA, R1 = 10 k, R2 = ∞ T _A = 25°C T _A = T _{low} to T _{high} (Note 4)	I _{ref}	-	1.8 -	4.0 6.5	-	1.8 -	4.0 5.2	-	1.1 -	2.0 4.0	μA
Reference Input Current Deviation Over Temperature Range (Figure 2, Note 4) I _K = 10 mA, R1 = 10 k, R2 = ∞	ΔI _{ref}	-	0.8	2.5	-	0.4	1.2	-	0.8	2.5	μA
Minimum Cathode Current For Regulation V _{KA} = V _{ref} (Figure 1)	I _{min}	-	0.5	1.0	-	0.5	1.0	-	0.5	1.0	mA
Off-State Cathode Current (Figure 3) V _{KA} = 36 V, V _{ref} = 0 V	I _{off}	-	20	1000	-	20	1000	-	0.23	500	nA
Dynamic Impedance (Figure 1, Note 6) V _{KA} = V _{ref} , ΔI _K = 1.0 mA to 100 mA f ≤ 1.0 kHz	Z _{KA}	-	0.22	0.5	-	0.22	0.5	-	0.14	0.3	Ω

4. T_{low} = -40°C for TL431AIP, TL431AILP, TL431IP, TL431ILP, TL431BID, TL431BIP, TL431BILP, TL431BV, TL431AIDM, TL431IDM, TL431BIDM, NCV431AIDMR2, NCV431AIDR2
= 0°C for TL431ACP, TL431ACLP, TL431CP, TL431CLP, TL431CD, TL431ACD, TL431BCD, TL431BCP, TL431BCLP, TL431CDM, TL431ACDM, TL431BCDM
T_{high} = +85°C for TL431AIP, TL431AILP, TL431IP, TL431ILP, TL431BID, TL431BIP, TL431BILP, TL431IDM, TL431AIDM, TL431BIDM
= +70°C for TL431ACP, TL431ACLP, TL431CP, TL431ACD, TL431BCD, TL431BCP, TL431BCLP, TL431CDM, TL431ACDM, TL431BCDM
= +125°C TL431BV, NCV431AIDMR2, NCV431AIDR2, NCV431BVDNR2G
5. The deviation parameter ΔV_{ref} is defined as the difference between the maximum and minimum values obtained over the full operating ambient temperature range that applies.



The average temperature coefficient of the reference input voltage, αV_{ref} is defined as:

$$\alpha V_{ref} \frac{\text{ppm}}{^{\circ}\text{C}} = \frac{\left(\frac{\Delta V_{ref}}{V_{ref} @ 25^{\circ}\text{C}} \right) \times 10^6}{\Delta T_A} = \frac{\Delta V_{ref} \times 10^6}{\Delta T_A (V_{ref} @ 25^{\circ}\text{C})}$$

αV_{ref} can be positive or negative depending on whether V_{ref} Min or V_{ref} Max occurs at the lower ambient temperature. (Refer to Figure 6.)

Example: ΔV_{ref} = 8.0 mV and slope is positive.

$$V_{ref} @ 25^{\circ}\text{C} = 2.495 \text{ V}, \Delta T_A = 70^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha V_{ref} = \frac{0.008 \times 10^6}{70 (2.495)} = 45.8 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$$

6. The dynamic impedance Z_{KA} is defined as $|Z_{KA}| = \frac{\Delta V_{KA}}{\Delta I_K}$ When the device is programmed with two external resistors, R1 and R2, (refer to Figure 2) the total dynamic impedance of the circuit is defined as: $|Z_{KA}| = |Z_{KA}| \left(1 + \frac{R1}{R2} \right)$
7. NCV431AIDMR2, NCV431AIDR2, NCV431BVDNR2G T_{low} = -40°C, T_{high} = +125°C. Guaranteed by design. NCV prefix is for automotive and other applications requiring site and change control.

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM117/LM317A/LM317 3-Terminal Adjustable Regulator

General Description

The LM117 series of adjustable 3-terminal positive voltage regulators is capable of supplying in excess of 1.5A over a 1.2V to 37V output range. They are exceptionally easy to use and require only two external resistors to set the output voltage. Further, both line and load regulation are better than standard fixed regulators. Also, the LM117 is packaged in standard transistor packages which are easily mounted and handled.

In addition to higher performance than fixed regulators, the LM117 series offers full overload protection available only in IC's. Included on the chip are current limit, thermal overload protection and safe area protection. All overload protection circuitry remains fully functional even if the adjustment terminal is disconnected.

Normally, no capacitors are needed unless the device is situated more than 6 inches from the input filter capacitors in which case an input bypass is needed. An optional output capacitor can be added to improve transient response. The adjustment terminal can be bypassed to achieve very high ripple rejection ratios which are difficult to achieve with standard 3-terminal regulators.

Besides replacing fixed regulators, the LM117 is useful in a wide variety of other applications. Since the regulator is "floating" and sees only the input-to-output differential volt-

age, supplies of several hundred volts can be regulated as long as the maximum input to output differential is not exceeded, i.e., avoid short-circuiting the output.

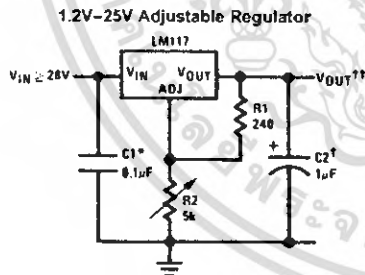
Also, it makes an especially simple adjustable switching regulator, a programmable output regulator, or by connecting a fixed resistor between the adjustment pin and output, the LM117 can be used as a precision current regulator. Supplies with electronic shutdown can be achieved by clamping the adjustment terminal to ground which programs the output to 1.2V where most loads draw little current.

For applications requiring greater output current, see LM150 series (3A) and LM138 series (5A) data sheets. For the negative complement, see LM137 series data sheet.

Features

- Guaranteed 1% output voltage tolerance (LM317A)
- Guaranteed max. 0.01%/V line regulation (LM317A)
- Guaranteed max. 0.3% load regulation (LM117)
- Guaranteed 1.5A output current
- Adjustable output down to 1.2V
- Current limit constant with temperature
- P* Product Enhancement tested
- 80 dB ripple rejection
- Output is short-circuit protected

Typical Applications



Full output current not available at high input-output voltages.

*Needed if device is more than 6 inches from filter capacitors.

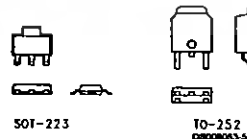
†Optional—improves transient response. Output capacitors in the range of 1 μ F to 1000 μ F of aluminum or tantalum electrolytic are commonly used to provide improved output impedance and rejection of transients.

$$V_{OUT} = 1.25V \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ}(R_2)$$

LM117 Series Packages

Part Number Suffix	Package	Design Load Current
K	TO-3	1.5A
H	TO-39	0.5A
T	TO-220	1.5A
E	LCC	0.5A
S	TO-263	1.5A
EMP	SOT-223	1A
MDT	TO-252	0.5A

SOT-223 vs D-Pak (TO-252) Packages



Scale 1:1

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

Power Dissipation	Internally Limited
Input-Output Voltage Differential	+40V, -0.3V
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Lead Temperature	
Metal Package (Soldering, 10 seconds)	300°C
Plastic Package (Soldering, 4 seconds)	260°C
ESD Tolerance (Note 5)	3 kV

Operating Temperature Range

LM117	-55°C ≤ T _J ≤ +150°C
LM317A	-40°C ≤ T _J ≤ +125°C
LM317	0°C ≤ T _J ≤ +125°C

Preconditioning

Thermal Limit Burn-In All Devices 100%

Electrical Characteristics (Note 3)

Specifications with standard type face are for T_J = 25°C, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, V_{IN} - V_{OUT} = 5V, and I_{OUT} = 10 mA.

Parameter	Conditions	LM117 (Note 2)			Units
		Min	Typ	Max	
Reference Voltage					V
	3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 40V, 10 mA ≤ I _{OUT} ≤ I _{MAX} , P ≤ P _{MAX}	1.20	1.25	1.30	V
Line Regulation	3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 40V (Note 4)		0.01	0.02	%/V
			0.02	0.05	%/V
Load Regulation	10 mA ≤ I _{OUT} ≤ I _{MAX} (Note 4)		0.1	0.3	%
			0.3	1	%
Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.03	0.07	%/W
Adjustment Pin Current			50	100	μA
Adjustment Pin Current Change	10 mA ≤ I _{OUT} ≤ I _{MAX} 3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 40V		0.2	5	μA
Temperature Stability	T _{MIN} ≤ T _J ≤ T _{MAX}		1		%
Minimum Load Current	(V _{IN} - V _{OUT}) = 40V		3.5	5	mA
Current Limit	(V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 15V				
	K Package	1.5	2.2	3.4	A
	H Packages	0.5	0.8	1.8	A
	(V _{IN} - V _{OUT}) = 40V				
	K Package	0.3	0.4		A
	H Package	0.15	0.2		A
RMS Output Noise, % of V _{OUT}	10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz		0.003		%
Ripple Rejection Ratio	V _{OUT} = 10V, f = 120 Hz, C _{ADJ} = 0 μF		65		dB
	V _{OUT} = 10V, f = 120 Hz, C _{ADJ} = 10 μF	66	80		dB
Long-Term Stability	T _J = 125°C, 1000 hrs		0.3	1	%
Thermal Resistance, Junction-to-Case	K Package		2.3	3	°C/W
	H Package		12	15	°C/W
	E Package				°C/W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient (No Heat Sink)	K Package		35		°C/W
	H Package		140		°C/W
	E Package				°C/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Note 3)

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} - V_{OUT} = 5\text{V}$, and $I_{OUT} = 10\text{ mA}$.

Parameter	Conditions	LM317A			LM317			Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Reference Voltage		1.238	1.250	1.262				V	
	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40\text{V}$, $10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}$, $P \leq P_{MAX}$	1.225	1.250	1.270	1.20	1.25	1.30	V	
Line Regulation	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40\text{V}$ (Note 4)		0.005	0.01		0.01	0.04	%/V	
			0.01	0.02		0.02	0.07	%/V	
Load Regulation	$10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}$ (Note 4)		0.1	0.5		0.1	0.5	%	
			0.3	1		0.3	1.5	%	
Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.04	0.07		0.04	0.07	%/W	
Adjustment Pin Current			50	100		50	100	μA	
Adjustment Pin Current Change	$10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}$ $3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40\text{V}$		0.2	5		0.2	5	μA	
Temperature Stability	$T_{MIN} \leq T_J \leq T_{MAX}$		1			1		%	
Minimum Load Current	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 40\text{V}$		3.5	10		3.5	10	mA	
Current Limit	$(V_{IN} - V_{OUT}) \leq 15\text{V}$ K, T, S Packages		1.5	2.2	3.4	1.5	2.2	3.4	A
		H Package	0.5	0.8	1.8	0.5	0.8	1.8	A
		MP Package	1.5	2.2	3.4	1.5	2.2	3.4	A
	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 40\text{V}$ K, T, S Packages		0.15	0.4		0.15	0.4		A
		H Package	0.075	0.2		0.075	0.2		A
		MP Package	0.55	0.4		0.15	0.4		A
RMS Output Noise, % of V_{OUT}	10 Hz $\leq f \leq$ 10 kHz		0.003			0.003		%	
Ripple Rejection Ratio	$V_{OUT} = 10\text{V}$, $f = 120\text{ Hz}$, $C_{ADJ} = 0\text{ }\mu\text{F}$		65			65		dB	
	$V_{OUT} = 10\text{V}$, $f = 120\text{ Hz}$, $C_{ADJ} = 10\text{ }\mu\text{F}$		66	80		66	80	dB	
Long-Term Stability	$T_J = 125^\circ\text{C}$, 1000 hrs		0.3	1		0.3	1	%	
Thermal Resistance, Junction-to-Case	K Package					2.3	3	$^\circ\text{C/W}$	
	MDT Package					5		$^\circ\text{C/W}$	
	H Package		12	15		12	15	$^\circ\text{C/W}$	
	T Package		4	5		4		$^\circ\text{C/W}$	
	MP Package		23.5			23.5		$^\circ\text{C/W}$	
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient (No Heat Sink)	K Package		35			35		$^\circ\text{C/W}$	
	MDT Package (Note 6)					92		$^\circ\text{C/W}$	
	H Package		140			140		$^\circ\text{C/W}$	
	T Package		50			50		$^\circ\text{C/W}$	
	S Package (Note 6)		50			50		$^\circ\text{C/W}$	

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics. The guaranteed specifications apply only for the test conditions listed.

Note 2: Refer to RETS117H drawing for the LM117H, or the RETS117K for the LM117K military specifications.

Note 3: Although power dissipation is internally limited, these specifications are applicable for maximum power dissipations of 2W for the TO-39 and SOT-223 and 20W for the TO-3, TO-220, and TO-263. I_{MAX} is 1.5A for the TO-3, TO-220, and TO-263 packages, 0.5A for the TO-39 package and 1A for the SOT-223 Package. All limits (i.e., the numbers in the Min. and Max. columns) are guaranteed to National's AOQL (Average Outgoing Quality Level).

Note 4: Regulation is measured at a constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output voltage due to heating effects are covered under the specifications for thermal regulation.

Note 5: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

Note 6: If the TO-263 or TO-252 packages are used, the thermal resistance can be reduced by increasing the PC board copper area thermally connected to the package. If the SOT-223 package is used, the thermal resistance can be reduced by increasing the PC board copper area (see applications hints for heatsinking).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC33340, MC33342

Battery Fast Charge Controllers

The MC33340 and MC33342 are monolithic control IC's that are specifically designed as fast charge controllers for Nickel Cadmium (NiCd) and Nickel Metal Hydride (NiMH) batteries. These devices feature negative slope voltage detection as the primary means for fast charge termination. Accurate detection is ensured by an output that momentarily interrupts the charge current for precise voltage sampling. An additional secondary backup termination method can be selected that consists of either a programmable time or temperature limit. Protective features include battery over and undervoltage detection, latched over temperature detection, and power supply input undervoltage lockout with hysteresis. Fast charge holdoff time is the only difference between the MC33340 and the MC33342. The MC33340 has a typical holdoff time of 177 seconds and the MC33342 has a typical holdoff time of 708 seconds.

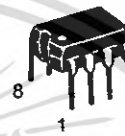
- Negative Slope Voltage Detection with 4.0 mV Sensitivity
- Accurate Zero Current Battery Voltage Sensing
- High Noise Immunity with Synchronous VFC/Logic
- Programmable 1 to 4 Hour Fast Charge Time Limit
- Programmable Over/Undertemperature Detection
- Battery Over and Undervoltage Fast Charge Protection
- Power Supply Input Undervoltage Lockout with Hysteresis
- Operating Voltage Range of 3.25 V to 18 V
- 177 seconds Fast Change Holdoff Time (MC33340)
- 708 seconds Fast Change Holdoff Time (MC33342)
- Pb-Free Packages are Available



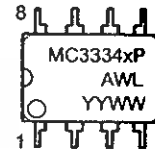
ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

MARKING DIAGRAMS



PDIP-8
P SUFFIX
CASE 626

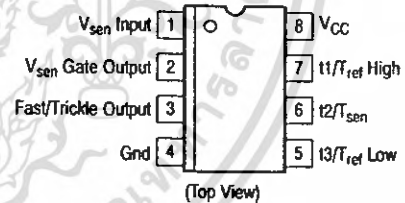


SOIC-8
NB SUFFIX
CASE 751



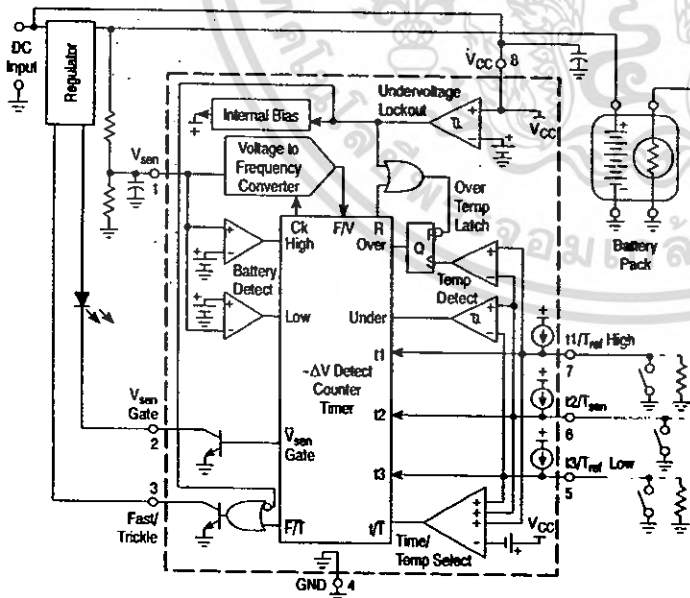
- X = 0 or 2
- A = Assembly Location
- L = Wafer Lot
- Y = Year
- W = Work Week
- = Pb-Free Package

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 13 of this data sheet.



This device contains 2,512 active transistors.

Figure 1. Simplified Block Diagram

MC33340, MC33342

MAXIMUM RATINGS (Note 1)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage (Pin 8)	V_{CC}	18	V
Input Voltage Range			V
Time/Temperature Select (Pins 5, 6, 7)	$V_{IR(NT)}$	-1.0 to V_{CC}	
Battery Sense, (Note 2) (Pin 1)	$V_{IR(sen)}$	-1.0 to $V_{CC} + 0.6$ or -1.0 to 10	
V_{sen} Gate Output (Pin 2)			V
Voltage	$V_{O(gate)}$	20	
Current	$I_{O(gate)}$	50	mA
Fast/Trickle Output (Pin 3)			V
Voltage	$V_{O(F/T)}$	20	
Current	$I_{O(F/T)}$	50	mA
Thermal Resistance, Junction-to-Air	$R_{\theta JA}$		$^{\circ}C/W$
P Suffix, DIP Plastic Package, Case 626		100	
D Suffix, SO-8 Plastic Package, Case 751		178	
Operating Junction Temperature	T_J	+150	$^{\circ}C$
Operating Ambient Temperature (Note 3)	T_A	-25 to +85	$^{\circ}C$
Storage Temperature	T_{stg}	-55 to +150	$^{\circ}C$

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

1. This device series contains ESD protection and exceeds the following tests:

Human Body Model 2000 V per MIL-STD-883, Method 3015

Machine Model Method 400 V

MC33340, MC33342

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 6.0$ V, for typical values $T_A = 25^\circ\text{C}$, for min/max values T_A is the operating ambient temperature range that applies (Note 3), unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
BATTERY SENSE INPUT (Pin 1)					
Input Sensitivity for $-\Delta V$ Detection	$-\Delta V_{th}$	-	-4.0	-	mV
Overvoltage Threshold	$V_{th(OV)}$	1.9	2.0	2.1	V
Undervoltage Threshold	$V_{th(UV)}$	0.95	1.0	1.05	mV
Input Bias Current	I_{IB}	-	10	-	nA
Input Resistance	R_{in}	-	6.0	-	M Ω
TIME/TEMPERATURE INPUTS (Pins 5, 6, 7)					
Programing Inputs ($V_{in} = 1.5$ V)					
Input Current	I_{in}	-24	-30	-36	μA
Input Current Matching	ΔI_{in}	-	1.0	2.0	%
Input Offset Voltage, Over and Under Temperature Comparators	V_{IO}	-	5.0	-	mV
Under Temperature Comparator Hysteresis (Pin 5)	$V_{H(T)}$	-	44	-	mV
Temperature Select Threshold	$V_{th(T)}$	-	$V_{CC} - 0.7$	-	V
INTERNAL TIMING					
Internal Clock Oscillator Frequency	f_{osc}	-	760	-	kHz
V_{sen} Gate Output (Pin 2)					
Gate Time	t_{gate}	-	33	-	ms
Gate Repetition Rate		-	1.38	-	s
Fast Charge Holdoff from $-\Delta V$ Detection					
MC33340	t_{hold}	-	177	-	s
MC33342		-	708	-	
V_{sen} GATE OUTPUT (Pin 2)					
Off-State Leakage Current ($V_O = 20$ V)	I_{off}	-	10	-	nA
Low State Saturation Voltage ($I_{sink} = 10$ mA)	V_{OL}	-	1.2	-	V
FAST/TRICKLE OUTPUT (Pin 3)					
Off-State Leakage Current ($V_O = 20$ V)	I_{off}	-	10	-	nA
Low State Saturation Voltage ($I_{sink} = 10$ mA)	V_{OL}	-	1.0	-	V
UNDervoltage LOCKOUT (Pin 8)					
Startup Threshold (V_{CC} Increasing, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	$V_{th(on)}$	-	3.0	3.25	V
Turn-Off Threshold (V_{CC} Decreasing, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	$V_{th(off)}$	2.75	2.85	-	V
TOTAL DEVICE (Pin 8)					
Power Supply Current (Pins 5, 6, 7 Open)	I_{CC}				
Startup ($V_{CC} = 2.9$ V)		-	0.65	2.0	mA
Operating ($V_{CC} = 6.0$ V)		-	0.61	2.0	

2. Whichever voltage is lower.

3. Tested junction temperature range for the MC33340/342: $T_{low} = -25^\circ\text{C}$ $T_{high} = +85^\circ\text{C}$

MC33340, MC33342

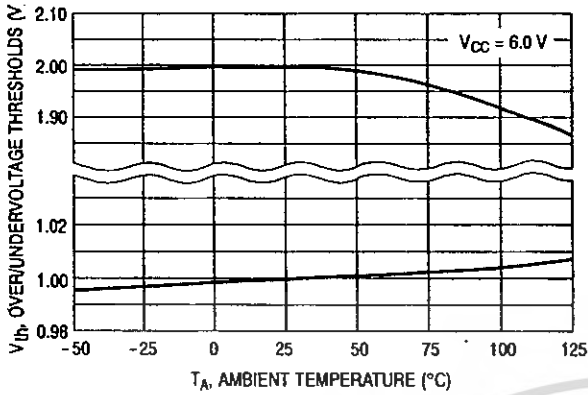


Figure 2. Battery Sense Input Thresholds versus Temperature

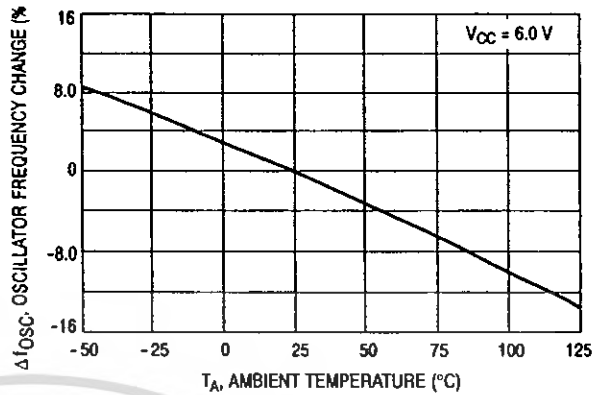


Figure 3. Oscillator Frequency versus Temperature

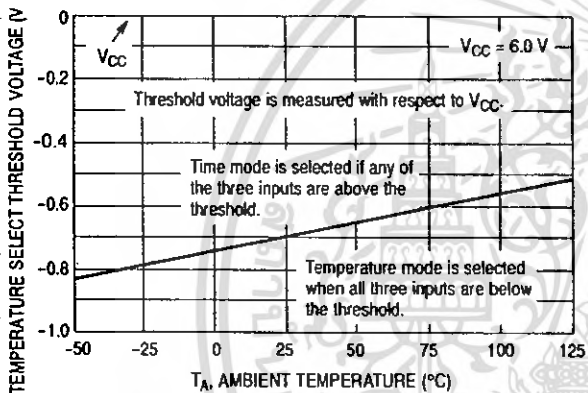


Figure 4. Temperature Select Threshold Voltage versus Temperature

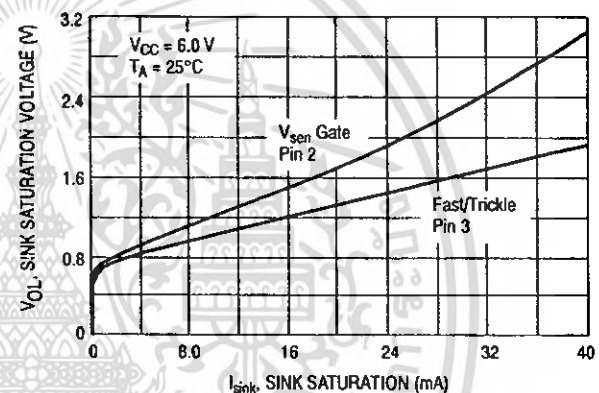


Figure 5. Saturation Voltage versus Sink Current V_{sen} Gate and Fast/Trickle Outputs

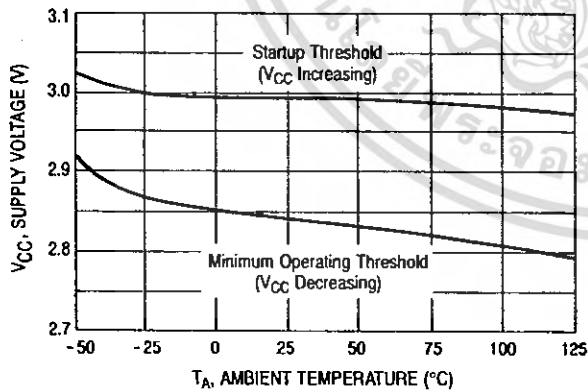


Figure 6. Undervoltage Lockout Thresholds versus Temperature

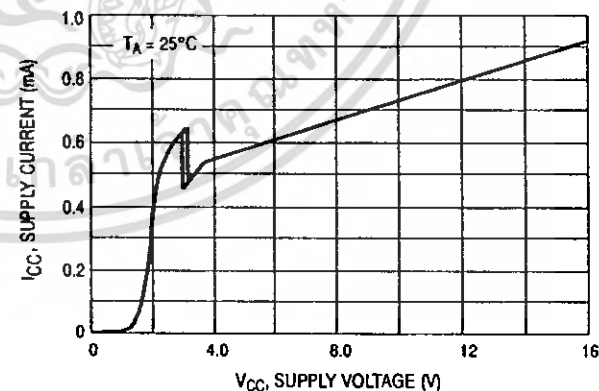


Figure 7. Supply Current versus Supply Voltage

MC34063A, MC33063A, NCV33063A



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

1.5 A, Step-Up/Down/ Inverting Switching Regulators

The MC34063A Series is a monolithic control circuit containing the primary functions required for DC-to-DC converters. These devices consist of an internal temperature compensated reference, comparator, controlled duty cycle oscillator with an active current limit circuit, driver and high current output switch. This series was specifically designed to be incorporated in Step-Down and Step-Up and Voltage-Inverting applications with a minimum number of external components. Refer to Application Notes AN920A/D and AN954/D for additional design information.

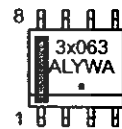
Features

- Operation from 3.0 V to 40 V Input
- Low Standby Current
- Current Limiting
- Output Switch Current to 1.5 A
- Output Voltage Adjustable
- Frequency Operation to 100 kHz
- Precision 2% Reference
- Pb-Free Packages are Available

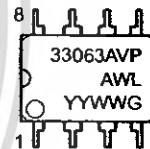
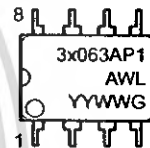
MARKING DIAGRAMS



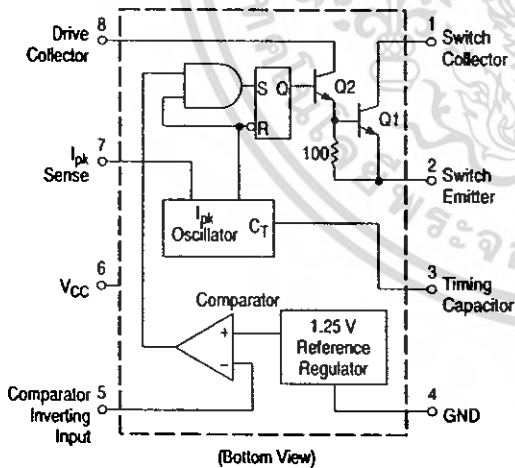
SOIC-8
D SUFFIX
CASE 751



PDIP-8
P, P1 SUFFIX
CASE 626



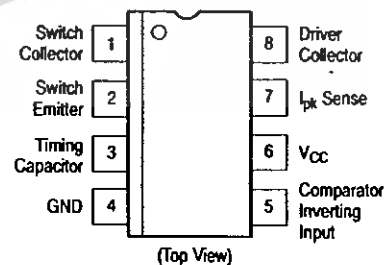
x = 3 or 4
A = Assembly Location
L, WL = Wafer Lot
Y, YY = Year
W, WW = Work Week
G or • = Pb-Free Package



This device contains 51 active transistors.

Figure 1. Representative Schematic Diagram

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 11 of this data sheet.

MC34063A, MC33063A, NCV33063A

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	V _{CC}	40	Vdc
Comparator Input Voltage Range	V _{IR}	-0.3 to +40	Vdc
Switch Collector Voltage	V _{C(switch)}	40	Vdc
Switch Emitter Voltage (V _{Pin 1} = 40 V)	V _{E(switch)}	40	Vdc
Switch Collector to Emitter Voltage	V _{CE(switch)}	40	Vdc
Driver Collector Voltage	V _{C(driver)}	40	Vdc
Driver Collector Current (Note 1)	I _{C(driver)}	100	mA
Switch Current	I _{SW}	1.5	A
Power Dissipation and Thermal Characteristics			
Plastic Package, P, P1 Suffix			
T _A = 25°C	P _D	1.25	W
Thermal Resistance	R _{θJA}	100	°C/W
SOIC Package, D Suffix			
T _A = 25°C	P _D	625	mW
Thermal Resistance	R _{θJA}	160	°C/W
Operating Junction Temperature	T _J	+150	°C
Operating Ambient Temperature Range	T _A		°C
MC34063A		0 to +70	
MC33063AV, NCV33063A		-40 to +125	
MC33063A		-40 to +85	
Storage Temperature Range	T _{stg}	-65 to +150	°C

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

1. Maximum package power dissipation limits must be observed.
2. This device series contains ESD protection and exceeds the following tests: Human Body Model 4000 V per MIL-STD-883, Method 3015. Machine Model Method 400 V.
3. NCV prefix is for automotive and other applications requiring site and change control.

MC34063A, MC33063A, NCV33063A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high} [Note 4], unless otherwise specified.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OSCILLATOR					
Frequency ($V_{\text{Pin 5}} = 0\text{ V}$, $C_T = 1.0\text{ nF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	f_{osc}	24	33	42	kHz
Charge Current ($V_{CC} = 5.0\text{ V to }40\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	I_{chg}	24	35	42	μA
Discharge Current ($V_{CC} = 5.0\text{ V to }40\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	I_{dischg}	140	220	260	μA
Discharge to Charge Current Ratio (Pin 7 to V_{CC} , $T_A = 25^\circ\text{C}$)	$I_{\text{dischg}}/I_{\text{chg}}$	5.2	6.5	7.5	-
Current Limit Sense Voltage ($I_{\text{chg}} = I_{\text{dischg}}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	$V_{\text{ipk(sense)}}$	250	300	350	mV
OUTPUT SWITCH (Note 5)					
Saturation Voltage, Darlington Connection ($I_{\text{SW}} = 1.0\text{ A}$, Pins 1, 8 connected)	$V_{\text{CE(sat)}}$	-	1.0	1.3	V
Saturation Voltage (Note 6) ($I_{\text{SW}} = 1.0\text{ A}$, $R_{\text{Pin 8}} = 82\ \Omega$ to V_{CC} , Forced $\beta = 20$)	$V_{\text{CE(sat)}}$	-	0.45	0.7	V
DC Current Gain ($I_{\text{SW}} = 1.0\text{ A}$, $V_{\text{CE}} = 5.0\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	h_{FE}	50	75	-	-
Collector Off-State Current ($V_{\text{CE}} = 40\text{ V}$)	$I_{\text{C(off)}}$	-	0.01	100	μA
COMPARATOR					
Threshold Voltage $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high}	V_{th}	1.225 1.21	1.25 -	1.275 1.29	V
Threshold Voltage Line Regulation ($V_{CC} = 3.0\text{ V to }40\text{ V}$) MC33063A, MC34063A MC33063AV, NCV33063A	Reg_{line}	-	1.4 1.4	5.0 6.0	mV
Input Bias Current ($V_{\text{in}} = 0\text{ V}$)	I_{B}	-	-20	-400	nA
TOTAL DEVICE					
Supply Current ($V_{CC} = 5.0\text{ V to }40\text{ V}$, $C_T = 1.0\text{ nF}$, Pin 7 = V_{CC} , $V_{\text{Pin 5}} > V_{\text{th}}$, Pin 2 = GND, remaining pins open)	I_{CC}	-	-	4.0	mA

4. $T_{\text{low}} = 0^\circ\text{C}$ for MC34063A, -40°C for MC33063A, AV, NCV33063A
 $T_{\text{high}} = +70^\circ\text{C}$ for MC34063A, $+85^\circ\text{C}$ for MC33063A, $+125^\circ\text{C}$ for MC33063AV, NCV33063A
5. Low duty cycle pulse techniques are used during test to maintain junction temperature as close to ambient temperature as possible.
6. If the output switch is driven into hard saturation (non-Darlington configuration) at low switch currents ($\leq 300\text{ mA}$) and high driver currents ($\geq 30\text{ mA}$), it may take up to $2.0\ \mu\text{s}$ for it to come out of saturation. This condition will shorten the off time at frequencies $\geq 30\text{ kHz}$, and is magnified at high temperatures. This condition does not occur with a Darlington configuration, since the output switch cannot saturate. If a non-Darlington configuration is used, the following output drive condition is recommended:

$$\text{Forced } \beta \text{ of output switch: } \frac{I_{\text{C output}}}{I_{\text{C driver}} - 7.0\text{ mA}} \geq 10$$

* The $100\ \Omega$ resistor in the emitter of the driver device requires about 7.0 mA before the output switch conducts.

<http://onsemi.com>

3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC34063A, MC33063A, NCV33063A

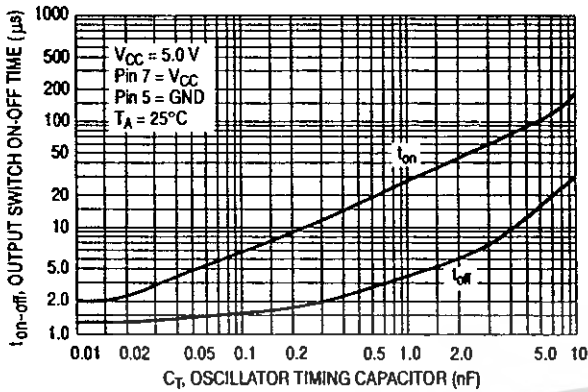


Figure 2. Output Switch On-Off Time versus Oscillator Timing Capacitor

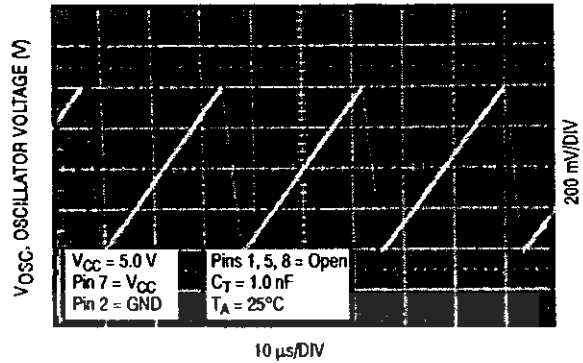


Figure 3. Timing Capacitor Waveform

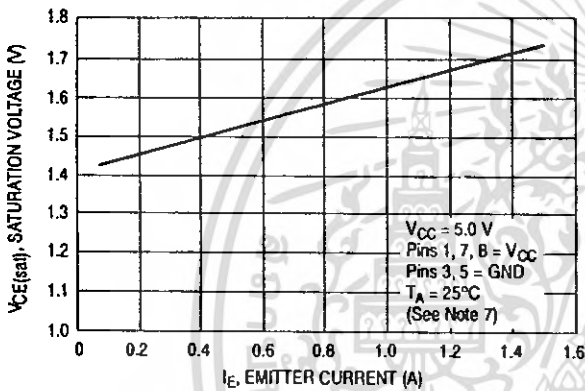


Figure 4. Emitter Follower Configuration Output Saturation Voltage versus Emitter Current

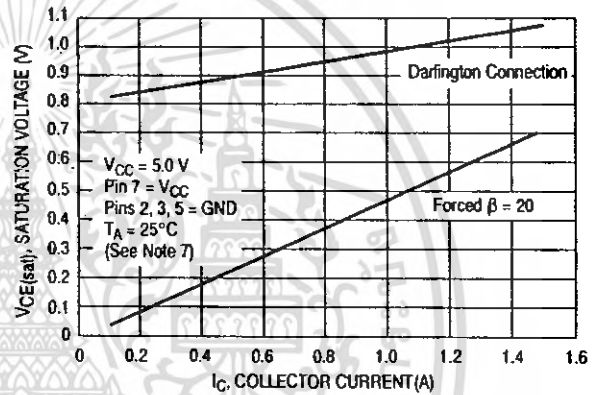


Figure 5. Common Emitter Configuration Output Switch Saturation Voltage versus Collector Current

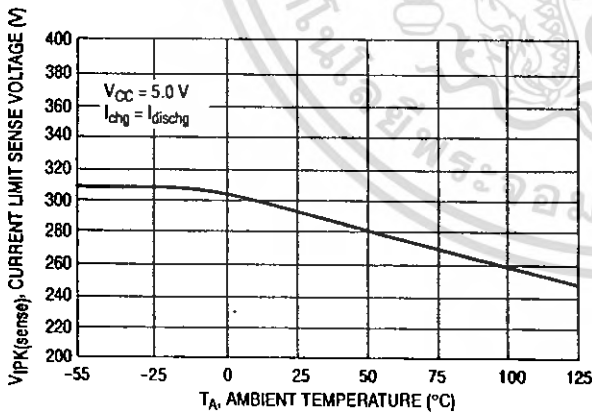


Figure 6. Current Limit Sense Voltage versus Temperature

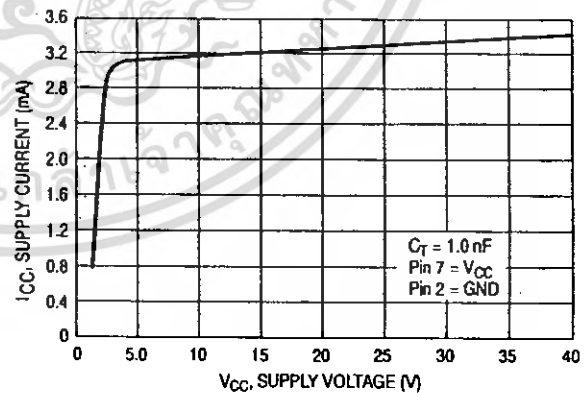


Figure 7. Standby Supply Current versus Supply Voltage

7. Low duty cycle pulse techniques are used during test to maintain junction temperature as close to ambient temperature as possible.

1N5817, 1N5818, 1N5819

1N5817 and 1N5819 are Preferred Devices

Axial Lead Rectifiers

This series employs the Schottky Barrier principle in a large area metal-to-silicon power diode. State-of-the-art geometry features chrome barrier metal, epitaxial construction with oxide passivation and metal overlap contact. Ideally suited for use as rectifiers in low-voltage, high-frequency inverters, free wheeling diodes, and polarity protection diodes.

Features

- Extremely Low V_F
- Low Stored Charge, Majority Carrier Conduction
- Low Power Loss/High Efficiency
- These are Pb-Free Devices*

Mechanical Characteristics:

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 0.4 Gram (Approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead Temperature for Soldering Purposes: 260°C Max for 10 Seconds
- Polarity: Cathode Indicated by Polarity Band
- ESD Ratings: Machine Model = C (>400 V)
Human Body Model = 3B (>8000 V)



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

**SCHOTTKY BARRIER
RECTIFIERS
1.0 AMPERE
20, 30 and 40 VOLTS**



MARKING DIAGRAM



A = Assembly Location
1N581x = Device Number
x = 7, 8, or 9
YY = Year
WW = Work Week
• = Pb-Free Package

(Note: Microdot may be in either location)

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information on page 6 of this data sheet.

Preferred devices are recommended choices for future use and best overall value.

*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

1N5817, 1N5818, 1N5819

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N5817	1N5818	1N5819	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	20	30	40	V
Non-Repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RSM}	24	36	48	V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	14	21	28	V
Average Rectified Forward Current (Note 1), ($V_{R(equiv)} \leq 0.2 V_R(dc)$, $T_L = 90^\circ C$, $R_{\theta JA} = 80^\circ C/W$, P.C. Board Mounting, see Note 2, $T_A = 55^\circ C$)	I_O	1.0			A
Ambient Temperature (Rated $V_R(dc)$, $P_{F(AV)} = 0$, $R_{\theta JA} = 80^\circ C/W$)	T_A	85	80	75	$^\circ C$
Non-Repetitive Peak Surge Current, (Surge applied at rated load conditions, half-wave, single phase 60 Hz, $T_L = 70^\circ C$)	I_{FSM}	25 (for one cycle)			A
Operating and Storage Junction Temperature Range (Reverse Voltage applied)	T_J, T_{stg}	-65 to +125			$^\circ C$
Peak Operating Junction Temperature (Forward Current applied)	$T_{J(pk)}$	150			$^\circ C$

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

THERMAL CHARACTERISTICS (Note 1)

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	80	$^\circ C/W$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_L = 25^\circ C$ unless otherwise noted) (Note 1)

Characteristic	Symbol	1N5817	1N5818	1N5819	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage (Note 2) ($I_F = 0.1 A$) ($I_F = 1.0 A$) ($I_F = 3.0 A$)	V_F	0.32 0.45 0.75	0.33 0.55 0.875	0.34 0.6 0.9	V
Maximum Instantaneous Reverse Current @ Rated dc Voltage (Note 2) ($T_L = 25^\circ C$) ($T_L = 100^\circ C$)	I_R	1.0 10	1.0 10	1.0 10	mA

- Lead Temperature reference is cathode lead 1/32 in from case.
- Pulse Test: Pulse Width = 300 μs , Duty Cycle = 2.0%.

1N5817, 1N5818, 1N5819

NOTE 3. — DETERMINING MAXIMUM RATINGS

Reverse power dissipation and the possibility of thermal runaway must be considered when operating this rectifier at reverse voltages above $0.1 V_{RWM}$. Proper derating may be accomplished by use of equation (1).

$$T_{A(max)} = T_{J(max)} - R_{\theta JA} P_{F(AV)} - R_{\theta JA} P_{R(AV)} \quad (1)$$

where $T_{A(max)}$ = Maximum allowable ambient temperature

$T_{J(max)}$ = Maximum allowable junction temperature (125°C or the temperature at which thermal runaway occurs, whichever is lowest)

$P_{F(AV)}$ = Average forward power dissipation

$P_{R(AV)}$ = Average reverse power dissipation

$R_{\theta JA}$ = Junction-to-ambient thermal resistance

Figures 1, 2, and 3 permit easier use of equation (1) by taking reverse power dissipation and thermal runaway into consideration. The figures solve for a reference temperature as determined by equation (2).

$$T_R = T_{J(max)} - R_{\theta JA} P_{R(AV)} \quad (2)$$

Substituting equation (2) into equation (1) yields:

$$T_{A(max)} = T_R - R_{\theta JA} P_{F(AV)} \quad (3)$$

Inspection of equations (2) and (3) reveals that T_R is the ambient temperature at which thermal runaway occurs or where $T_J = 125^\circ\text{C}$, when forward power is zero. The transition from one boundary condition to the other is evident on the curves of Figures 1, 2, and 3 as a difference in the rate of change of the slope in the vicinity of 115°C . The data of Figures 1, 2, and 3 is based upon dc conditions. For use in common rectifier circuits, Table 1 indicates suggested factors for an equivalent dc voltage to use for conservative design, that is:

$$V_{R(equiv)} = V_{in(PK)} \times F \quad (4)$$

The factor F is derived by considering the properties of the various rectifier circuits and the reverse characteristics of Schottky diodes.

EXAMPLE: Find $T_{A(max)}$ for 1N5818 operated in a 12-volt dc supply using a bridge circuit with capacitive filter such that $I_{DC} = 0.4 \text{ A}$ ($I_{F(AV)} = 0.5 \text{ A}$), $I_{(FM)}/I_{(AV)} = 10$, Input Voltage = $10 \text{ V}_{(rms)}$, $R_{\theta JA} = 80^\circ\text{C/W}$.

Step 1. Find $V_{R(equiv)}$. Read $F = 0.65$ from Table 1,

$$\therefore V_{R(equiv)} = (1.41)(10)(0.65) = 9.2 \text{ V.}$$

Step 2. Find T_R from Figure 2. Read $T_R = 109^\circ\text{C}$

$$\text{@ } V_R = 9.2 \text{ V and } R_{\theta JA} = 80^\circ\text{C/W.}$$

Step 3. Find $P_{F(AV)}$ from Figure 4. **Read $P_{F(AV)} = 0.5 \text{ W}$

$$\text{@ } \frac{I_{(FM)}}{I_{(AV)}} = 10 \text{ and } I_{F(AV)} = 0.5 \text{ A.}$$

Step 4. Find $T_{A(max)}$ from equation (3).

$$T_{A(max)} = 109 - (80)(0.5) = 69^\circ\text{C.}$$

**Values given are for the 1N5818. Power is slightly lower for the 1N5817 because of its lower forward voltage, and higher for the 1N5819.

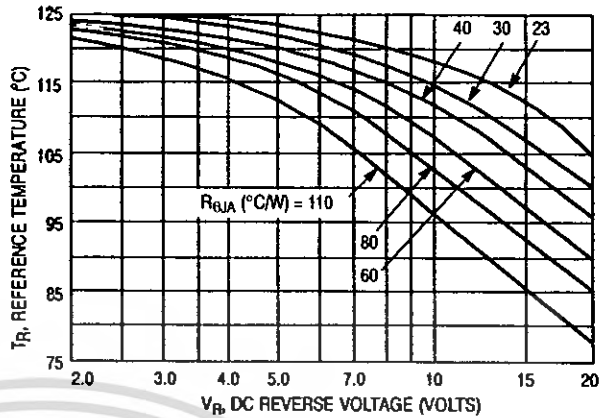


Figure 1. Maximum Reference Temperature 1N5817

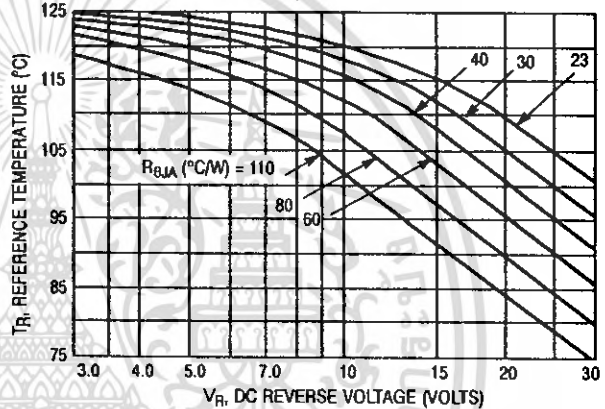


Figure 2. Maximum Reference Temperature 1N5818

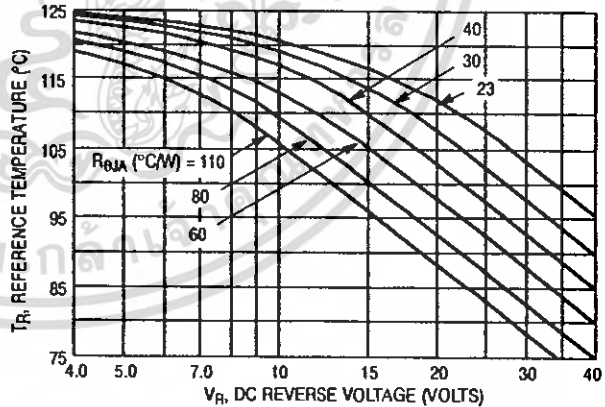


Figure 3. Maximum Reference Temperature 1N5819

Table 1. Values for Factor F

Circuit	Half Wave		Full Wave, Bridge		Full Wave, Center Tapped* †	
	Resistive	Capacitive*	Resistive	Capacitive	Resistive	Capacitive
Sine Wave	0.5	1.3	0.5	0.65	1.0	1.3
Square Wave	0.75	1.5	0.75	0.75	1.5	1.5

**Note that $V_{R(PK)} = 2.0 V_{in(PK)}$.

†Use line to center tap voltage for V_{in} .

<http://onsemi.com>

LM78XX Series Voltage Regulators

General Description

The LM78XX series of three terminal regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. One of these is local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow these regulators to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

The LM78XX series is available in an aluminum TO-3 package which will allow over 1.0A load current if adequate heat sinking is provided. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

Considerable effort was expended to make the LM78XX series of regulators easy to use and minimize the number of external components. It is not necessary to bypass the out-

put, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

Features

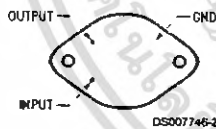
- Output current in excess of 1A
- Internal thermal overload protection
- No external components required
- Output transistor safe area protection
- internal short circuit current limit
- Available in the aluminum TO-3 package

Voltage Range

LM7805C	5V
LM7812C	12V
LM7815C	15V

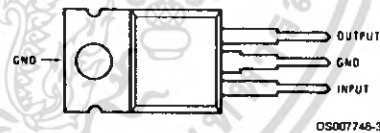
Connection Diagrams

**Metal Can Package
TO-3 (K)
Aluminum**



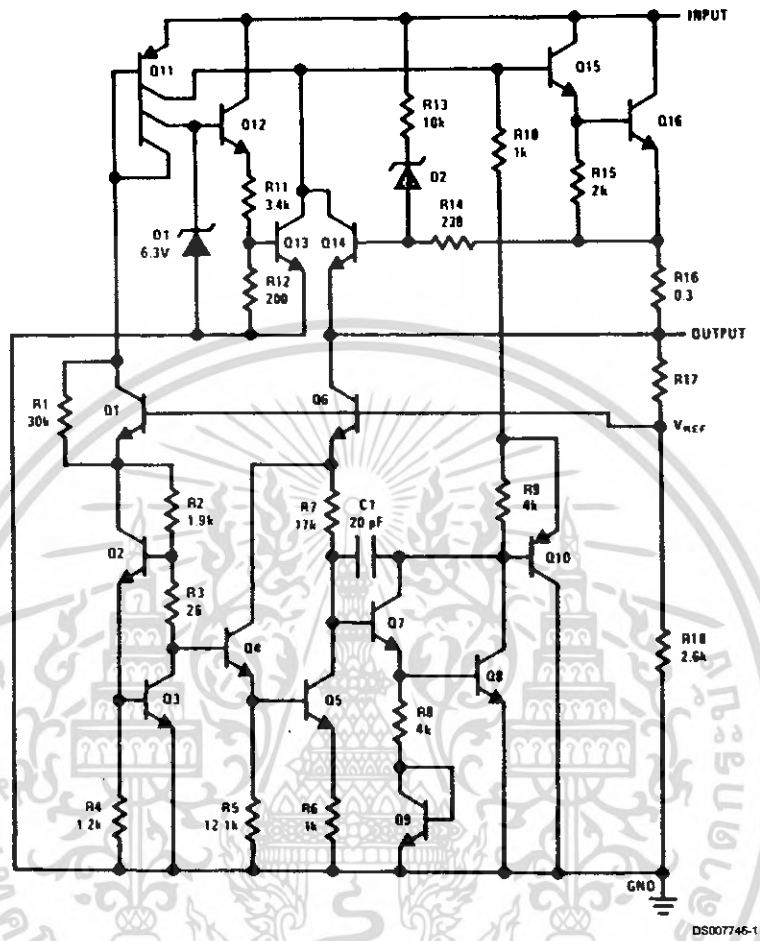
Bottom View
Order Number LM7805CK,
LM7812CK or LM7815CK
See NS Package Number KC02A

**Plastic Package
TO-220 (T)**



Top View
Order Number LM7805CT,
LM7812CT or LM7815CT
See NS Package Number T03B

Schematic



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 3)

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

Input Voltage

 $(V_O = 5V, 12V \text{ and } 15V)$ 35V

Internal Power Dissipation (Note 1) Internally Limited

Operating Temperature Range (T_A) 0°C to $+70^\circ\text{C}$

Maximum Junction Temperature

(K Package) 150°C

(T Package) 150°C

Storage Temperature Range -65°C to $+150^\circ\text{C}$

Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)

TO-3 Package K 300°C

TO-220 Package T 230°C

Electrical Characteristics LM78XXC (Note 2) $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 125^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Output Voltage		5V			12V			15V			Units					
Input Voltage (unless otherwise noted)		10V			19V			23V								
Symbol	Parameter	Conditions			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max			
V_O	Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}, 5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1 \text{ A}$			4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V		
		$P_D \leq 15 \text{ W}, 5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1 \text{ A}$			4.75		5.25	11.4		12.6	4.25		15.75	V		
		$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$			$(7.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 20)$			$(14.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 27)$			$(17.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30)$			V		
ΔV_O	Line Regulation	$I_O = 500 \text{ mA}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$			3		50		4		120		4	150	mV
			ΔV_{IN}			$(7 \leq V_{\text{IN}} \leq 25)$			$14.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30)$			$(17.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30)$			V	
			$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$			50		120		150		150		mV		
		$I_O \leq 1 \text{ A}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$			50		120		150		150		mV		
			ΔV_{IN}			$(7.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 20)$			$(14.6 \leq V_{\text{IN}} \leq 27)$			$(17.7 \leq V_{\text{IN}} \leq 30)$			V	
			$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$			25		60		75		75		mV		
ΔV_O	Load Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$	$5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1.5 \text{ A}$			10		50		12		120		12	150	mV
			$250 \text{ mA} \leq I_O \leq 750 \text{ mA}$			25		60		75		75		mV		
		$5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1 \text{ A}, 0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$			50		120		150		150		mV			
I_O	Quiescent Current	$I_O \leq 1 \text{ A}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$			8		8		8		8		mA		
			$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$			8.5		8.5		8.5		8.5		mA		
ΔI_O	Quiescent Current Change	$5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1 \text{ A}$			0.5		0.5		0.5		0.5		mA			
		$T_J = 25^\circ\text{C}, I_O \leq 1 \text{ A}$			1.0		1.0		1.0		1.0		mA			
		$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$			$(7.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 20)$			$(14.8 \leq V_{\text{IN}} \leq 27)$			$(17.9 \leq V_{\text{IN}} \leq 30)$			V		
ΔI_O	Quiescent Current Change	$I_O \leq 500 \text{ mA}, 0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$			1.0		1.0		1.0		1.0		mA			
		$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$			$(7 \leq V_{\text{IN}} \leq 25)$			$(14.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30)$			$(17.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30)$			V		
V_N	Output Noise Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}, 10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ kHz}$			40		75		90		90		μV			
$\frac{\Delta V_{\text{IN}}}{\Delta V_{\text{OUT}}}$	Ripple Rejection	$f = 120 \text{ Hz}$	$I_O \leq 1 \text{ A}, T_J = 25^\circ\text{C}$ or $I_O \leq 500 \text{ mA}$			62	80	55	72	54	70	dB				
			$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$			62		55		54		dB				
		$V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$			$(8 \leq V_{\text{IN}} \leq 18)$			$(15 \leq V_{\text{IN}} \leq 25)$			$(18.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 28.5)$			V		
R_O	Dropout Voltage Output Resistance	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_{\text{OUT}} = 1 \text{ A}$			2.0		2.0		2.0		2.0		V			
		$f = 1 \text{ kHz}$			8		18		19		19		$\text{m}\Omega$			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics LM78XXC (Note 2) (Continued)

0°C ≤ T_j ≤ 125°C unless otherwise noted.

Output Voltage			5V			12V			15V			Units
Input Voltage (unless otherwise noted)			10V			19V			23V			
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
	Short-Circuit Current	T _j = 25°C		2.1			1.5			1.2		A
	Peak Output Current	T _j = 25°C		2.4			2.4			2.4		A
	Average TC of V _{OUT}	0°C ≤ T _j ≤ +125°C, I _O = 5 mA		0.6			1.5			1.8		mV/°C
V _{IN}	Input Voltage Required to Maintain Line Regulation	T _j = 25°C, I _O ≤ 1A		7.5		14.6			17.7			V

Note 1: Thermal resistance of the TO-3 package (K, KC) is typically 4°C/W junction to case and 35°C/W case to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package (T) is typically 4°C/W junction to case and 50°C/W case to ambient.

Note 2: All characteristics are measured with capacitor across the input of 0.22 μF, and a capacitor across the output of 0.1 μF. All characteristics except noise voltage and ripple rejection ratio are measured using pulse techniques (L_p ≤ 10 ms, duty cycle ≤ 5%). Output voltage changes due to changes in internal temperature must be taken into account separately.

Note 3: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. For guaranteed specifications and the test conditions, see Electrical Characteristics.

POWER RELAY

2 POLES—5 A LOW PROFILE TYPE

FTR-F1 SERIES

■ FEATURES

- Low profile power relay (height 16.5 mm) employing unique construction
DPST/DPDT 5 A, TV-3 rating available
- Higher isolation by employing reinforced insulation construction
Insulation distance: 8 mm (between coil and contact)
Dielectric strength: 5 kV (between coil and contact)
Surge strength: 10 kV (between coil and contact)
- Plastic sealed relay
- Pin configuration compatible to VB/FBR620
- UL, CSA, VDE, SEMKO, BSI recognized
- Conforms to FIMKO, IMQ, DEMKO (under approval)
- Environmentally friendly cadmium free contact type is available



■ ORDERING INFORMATION

[Example] FTR-F1 A A 005 V —**
 (a) (b) (c) (d) (e) (f)

(a)	Series Name	FTR-F1: FTR-F1 Series	
(b)	Contact Arrangement	A	: 2 form A (DPST-NO)
		C	: 2 form C (DPDT)
(c)	Coil Type	A	: Standard type (0.53 W)
		D	: High sensitive type (0.4W)
(d)	Nominal Voltage	005	: 5 VDC 012: 12 VDC
		006	: 6 VDC 024: 24 VDC
		009	: 9 VDC 048: 48 VDC
(e)	Contact Material/TV Type	V	: Gold plate silver alloy (standard type)
		T	: Gold plate silver alloy (TV-3 rating type, only standard make type)
(f)	Custom Designation	To be assigned custom specification	

Ordering Code: Actual Marking:
FTR-F1AA005V F1AA005V

FTR-F1 SERIES

■ SAFETY STANDARD AND FILE NUMBERS

UL508, 873 (File No. E63614)

C 22.2 No. 14 (File No. LR40304-30/ LR107822)

VDE 0435, 0631, 0700, 0860 (File No. 11039-4940-1019)

	Type	Nominal voltage	Contact rating
TV-Rating	FTR-F1AA()T	5 to 48 VDC	TV-3 120 VAC 1/6 HP 125 VAC 1/4 HP 250 VAC 5 A 24 VDC/250 VAC resistive Pilot duty R 300
Standard/ sensitive	FTR-F1CA(J)V	5 to 48 VDC	Same as above without TV-3 2A 250VAC inductive (PF=0.4)

■ SPECIFICATIONS

Item		Standard Type	Sensitive Type	TV-3 Rating Type
Contact	Arrangement	2 form A (DPST-NO), 2 form C (DPDT)		2 form A (DPST-NO)
	Material	Gold plate silver alloy		
	Style	Single		
	Resistance (initial)	Maximum 100 mΩ (at 1 A 6 VDC)		
	Rating (resistive)	5 A 250 VAC/24 VDC		
	Maximum Carrying Current	7 A		
	Maximum Switching Rating	1,250 VA/120 W		
	Maximum Switching Voltage	400 VAC 300 VDC		
	Maximum Switching Current	5 A		
	Minimum Switching Load*1	10 mA 5 VDC		
	Maximum Inrush Current	—		
Coil	Nominal Power (at 20°C)	0.53 W	0.4 W	0.53 W
	Operate Power (at 20°C)	0.26 W	0.225W	0.26W
	Operating Temperature	-40°C to +75°C (no frost) (refer to the CHARACTERISTIC DATA)		
Time Value	Operate (at nominal voltage)	Maximum 15 ms		
	Release (at nominal voltage)	Maximum 5 ms		
Insulation	Resistance (at 500 VDC)	Minimum 1,000 MΩ		
	Dielectric Strength	between open contacts	1,000 VAC 1 minute (3,000 VAC between adjacent contacts)	
		between coil and contacts	5,000 VAC 1 minute	
Surge Strength	10,000 V (at 1.2 × 50 μs)			
Life	Mechanical	2 × 10 ⁷ operations minimum		
	Electrical	Contact Rating	1 × 10 ⁵ operations minimum	
		Lamp Load	—	2.5 × 10 ⁴ ops. minimum
Other	Vibration Resistance	Misoperation	10 to 55 Hz (double amplitude of 1.65 mm)	
		Endurance	10 to 55 Hz (double amplitude of 3.3 mm)	
	Shock Resistance	Misoperation	100 m/s ² (11 ± 1 ms)	
		Endurance	1,000 m/s ² (6 ± 1 ms)	
	Weight	Approximately 12 g		

*1 Minimum switching loads mentioned above are reference values. Please perform the confirmation test with the actual load before production since reference values may vary according to switching frequencies, environmental conditions and expected reliability levels.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านกา²ค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

power light source

LUXEON® Emitter

Introduction

LUXEON® is a revolutionary, energy efficient and ultra compact new light source, combining the lifetime and reliability advantages of Light Emitting Diodes with the brightness of conventional lighting.

LUXEON Emitters give you total design freedom and unmatched brightness, creating a new world of light.

LUXEON Emitters can be purchased in reels for high volume assembly. For more information, consult your local Lumileds representative.

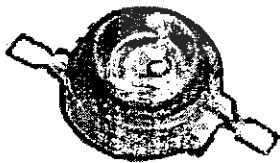
For high volume applications, custom LUXEON power light source designs are available upon request, to meet your specific needs.

Features

- Highest flux per LED family in the world
- Very long operating life (up to 100k hours)
- Available in White, Green, Blue, Royal Blue, Cyan, Red, Red-Orange, and Amber
- Lambertian, Batwing or Side Emitting radiation pattern
- More energy efficient than incandescent and most halogen lamps
- Low voltage DC operated
- Cool beam, safe to the touch
- Instant light (less than 100 ns)
- Fully dimmable
- No UV
- Superior ESD protection

Typical Applications

- Reading lights (car, bus, aircraft)
- Portable (flashlight, bicycle)
- Mini-accent/Uplighters/ Downlighters/Orientation
- Fiber optic alternative/ Decorative/Entertainment
- Bollards/Security/Garden
- Cove/Undershef/Task
- Traffic signaling/Beacons/ Rail crossing and Wayside
- Indoor/Outdoor Commercial and Residential Architectural
- Automotive Ext (Stop-Tail-Turn, CHMSL, Mirror Side Repeat)
- Edge-lit signs (Exit, point of sale)
- LCD Backlights/Light Guides



LUXEON Emitter is available in white, green, blue, royal blue, cyan, red, red-orange and amber.



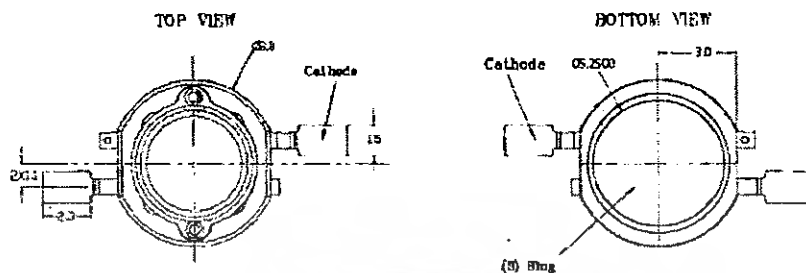
PHILIPS

LUMILEDS
LIGHT FROM SILICON VALLEY

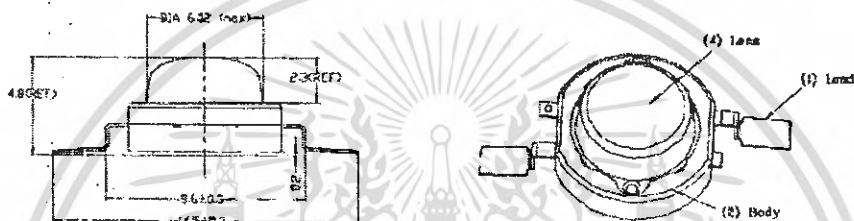
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical Dimensions

Batwing



Drawings not to scale



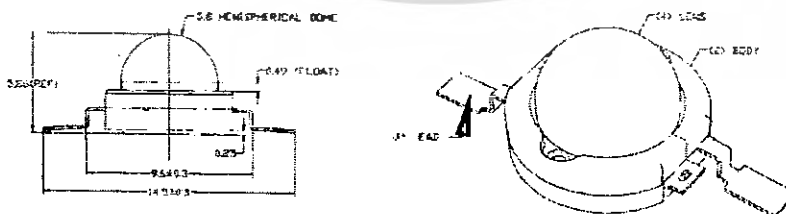
Notes:

1. The anode side of the device is denoted by a hole in the lead frame. Electrical insulation between the case and the board is required—slug of device is not electrically neutral. Do not electrically connect either the anode or cathode to the slug.
2. All dimensions are in millimeters.
3. All dimensions without tolerances are for reference only.

Lambertian



Drawings not to scale



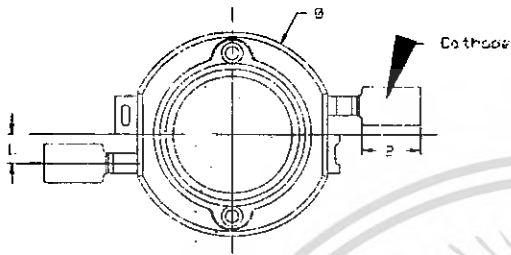
Notes:

1. The anode side of the device is denoted by a hole in the lead frame. Electrical insulation between the case and the board is required—slug of device is not electrically neutral. Do not electrically connect either the anode or cathode to the slug.
2. All dimensions are in millimeters.
3. All dimensions without tolerances are for reference only.

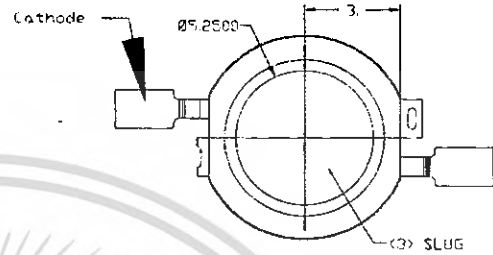
Mechanical Dimensions, Continued

Side Emitting

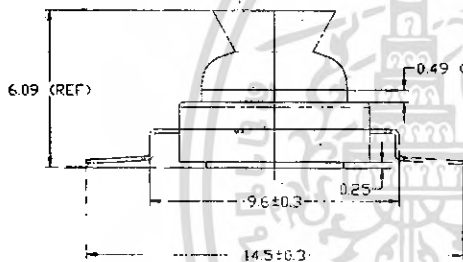
TOP VIEW



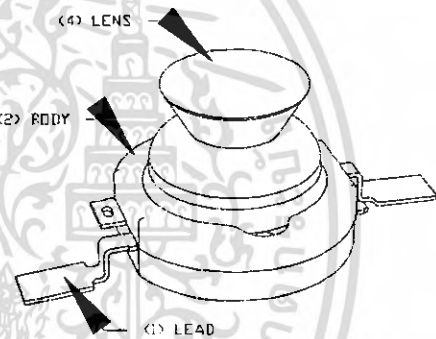
BOTTOM VIEW



Drawings not to scale



SIDE VIEW



Notes:

1. The anode side of the device is denoted by a hole in the lead frame. Electrical insulation between the case and the board is required—slug of device is not electrically neutral. Do not electrically connect either the anode or cathode to the slug.
2. Caution must be used in handling this device to avoid damage to the lens surfaces that will reduce optical efficiency.
3. All dimensions are in millimeters.
4. All dimensions without tolerances are for reference only.

Flux Characteristics at 350mA, Junction Temperature, $T_J = 25^\circ\text{C}$

Table 1.

Color	LUXEON Emitter	Minimum Luminous Flux (lm) or Radiometric Power (mW) Φ_V^A	Typical Luminous Flux (lm) or Radiometric Power (mW) Φ_V^B	Radiation Pattern
White ¹	LXHL-BW02	30.6	45	Batwing
Warm White	LXHL-BW03	13.9	20	
Green	LXHL-BM01	30.6	53	
Cyan	LXHL-BE01	30.6	45	
Blue ²	LXHL-BB01	8.2	16	
Royal blue ⁴	LXHL-BR02	145 mW	220 mW	
Red	LXHL-BD01	13.9	27	
Red	LXHL-BD03	30.6	42	
Red-Orange	LXHL-BH03	39.8	55	
Amber	LXHL-BL01	10.7	25	
Amber	LXHL-BL03	23.5	42	
White	LXHL-PW01	30.6	45	
Green	LXHL-PM01	30.6	53	
Cyan	LXHL-PE01	30.6	45	
Blue ²	LXHL-PB01	8.2	16	
Royal Blue ⁴	LXHL-PR03	145 mW	220 mW	
Red	LXHL-PD01	30.6	44	
Red-Orange	LXHL-PH01	39.8	55	
Amber	LXHL-PL01	23.5	42	
White	LXHL-DW01	23.5	40.5	Side Emitting
Green	LXHL-DM01	23.5	48	
Cyan	LXHL-DE01	23.5	40.5	
Blue ²	LXHL-DB01	8.2	14.5	
Royal blue ⁴	LXHL-DR01	115 mW	198 mW	
Red	LXHL-DD01	30.6	40	
Red-Orange	LXHL-DH01	39.8	50	
Amber	LXHL-DL01	23.5	38	

Notes for Table 1:

1. Minimum luminous flux or radiometric power performance guaranteed within published operating conditions. Lumileds maintains a tolerance of $\pm 10\%$ on flux and power measurements.
2. LUXEON types with even higher luminous flux levels will become available in the future. Please consult your Lumileds Authorized Distributor or Lumileds sales representative for more information.
3. Minimum flux value for 470 nm devices. Due to the CIE eye response curve in the short blue wavelength range, the minimum luminous flux will vary over the Lumileds' blue color range. Luminous flux will vary from a minimum of 6.3 lm at 460 nm to a typical of 20 lm at 480 nm due to this effect. Although the luminous power efficiency is lower in the short blue wavelength range, radiometric power efficiency increases as wavelength decreases. For more information, consult the LUXEON Design Guide, available upon request.
4. Royal Blue product is binned by radiometric power and peak wavelength rather than photometric lumens and dominant wavelength.
5. In July 2003 Lumileds announced a second-generation white batwing product using a new phosphor deposition process resulting in improved color uniformity, LXHL-BW02.

Optical Characteristics at 350mA, Junction Temperature, $T_J = 25^\circ\text{C}$

Table 2.

Radiation Pattern	Color	Dominant Wavelength ⁽¹⁾ λ_D , Peak Wavelength ⁽²⁾ λ_P , or Color Temperature ⁽³⁾			Spectral Half-width ⁽⁴⁾ (nm) $\Delta\lambda_{1/2}$	Temperature Coefficient of Dominant Wavelength (nm/ $^\circ\text{C}$) $\Delta\lambda_D / \Delta T_J$	Total Included Angle ⁽⁵⁾ (degrees) $\theta_{0.90V}$	Viewing Angle ⁽⁶⁾ (degrees) $2\theta_{1/2}$
		Min.	CCT Typ.	Max.				
Batwing	White	4500K	5500 K	10000 K	---	---	110	110
	Warm White	2850K	3300K	3800K	---	---	110	110
	Green	520 nm	530 nm	550 nm	35	0.04	110	110
	Cyan	490 nm	505 nm	520 nm	30	0.04	110	110
	Blue	460 nm	470 nm	490 nm	25	0.04	110	110
	Royal Blue ⁽⁷⁾	440 nm	455 nm	460 nm	20	0.04	110	110
	Red	620.5 nm	625 nm	645 nm	20	0.05	110	110
	Red-Orange	613.5 nm	617 nm	620.5nm	20	0.06	110	110
Amber	584.5 nm	590 nm	597 nm	14	0.09	110	110	
Lambertian	White	4500 K	5500 K	10000 K	---	---	160	140
	Green	520 nm	530 nm	550 nm	35	0.04	160	140
	Cyan	490 nm	505 nm	520 nm	30	0.04	160	140
	Blue	460 nm	470 nm	490 nm	25	0.04	160	140
	Royal Blue ⁽⁷⁾	440 nm	455 nm	460 nm	20	0.04	160	140
	Red	620.5 nm	627 nm	645 nm	20	0.05	160	140
	Red-Orange	613.5 nm	617 nm	620.5 nm	20	0.06	160	140
	Amber	584.5 nm	590 nm	597 nm	14	0.09	160	140

Optical Characteristics at 350mA, Junction Temperature, $T_J = 25^\circ\text{C}$, Cont.

Table 3.

Radiation Pattern	Color	Dominant Wavelength ⁽¹⁾ λ_D , Peak Wavelength ⁽²⁾ λ_P , or Color Temperature ⁽³⁾			Spectral Half-width ⁽⁴⁾ (nm) $\Delta\lambda_{1/2}$	Temperature Coefficient of Dominant Wavelength (nm/ $^\circ\text{C}$) $\Delta\lambda_D / \Delta T_J$	Typical Total Flux Percent within first 45 ⁽⁷⁾ Cum Φ_{45°	Typical Angle of Peak Intensity ⁽⁸⁾ θ_{Peak}
		Min.	CCT Typ.	Max.				
Side Emitting	White	4500 K	5500 K	10000 K	---	---	<15%	75° - 85°
	Green	520 nm	530 nm	550 nm	35	0.04	<15%	75° - 85°
	Cyan	490 nm	505 nm	520 nm	30	0.04	<15%	75° - 85°
	Blue	460 nm	470 nm	490 nm	25	0.04	<15%	75° - 85°
	Royal Blue ⁽⁷⁾	440 nm	455 nm	460 nm	20	0.04	<15%	75° - 85°
	Red	620.5 nm	627 nm	645 nm	20	0.05	<15%	75° - 85°
	Red-Orange	613.5 nm	617 nm	620.5 nm	20	0.06	<15%	75° - 85°
	Amber	584.5 nm	590 nm	597 nm	14	0.09	<15%	75° - 85°

Notes: (for Tables 2 & 3)

1. Dominant wavelength is derived from the CIE 1931 Chromaticity diagram and represents the perceived color. Lumileds maintains a tolerance of $\pm 0.5\text{nm}$ for dominant wavelength measurements.
2. Royal Blue product is binned by radiometric power and peak wavelength rather than photometric lumens and dominant wavelength. Lumileds maintains a tolerance of $\pm 2\text{nm}$ for peak wavelength measurements.
3. CCT $\pm 5\%$ tester tolerance.
4. Spectral width at $1/2$ of the peak intensity.
5. Total angle at which 90% of total luminous flux is captured.
6. $\theta_{1/2}$ is the off axis angle from lamp centerline where the luminous intensity is $1/2$ of the peak value.
7. Cumulative flux percent within $\pm 45^\circ$ from optical axis.
8. Off axis angle from lamp centerline where the luminous intensity reaches the peak value.

Notes: (for Tables 2 & 3) Continued

9. CRI (Color Rendering Index) for White product types is 70. CRI for Warm White product type is 90 with typical R_g value of 70.
10. All red, red-orange and amber products built with Aluminum Indium Gallium Phosphide (AlInGaP).
11. All white, warm white, green, cyan, blue and royal blue products built with Indium Gallium Nitride (InGaN).
12. Blue and Royal Blue power light sources represented here are IEC825 Class 2 for eye safety.

Electrical Characteristics at 350mA, Junction Temperature, $T_J = 25^\circ\text{C}$

Table 4.

Radiation Pattern	Color	Forward Voltage V_F ¹⁾ (V)			Dynamic Resistance ²⁾ (Ω) R_D	Temperature Coefficient of Forward Voltage ³⁾ ($\text{mV}/^\circ\text{C}$) $\Delta V_F / \Delta T_J$	Thermal Resistance, Junction to Case ($^\circ\text{C}/\text{W}$) $R_{\theta_{JC}}$
		Min.	Typ.	Max.			
Batwing	White	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Warm White	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Green	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Cyan	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Blue	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Royal Blue	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Red (BD01)	2.31	2.85	3.27	2.4	-2.0	15
	Red (BD03)	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18
	Red-Orange	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18
	Amber (BL01)	2.31	2.85	3.27	2.4	-2.0	15
Amber (BL03)	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18	
Lambertian	White	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Green	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Cyan	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Blue	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Royal Blue	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Red	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18
	Red-Orange	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18
	Amber	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18
Side Emitting	White	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Green	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Cyan	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Blue	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Royal Blue	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Red	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18
	Red-Orange	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18
	Amber	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18

Notes for Table 4:

1. Lumileds maintains a tolerance of $\pm 0.06\text{V}$ on forward voltage measurements.
2. Dynamic resistance is the inverse of the slope in linear forward voltage model for LEDs. See Figures 3a and 3b. Measured between $25^\circ\text{C} \leq T_J \leq 110^\circ\text{C}$ at $I_F = 350\text{mA}$.

Absolute Maximum Ratings

Table 5.

Parameter	White/Green/ Cyan/Blue/ Royal Blue	Warm White	Red/ Red-Orange/ Amber
DC Forward Current (mA) ¹⁾	350	350	385
Peak Pulsed Forward Current (mA)	500	500	550
Average Forward Current (mA)	350	350	350
ESD Sensitivity ²⁾	± 16,000V HBM		
LED Junction Temperature (°C)	135	120	120
Storage Temperature (°C)	-40 to +120	-40 to +120	-40 to +120
Soldering Temperature (°C) ³⁾	260 for 5 seconds max	260 for 5 seconds max	260 for 5 seconds max

Notes for Table 5:

1. Proper current derating must be observed to maintain junction temperature below the maximum. For more information, consult the LUXEON Design Guide, available upon request.
2. LEDs are not designed to be driven in reverse bias. Please consult Lumileds' Application Brief AB11 for further information.
3. Measured at leads, during lead soldering and slug attach, body temperature must not exceed 120°C. LUXEON emitters cannot be soldered by general IR or Vapor-phase reflow, nor by wave soldering. Lead soldering is limited to selective heating of the leads, such as by hot-bar reflow, fiber focussed IR, or hand soldering. The package back plane (slug) may not be attached by soldering, but rather with a thermally conductive adhesive. Electrical insulation between the slug and the board is required. Please consult Lumileds' Application Brief AB10 on *LUXEON Emitter Assembly Information* for further details on assembly methods.

Wavelength Characteristics, $T_J = 25^\circ\text{C}$

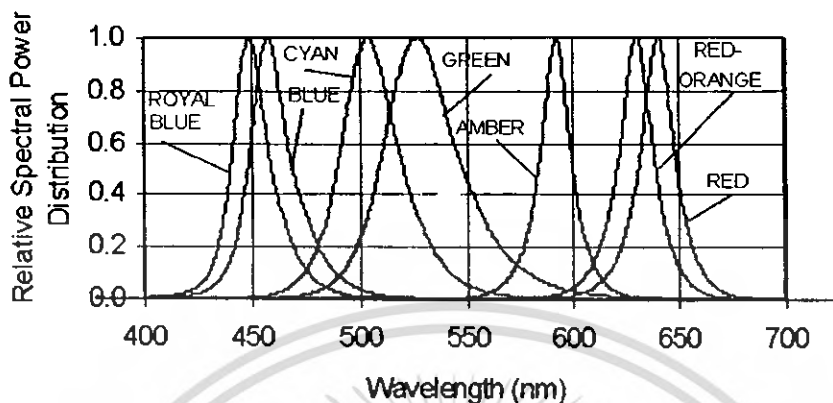


Figure 1a. Relative Intensity vs. Wavelength

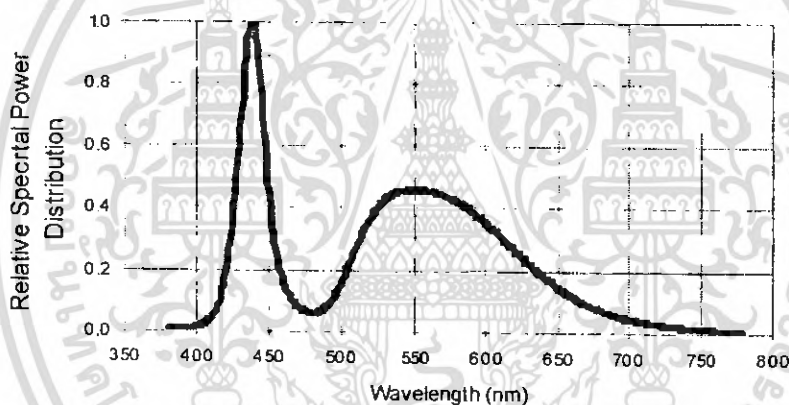


Figure 1b. White Color Spectrum of Typical CCT Part, Integrated Measurement. Applicable for LXHL-BW02.

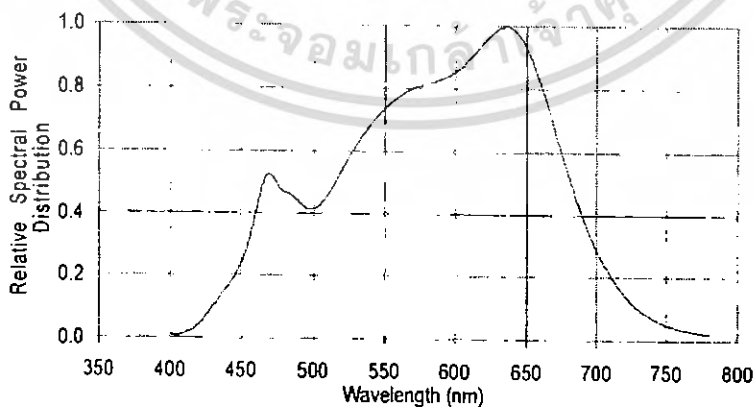


Figure 1c. White Color Spectrum of Typical Warm White Part, Integrated Measurement. Applicable for LXHL-BW03.

Light Output Characteristics

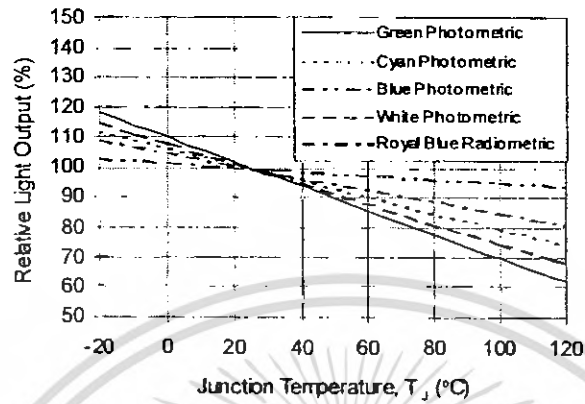


Figure 2a. Relative Light Output vs. Junction Temperature for White, Warm White, Green, Cyan, Blue and Royal Blue.

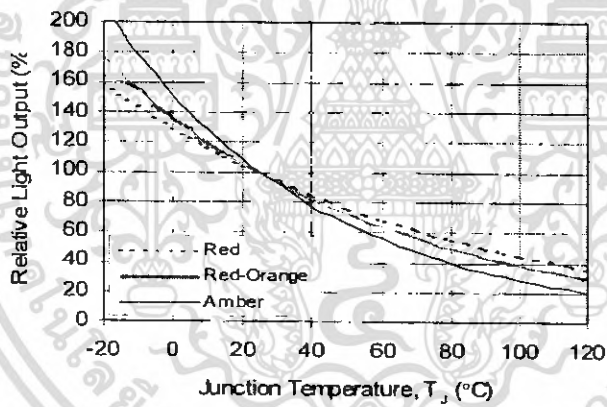


Figure 2b. Relative Light Output vs. Junction Temperature for Red, Red-Orange and Amber.

Forward Current Characteristics, $T_J = 25^\circ\text{C}$

Note:

Driving these high power devices at currents less than the test conditions may produce unpredictable results and may be subject to variation in performance. Pulse width modulation (PWM) is recommended for dimming effects.

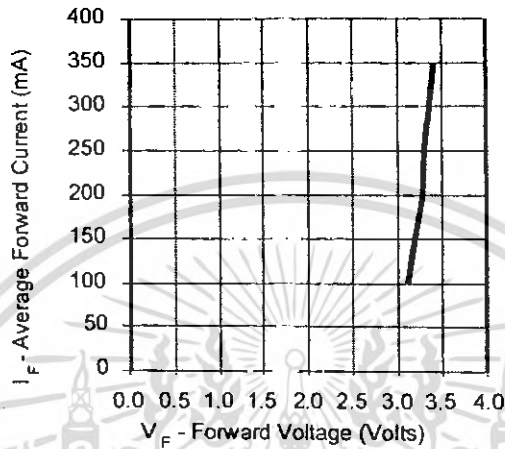


Figure 3a. Forward Current vs. Forward Voltage for White, Warm White, Green, Cyan, Blue, and Royal Blue.

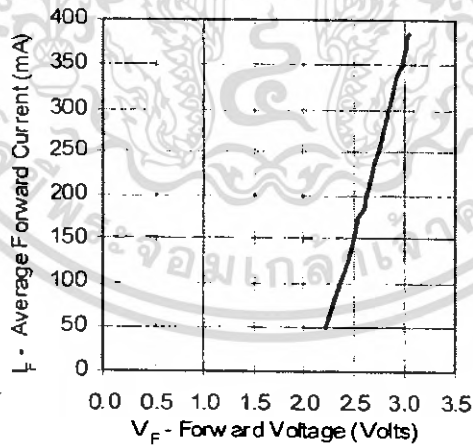


Figure 3b. Forward Current vs. Forward Voltage for Red, Red-Orange and Amber.

Forward Current Characteristics, $T_J = 25^\circ\text{C}$, Continued

Note:

Driving these high power devices at currents less than the test conditions may produce unpredictable results and may be subject to variation in performance. Pulse width modulation (PWM) is recommended for dimming effects.

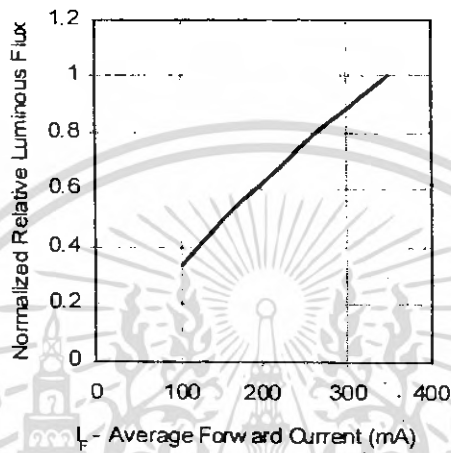


Figure 4a. Relative Luminous Flux vs. Forward Current for White, Warm White, Green, Cyan, Blue, and Royal Blue at $T_J = 25^\circ\text{C}$ maintained.

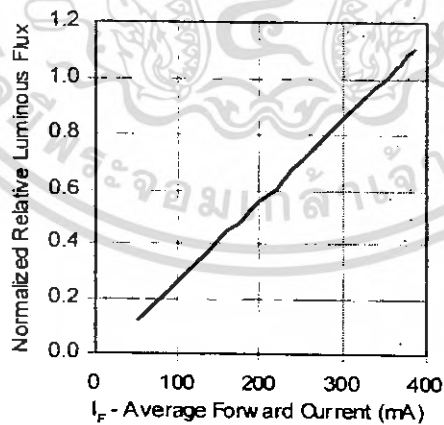


Figure 4b. Relative Luminous Flux vs. Forward Current for Red, Red-Orange and Amber at $T_J = 25^\circ\text{C}$ maintained.

Current Derating Curves

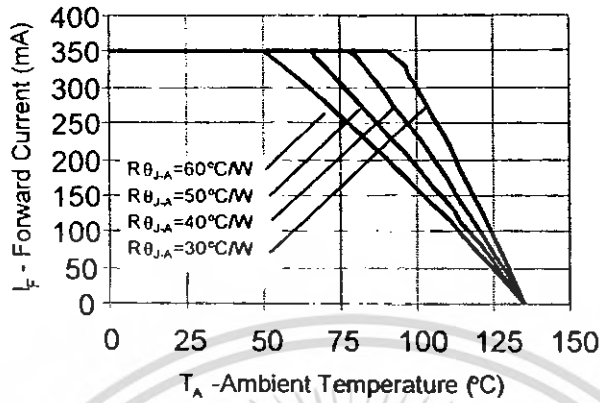


Figure 5a. Maximum Forward Current vs. Ambient Temperature.
Derating based on $T_{JMAX} = 135^\circ\text{C}$ for White, Green, Cyan, Blue, and Royal Blue.

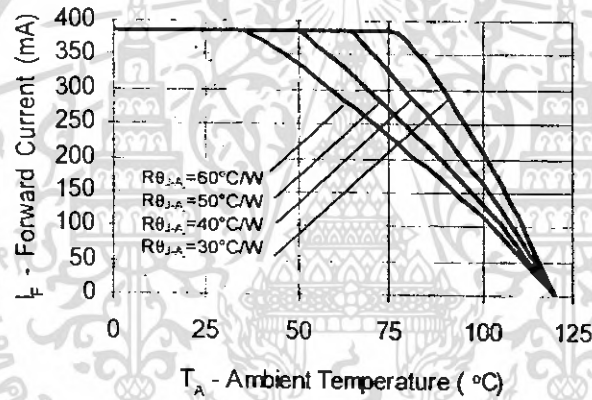


Figure 5b. Maximum Forward Current vs. Ambient Temperature.
Derating based on $T_{JMAX} = 120^\circ\text{C}$ for Red, Red-Orange and Amber.

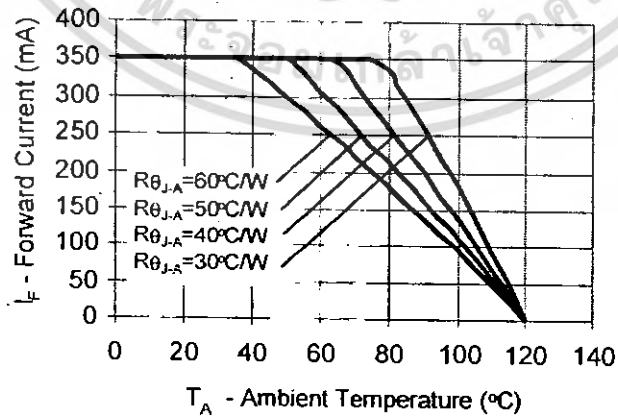


Figure 5c. Maximum Forward Current vs. Ambient Temperature.
Derating based on $T_{JMAX} = 120^\circ\text{C}$ for Warm White.

Typical Batwing Representative Spatial Radiation Pattern

Note:

For more detailed technical information regarding LUXEON radiation patterns, please consult your Lumileds Authorized Distributor or Lumileds sales representative.

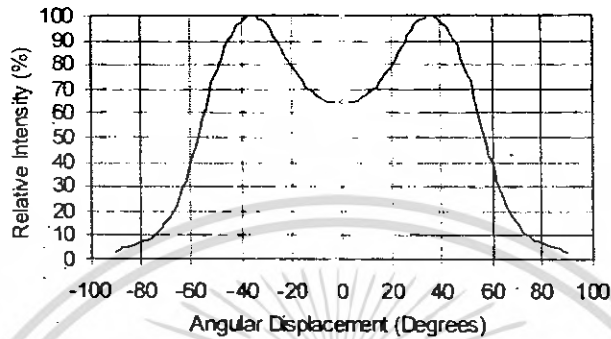


Figure 6a. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter Warm White (LXHL-BW03).

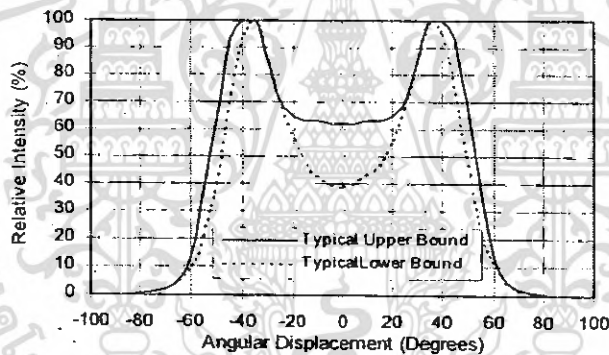


Figure 6b. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter Green, Cyan, Blue and Royal Blue.

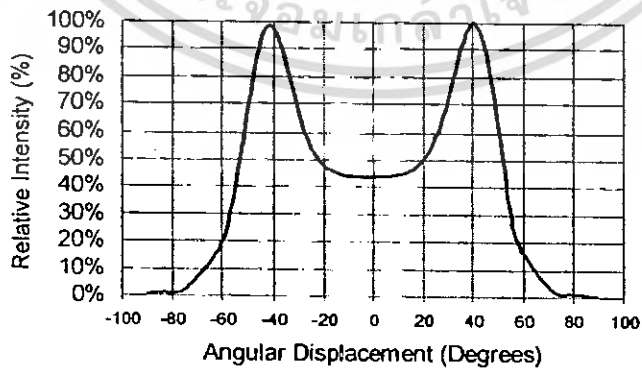


Figure 6c. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter White (LXHL-BW02).

Typical Batwing Representative Spatial Radiation Pattern, Continued

Note:

For more detailed technical information regarding LUXEON radiation patterns, please consult your Lumileds Authorized Distributor or Lumileds sales representative.

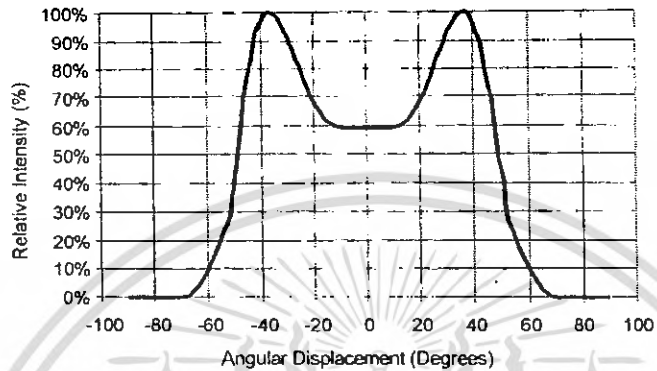


Figure 6d. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter Red (LXHL-BD01) and Amber (LXHL-BL01).

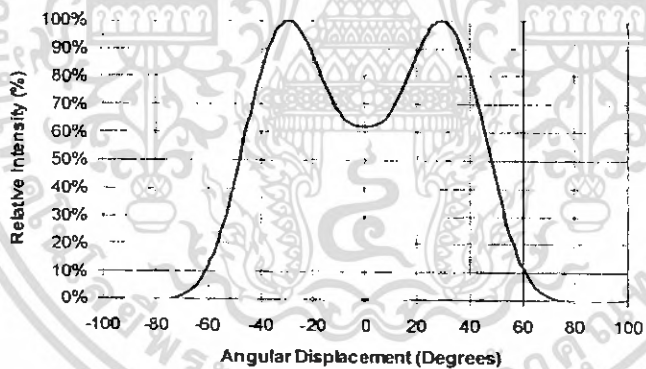


Figure 6e. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter Red (LXHL-BD03), Red-Orange (LXHL-BH03) and Amber (LXHL-BL03).

Typical Lambertian Representative Spatial Radiation Pattern

Note:

For more detailed technical information regarding LUXEON radiation patterns, please consult your Lumileds Authorized Distributor or Lumileds sales representative.

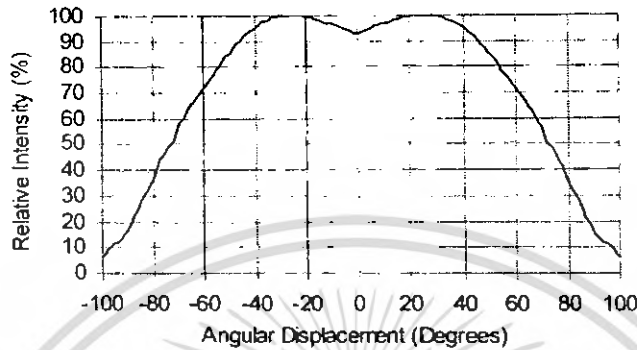


Figure 7a. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter Red, Red-Orange and Amber.

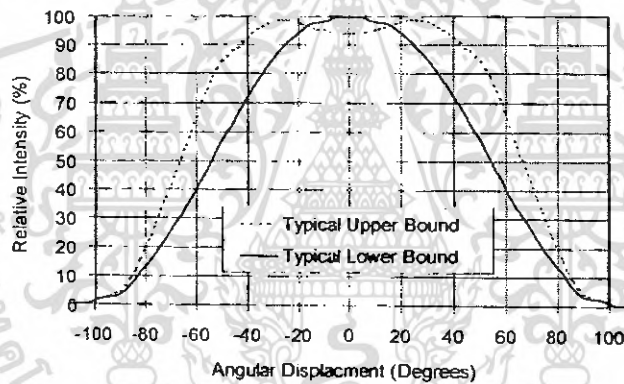


Figure 7b. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter White, Green, Cyan, Blue and Royal Blue.

Typical Side Emitting Representative Spatial Radiation Pattern

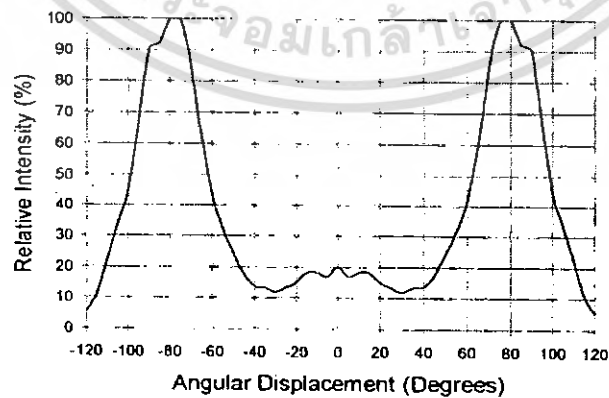


Figure 8a. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter Red, Red-Orange and Amber.

Typical Side Emitting Representative Spatial Radiation Pattern, Continued

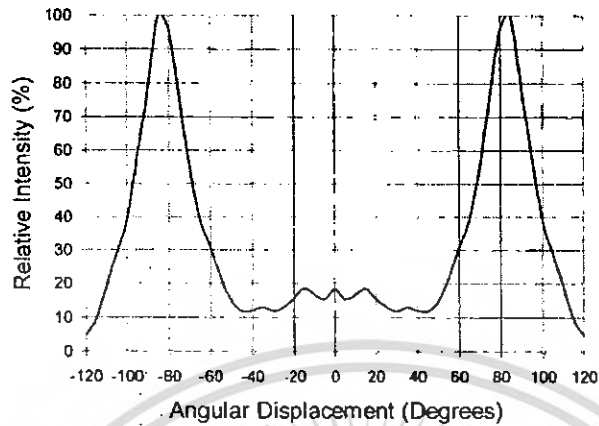


Figure 8b. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter White, Green, Cyan, Blue and Royal Blue.

Average Lumen Maintenance Characteristics

Lifetime for solid-state lighting devices (LEDs) is typically defined in terms of lumen maintenance—the percentage of initial light output remaining after a specified period of time. Lumileds projects that LUXEON products will deliver on average 70% lumen maintenance at 50,000 hours of operation. This performance is based on independent test data, Lumileds historical data from tests run on similar material systems, and internal LUXEON reliability testing. This projection is based on constant current 350 mA operation with junction temperature maintained at or below 90°C. Observation of design limits included in this data sheet is required in order to achieve this projected lumen maintenance.