

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง

High Power LED



T119224



นายอดิศักดิ์

ช่อนกลิ่น

นายอนันต์

สนธิสัมพันธ์

นางสาวอภิญา

ทับวัง

นางสาวอมรรัตน์

ทองช้อย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119224
วัน,เดือน,ปี - 6 S.A. 2554

b. 119224
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงปีการศึกษา 2553 อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

High Power LED



**THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตรปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง วงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง
HIGH POWER LED

ผู้จัดทำ	นายอดิศักดิ์	ช่อนกลิ่น	50011821
	นายอนันต์	สนธิสัมพันธ์	50011836
	นางสาวอภิญา	ทับวัง	50011856
	นางสาวอมรรัตน์	ทองซ้อย	50011878

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชรินทร์ บุญลักษณานุสรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรีบหลอดแอลอีดีกำลังสูง

โดย

นายอดิศักดิ์	ช่อนกลิ่น	50011821
นายอนันต์	สนธิสัมพันธ์	50011836
นางสาวอภิญา	ทับวัง	50011856
นางสาวอมรรัตน์	ทองซ้อย	50011878

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ บุญลักษณะานุสรณ์

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการออกแบบวงจรชุดขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง ซึ่งหลอดแอลอีดีกำลังสูงนี้เป็นหลอดไฟที่มีประสิทธิภาพ และอายุการใช้งานที่ดีกว่าหลอดไฟชนิดอื่นๆ ทำให้อุตสาหกรรมส่วนใหญ่จึงนิยมใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูงกันอย่างแพร่หลาย และจากประโยชน์ดังกล่าวมา จึงได้เล็งเห็นว่าควรจะมีวงจรเฉพาะที่ใช้ในการทำงานร่วมกับหลอดแอลอีดีกำลังสูงนี้ เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ และได้ในราคาต้นทุนที่ต่ำลง ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบวงจรชุดขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงขึ้นมา ซึ่งวงจรรีบหลอดแอลอีดีกำลังสูงนี้จะเป็นการนำความรู้ในเรื่องของ วงจรเรียงกระแส(Rectifier) วงจรลดทอนระดับแรงดัน(Buck Converter) และการควบคุมแบบป้อนกลับ นำมาใช้ในการสร้างวงจรรีบหลอดแอลอีดีกำลังสูงนี้ด้วย และผลที่ได้จากการทดลองนี้ได้เป็นไปตามที่ต้องการ ดังนั้นการออกแบบวงจรรีบหลอดแอลอีดีกำลังสูงนี้ใช้งานได้จริง และจะมีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมที่มีความจำเป็นในการนำหลอดแอลอีดีกำลังสูงนี้มาใช้ เพราะการสร้างวงจรรีบหลอดแอลอีดีกำลังสูงนี้จะทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานไปและยังมีราคาต้นทุนที่ต่ำอีกด้วย

High Power LED

By

Mr.Adisak Sonklin

Mr.Anan Sontisampan

Miss.Apinya Tubvung

Miss.Amonrat Thongchoi

Advisor

Assoc. Prof. Chanin Bunlaksananusorn

Academic 2010

ABSTRACT

This research is designing the circuit High Power LED Because of High Power LED more efficiency and long lasting than others so it is widely used in industry. This advantage brings the idea to develop a specific circuit that co-operation with High Power LED for easy to use and low cost efficiency. In conclusion we designed High Power LED which also involved with knowledge of Rectifier Buck Converter and Feedback The result was expected. It's worked and it will be an important circuit that use in industrial.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

สำหรับการจัดทำปฏิญานិพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ชรินทร์ บุญลักษณานุสรณ์ เป็นอย่างยิ่ง ที่คอยให้คำปรึกษา คำชี้แนะ คำสั่งสอนผู้จัดทำเป็นอย่างดีทั้งด้านคุณธรรมจริยธรรม และความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อปฏิญานิพนธ์นี้ ทั้งยังคอยเอาใจใส่ผู้จัดทำ(พวกเรา)เสมอมา คอยถามความคืบหน้าอยู่ตลอดเวลาจนสามารถทำให้ปฏิญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณพี่อ้อม และพี่สร้อย สำหรับคำปรึกษาที่ดีในการใช้โปรแกรมในการทำงาน และช่วยชี้แนะพวกเราเมื่อมีปัญหา อีกทั้งยังให้กำลังใจเมื่อเกิดปัญหาอีกด้วย

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจเมื่อยามที่เราเกิดปัญหาในการทำงาน สนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ และยังช่วยพวกเราแก้ปัญหาอย่างสุดความสามารถเสมอมา รวมทั้งยังคอยถามไถ่ถึงความคืบหน้าของโครงการอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีให้กับพวกเราตลอดมา รวมถึงการสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีให้กับพวกเราเสมอมา

ผู้จัดทำ

นายอดิศักดิ์ ช่อนกลิ่น

นายอนันต์ สนธิสัมพันธ์

นางสาวอภิญา ทับวัง

นางสาวอมรรรัตน์ ทองซ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทหลอดไฟ	2
2.1.1 หลอดอินแคนเดสเซนต์ หรือหลอดไส้	2
2.1.2 หลอดทังสเตนฮาโลเจน	3
2.1.3 หลอดฟลูออเรสเซนต์	5
2.1.4 หลอดแอลอีดี	8
2.2 วงจรลดทอนแรงดัน	14
2.2.1 หลักการทำงานของวงจรลดทอนแรงดัน	14
2.3 การแปลงแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรง	16
2.3.1 เรกติไฟเออร์ครึ่งคลื่น	18
2.3.2 เรกติไฟเออร์เต็มคลื่นใช้ หม้อแปลงมีแกนกลาง	19
2.3.3 เรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์	20
2.4 การควบคุม ดีซี-ดีซี คอนเวอร์เตอร์	22
2.4.1 การควบคุมแบบเปิด	22
2.4.2 การควบคุมแบบปิด	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2.5 แอลเอ็นเค 304-306

23

ไม่ว่ากรณีใดๆ หงสึน อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5.1 จุดเด่นของผลิตภัณฑ์	23
2.5.2 การทำงานแบบสัญญาณไม่ต่อเนื่อง และการแก้ปัญหาที่ไม่มีผลตอบสนอง	24
2.5.3 ประสิทธิภาพพลังงานสูงสุด	24
2.5.4 การประยุกต์ใช้	24
2.5.5 อธิบายฟังก์ชันของแต่ละขา	26
2.5.6 ฟังก์ชัน ลิงก์สวิตช์ที่เย็น	27
2.5.7 ออสซิลเลเตอร์	27
2.5.8 วงจรป้อนกลับอินพุต	27
2.5.9 ตัวควบคุม 5.8 โวลต์และการเปลี่ยนแรงดันให้เป็น 6.3 โวลต์	28
2.5.10 ขบายพาส ที่ทำให้แรงดันลดลง	28
2.5.11 การป้องกันอุณหภูมิที่มีค่าสูง	28
2.5.12 จำกัดกระแส	28
บทที่ 3 กำหนดและการสร้าง	
3.1 บทนำ	29
3.2 โครงสร้างของ แอลเอ็นเค 306 พีเอ็น	29
3.2.1 คุณสมบัติ	30
3.2.2 อธิบายฟังก์ชันแต่ละขา	30
3.3 โครงสร้างวงจรขับหลอดแอลอีดี	30
3.4 รายละเอียดวงจร	31
3.4.1 บทนำ	31
3.4.2 อินพุตเอซี และตัวกรองสัญญาณอีเอ็มไอ	31
3.4.3 การทำงานทั่วไป	31
3.4.4 การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ และวงจรป้อนกลับ	31
3.5 อุปกรณ์ที่ใช้	32
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ซึ่งงานที่คิดค้นขึ้นมานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	
5.1 สรุปผลการทดลอง	37
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	37
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา	37
ภาคผนวก	38
เอกสารอ้างอิง	84



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของหลอด และ โครงสร้างของหลอดไส้	2
2.2 หลอดทังสเตนฮาโลเจน	3
2.3 โครงสร้างภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์	6
2.4 แสดงรังสีอัลตราไวโอเล็ตทำการกระตุ้นสารเรืองแสงที่ฉาบอยู่ในหลอด	7
2.5 โครงสร้างของหลอดแอลอีดี	9
2.6 แสดงอิเล็กทรอนิกส์จากเอ็นไปพี	9
2.7 เมื่อต่อขั้วลบของเบตเข้ากับเอ็นและขั้วบวกเข้ากับพี	10
2.8 แสดงความยาวคลื่นของแอลอีดีสีต่างๆ	11
2.9 หลอดไฟแอลอีดี	12
2.10 วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์	14
2.11 แสดงวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ขณะสวิตช์นำกระแส	14
2.12 แสดงวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส	15
2.13 การเรกตีไฟเออร์เบื้องต้น	17
2.14 วงจรเรกตีไฟเออร์ครึ่งคลื่น	18
2.15 วงจรเรกตีไฟเออร์เต็มคลื่นใช้หม้อแปลงมีแถบกลาง	19
2.16 แรงดันไฟสลับวัดออกมาได้ที่ตำแหน่ง V1, V2 เทียบกับแทปกลาง (CT)	20
2.17 วงจรเรกตีไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์	21
2.18 การสร้างสัญญาณควบคุม Pulse Width Modulation แบบเปิด	22
2.19 การสร้างสัญญาณควบคุม Pulse Width Modulation แบบปิด	23
2.20 การประยุกต์ใช้วงจรลดทอนระดับแรงดัน	25
2.21 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม	26
2.22 โครงสร้างแต่ละขา	27
3.1 วงจรภายในของแอลเอ็นเค 306 พีเอ็น	29
3.2 วงจรขับหลอดแอลอีดี	30
4.1 การต่อหลอด LED กำลังสูงอนุกรมกัน 6 หลอด	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2 รูปวงจรถอดทอนระดับแรงดันที่ใช้ในการทดลองจริง	33
4.3 แสดงลาย PCB ของวงจร	34
4.4 กราฟแสดงเปรียบเทียบระหว่าง $V_{อิน}$ กับ $V_{เอาต์}$	34
4.5 กราฟแสดงเปรียบเทียบระหว่าง $V_{อิน}$ กับ $I_{เอาต์}$	35
4.6 กราฟแสดงเปรียบเทียบระหว่าง $V_{อิน}$ กับ $P_{เอาต์}$	35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงอายุการใช้งานของหลอดไส้	4
2.2 แสดงการเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียหลอดอินแคนเดสเซนต์ และหลอดทังสเตนฮาโลเจน	5
2.3 แสดงแถบความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	6
2.4 แสดงรูปร่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ มี 4 แบบ	7
2.5 แสดงตารางกระแสเอาต์พุตของแอลเอ็นเค 302พี หรือ จี – แอลเอ็นเค 306 พี หรือ จี	25



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันหลอดไฟเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในชีวิตประจำวัน ทำให้หลอดไฟถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้หลอดไฟที่ดีที่สุดและเหมาะกับการนำไปใช้งาน อีกทั้งยังต้องประหยัดราคา ค่าใช้จ่ายอีกด้วย หลอดแอลอีดีกำลังสูงเป็นทางเลือกอย่างหนึ่งในอุตสาหกรรมต่างๆ นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีประสิทธิภาพที่ดี ฟลักซ์ส่องสว่างมาก อายุการใช้งานยาวนาน ขนาดของที่เล็ก ไม่มีรังสีอัลตราไวโอเลต ประหยัดพลังงาน และความร้อนของลำแสงก็น้อยมาก เมื่อเทียบกับหลอดไฟชนิดอื่นๆ จากที่กล่าวมานี้จึงทำให้หลอดแอลอีดีกำลังสูงนี้เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดที่นิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งด้านในวงการแพทย์ ยานยนต์ โทรทัศน์ และคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1) เพื่อศึกษาให้เข้าใจถึงหลักการทำงานและคุณสมบัติของหลอดแอลอีดีกำลังสูง
- 2) เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรลดทอนระดับแรงดัน (Buck Converter)
- 3) เพื่อศึกษาให้เข้าใจถึงหลักการทำงานของวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง
- 4) เพื่อออกแบบและสร้างชุดขับ AC/DC สำหรับหลอดแอลอีดีกำลังสูง ที่ให้การลงทุนต่ำ มีประสิทธิภาพสูงในการใช้งาน และสามารถใช้งานได้จริง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1) ศึกษาหลักการทำงานของวงจรลดทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) เพื่อใช้สร้างแหล่งจ่าย กำลังไฟฟ้า AC/DC สำหรับหลอดแอลอีดีกำลังสูง
- 2) ออกแบบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า AC/DC สำหรับหลอดแอลอีดีกำลังสูง
- 3) สร้างแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า AC/DC สำหรับขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง
- 4) ทำการวิเคราะห์ผลและปรับปรุงแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า AC/DC สำหรับขับหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า แอลอีดีกำลังสูง ที่ให้การลงทุนที่ต่ำ และมีประสิทธิภาพสูงในการใช้งาน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

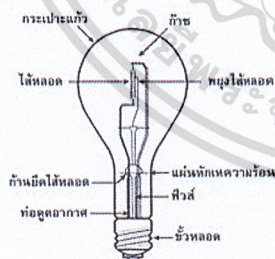
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของหลอดไฟ

2.1.1 หลอดอินแคนเดสเซนต์ หรือหลอดไส้

การทำงานของหลอดอินแคนเดสเซนต์(Incandescent)เกิดขึ้นจากการปล่อยให้กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าสู่ขดลวดทั้งสแตน ขดลวดจะเริ่มร้อนแดงและเปล่งแสงออกปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดนี้มากขึ้นเท่าไร มันก็ยิ่งเปล่งแสงออกมาได้มากขึ้นเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามก็มีข้อจำกัดอยู่ที่ว่า เราไม่สามารถให้ขดลวดทั้งสแตนทำงานเกินจุดหลอมเหลวของมันได้

หลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพต่ำ เคยมีผู้ทำการทดลองและได้ผลว่า เมื่อเราปล่อยให้อุณหภูมิของขดลวดทั้งสแตนสูงขึ้นถึงจุดหลอมเหลวของมันมันจะเปล่งแสงออกมาได้เพียง 53 ลูเมนต่อวัตต์ อย่างไรก็ตามความนิยมในการใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ก็ยังมีอยู่มากเนื่องจากการติดตั้งหลอดอินแคนเดสเซนต์ทำได้ง่ายและราคาถูกเมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ นอกจากนี้การเปลี่ยนขนาดของหลอดเพื่อเพิ่มกำลังแห่งการส่องสว่างก็ทำได้โดยการเปลี่ยนหลอดใหม่เข้าไปแทนที่หลอดเก่าเท่านั้น โดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดและชนิดของบัลลาสต์ที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบ และ โครงสร้างของหลอดไส้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 หลอดทังสแตนฮาโลเจน (Tungsten Halogen)

ชนิดของหลอดอินแคนเดสเซนส์มีมากมายหลายชนิด แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะทังสแตนฮาโลเจนซึ่งต่างจากหลอดอินแคนเดสเซนส์ชนิดอื่นๆ ในเรื่องของอายุการใช้งาน หลอดทังสแตนฮาโลเจนนั้นจะถูกบรรจุก๊าซในกลุ่มของฮาโลเจนเอาไว้ ในขณะที่หลอดทำงาน ทังสแตนจะระเหิดออกมาเหมือนกับหลอดอินแคนเดสเซนส์โดยทั่วไป แต่ที่ต่างกันก็คือทังสแตนที่ระเหิดออกมาจะเข้าจับตัวกับก๊าซฮาโลเจนดังกล่าว และเมื่อหลอดเย็นตัวลงมันจะสลายตัวออกจากกัน ทังสแตนจะกลับไปเกาะที่ไส้หลอดอย่างเดิม ทำให้ไส้หลอดไม่กร่อนเร็วเหมือนกับหลอดอินแคนเดสเซนส์ชนิดอื่นๆ



รูปที่ 2.2 หลอดทังสแตนฮาโลเจน

2.1.2.1 ประเภทของหลอด (The Class of Lamp) คือ

- 1) หลอดแบบ B (Type B) เป็นหลอดไส้ซึ่งภายในตัวหลอดเป็นสุญญากาศ และเป็นหลอดที่มีกำลังไฟฟ้าน้อยกว่า 40 วัตต์
- 2) หลอดแบบ C (Type C) เป็นหลอดไส้ชนิดบรรจุก๊าซ(ก๊าซไนโตรเจน และอาร์กอน)ไว้ข้างในตัวหลอด ซึ่งเป็นที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน

2.1.2.2 อายุการใช้งานของหลอดไส้

อายุการทำงานของหลอดไส้ทั่วไป จะมีอายุการทำงาน 750-1,000 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าการใช้งาน และแรงดันที่เปลี่ยนแปลงในวงจร เช่น การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีโหลดมาก เช่น เตารีด ไม้อ่างกรรณใดๆ หงสน อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีด เต่าไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ เครื่องทำน้ำอุ่น ฯลฯ เมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้ถูกใช้งาน จะสังเกตเห็นว่า ความสว่างของหลอดไฟฟ้าจะลดลงชั่วขณะหนึ่ง ทั้งนี้เป็นเพราะว่า เครื่องใช้ไฟฟ้าดังกล่าว นั้น จะดึงกระแสจากวงจรไฟฟ้า ทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าลดต่ำลง มีผลให้อายุการใช้งานของหลอดลดลง เนื่องจากการระเหยตัวของไส้หลอดที่เป็นโลหะทั้งสแตนนั้น เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และอุณหภูมิของไส้หลอดก็ลดต่ำลงเมื่อแรงดันกลับคืนสู่ภาวะปกติ หลอดก็จะสว่างในระดับเดิม เมื่อเป็นเช่นนี้หลายครั้งเข้าก็จะทำให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลง

ตารางที่ 2.1 แสดงอายุการใช้งานของหลอดไส้

ขนาดของหลอด (วัตต์)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (ชั่วโมง)	จำนวนลูเมน	ลูเมน/วัตต์
25	2,500	235	9.5
40	1,500	470	11.7
60	1,000	870	14.5
100	750	1,750	17.5
150	750	2,780	18.5
200	750	4,010	20.0
300	750	6,360	21.2
500	1,000	10,850	21.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

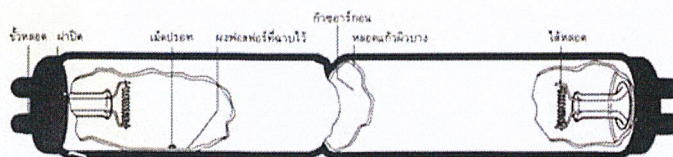
ตารางที่ 2.2 แสดงเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของหลอดอินแคนเดสเซนต์และหลอดทั้งสแตนฮาโลเจน

	ข้อดี	ข้อเสีย
หลอดอินแคนเดสเซนต์	<ul style="list-style-type: none"> - ให้แสงที่มีคุณภาพดีและมีความถูกต้องของแสงสูง - ราคาถูก หาซื้อและติดตั้งง่าย - อุณหภูมิโดยรอบไม่มีผลต่อแสงสว่าง - ขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายสะดวก - ใช้ทำไฟประดับ ไฟจราจร ไฟสัญญาณเตือนภัย ตู้แสดงสินค้า ตู้เย็น 	<ul style="list-style-type: none"> - ให้แสงสว่างน้อย - เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน - อายุการใช้งานสั้น
หลอดทั้งสแตนฮาโลเจน	<ul style="list-style-type: none"> - ให้แสงสว่างที่สบายตา - มีอายุการใช้งานนานถึง 3,000 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับรุ่นและชนิด) - ทนความร้อนได้สูง - ความถูกต้องของสีสูง มักใช้ส่องสินค้าในตู้โชว์ งานศิลปะ ซึ่งจะให้สีที่ถูกต้อง 	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่ประหยัดไฟ - ห้ามฉายกับภาพสีน้ำมัน

2.1.3 หลอดฟลูออเรสเซนต์

การจุดติดของหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้นอาศัยการปล่อยประจุไฟฟ้าระหว่างขั้วหัวและขั้วท้ายของอิเล็กโทรด ภายในหลอดแก้วที่บรรจุด้วยก๊าซอาร์กอนและไอปรอทซึ่งมีความดันต่ำ ขณะที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะเกิดการปล่อยประจุในก๊าซ (Gas Discharge) การปล่อยประจุในก๊าซดังกล่าวจะทำให้เกิดรังสีอัลตราไวโอเล็ต (แสงเหนือม่วง) รังสีอัลตราไวโอเล็ตนี้ถูกปล่อยออกมาโดยการกระตุ้นอะตอมของไอปรอท เนื่องจากการกระแทกของอิเล็กตรอนที่ได้รับการปล่อยไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมาจากขั้วอิเล็กโทโรดและถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้า ในขณะที่เดียวกันรังสีอัลตราไวโอเลตมีความยาวคลื่น 253.7 nm ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้



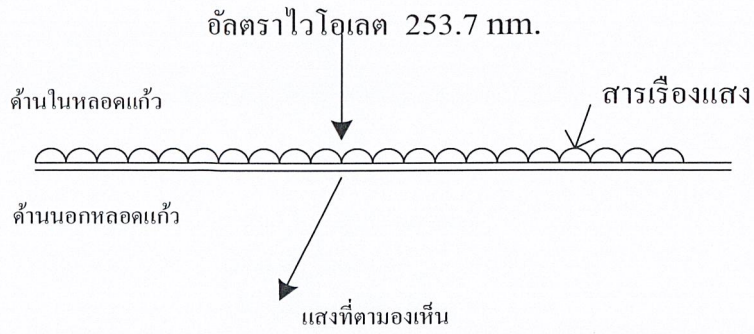
รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ตารางที่ 2.3 แสดงแถบความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

แถบสีของแสง	ความยาวคลื่น(nm)
อัลตราไวโอเลต(เหนือม่วง)	253.7
ม่วง	380-420
คราม	420-440
น้ำเงิน	440-490
เขียว	490-560
เหลือง	560-590
แสด	590-630
แดง	630-760
อินฟราเรด(ใต้แดง)	1000





รังสีอัลตราไวโอเลตนี้จะไปกระตุ้นสารเรืองแสง (Phosphor) ที่ฉาบไว้ด้านในของหลอดแก้ว ซึ่งจะเปล่งแสงในช่วงที่ตามองเห็นออกเป็นสีแสงต่างๆ นั้นขึ้นอยู่กับสารเรืองแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงรังสีอัลตราไวโอเล็ตทำการกระตุ้นสารเรืองแสงที่ฉาบอยู่ในหลอด

ตารางที่ 2.4 แสดงรูปร่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ มี 4 แบบ

รูปแบบของหลอด	ตัวอย่างหลอด
1. แบบหลอดแก้วยาวตรง (T: Tubular)	
2. แบบวงกลม (Circline)	
3. แบบตัวยู (U-shape)	
4. แบบทรงกะทัดรัด (Compact)	

2.1.3.1 คุณสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์

คุณสมบัติที่สำคัญของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่กำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับประเทศไทย โดยกำหนดไว้ในมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม (มอก. 236-2520) มีรายละเอียดดังนี้

- 1) การจุดหลอด หลอดต้องจุดติดได้ภายในเวลา 1 นาที และต้องสว่างอย่างคงที่ หลอดจะต้องจุดติดได้ เมื่อแรงดันลดลงจากปกติไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด

ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม หากพบหลอดที่ชำรุดเสียหายหรือหลอดที่หมดอายุการใช้งาน ควรนำหลอดดังกล่าวไปทิ้งอย่างถูกต้อง

- 2) กำลังไฟฟ้า ต้องมีค่าไม่แตกต่างจากกำลังไฟฟ้าประสงค์เฉลี่ยเกินกว่าผลรวมของ 0.5 วัตต์ กับร้อยละ 5 ของกำลังไฟฟ้าประสงค์นั้น
- 3) แรงดันไฟฟ้า ระหว่างขั้วหลอด ต้องอยู่ในช่วงที่กำหนดตามมาตรฐาน
- 4) พลังค์ของการส่องสว่าง ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของค่าพลังค์การส่องสว่าง ที่ผู้ผลิต กำหนดแต่ต้องไม่น้อยกว่าค่าพลังค์การส่องสว่างต่ำสุดที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน
- 5) อายุการใช้งาน ต้องไม่ต่ำกว่า 2,000 ชั่วโมง

2.1.3.2 อายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์

อายุการทำงานของหลอดมีไส้ธรรมดา (Incandescent) จะมีอายุอยู่ระหว่าง 1,750 – 2,500 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับ ขนาด แบบ และจุดประสงค์ของหลอดที่นำไปใช้งาน สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งเปิดไว้สว่างตลอด และไม่เคຍปิดเลย จะมีอายุการใช้งาน 30,000 ชั่วโมง หรือประมาณ 4 ปี ถ้ามันถูกเปิดและปิดทุกๆ 5 นาที มันจะมีอายุการใช้งานได้นานประมาณ 500 ชั่วโมง เหตุผลก็คือ จะมีอิเล็กตรอนวิ่งเข้าชนแก๊สโทดบ่อยครั้งทั่วๆ ไปแล้ว การประมาณอายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยสมมุติว่าหลอด 40 วัตต์ ให้เปิด-ปิด ทุกๆ 3 ชั่วโมง หลอดจะมีอายุการใช้งานเฉลี่ย 18,000 ชั่วโมง

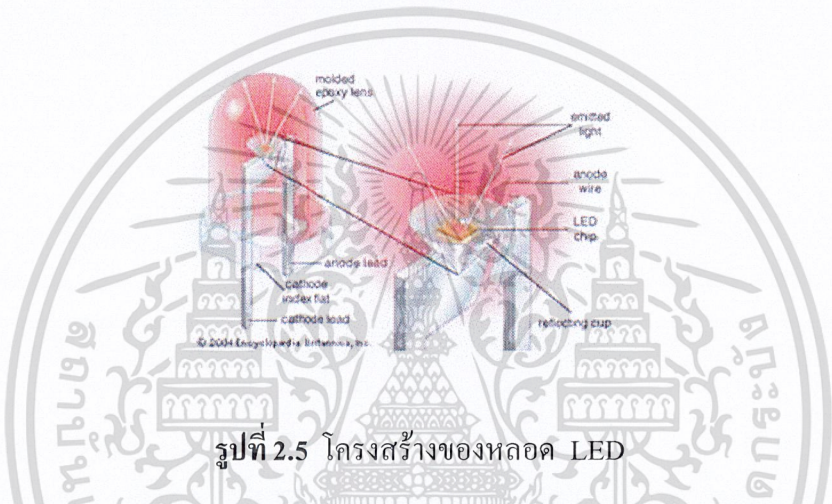
- ข้อดีของหลอดฟลูออเรสเซนต์
 - มีอายุการใช้งานนาน ใช้งานได้หลายแบบ เช่น งานตกแต่ง โฉวสีสินค้า
 - ประหยัดพลังงานไฟฟ้า
 - มีความร้อนของหลอดน้อย
- ข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนต์
 - ราคาแพง
 - ต้องอาศัยอุปกรณ์ช่วย เช่น บัลลาสต์ และสตาร์ทเตอร์
 - แสงสว่างลดลงมากกว่า เมื่อแรงดันไฟฟ้าตก

2.1.4 หลอดแอลอีดี

ไดโอดเปล่งแสง (light-emitting diode) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า แอลอีดี ซึ่งสามารถเปล่งแสงออกมาได้ แสงที่เปล่งออกมาประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียวและ เฟสต่อเนื่องกัน จะแตกต่างกับแสงสีขาวที่เปล่งออกมาโดยหลอดไส้ธรรมดาที่ประกอบด้วยคลื่นความถี่ต่างๆ กัน และเฟสไม่ต่อเนื่องกัน

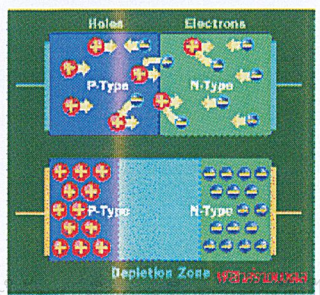
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมดาที่ตาคนมองเห็น โดยหลอด แอลอีดี สามารถเปล่งแสงได้เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างดีกว่าหลอดไฟขนาดเล็กต่างๆ ไป ภายในหลอดแอลอีดีประกอบ ด้วยแผ่นชิปสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและชนิดพีติดอยู่ในถ้วยสะท้อนแสง มีเส้นลวดทองคำขนาดเล็กมากเชื่อมระหว่างสารกึ่งตัวนำและขาแอลอีดี (ดังภาพประกอบ) ชิ้นส่วนทั้งหมดถูกบรรจุในพลาสติกใสทรงโคม ซึ่งทำหน้าที่เป็นเลนส์รวมแสง โดยลักษณะลำแสงที่ออกจากหลอดแอลอีดีขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น รูปร่างของถ้วยสะท้อนแสง ขนาดของชิปสารกึ่งตัวนำ รูปร่างเลนส์ ระยะห่างระหว่างตัวชิปกับผิวพลาสติกที่หุ้มอยู่ เป็นต้น



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของหลอด LED

ไดโอดเป็นอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิดได้แก่ สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type semiconductor) ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำที่ถูกตัดแปลงให้มีอิเล็กตรอนอิสระมากกว่าสารกึ่งตัวนำ ปกติ กับสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type semiconductor) ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำตัดแปลงให้มีโฮล (hole) ซึ่งมีสภาพเป็นประจุบวก เมื่อนำสารกึ่งตัวนำตัดแปลงทั้งสองชนิดมาประกบติดกัน ในสภาพที่ไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่สารกึ่งตัวนำ อิเล็กตรอนส่วนหนึ่งของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและโฮลของสารกึ่งตัวนำชนิดพีที่ รอยต่อของสารทั้งสองจะเคลื่อนที่เข้าหากัน ทำให้สารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิดเกิดพื้นที่กลางที่ไม่มีประจุไฟฟ้าขึ้น โดยรอบ บริเวณรอยต่อ

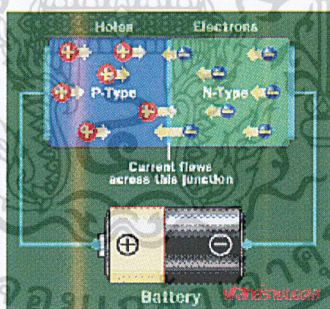


รูปที่ 2.6 แสดงอิเล็กตรอนอิสระจาก N ไป P

เมื่อต่อไฟฟ้ากระแสตรง เข้าที่ขาไดโอด โดยต่อขั้วลบกับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น และต่อขั้วบวกเข้ากับสารกึ่งตัวนำชนิดพี อิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นจะถูกผลักให้เคลื่อนที่ออกจากขั้วลบ ไปในสารกึ่งตัวนำชนิดพี ในทางตรงข้าม โฮลของสารกึ่งตัวนำชนิดพีก็จะถูกผลักให้ออกจากขั้วบวกไปในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเช่นกัน หากผ่านกระแสไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์สูงเพียงพอ จะทำให้พื้นที่กลางบริเวณที่ไม่มีประจุไฟฟ้าสลายไป ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านไดโอดได้ แสงที่เปล่งออกมาจากไดโอดเปล่งแสง ที่มีสีต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อสารกึ่งตัวนำที่ใช้ในการผลิตเนื้อสารที่ใช้มีดังนี้

- สารประเภทแกเลียมอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์ (Gallium Arsenide Phosphide ; GaAsP) จะให้กำเนิดแสงสีเหลืองและแสงสีเขียว
- สารแกเลียมฟอสไฟด์ (Gallium Phosphide ; GaP) จะให้กำเนิดแสงสีแดง
- ใช้แกเลียมอาร์เซไนด์ (GALLIUM ARSENIDE) เขียนย่อ GaAs จะให้กำเนิดแสงอินฟราเรดออกมา

ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณลักษณะพิเศษ คือ สามารถเรืองแสงได้เมื่อได้รับไบอัสตรง การเกิดแสงที่ตัว LED นี้เราเรียกว่า อิเล็กโทรลูมิเนสเซนซ์ (Electroluminescence)



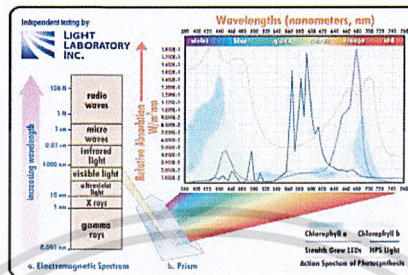
รูปที่ 2.7 เมื่อต่อขั้วลบของแบตเตอรี่เข้ากับ N และขั้วบวกเข้ากับ P

เราสามารถแบ่งแอลอีดีได้ 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มองไม่เห็น และเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มองเห็นได้

- 1) แอลอีดีที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มองไม่เห็น จะพบว่าเป็นแอลอีดีที่กำเนิดแสงได้แดง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าแสงอินฟราเรด เราสามารถพบเห็นแอลอีดีประเภทนี้ได้ทั่วๆ ไปจากรีโมทเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 2) ที่แอลอีดีที่ให้แหล่งกำเนิดแสงที่มองเห็น จะให้แสงสีต่างๆกัน ซึ่งความแตกต่างนี้ราคาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น จะขึ้นอยู่กับสารเจือปนที่ใส่ลงไปผลิต Ga จากสารที่เรามองเห็นแสงจากแอลอีดีใช้

สีต่างๆกัน เช่นสีแดง ส้ม เหลือง ฯลฯ ก็เพราะว่าเกิดความแตกต่างกันของความยาวคลื่นแสง เช่นแสงสีแดงความยาวคลื่นประมาณ $0.7\mu\text{m}$ แสงสีน้ำเงินประมาณ $0.48\mu\text{m}$



รูปที่ 2.8 แสดงความยาวคลื่นของ LED สีต่างๆ

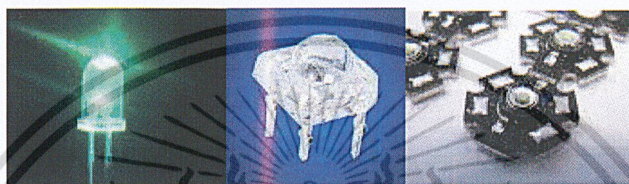
- 200-280 nm ช่วงความยาวคลื่น uvc มี toxic ที่สูงมากและเป็นอันตรายต่อพืช
- 280-315 nm ช่วงความยาวคลื่น uvb ซึ่งทำให้พืชเหี่ยวเฉาหรือค่อยๆตาย
- 315-380 nm ที่ความยาวคลื่น uva ไม่ก่อให้เกิดอันตรายแต่อย่างไรแต่กลับมีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช
- 380-400 nm เป็นช่วงแสงที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (visible light) ซึ่งประสาทตาของมนุษย์สามารถสัมผัสได้ อีกทั้งยังเป็นกระบวนการเริ่มต้นดูดซึมของคลอโรฟิลล์
- 400-520 nm เป็นช่วงความยาวคลื่น ที่เห็นเป็นสีม่วง สีน้ำเงินและสีเขียว และเป็นช่วงที่คลอโรฟิลล์จะดูดซับได้สูงสุดซึ่งมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์แสง(ส่งเสริมการเจริญเติบโต)
- 520-610 nm เป็นช่วงความยาวคลื่น ที่เห็นเป็นของสีเขียว สีเหลือง และสีส้มจะถูกดูดซึมโดย pigment ใต้น้อย
- 610-720 nm เป็นช่วงความยาวคลื่นสีแดง คลอโรฟิลล์จะดูดซับแสงได้ดี
- 720-1000 nm เป็นช่วงความยาวคลื่น ที่มีการดูดซับของแสงเล็กน้อย มักอยู่ในคลอโรฟิลล์ประเภท คอกไมล์และพวกที่กำลังเจริญเติบโตหรือออกนอกช่วงค่ารังสีอินฟราเรดนั้น 1,000+ พลังงานทั้งหมดที่ถูกดูดซับไว้จะถูกเปลี่ยนในรูปของความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.1 การใช้งานแอลอีดี

ปัจจุบันแอลอีดีมีให้เลือกใช้งานได้หลายรูปแบบ มีขนาดการขับเคลื่อนตั้งแต่ 1mA-มากกว่า 1A การแบ่งแอลอีดีสามารถแบ่งได้ 2 แบบตามลักษณะ packet

1. แบบ Lamp Type เป็นแอลอีดีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 3 mm. ขึ้นไป การขับเคลื่อนของหลอดแอลอีดีจะถูกออกแบบให้ขับเคลื่อนได้ไม่เกิน 150mA เพราะแอลอีดีจะถูกเคลือบด้วยอีพ็อกซี่ ทั้งหมด เส้นทางการระบายความร้อนออกจากตัวแอลอีดีจึงน้อย แต่แอลอีดีชนิดนี้สามารถนำไปใช้ทั้งภายในและภายนอก ซึ่งจะทนทานต่อสภาวะอากาศต่างๆ ได้มาก



รูปที่ 2.9 หลอดไฟ LED

2. แบบ Surface Mount Type มีลักษณะ packet เป็นตัวบางๆ มีขนาดการขับเคลื่อนตั้งแต่ 20 mA – มากกว่า 1A ถ้าสามารถขับเคลื่อนตั้งแต่ 300mA ขึ้นไปเรียกว่า power LED และจะบอกหน่วยเป็นวัตต์ การใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ภายในเพราะสารเคลือบหน้าหลอดแอลอีดีส่วนใหญ่เป็นซิลิโคน ซึ่งละอองน้ำสามารถซึมผ่านเข้าสู่ภายในได้ และละอองน้ำหรือความชื้นยังสามารถซึมผ่านส่วนต่างของตัวแอลอีดีได้

ข้อดี

- เป็นหลอดที่กินไฟน้อย
- หลอด LED เหมาะสำหรับหลอดไฟที่ต้องการให้เปิดปิดบ่อยครั้ง เนื่องจากสามารถเปิดปิดบ่อยๆ โดยไม่มีปัญหาแต่อย่างใด และเมื่อเปิดหลอดไฟ จะให้ความสว่างโดยทันที
- อุณหภูมิห้องไม่ร้อนช่วยประหยัดไฟค่าแอมป์ได้
- หลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากภายในบรรจุไอของปรอทขณะที่หลอดไฟ LED มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประหยัดพลังงานกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ 10-15 เท่า

ข้อเสีย

- หลอด LED ให้ความสว่างน้อยกว่าหลอดปกติ
- มีช่วงลำแสงสั้นทำให้ไม่ค่อยเหมาะที่จะใช้ในการเดินทางที่ต้องคอยมองหาทางตอนกลางคืนหรือในที่มืดๆ

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าหลอด LED กำลังสูงนั้นเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆได้

2.1.4.2 คุณสมบัติของหลอด LED กำลังสูง

- 1) มีฟลักซ์การส่องสว่างสูงกว่าหลอด LED ทั่วไป
- 2) มีอายุการใช้งานของหลอดโดยเฉลี่ยประมาณ 100,000 ชั่วโมง หรือ 11 ปี (ขึ้นอยู่กับคุณภาพของแอลอีดี)
- 3) มีประสิทธิภาพของพลังงานมากกว่าหลอดไส้ และหลอดฮาโลเจน
- 4) ไม่มีรังสีอัลตราไวโอเลต
- 5) ลำแสงที่ออกมาจากหลอด LED กำลังสูงจะเย็นไม่ร้อนเหมือนหลอดไส้ และหลอดฮาโลเจน
- 6) สามารถควบคุมคุณภาพของแสงให้ปล่อยออกมาได้
- 7) มีให้เลือกหลายสี เช่น สีแดง เขียว น้ำเงิน อัมพัน ขาว เป็นต้น
- 8) สามารถนำไปใช้งานในด้านต่างๆได้อีกมากมายตามต้องการ

2.1.4.3 การประยุกต์ใช้งานของหลอด LED กำลังสูง

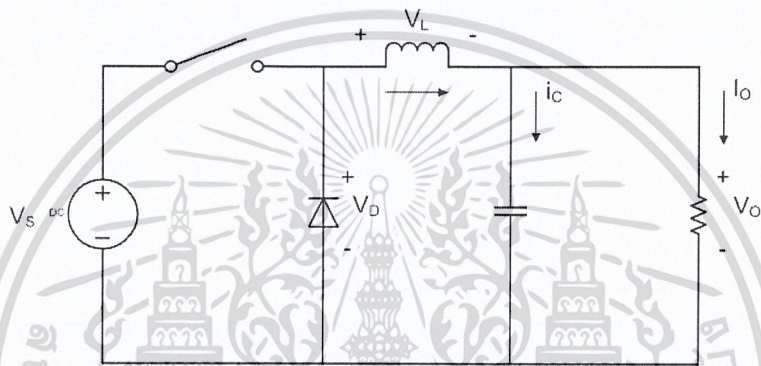
- 1) ทางด้านการแพทย์มีการนำหลอด LED กำลังสูงมาใช้ทำไฟส่องในการผ่าตัด
- 2) ทางด้านยานยนต์มีการนำหลอด LED กำลังสูงมาใช้แทนหลอดธรรมดาซึ่งจะให้ความสว่างมากกว่าและมีความสวยงามมากกว่าหลอดทั่วไป
- 3) ทางด้านการตกแต่งภายนอกและภายในอาคาร สถานที่ต่างๆเพื่อเพิ่มความสวยงาม
- 4) หลอดไฟใช้งานทั่วไป เช่น สัญญาณจราจร ไฟท้ายรถยนต์ ป้ายสัญญาณต่างๆ
- 5) จอภาพยนตร์ขนาดใหญ่และป้ายแสดงข้อความต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วงจรลดทอนแรงดัน (Buck Converter)

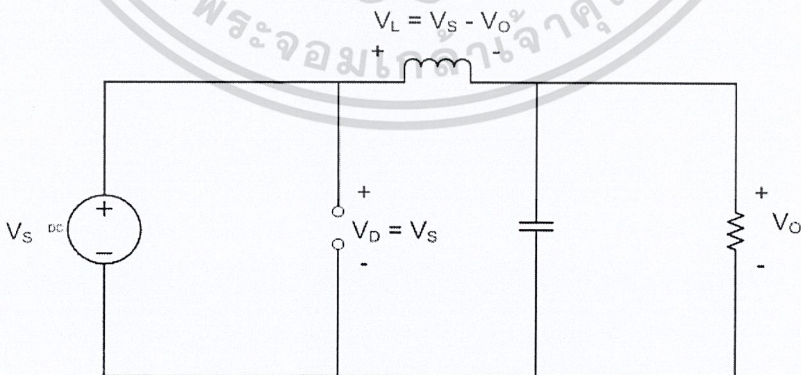
2.2.1 หลักการทำงานของวงจรลดทอนแรงดัน

เพื่อจะออกแบบให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกที่ต้องการ ต้องเริ่มเงื่อนไขจากที่ว่า แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ตัวเหนี่ยวนำ ในแต่ละคาบเวลาต้องมีค่าเท่ากับศูนย์ จากนั้นก็จะสามารถหากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้ การวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมคจะต้องวิเคราะห์ในสถานะอยู่ตัว



รูปที่ 2.10 แสดงวงจร buck คอนเวอร์เตอร์

2.2.1.1 ขณะสวิตช์นำกระแส



รูปที่ 2.11 แสดงวงจร Buck Converter ขณะสวิตช์นำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปกระแสที่ไหลจากแหล่งจ่ายกระแสจะไหลผ่านสวิตช์ ผ่านตัวเหนี่ยวนำไปยังโหลด โดยที่กระแสส่วนหนึ่งจะเก็บไปที่ตัวเก็บประจุ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

สมการขณะสวิตช์นำกระแส

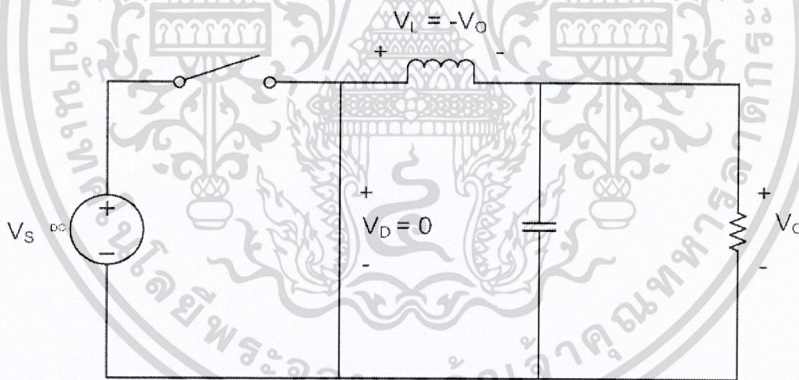
$$V_L = V_S - V_O$$

$$V_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$dt = DT$, ช่วงเวลานำกระแส

$$\Delta i_{L,on} = \left(\frac{V_S - V_O}{L} \right) DT$$

2.2.1.2 ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส



รูปที่ 2.12 แสดงวงจร Buck Converter ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส

จากรูปเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส ไดโอดจะถูกไบอัสทำให้กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง และสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

สมการขณะสวิตช์ไม่นำกระแส

$$V_L = -V_O$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$dt = (1 - D)T$, ช่วงเวลาหยุดนำกระแส

$$\Delta i_{L,off} = -\left(\frac{V_O}{L} \right) (1 - D)T$$

การหาค่าอัตราขยายแรงดันของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์

$$\frac{V_o}{V_s} = D$$

การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์

$$L_{\min} = \frac{(1-D)R}{2f}$$

ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก

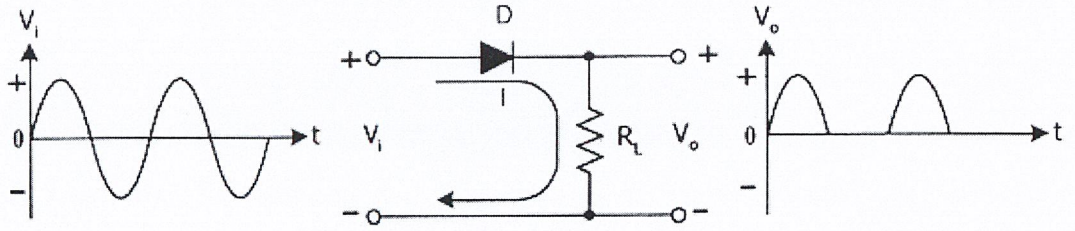
$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{1-D}{8LCf^2}$$

2.3 การแปลงแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรง

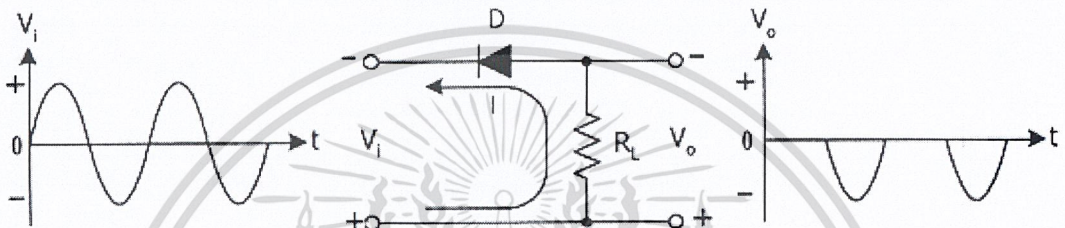
วงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ จะต้องใช้แรงดันเลี้ยงวงจรเป็นแรงดันไฟตรง (DC) โดยทำการแปลงแรงดันไฟสลับ (AC) ให้เป็นแรงดันไฟตรง (DC) วงจรที่ทำหน้าที่ดังกล่าวนี้เรียกว่าวงจรเรกติไฟเออร์ (Rectifier Circuit) หรืออาจเรียกว่าวงจรเรียงกระแส อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้คือไดโอด ไดโอดที่นิยมนำมาใช้ในงานในวงจรเรกติไฟเออร์เป็นไดโอดชนิดซิลิกอน การทำงานของไดโอดเรกติไฟเออร์ใช้หลักการจ่ายไบอัสตรง และการจ่ายไบอัสกลับให้ตัวไดโอด เพื่อให้ไดโอดนำกระแสและหยุดนำกระแสตามสภาวะไบอัสที่จ่ายแรงดันที่ผ่านการเรกติไฟเออร์แล้ว ได้แรงดันออกมาเป็นไฟตรงซีกบวกหรือแรงดันไฟตรงซีกลบ แรงดันไฟตรงจะได้ออกมาซีกใดขึ้นอยู่กับการจัดวงจรไดโอดเรกติไฟเออร์ ถ้าไดโอดจัดให้ขาแคโทด (K) ออกเอาต์พุตได้แรงดันซีกบวกออกมา และถ้าไดโอดจัดให้ขาแอนอด (A) ออกเอาต์พุตได้แรงดันซีกลบออกมา ลักษณะการเรกติไฟเออร์เบื้องต้น แสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่หกสมมูลทาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



(ก) แรงดันไฟตรงซีกบวกออก



(ข) แรงดันไฟตรงซีกลบออก

รูปที่ 2.13 การเรกติไฟเออร์เบื้องต้น

จากรูปที่ 2.13 (ก) แสดงการเรกติไฟเออร์เบื้องต้น ได้แรงดันไฟตรงซีกบวกออกเอาต์พุต โดยต่อขา A รับแรงดันไฟสลับอินพุต และต่อขา K ออกเอาต์พุต ไดโอด D จะได้รับไบอัสตรงเมื่อแรงดันไฟสลับซีกบวกป้อนให้ขา A ไดโอด D นำกระแส มีกระแส I ไหลผ่านไดโอดไปตกคร่อมโหลด RL เป็นแรงดันออกเอาต์พุต V_o ซีกบวก

ส่วนรูปที่ 2.13 (ข) แสดงการเรกติไฟเออร์เบื้องต้นได้แรงดันไฟตรงซีกลบออกเอาต์พุต โดยต่อขา K รับแรงดันไฟสลับอินพุต และต่อขา A ออกเอาต์พุต ไดโอด D จะได้รับไบอัสตรงเมื่อแรงดันไฟสลับซีกลบป้อนให้ขา K ไดโอด D นำกระแสมีกระแส I ไหลผ่านโหลด RL ไหลผ่านไดโอด D เป็นแรงดันออกเอาต์พุต V_o ซีกลบ

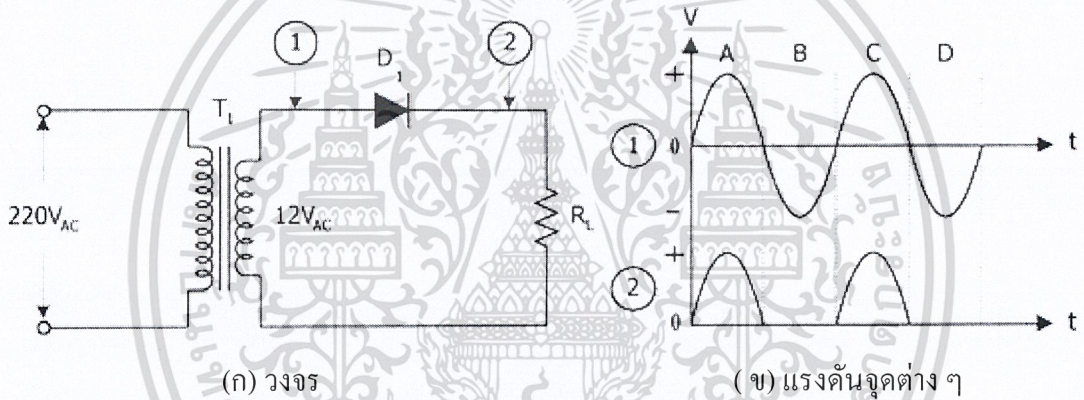
วงจรเรกติไฟเออร์ที่ลูกสร้างใช้งานมีลักษณะแรงดันที่ผ่านการเรกติไฟเออร์ แล้วได้แรงดันออกเอาต์พุต 2 แบบ คือ แบบแรงดันครึ่งคลื่น (Half Wave Voltage) และแบบแรงดันเต็มคลื่น (Full Wave Voltage) เมื่อนำมาสร้างเป็นวงจรเรกติไฟเออร์ สามารถสร้างวงจรออกมาได้เป็น 3 ชนิดคือ

1) เรกติไฟเออร์ครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier) ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) เร็กติไฟเออร์เต็มคลื่นใช้หม้อแปลงมีแทปกลาง (Full Wave Rectifier by Center-tapped Transformer)
- 3) เร็กติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Full Wave Bridge Rectifier)

2.3.1 เร็กติไฟเออร์ครึ่งคลื่น

เร็กติไฟเออร์ครึ่งคลื่น เป็นวงจรเร็กติไฟเออร์ที่แปลงแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรง กระเพื่อม โดยการตัดแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้ามาออกไปซีกใดซีกหนึ่ง อาจเป็นซีกบวกหรือซีกลบ การกำหนดตัดซีกใดออกขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวงจรเร็กติไฟเออร์ วงจรเร็กติไฟเออร์แบบนี้ใช้ ไดโอดในการทำงานเพียงตัวเดียว แรงดันไฟตรงกระเพื่อมที่ออกเอาต์พุตถูกตัดหายไปเป็นเป็นช่วง ๆ ลักษณะวงจรและแรงดันที่ได้แสดงดังรูป



รูปที่ 2.14 วงจรเร็กติไฟเออร์ครึ่งคลื่น

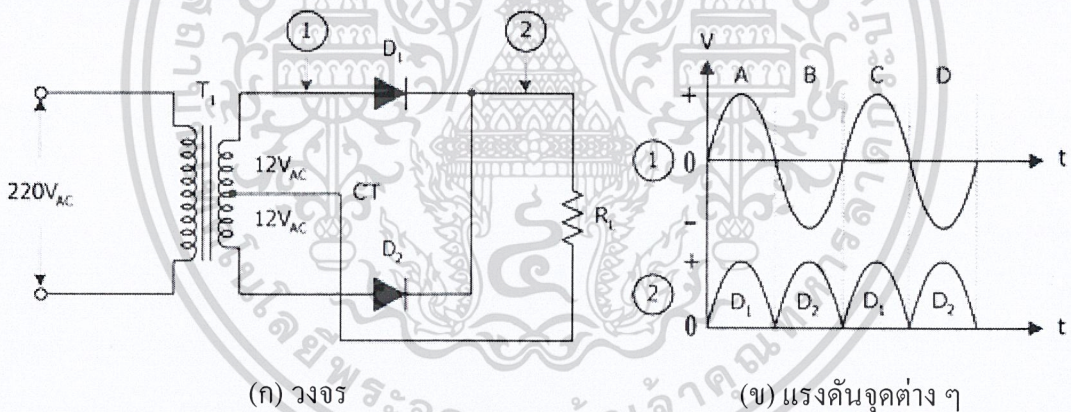
จากรูปที่ 2 แสดงเร็กติไฟเออร์ครึ่งคลื่น รูปที่ 2 (ก) เป็นวงจรเร็กติไฟเออร์ครึ่งคลื่น มีหม้อแปลง T1 เป็นหม้อแปลงชนิดลดแรงดัน มีไดโอด D1 เป็นตัวตัดแรงดันไฟสลับออกซีกหนึ่งก่อนส่งออกเอาต์พุต และมีโหลด RL เป็นตัวรับแรงดันไฟตรงกระเพื่อมมาต่อคร่อมจ่ายออกเป็นแรงดันเอาต์พุต จุดวัดสัญญาณแรงดันมี 2 จุด คือ จุด 1 และจุด 2 รูปสัญญาณแรงดันที่วัดได้ แสดงดังรูปที่ 2 (ข) จุด 1 เป็นแรงดันไฟสลับวัดได้ที่ขดทุติยภูมิของหม้อแปลง T1 ส่วนจุด 2 เป็นแรงดันไฟตรงกระเพื่อมวัดได้ที่โหลด RL การทำงานอธิบายได้ดังนี้ ที่จุด 1 เมื่อมีแรงดันไฟสลับซีกบวกตำแหน่ง A ป้อนให้ไดโอด D1 ไดโอด D1 ได้รับไบอัสตรงนำกระแส มีกระแสไหลผ่าน D1 ผ่าน RL ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง A เมื่อมีแรงดันไฟสลับซีกลบตำแหน่ง B ของจุด 1 ป้อนเอกลงให้ไดโอด D1 ไดโอด D1 ได้รับไบอัสกลับไม่นำกระแส ไม่มีกระแสไหลผ่าน RL ไม่มีแรงดันตกคร่อม RL

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง B เมื่อมีแรงดันไฟสลับชีกบวคตำแหน่ง C ของจุด 1 ป้อนให้ไดโอด D1 เป็นการจ่ายไปอัสตรงให้ไดโอด D1 อีกครั้ง เริ่มทำงานซ้ำเหมือนกับตำแหน่ง A มีกระแสไหลผ่าน D1, RL ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง C และเมื่อมีแรงดันไฟสลับชีกลบตำแหน่ง D ของจุด 1 ป้อนให้ไดโอด D1 เป็นการจ่ายไปอัสกลับให้ไดโอด D1 อีกครั้ง เริ่มทำงานซ้ำเหมือนกับตำแหน่ง B ไม่มีกระแสไหลผ่าน D1, RL ไม่มีแรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง D

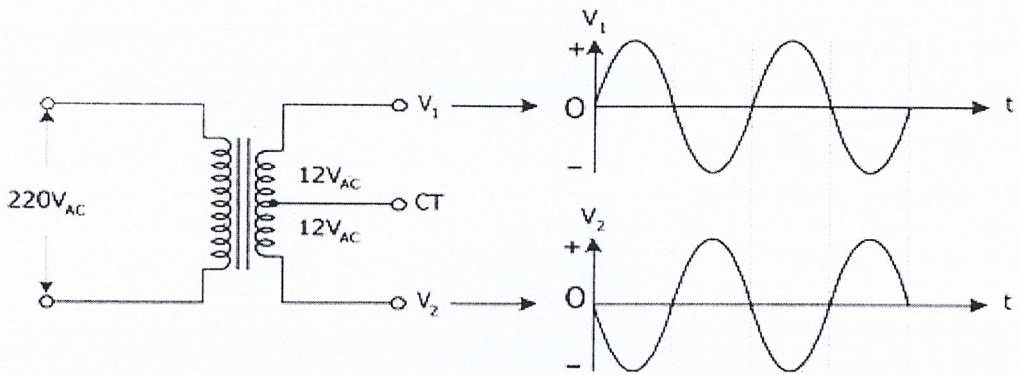
2.3.2 เรกติไฟเออร์เต็มคลื่นใช้ หม้อแปลงมีแถบกลาง

เรกติไฟเออร์เต็มคลื่น เป็นวงจรเรกติไฟเออร์ที่แปลงแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรงกระแส-เพิ่ม สามารถนำแรงดันไฟสลับทั้ง 2 ชีก มาทำเป็นแรงดันไฟตรงกระแสเพิ่มได้ทั้งหมด แรงดันไฟตรงกระแสเพิ่มที่ได้ออกมาอาจเป็นแรงดันไฟตรงชีกบวค หรืออาจเป็นแรงดันไฟตรงชีกลบก็ได้ ขึ้นอยู่กับการจัดวงจรเรกติไฟเออร์ วงจรเรกติไฟเออร์ชนิดนี้ใช้ไดโอดในการทำงาน 2 ตัว และใช้หม้อแปลงที่มีขดทุติยภูมิ 3 ข้วต่อ จ่ายแรงดันไฟสลับออกมาเหมือนกัน 2 ขุด โดยมีข้วต่อกลางหรือแทปกลาง (Center Tap) เป็นข้วร่วมในการทำงาน ลักษณะวงจรและแรงดันที่ได้ แสดงดังรูป



รูปที่ 2.15 วงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นใช้หม้อแปลงมีแถบกลาง

จากรูปที่ 2.15 แสดงวงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นใช้หม้อแปลงมีแทปกลาง รูปที่ 2.15 (ก) เป็นวงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นชนิดใช้หม้อแปลง T1 มีแทปกลาง (CT) เป็นข้วต่อร่วมในการทำงานของวงจร ข้วแทปกลาง (CT) นี้แบ่งแรงดันไฟสลับที่ขดทุติยภูมิออกเป็น 2 ขุดเท่ากัน การวัดสัญญาณที่จุด 1 ได้รูปสัญญาณออกในรูปที่ 2.15 (ข) ที่จุด 1 วัดได้จากการวัดสัญญาณที่ข้วบนกับข้วแทปกลาง (CT) ของขดทุติยภูมิ T1 และถ้าวัดสัญญาณที่ข้วล่างกับข้วแทปกลาง (CT) ของขดทุติยภูมิ T1 จะได้รูปสัญญาณเหมือนกันแต่มีเฟสสัญญาณเป็นตรงข้าม แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.16 แรงดันไฟสลับวัดออกมาได้ที่ตำแหน่ง V_1 , V_2 เทียบกับแทปกลาง (CT)

การทำงานของวงจรตามรูปที่ 2.16 อธิบายได้ดังนี้ ที่จุด 1 เมื่อมีแรงดันไฟสลับชุกบวกตำแหน่ง A ป้อนให้ไดโอด D_1 ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสตรงนำกระแส มีกระแสไหลผ่าน D_1 ผ่าน RL ครบวงจรที่แทปกลาง (CT) ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง A ส่วนด้านล่างที่ไดโอด D_2 มีแรงดันไฟสลับชุกลบจ่ายให้ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสกลับไม่นำกระแส

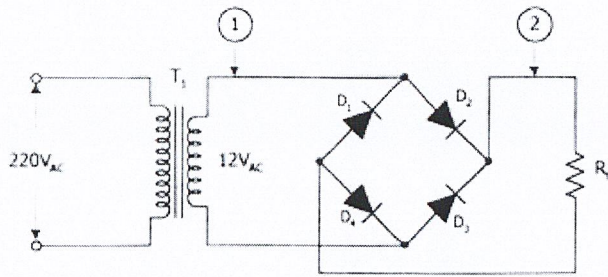
เมื่อมีแรงดันไฟสลับชุกลบตำแหน่ง B ของจุด 1 ป้อนให้ไดโอด D_1 ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสกลับไม่นำกระแส ส่วนด้านล่างที่ไดโอด D_2 มีแรงดันไฟสลับชุกบวกจ่ายให้ไดโอด D_2 ได้รับไบอัสตรงนำกระแสมีกระแสไหลผ่าน D_2 ผ่าน RL ครบวงจรที่แทปกลาง (CT) ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง B

เมื่อมีแรงดันไฟสลับชุกบวกตำแหน่ง C ของจุด 1 ป้อนให้ไดโอด D_1 อีกครั้งเป็นการทำงานซ้ำเหมือนกับที่ตำแหน่ง A ทุกประการ ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง C และเมื่อมีแรงดันไฟสลับชุกลบตำแหน่ง D ของจุด 1 ป้อนให้ไดโอด D_1 อีกครั้งเป็นการทำงานซ้ำเหมือนกับที่ตำแหน่ง B ทุกประการ ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง D

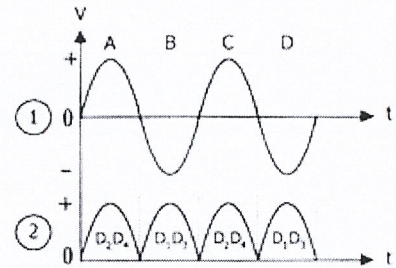
2.3.3 เรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์

เรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ คือวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นนั่นเอง เพียงแต่การจัดวงจรเรกติไฟเออร์มีความแตกต่างไปจากวงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นใช้หม้อแปลงมีแทปกลาง วงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ประกอบด้วยหม้อแปลงใช้ชนิดทางขดทุติย ภูมิมี 2 ขั้วต่อไม่ต้องมีแทปกลาง (CT) ใช้ไดโอดในการเรกติไฟเออร์ 4 ตัว การทำงานแต่ละครั้งไดโอดทำงานเป็นชุด 2 ตัว ลักษณะวงจรและแรงดันที่ได้แสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจร



(ข) แรงดันจุดต่าง ๆ

รูปที่ 2.17 วงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์

จากรูปที่ 2.17 แสดงวงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์รูปที่ 2.17 (ก) เป็นวงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ มีไดโอด D_1 - D_4 เป็นวงจรเรกติไฟเออร์ หม้อแปลง T_1 เป็นชนิดธรรมดาไม่มีแทปกกลาง (CT) วัดสัญญาณที่จุด 1 และจุด 2 ออกมาได้เหมือนกับเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นใช้หม้อแปลงแทปกกลางทุกประการ

การทำงานของวงจรตามรูปที่ 2.17 อธิบายได้ดังนี้ ที่จุด 1 เมื่อมีแรงดันไฟสลับชีกบวกตำแหน่ง A ป้อนเข้ามา ไดโอด D_2, D_4 ได้รับไบอัสตรงนำกระแส มีกระแสไหลผ่าน D_2, RL และผ่าน D_4 ครบวงจร ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง A ส่วนไดโอด D_1, D_3 ได้รับไบอัสกลับไม่นำกระแส

เมื่อมีแรงดันไฟสลับชีกลบตำแหน่ง B ของจุด 1 ป้อนเข้ามาไดโอด D_1, D_3 ได้รับไบอัสตรงนำกระแสมีกระแสไหลผ่าน D_3, RL และผ่าน D_1 ครบวงจร ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง B ส่วน ไดโอด D_2, D_4 ได้รับไบอัสกลับไม่นำกระแส

เมื่อมีแรงดันไฟสลับชีกบวกตำแหน่ง C ของจุด 1 ป้อนเข้ามาอีกครั้ง ไดโอด D_2, D_4 ได้รับไบอัสตรงนำกระแส เป็นการทำงานเหมือนกับที่ตำแหน่ง A ทุกประการ ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง C และเมื่อมีแรงดันไฟสลับชีกลบตำแหน่ง D ของจุด 1 ป้อนเข้ามาอีกครั้ง ไดโอด D_1, D_3 ได้รับไบอัสตรงนำกระแส เป็นการทำงานซ้ำเหมือนกับที่ตำแหน่ง B ทุกประการ ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การควบคุมดิซี-ดิซี คอนเวอเตอร์

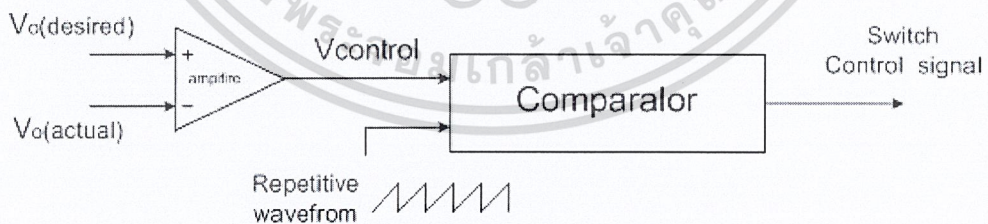
การควบคุม ดิซี-ดิซี คอนเวอเตอร์ให้ได้แรงดันขาออกตามที่ต้องการนั้น ระดับแรงดันขาออกจะขึ้นอยู่กับ สัญญาณควบคุมการสวิตซ์ (Switch Control Signal) ฉะนั้นการจะบังคับให้แรงดันที่ต้องการคือการบังคับ สัญญาณควบคุมการสวิตซ์ตามที่ต้องการ ในขั้นตอนนี้เป็นการทำงานควบคุมแรงดันคงที่ ซึ่งมีวิธีการควบคุมอยู่ 2 วิธีด้วยกัน

2.4.1 การควบคุมแบบเปิด

เป็นการควบคุมแบบที่ไม่มีการป้อนกลับของสัญญาณขาออก จึงทำให้เป็นระบบที่ไม่ตอบสนองต่อการถูกรบกวนสัญญาณของระบบ ทำให้ระบบมีเสถียรภาพต่ำไม่เหมาะแก่การใช้งาน ในระบบที่มีปัจจัยรบกวนระบบมากๆ ในที่นี้เราสร้างสัญญาณควบคุมการสวิตซ์โดยอาศัยหลักการพัลส์วิธ โมดูเลชัน (Pulse Width Modulation) ในการสร้างพัลส์ขึ้นมาเป็นสัญญาณควบคุม

โดยค่าของ D (Duty ratio) ขึ้นอยู่กับค่าของ V_c (แรงดันควบคุม) กับ V_{st} (Sawtooth - Voltage) ดังนั้น

$$D = \frac{V_c}{V_{st}}$$



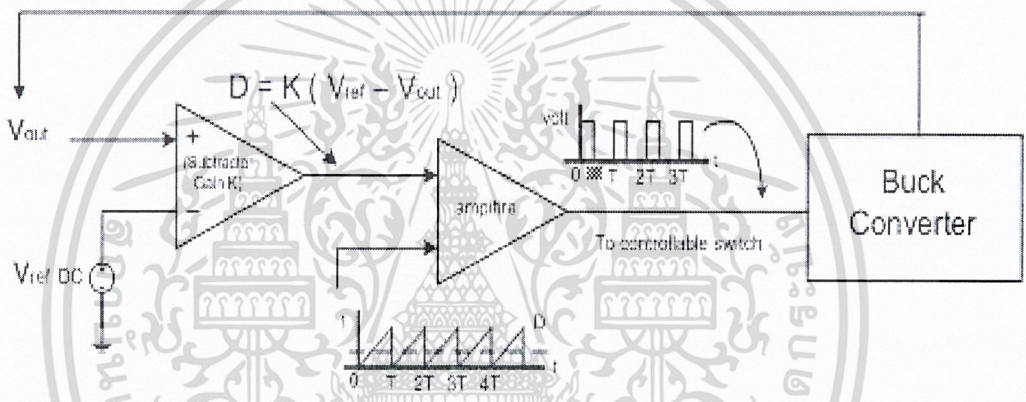
รูปที่ 2.18 การสร้างสัญญาณควบคุม Pulse Width Modulation แบบเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การควบคุมแบบปิด

การควบคุมวงจรแบบปิดจะมีเสถียรภาพมากกว่าการควบคุมวงจรแบบเปิด โดยในการควบคุมแบบวงเปิดนั้นจะมีการป้อนกลับของสัญญาณ (Feed Back Control) เพื่อตรวจสอบแรงดันขาออกที่ออกมาให้ได้แรงดันที่ต้องการออกมา

ในการสร้างสัญญาณควบคุมเราเลือกใช้วิธีพัลส์ชวิธ โมดูเลชัน (Pulse Width Modulation) ในการสร้างสัญญาณควบคุมโดยมีหลักการเหมือนการควบคุมวงจรแบบเปิด ซึ่งจะแสดงให้เห็นสัญญาณแบบปิดได้ดังรูป



รูปที่ 2.19 การสร้างสัญญาณควบคุม Pulse Width Modulation แบบปิด

2.5 แอลเอ็นเค 304-306

2.5.1 จุดเด่นของผลิตภัณฑ์

- ราคาถูก และมีส่วนประกอบในการแก้ไขปัญหาของวงจรลดทอนระดับแรงดัน
- การทำงานที่ 66 kHz ช่วยลดต้นทุนอุปกรณ์นำกระแสไฟฟ้าตั้งแต่ 1mH ถึง 120mA ที่ ณ เวลานั้น
- มีความทนต่อแรงดันและอุณหภูมิที่แปรผัน
- ทนแรงดันได้สูงถึง 700 V มีความต้านทานอินพุตแบบลูกคลื่นได้ดี
- ลดปริมาณความถี่ของความผิดพลาดทางเวลาได้มากที่สัญญาณรบกวน(~10dB)
- ระบบจะปิดเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน (+135 องศาเซลเซียส อย่างต่ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การทำงานแบบสัญญาณไม่ต่อเนื่อง และการแก้ปัญหาที่ไม่มีผลตอบสนอง

- สนับสนุนระบบบัค, บัค-บูสท์ และระบบตั้งเข็มจับเวลาแบบรูปทรงเรขาคณิต
- มีระบบป้องกันความร้อนเกินพิกัดและไฟฟ้าลัดวงจร
- มีการควบคุมเส้นและโหลดในรูปแบบต่างๆไป
- มีค่าแบนด์วิธสูงทำให้การเปิดเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว
- มีการจำกัดการทำงานของกระแสไฟฟ้า
- ระดับแรงดันไฟฟ้าเป็นสากล (85 VAC to 265 VAC)
- มีตัวกำหนดค่าภายในและตัวป้องกันความร้อน
- ประสิทธิภาพดีกว่าการแก้ปัญหาแบบไม่มีการตอบสนอง
- มีเพาเวอร์แฟกเตอร์สูงกว่าการแก้ปัญหาคือเก็บประจุ
- สามารถสร้างเป็นแบบ SMD ได้ทั้งระบบ

2.5.3 ประสิทธิภาพพลังงานสูงสุด

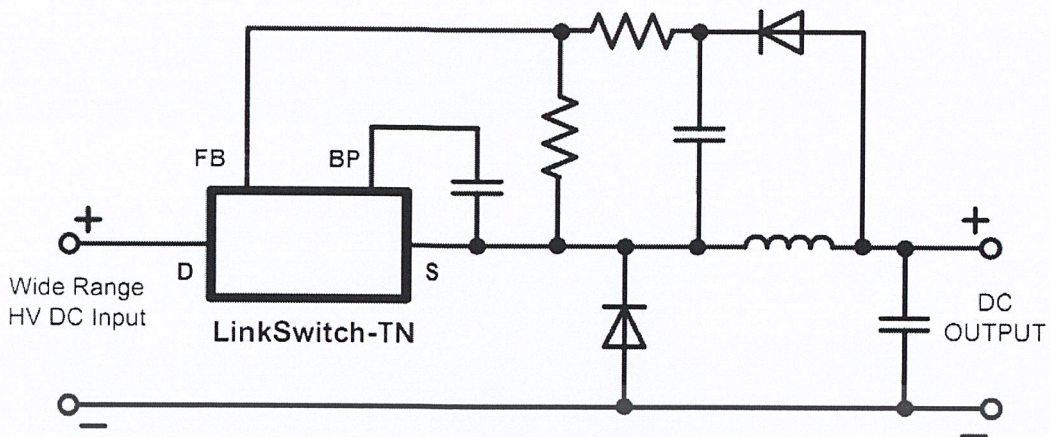
- ใช้พลังงานทั่วไป ในการขับเคลื่อนตัวถัง เพียง50/80 MW โดยต่อเข้าที่ 115/230 VAC ไม่ต้องโหลด
- ใช้พลังงานทั่วไป เพียง7/12 mW ในตัวติดตั้งนาฬิการูปทรงเรขาคณิต โดยต่อเข้าที่ 115/230 VAC ไม่ต้องโหลด
- ตรงตามมาตรฐานสำนักงานคณะกรรมการพลังงาน แห่งรัฐแคลิฟอร์เนีย , Energy Star และความต้องการของสหภาพยุโรป

2.5.4 การประยุกต์ใช้

- เครื่องใช้ไฟฟ้า และ เครื่องตั้งเวลา
- ระบบ LED และระบบควบคุมอุตสาหกรรม

ลิงก์วิดีโอ-ทีเอ็น ถูกออกแบบมาเพื่อทดแทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นตรงและแบบไม่เก็บประจุไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 การประยุกต์ใช้วงจรถดทอนระดับแรงดัน

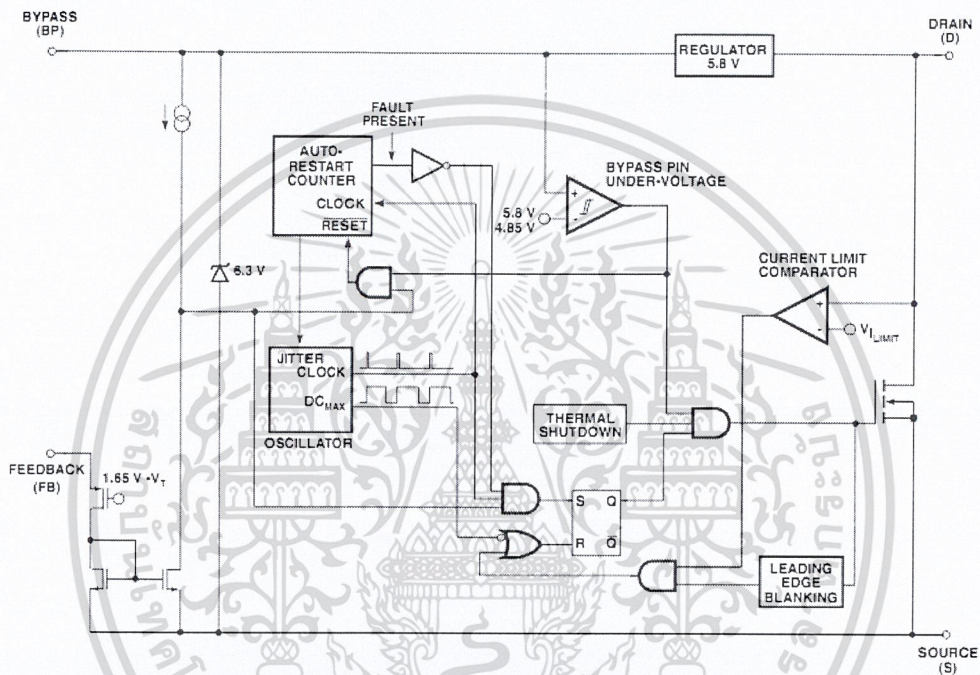
ตารางที่ 2.5 กระแสเอาต์พุตของ LNK302P or G - LNK306P or G

OUTPUT CURRENT TABLE				
PRODUCT ⁴	230 VAC ±15%		85 – 265 VAC	
	MDCM ²	CCM ³	MDCM ²	CCM ³
LNK302P or G	63 mA	80 mA	63 mA	80 mA
LNK304P or G	120 mA	170 mA	120 mA	170 mA
LNK305P or G	175 mA	280 mA	175 mA	280 mA
LNK306P or G	225 mA	360 mA	225 mA	360 mA

จากตารางที่ 2.5 โดยทั่วไปในปัจจุบัน วงจรถดทอนระดับแรงดัน (Buck Converter) ขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ของแรงดันไฟฟ้าขาออกตามลำดับ การประยุกต์ใช้และรายละเอียดของสมมติฐานฉบับสมบูรณ์รวมทั้งการทำงานอย่างไม่ต่อเนื่องกันของโหมดการนำไฟฟ้า (DCM) 2. โหมดการนำไฟฟ้าส่วนใหญ่ที่ไม่ต่อเนื่อง 3. โหมดการนำไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง 4. แพคเกจ : P : DIP - 8B, G : SMD - 8B สำหรับแพคเกจที่ไม่มีตะกั่วให้ดูที่ส่วนข้อมูลการสั่งซื้อ

อุปกรณ์ ลิงก์สวิตช์-ทีเอ็น จะรวบรวม 700 V โดยที่พลังงานมอสเฟตเป็นเครื่องก่อกระแสไฟฟ้าสลับซึ่งมีกล่องควบคุมการเปิดปิด-อย่างง่าย เครื่องเปลี่ยนพลังงานแรงดันสูง ค่าความถี่ผิดพลาดทางเวลา, วงจรหมุนเวียน ระบบการปิดวงจรระบายความร้อน IC ระบบการเอกสรเริ่มต้นและการใช้พลังงาน ได้รับโดยตรงมาจาก พลังงานที่ไหลออกมา ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการเริ่มต้นวงจรอัตโนมัติ ใน แอลเอ็นเค 304 – 306 จะจำกัดกำลังขับเคลื่อนอย่างปลอดภัยหากเกิดไฟฟ้าลัดวงจร รวมทั้งจำกัดความเร็วในการโหลดเพื่อลดระดับค่าใช้จ่าย ผู้ผลิตท้องถิ่นของ IC ได้รับอนุญาตให้ใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงที่ไม่มีระดับความปลอดภัย (non-safety graded optocoupler) ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเคลื่อนย้าย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมการโหลดของ วงจรลดทอนระดับแรงดัน และ ตัวแปลงของวงจรลดทอนระดับแรงดัน



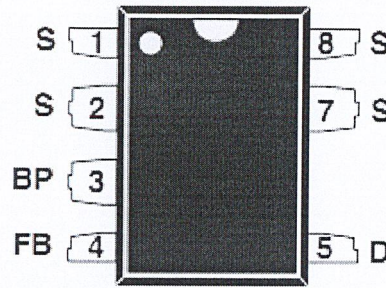
รูปที่ 2.21 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม

2.2.5 อธิบายฟังก์ชันของแต่ละขา

- ขาด้านนอก (D) : เป็นขาที่เชื่อมต่อกับพาวเวอร์มอสเฟส
- ขาบายพาส (BP) : จุดเชื่อมต่ออยู่กับ C 0.1 μF ที่อยู่ภายนอก ทำให้เกิดแหล่งจ่ายภายใน 5.8 V
- ขาป้อนกลับ (FB) : เป็นขาที่ใช้ควบคุมการสวิตช์ซึ่ง (Switching) ของพาวเวอร์มอสเฟส ถ้าหากว่ากระแสที่พาวเวอร์มอสเฟสมีค่ามากกว่า 49 μA
- ขาแหล่งจ่าย (S) : จะเชื่อมต่อกับพาวเวอร์มอสเฟส และเป็นขากราวด์ ซึ่งจะใช้

เปรียบเทียบกับขา BP และขา FB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 โครงสร้างของแต่ละขา

2.5.6 ฟังก์ชัน ลิงก์สวิตช์-ทีเอ็น

ลิงก์สวิตช์-ทีเอ็น เป็นการรวมกันของ พลังงานมอสเฟตที่มีแรงดันสูงกับ ตัวควบคุมแหล่งจ่าย ซึ่งจะไม่เหมือนกับ การปรับตัวควบคุมของสัญญาณพัลส์ซึ่งจะใช้ ลิงก์สวิตช์-ทีเอ็น เพียงการควบคุมเปิด-ปิดอย่างง่ายในการควบคุมแรงดันเอาต์พุต, ขาบายพาสที่ทำให้แรงดันลดลง ประกอบด้วย ออสซิลเลเตอร์, แหล่งจ่ายป้อนกลับ (ทฤษฎี และ ตรีรกะ), ตัวควบคุม 5.8 V, ขาบายพาสที่ทำให้แรงดันลดลง, การป้องกันอุณหภูมิสูงเกินพิกัด, ความถี่ของการรบกวน, การจำกัดของวงจรไฟฟ้า และพลังงาน 700 V

2.5.7 ออสซิลเลเตอร์

ความถี่ของออสซิลเลเตอร์โดยทั่วไปเฉลี่ย 66 kHz ซึ่งมีสองสัญญาณที่ถูกสร้างจากออสซิลเลเตอร์ ประกอบด้วยอัตราส่วนของรูปคลื่นพัลส์สูงสุด (DC_{MAX}) และสัญญาณนาฬิกาที่บ่งชี้การทำงานของ ลิงก์สวิตช์-ทีเอ็น ของแต่ละรอบ

ลิงก์สวิตช์-ทีเอ็น ออสซิลเลเตอร์จะรวมวงจรไฟฟ้าซึ่งทำให้เกิดความถี่รบกวนเล็กน้อยที่ 4 kHz เพื่อลดขนาดการปล่อยของสัญญาณรบกวนซึ่งอัตราการปรับค่าการรบกวนความถี่จะตั้งค่าที่ 1 kHz ส่วนคลื่นรบกวนความถี่จะวัดค่าที่ออสซิลเลเตอร์ในรูปแบบของคลื่น

2.5.8 วงจรป้อนกลับอินพุต

วงจรภายใน ป้อนกลับ ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดความต้านทานไฟฟ้าต่ำตั้งค่าที่ 1.65 V เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเกิน 49 uA ค่าตรีรกะต่ำทำให้เท่ากับ วงจรป้อนกลับเอาต์พุต ผลลัพธ์นี้เป็นตัวอย่างการเริ่มต้นของแต่ละรอบบนการเพิ่มขึ้นที่ขอบของสัญญาณนาฬิกา ถ้ามีค่าสูง พลังงานมอสเฟต จะถูกเปิดในรอบนั้น แต่ถ้าไม่สูงก็ยังคงปิดอยู่ เนื่องจากการสุ่มตัวอย่างได้ทำแค่ที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเริ่มต้นของแต่ละรอบ การเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายหลังจะถูก
 ละเอียด

2.5.9 ควบคุมแรงดัน 5.8 V และการเปลี่ยนแรงดันให้เป็น 6.3 V

การควบคุมแรงดัน 5.8 V ชาร์ตผ่านตัวเก็บประจุจะถูกเชื่อมต่อไปที่ขาบายพาสเป็น 5.8 V โดย
 นับจากค่าปัจจุบันของแรงดันไฟฟ้าเมื่อหยุดทำงาน บายพาส คือจุดเริ่มต้นแรงดันไฟฟ้าภายใน
 สำหรับ LinkSwitch-TN เมื่อ มอสเฟตทำงาน LinkSwitch-TN จะใช้พลังงานที่เก็บผ่านในตัว
 เก็บประจุทั้งหมด พลังงานต่ำสุดของวงจรไฟฟ้าภายในยอมให้ LinkSwitch-TN ทำงานอย่าง
 ต่อเนื่องจากขาออก ค่าของประจุที่บายพาส เท่ากับ 0.1 μF ซึ่งเพียงพอสำหรับการเชื่อมต่อความถี่
 สูง และตัวเก็บพลังงาน นอกจากนี้ ยังมีตัวควบคุมพลังงานเท่ากับ 6.3 V เมื่อกระแสที่ถูกสร้าง
 จาก ขบายพาส ผ่านตัวต้านภายนอกจะมีค่า 6.3 V ที่ทำให้พลังงานของ LinkSwitch-TN ส่งผ่าน
 อย่างสะดวกโดยลดการใช้พลังงานเกือบ 50 mW

2.5.10 ขบายพาสที่ทำให้แรงดันลดลง

เมื่อขบายพาสที่ทำให้แรงดันลดลง 4.85 V จะต้องเพิ่มขึ้น เพาเวอร์มอสเฟต ที่ 5.8 V ซึ่งจะทำ
 ให้พาวเวอร์มอสเฟตสามารถทำงานได้

2.5.11 การป้องกันอุณหภูมิที่มีค่าสูง

ระบบวงจรไฟฟ้าสามารถรับความร้อนได้สูงสุดที่ 142 °C และ โดยทั่วไปที่ 42 °C เมื่ออุณหภูมิ
 เพิ่มขึ้นกว่า 142 °C เพาเวอร์มอสเฟต จะถูกชะงักจนกว่าจะถึงระดับอุณหภูมิ 75 °C ซึ่งเป็นจุดที่
 วงจรสามารถกลับมาทำงานได้อีกครั้ง

2.5.12 กำจัดกระแส

ตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าจะทำงานเมื่อกระแสไฟฟ้าในเพาเวอร์มอสเฟตเกินขีดจำกัดทำให้
 พาวเวอร์มอสเฟตปิด โดยอัตโนมัติซึ่งทำให้เกิดช่องว่างเป็นเวลาดำเนินหลังจากเปิดเครื่องแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

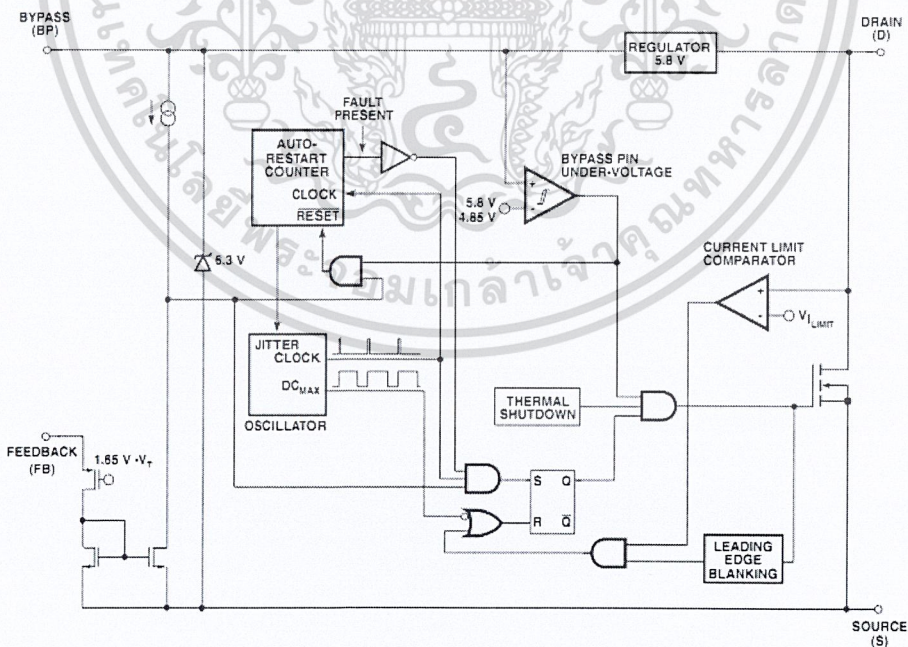
บทที่ 3

การคำนวณ และการสร้าง

3.1 บทนำ

ในการขับหลอด LED นี้เราจะใช้ LinkSwitch-TN เบอร์ LNK306PN ใน Buck Converter แรงดันอินพุตจากแหล่งจ่ายจะให้แรงดันจาก 220 VAC ดังนั้นการรับ-ส่งแรงดันที่เป็น DC จึงมากพอที่จะช่วยให้แรงดันเอาต์พุตเป็น 70 v ในวงจร Buck แรงดันที่เอาต์พุตจะน้อยกว่าแรงดันที่อินพุตเสมอ แรงดันเอาต์พุตจะถูกจำกัดด้วยช่วงเวลาการทำงานหนึ่งรอบของ LinkSwitch-TN ที่มีค่ามากที่สุด ดังนั้นการจะให้ได้แรงดันอินพุตที่ต้องการนั้นจึงมากพอที่จะทำให้ได้แรงดันเอาต์พุตที่ต้องการด้วย การออกแบบที่ใช้เฉพาะแรงดันอินพุตมีค่า 220 VAC วงจรเราจะใช้ตัวเหนี่ยวนำที่มีค่า 22 μ F ในการเป็นตัวสัญญาณการรับ-ส่ง DC ทำให้ในช่วงเวลาการทำงานหนึ่งรอบของ LNK306PN จะได้ระดับแรงดันเอาต์พุตที่ต้องการ ทำให้แรงดันเอาต์พุตลดลงเป็น 60 V หรือเปลี่ยนค่าตัวเหนี่ยวนำ C2 ให้มีค่าเป็น 68 μ F ก็ได้

3.2 โครงสร้างของ แอลเอ็นเค 306 พีเอ็น



รูปที่ 3.1 วงจรภายในของ LNK306PN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

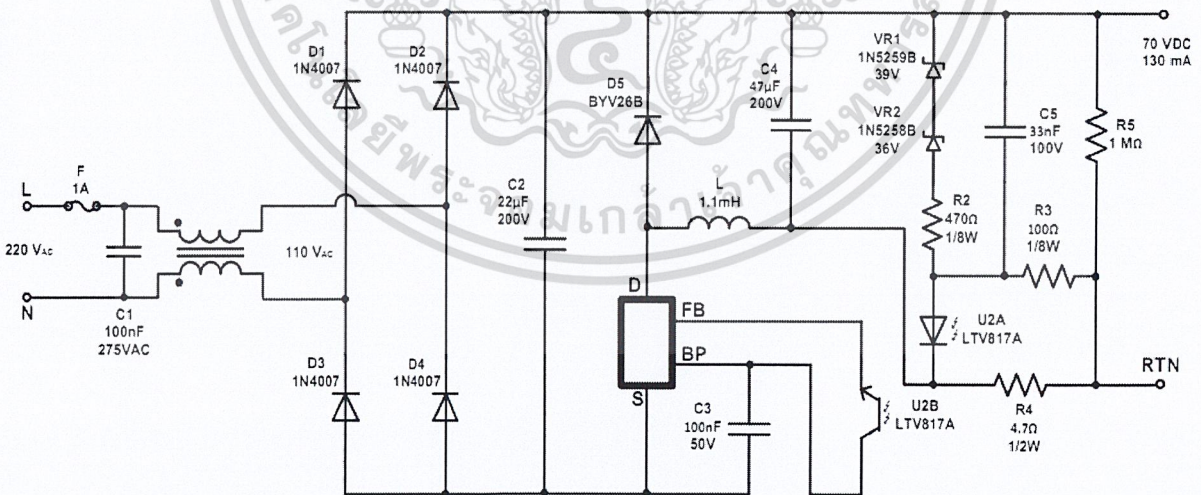
3.2.1 คุณสมบัติ

- มีความทนต่อแรงดันและอุณหภูมิที่แปรผัน
- ทนแรงดันได้สูงถึง 700 V
- ระบบจะปิดเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 135 องศาเซลเซียส

3.2.2 อธิบายฟังก์ชันแต่ละขา

- ขาด้านออก (D) : เป็นขาที่เชื่อมต่อกับพาวเวอร์มอสเฟต
- ขาบายพาส (BP) : จุดเชื่อมต่ออยู่กับ C 0.1 μF ที่อยู่ภายนอก ทำให้เกิดแหล่งจ่ายภายใน 5.8 V
- ขาป้อนกลับ (FB) : เป็นขาที่ใช้ควบคุมการสวิตซ์จิ่ง ของพาวเวอร์มอสเฟต ถ้าหากว่ากระแสที่พาวเวอร์มอสเฟตมีค่ามากกว่า 49 μA
- ขาแหล่งจ่าย (S) : จะเชื่อมต่อกับพาวเวอร์มอสเฟต และเป็นขากราวด์ ซึ่งจะใช้เปรียบเทียบกับขา BP และขา FB

3.3 โครงสร้างวงจรขับหลอดแอลอีดี



รูปที่ 3.2 วงจรขับหลอด LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 รายละเอียดวงจร

3.4.1 บทนำ

ในรูปที่ จากโครงสร้าง LNK306PN (U1) ที่อยู่ต่ำลงมาข้างๆ กับวงจร Buck เราจะใช้เป็นแหล่งจ่ายที่จะให้กระแส 130 mA กับแรงดัน 70 VDC ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายที่เหมาะสมที่สุดที่จะขับหลอด LED และจะให้ค่ากระแสได้ก่อนข้างคงที่ดีกว่าแรงดัน

3.4.2 อินพุต AC และตัวกรองสัญญาณ EMI

ให้ฟิวส์ F1 เป็นตัวตัดวงจรเอาไว้ป้องกันหากมีความล้มเหลวเกิดขึ้นกับวงจร T1 และ C1 จะควบคุมให้แรงดันลดลง D1 ไปยัง D4 จะให้ full wave ที่ถูกต้อง ขณะที่ C2 จะเก็บรักษาแรงดันที่สูงไว้ให้การรับ-ส่งแรงดัน DC ให้คงที่เสมอๆ

3.4.3 การทำงานทั่วไป

ในช่วงเวลาที่ U1 ทำงานกระแสจะไหลไปที่ตัวเก็บประจุ... ไปยังโหลด(LED ที่รับ 70V) และตัวเหนี่ยวนำ L2 กระแสที่ไหลนี้จะเป็นผลให้ L2 เป็นตัวเก็บพลังงานซึ่งพลังงานนี้ก็ดีเทียบเท่ากับพลังงานที่ถูกส่งมาให้กับโหลด

ในระหว่างที่ U1 ไม่ทำงาน L2 กระแสจะไหลย้อนกลับ เพื่อยังคงรักษาให้กระแสไหลได้ การที่กระแสไหลย้อนกลับนี้ทำให้ D5 ทำงาน และยอมให้กระแสไหลผ่านไปยังตัวเหนี่ยวนำ L2 และพลังงานก็จะถูกส่งอย่างต่อเนื่องไปยัง C4 และ โหลด

3.4.4 การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ และวงจรป้อนกลับ

การควบคุมเอาต์พุตจะถูกรักษาไว้โดยแผนการควบคุมการเปิด-ปิดของ U1 โดยอาศัยการวนรอบ switch ที่ทำให้สามารถทำงานได้และที่ทำงานไม่ได้ (กระโดดข้ามไป) แล้วจะตอบสนองโดยการเปลี่ยน line และเงื่อนไขของโหลด ทรานซิสเตอร์ที่เชื่อมต่อกับ U2 จะส่งกระแสให้กับขาป้อนกลับของ U1 กระแสนี้จะถูกทำให้เรียบในช่วงการวนรอบของนาฬิกาแต่ละรอบ โดยจะทำให้ขอบเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาที่วนภายใน U1 ถ้ากระแสนี้มีค่ามากกว่า $49 \mu\text{A}$ การวนรอบสวิตช์ก็จะถูกกระโดดข้ามไป C3 จะเป็นทางอ้อมให้กับ U1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานที่ R4 แรงดันที่ผ่าน R4 จะผ่าน R3 และเชื่อมต่อไปยังไดโอด U2A โดยที่ R3 จะรับค่า DC ที่ได้มาของการป้อนกลับของลูป ซีเนอร์ไดโอด VR1 และ VR2 จะบีบทำให้แรงดันเอาต์พุตที่ได้มากที่สุดอยู่ค่าประมาณ 75 โวลต์ และ C5จะเป็นตัวลดสัญญาณรบกวนและจะปรับปรุงช่วงเวลาในการตอบสนองของลูปแบบป้อนกลับแรงดันสูงที่เป็นเอาต์พุตจะไหลออกจาก R5 จะถูกส่งไปที่ R4(จำเป็นต้องใช้เมื่อ โหลด LED ถูกเคลื่อนย้าย)

3.5 อุปกรณ์ที่ใช้

C1	100 nF , 275 VAC
C2	22 μ F , 200 V
C3	100 nF , 50 V
C4	47 μ F , 200 V
C5	33 nF , 100 V
D1	1N4007 , 1000V , 1A
D2	1N4007 , 1000V , 1A
D3	1N4007 , 1000V , 1A
D4	1N4007 , 1000V , 1A
D5	BYV26B , 400 V , 1 A
F1	1A , 250 V
T1	220 : 110 VAC
R2	470 Ω , 5% , 1/8 W
R3	100 Ω , 5% , 1/8 W
R4	7.5 Ω , 5% , 1/2 W
R5	1M Ω , 5% , 1/4 W
U1	LinkSwitch-TN , LNK306PN , DIP-8B
U2	LTV-817A , 35 V , 4-DIP

VR1 1N5259B , 39 V , 5% , 500 mW

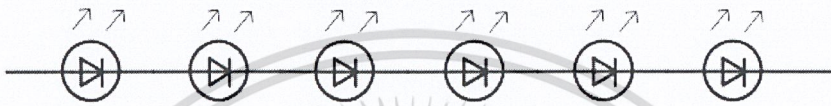
VR2 1N5258B , 36 V , 5% , 500 mW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

การทดลองในบทนี้จะเป็นการทดสอบวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงต่ออนุกรมกันจำนวน 6 หลอด เป็นโหลดในการทดลองโดยจะทำการทดสอบแหล่งจ่ายของวงจรระดับแรงดันที่ใช้ LinkSwitch-TN LNK306PN ในการควบคุมกระแสขาออกให้คงที่

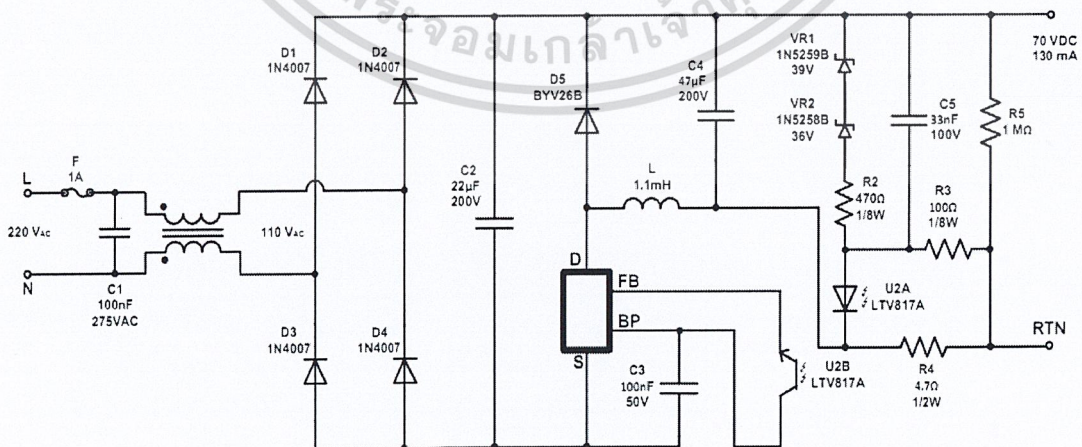


รูปที่ 4.1 แสดงการต่อหลอด LED กำลังสูงอนุกรมกัน 6 หลอด

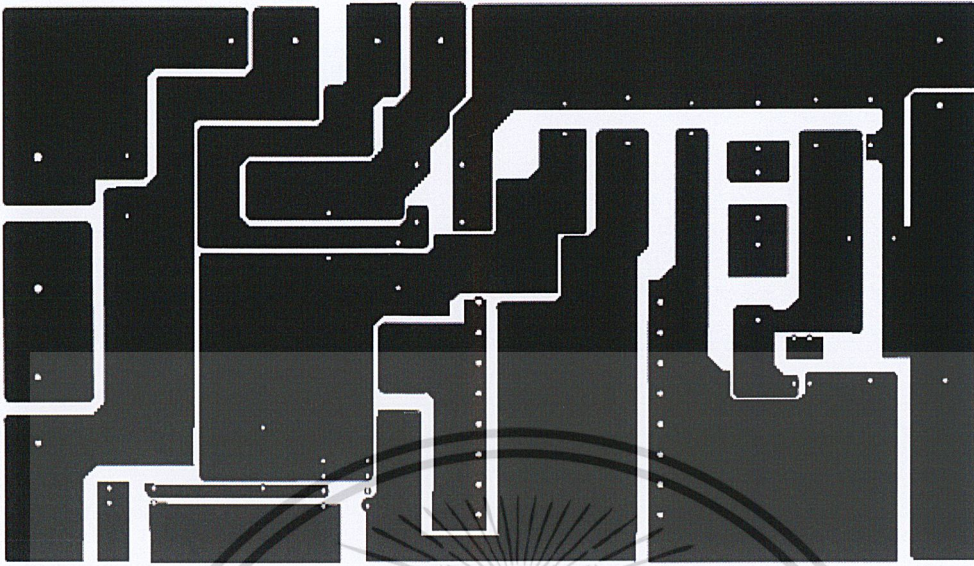
4.1 วงจรขับหลอดแอลอีดีโดยใช้วงจรดทอนระดับแรงดัน

การทดลองขั้นต้นต่อวงจรลงใน Base Board แล้ววัดค่ากระแสและแรงดันเอาต์พุตว่าตรงตามสเปคที่ต้องการ เพื่อจะได้ทราบว่าอุปกรณ์ในวงจรทำงานได้จริงหรือไม่

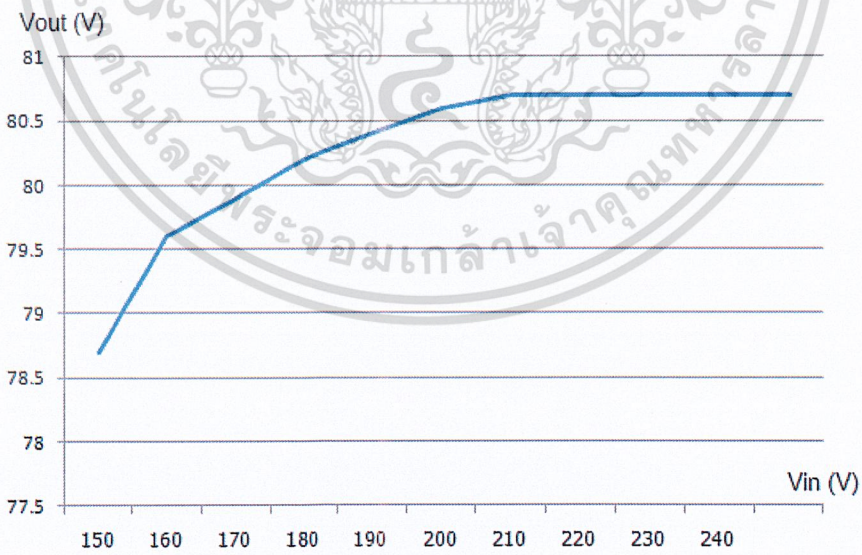
เมื่อตรวจสอบดูแล้วว่าวงจรสามารถทำงานได้จึงนำมาต่อกับหลอดแอลอีดีกำลังสูง แล้วทำการออกแบบ PCB ที่ใช้ในการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.2 รูปวงจรถอดทอนระดับแรงดันที่ใช้ในการทดลองจริง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

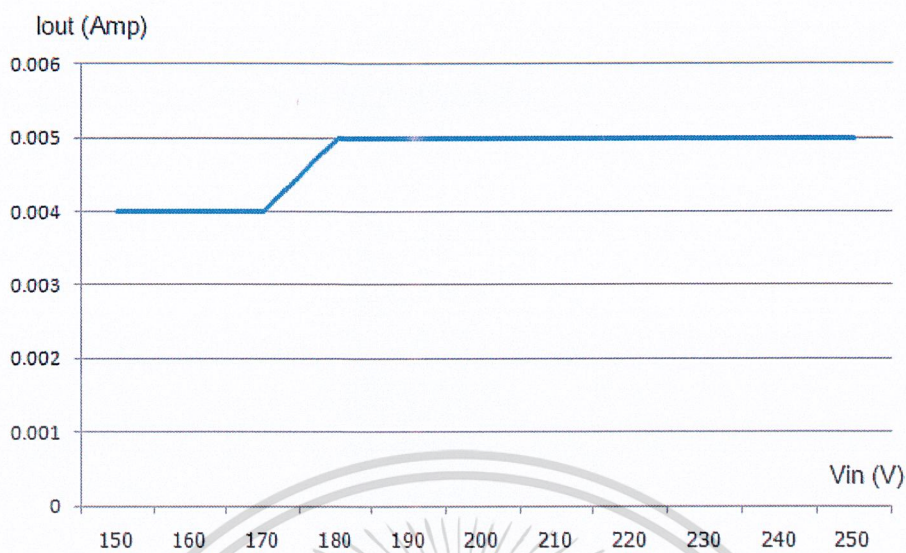


รูปที่ 4.3 แสดงลาย PCB ของวงจร

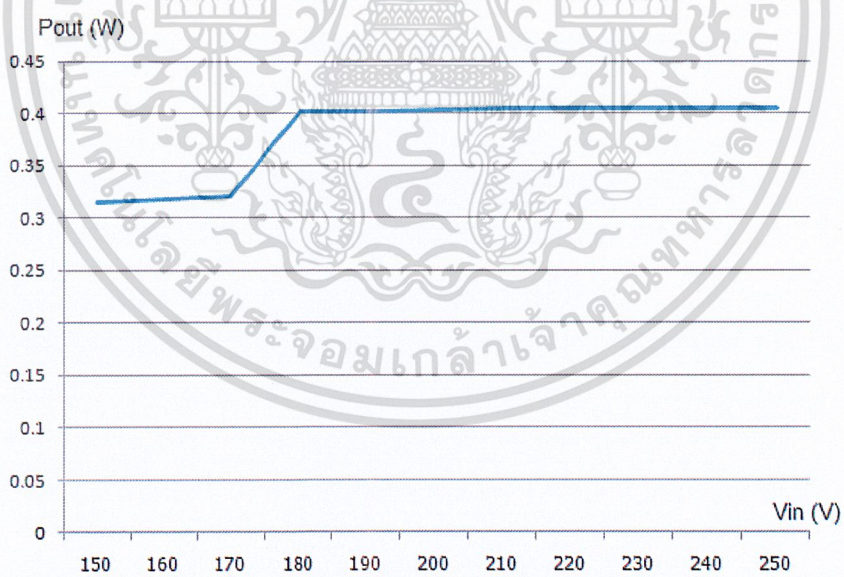


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงเปรียบเทียบระหว่าง Vin กับ Vout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงเปรียบเทียบระหว่าง Vin กับ Iout



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงเปรียบเทียบระหว่าง Vin กับ Pout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองของวงจรลดทอนระดับแรงดัน เมื่อใช้ขั้วหลอดแอลอีดีกำลังสูง 6 หลอดต่ออนุกรมกัน จะได้แรงดันขาออกเท่ากับ 70-80 v ซึ่งใกล้เคียงกับทฤษฎีข้างต้น แต่สามารถพิกัดกระแสที่ได้แค่ 5 mA ซึ่งคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีมาก ในทางทฤษฎีจะได้พิกัดกระแสอยู่ที่ 130 mA ทำให้แสงสว่างที่ได้จากหลอดแอลอีดีกำลังสูงมีน้อยมาก

หากต้องการประสิทธิภาพสูงและแสงสว่างจากหลอดแอลอีดีกำลังสูงเพิ่มขึ้น จะต้องทำให้กระแสขาออกให้ได้มากขึ้นกว่าเดิม

5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

สำหรับการออกแบบวงจรลดทอนระดับแรงดันขั้วหลอดแอลอีดีกำลังสูงนั้น จะทำได้ค่อนข้างยากเนื่องจากการลดระดับแรงดันจาก 220 VAC ให้เหลือประมาณ 70 VDC ดังนั้นค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรจำเป็นต้องออกแบบให้เหมาะสมเพื่อทนกระแสและแรงดันได้

ในการทดลองมีการเปลี่ยนอุปกรณ์บางตัวในวงจรเนื่องจากไม่มีขายในท้องตลาด และอุปกรณ์บางตัวเช่น ตัวเหนี่ยวนำ (L) ต้องทำขึ้นเองซึ่งทำให้ได้ค่าไม่ตรงตามสเปค อาจทำให้เป็นสาเหตุทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน นอกจากนี้การออกแบบลาย PCB จะต้องใช้ความละเอียดรอบคอบค่อนข้างสูงเพื่อลดสัญญาณรบกวน

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

ในการออกแบบวงจรลดทอนระดับแรงดันขั้วหลอดแอลอีดีกำลังสูง จะต้องทำให้กระแสขาออกมากกว่านี้ และควรมีค่าตัวต้านทานจำกัดกระแส (RCS) ที่สามารถเลือกได้ว่าจะต้องการกระแสด้านขาออกเท่าไร เพื่อจะสามารถขั้วหลอดแอลอีดีกำลังสูงที่ต้องการกระแสด้านขาออกในย่านต่างๆ ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Design Example Report

Title	9.1 W LED Driver Buck Converter Using LNK306PN
Specification	108 VAC – 132 VAC Input, 70 V, 130 mA Output
Application	LED Arrays
Author	Applications Engineering Department
Document Number	DER-172
Date	April 28, 2008
Revision	1.4

Summary and Features

- Constant current (CC) supply ideal for driving LEDs
- Very high efficiency (>90%) throughout operating range
- Compact, lightweight, inexpensive, low part-count design
- Simple inductor design
- Meets EN55022B limits for conducted EMI with greater than 10 dB margin.

PATENT INFORMATION

The products and applications illustrated herein (including transformer construction and circuits external to the products) may be covered by one or more U.S. and foreign patents, or potentially by pending U.S. and foreign patent applications assigned to Power Integrations. A complete list of Power Integrations' patents may be found at www.powerint.com. Power Integrations grants its customers a license under certain patent rights as set forth at <http://www.powerint.com/ip.htm>.

Power Integrations

5245 Hellyer Avenue, San Jose, CA 95138 USA.

Tel: +1 408 414 9200 Fax: +1 408 414 9201

www.powerint.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table of Contents

1	Introduction.....	3
2	Power Supply Specification	4
3	Schematic.....	5
4	Circuit Description	6
4.1	Introduction.....	6
4.2	AC Input and EMI Filter	6
4.3	General Operation.....	6
4.4	Device Operation and Feedback Circuit.....	6
5	PCB Layout	7
6	Bill of Materials	8
7	Inductor Specification	9
7.1	Electrical Diagram	9
7.2	Electrical Specifications.....	9
7.3	Materials.....	9
7.4	Transformer Build Diagram	10
7.5	Transformer Construction.....	10
8	Design Spreadsheet.....	11
9	Performance Data	13
9.1	Output Characteristic.....	13
9.2	Efficiency.....	13
9.3	No-load Input Power.....	14
9.4	Regulation	14
9.4.1	Line	14
10	Thermal Performance	15
11	Waveforms.....	16
11.1	Drain Voltage and Current, Normal Operation.....	16
11.2	Output Voltage Start-up Profile.....	16
11.3	Drain Voltage and Current Start-up Profile	17
11.4	Output Ripple Measurements.....	18
11.4.1	Ripple Measurement Technique	18
11.4.2	Measurement Results	19
12	Conducted EMI	20
13	Revision History	21

Important Note:

Although this board is designed to satisfy safety isolation requirements, the engineering prototype has not been agency approved. Therefore, all testing should be performed using an isolation transformer to provide the AC input to the prototype board.



Power Integrations

Tel: +1 408 414 9200 Fax: +1 408 414 9201
www.powerint.com

Page 2 of 24

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 Introduction

This engineering report describes a power supply utilizing the LinkSwitch-TN device LNK306PN in a buck-converter topology.

This power supply operates using input voltages ranging from 108 to 132 VAC. This ensures a DC bus voltage large enough to support a 70 V output. In a buck topology the output voltage is always smaller than the input voltage. The output voltage is limited by the maximum duty cycle of the LinkSwitch-TN, requiring the input voltage to be sufficiently larger than the required output voltage.

This particular design requires a minimum of 108 VAC input. This circuit utilizes a 22 μ F DC bus filter capacitance which ensures the required output level given the constraints of the LNK306PN's duty cycle. To use a truly universal input range (90 to 132 VAC) either reduce the output voltage to 60 V or change the value of the input capacitor C2 to 68 μ F.

This document contains the power supply specifications, schematic, bill of materials, inductor specifications, printed circuit layout, and performance data for the design.

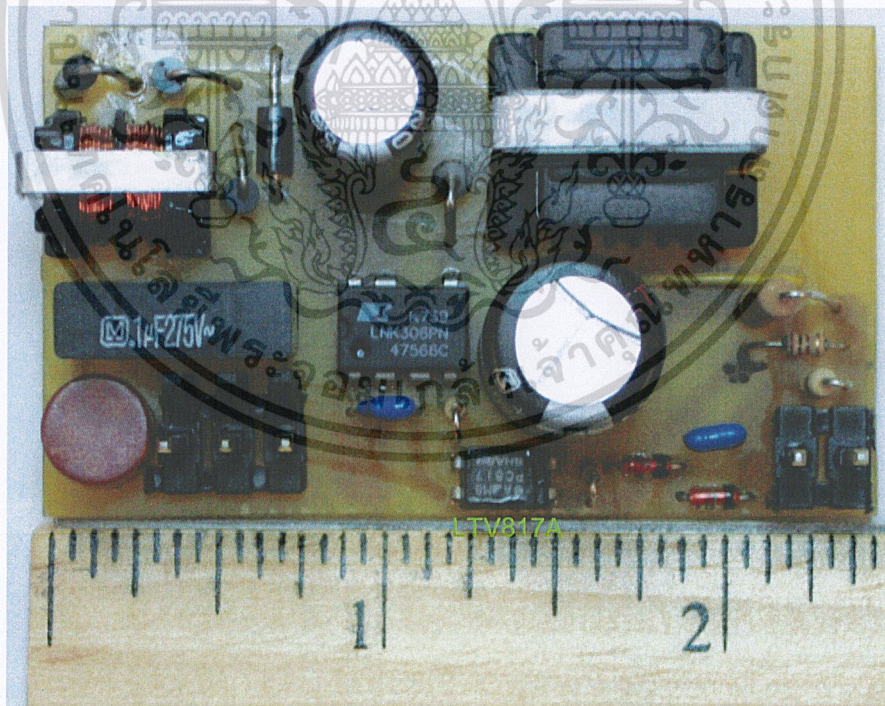


Figure 1 – Populated Circuit Board Photograph.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารตลอดทั้งที่มีหรือจะนำไปใช้

2 Power Supply Specification

Description	Symbol	Min	Typ	Max	Units	Comment
Input						
Voltage	V_{IN}	108	115	132	VAC	2 Wire – no P.E.
Frequency	f_{LINE}	50	60	64	Hz	
No-load Input Power (132 VAC)				1	W	
Output						
Output Current 1	I_{OUT1}		130		mA	20 MHz bandwidth Overvoltage Protection
Output Ripple Voltage 1	$V_{RIPPLE1}$			375	mV	
Output Voltage 1	V_{OUT1}		70	85	V	
Total Output Power						
Continuous Output Power	P_{OUT}		9.1		W	
Efficiency						
Full Load	η	92			%	Measured at P_{OUT} 25 °C
Environmental						
Conducted EMI			Meets CISPR22B / EN55022B			
Safety			Designed to meet IEC950 / UL1950 Class II			
Ambient Temperature	T_{AMB}	0		50	°C	Free convection, sea level



Power Integrations

Tel: +1 408 414 9200 Fax: +1 408 414 9201
www.powerint.com

Page 4 of 24

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 Schematic

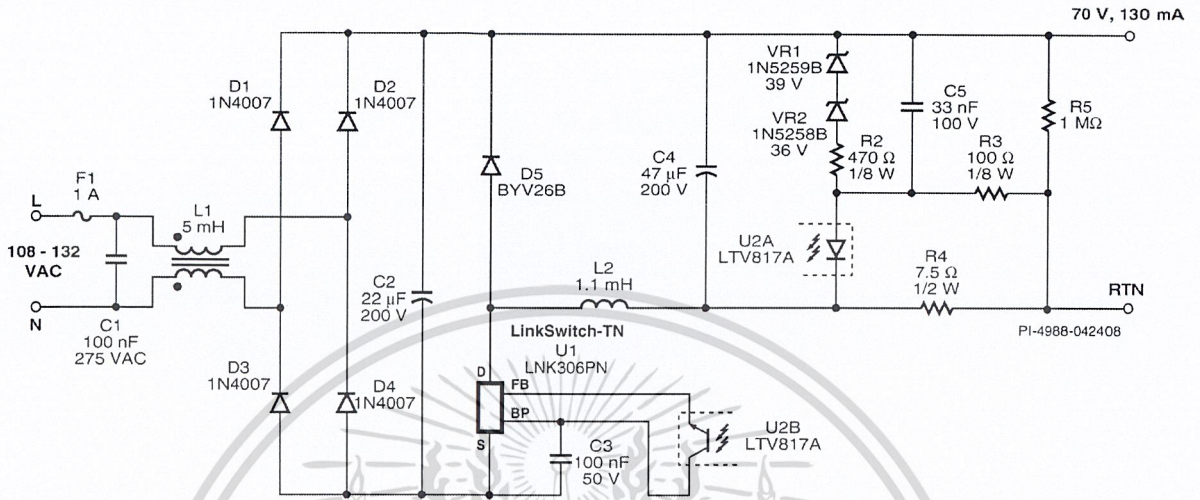
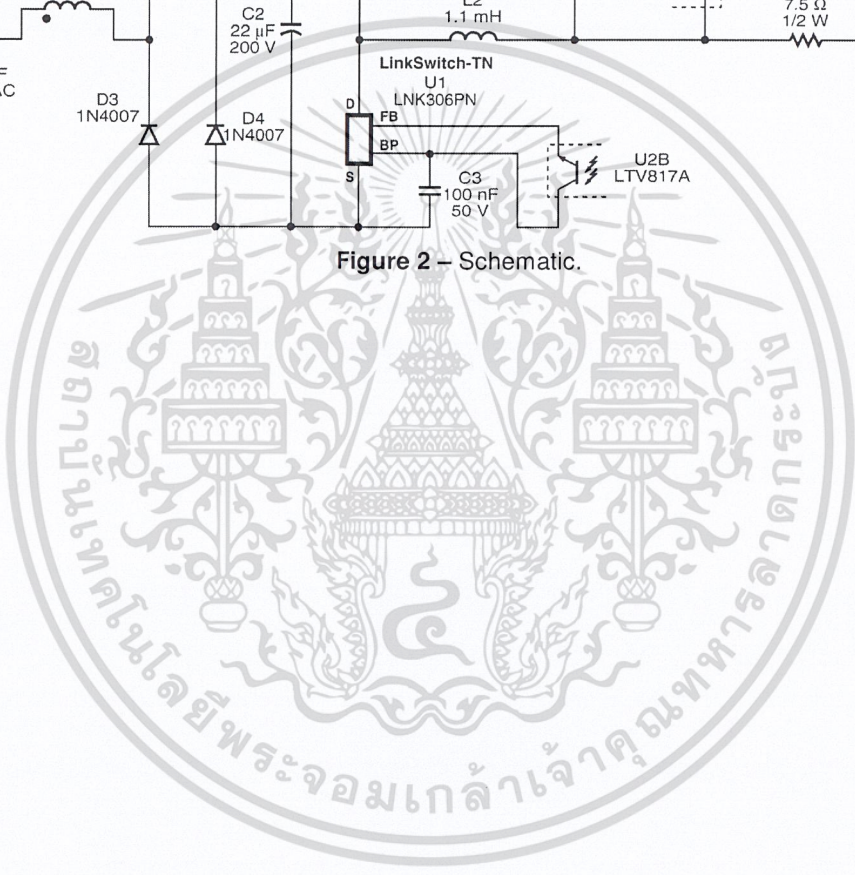


Figure 2 – Schematic.



4 Circuit Description

4.1 Introduction

The power supply shown in Figure 2 uses the LNK306PN (U1) in a low-side buck configuration to deliver a constant 130 mA current at a voltage of 70 VDC. The supply is optimal for driving LEDs, which should always be driven with a constant current (CC) rather than a constant voltage (CV) source.

4.2 AC Input and EMI Filter

Fuse F1 provides short circuit protection against catastrophic failures. Capacitor C1 and common-mode choke L1 reduce conducted EMI. Diodes D1 through D4 provide full wave rectification while high-voltage capacitor C2 maintains a steady DC bus voltage.

4.3 General Operation

During U1's on time, current flows through capacitor C4, the load (a 70 V LED string), and inductor L2. This current flow results in energy stored in L2 as well as energy delivered to the load.

During U1's off time, the polarity of L2 reverses in an attempt to maintain the current flow. This polarity reversal forward biases the freewheeling diode D5, allowing current to flow through inductor L2, and energy to be continually delivered to C4 and the load.

4.4 Device Operation and Feedback Circuit

Output regulation is maintained by U1's On/Off control scheme whereby switching cycles are enabled and disabled (skipped) in response to changing line and load conditions. The transistor of optocoupler U2 delivers current to U1's feedback (FB) pin. This current is sampled during each clock cycle, on the rising edge of the internal clock of U1. If the current is greater than 49 μ A an entire switching cycle is skipped. C3 is the bypass capacitor for U1.

Resistor R4 acts as a current-sensing resistor. The voltage across R4 appears across resistor R3 and optocoupler diode U2A. R3 sets the DC gain of the feedback loop. Zener diodes VR1 and VR2 clamp the output voltage to a maximum of approximately 75 V. Capacitor C5 reduces noise sensitivity and improves response time of the feedback loop. Resistor R5 acts as a bleed resistor to high-voltage output capacitor C4 (needed when the LED load is removed).



5 PCB Layout

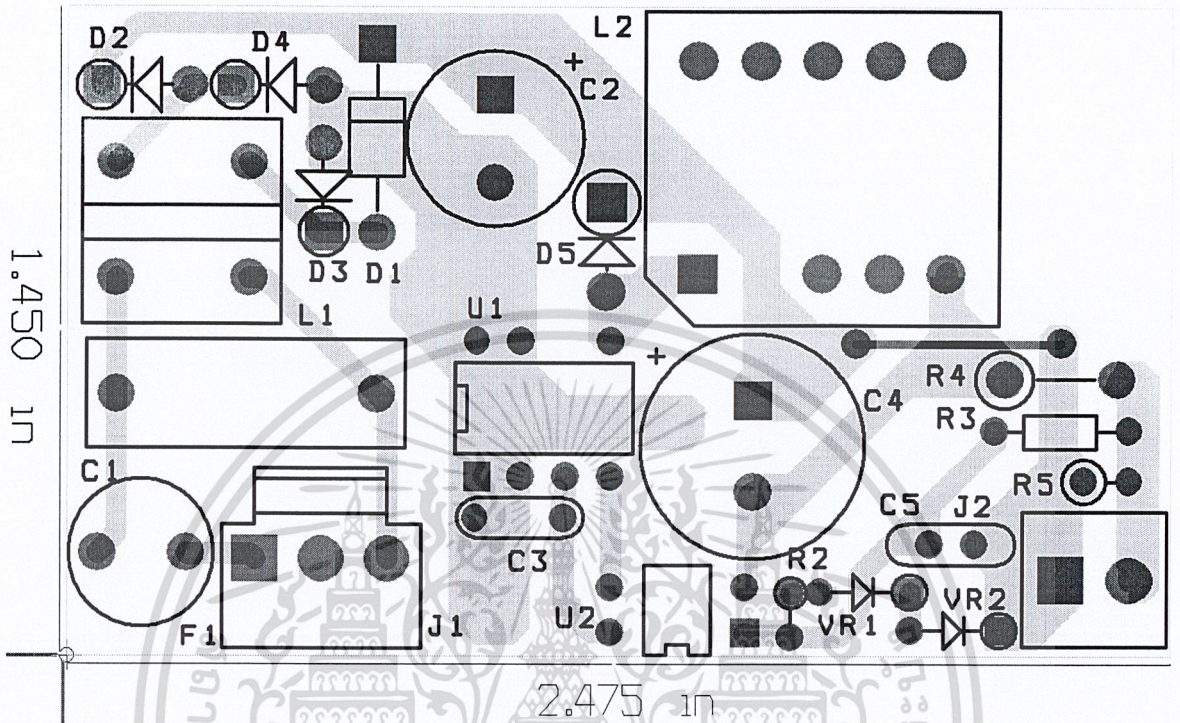


Figure 3 – Printed Circuit Layout.

6 Bill of Materials

Item	Qty	Ref.	Description	P/N	Manufacturer
1	1	C1	100 nF, 275 VAC, Film, X2	ECQ-U2A104ML	Panasonic
2	1	C2	22 μ F, 200 V, Electrolytic, High Ripple, (10 x 20)	EEUEB2D220	Panasonic
3	1	C3	100 nF, 50 V, Ceramic, Z5U, .2Lead Space	C317C104M5U5TA	Kemet
4	1	C4	47 μ F, 200 V, Electrolytic, High Ripple, (12.5 x 20)	EEUEB2D470	Panasonic
5	1	C5	33 nF, 100 V, Ceramic, X7R	B37987M1333K000	Epcos
6	4	D1 D2 D3 D4	1000 V, 1 A, Rectifier, DO-41	1N4007	Vishay
7	1	D5	400 V, 1 A, Ultrafast Recovery, 30 ns, SOD57	BYV26B	Philips
8	1	F1	1 A, 250V, Slow, TR5	3721100041	Wickman
9	1	J1	3 Position (1 x 3) header, 0.156 pitch, Vertical	26-48-1031	Molex
10	1	J2	2 Position (1 x 2) header, 0.156 pitch, Vertical	26-48-1021	Molex
11	1	L1	5 mH, 0.3 A, Common Mode Choke	SU9V-03050	Tokin
12	1	L2	1.1 mH, wound on a EE19 bobbin		Custom
13	1	R2	470 Ω , 5%, 1/8 W, Carbon Film	CFR-12JB-470R	Yageo
14	1	R3	100 Ω , 5%, 1/8 W, Carbon Film	CFR-12JB-100R	Yageo
15	1	R4	7.5 Ω , 5%, 1/2 W, Carbon Film	CFR-50JB-7R5	Yageo
16	1	R5	1 M Ω , 5%, 1/4 W, Carbon Film	CFR-25JB-1M0	Yageo
17	1	U1	LinkSwitch-TN, LNK306PN, DIP-8B	LNK306PN	Power Integrations
18	1	U2	Opto coupler, 35 V, CTR 80-160%, 4-DIP	LTV-817A	Liteon
19	1	VR1	39 V, 5%, 500 mW, DO-35	1N5259B	Microsemi
20	1	VR2	36 V, 5%, 500 mW, DO-35	1N5258B	Microsemi



Power Integrations

Tel: +1 408 414 9200 Fax: +1 408 414 9201
www.powerint.com

Page 8 of 24

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7 Inductor Specification

7.1 Electrical Diagram



Figure 4 – Inductor Electrical Diagram.

7.2 Electrical Specifications

Electrical Strength	1 second, 60 Hz, from Pin 1 to Pin 5	3000 VAC
Primary Inductance	Pins 1-5, all other windings open, measured at 100 kHz, 0.4 VRMS.	1.1 mH, ±10%

7.3 Materials

Item	Description
[1]	Core: TDK PC40EE19-Z, or equivalent Gap for AL of 107.8 nH/T ² .
[2]	Bobbin: EE19 Vertical 10 pin Yih Hwa YW-047 or equivalent.
[3]	Magnet Wire: #27 AWG, Solderable, double-coated.
[4]	Tape: Polyester Film, 3M 1298 or Equivalent, 9.0 mm wide.

7.4 Inductor Build Diagram

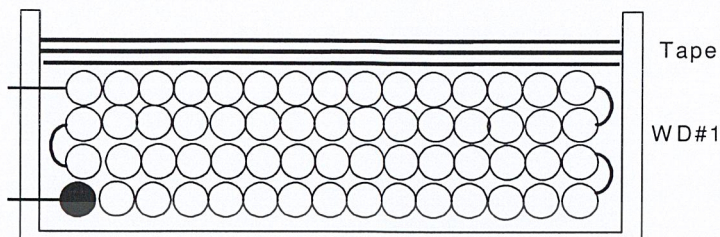


Figure 5 – Inductor Build Diagram.

7.5 Inductor Construction

Bobbin Preparation	Pull Pin 2 on bobbin [2]. Bobbin pinout is shown in layout.
Primary	Start at Pin 5. Wind 110 turns of item [3]. Finish the winding on Pin 1.
Insulation	Use three layers of item [4] for safety insulation.
Final Assembly	Gap core to achieve an inductance of 1.1 mH \pm 10 %. Assemble and secure core halves.



Power Integrations

Tel: +1 408 414 9200 Fax: +1 408 414 9201
www.powerint.com

Page 10 of 24

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 Design Spreadsheet

The PIXIs tool was used to help design this supply. Results are shown below.

ACDC_LinkSwitch-TN_041607; Rev.2.6; Copyright Power Integrations 2007	INPUT	INFO	OUTPUT	UNIT	LinkSwitch-TN_Rev_2-6.xls: LinkSwitch-TN Design Spreadsheet
INPUT VARIABLES					
VACMIN	108			Volts	Customer Minimum AC Input Voltage
VACMAX	132			Volts	Maximum AC Input Voltage
FL	50			Hertz	Line Frequency
VO	70.00			Volts	Output Voltage
IO	0.130			Amps	Output Current
EFFICIENCY (User Estimate)	0.92				Overall Efficiency Estimate (Adjust to match Calculated, or enter Measured Efficiency)
EFFICIENCY (Calculated Estimate)			0.93		Calculated % Efficiency Estimate
CIN	22.00		22.00	uF	Input Filter Capacitor
Input Stage Resistance			0.00	ohms	Input Stage Resistance, Fuse & Filtering
Ambient Temperature			50	deg C	Operating Ambient Temperature (deg Celsius)
Switching Topology			Buck		Type of Switching topology
Input Rectification Type	F		F		Choose H for Half Wave Rectifier and F for Full Wave Rectification
DC INPUT VARIABLES					
VMIN			130.5	Volts	Minimum DC Bus Voltage
VMAX			186.7	Volts	Maximum DC Bus Voltage
LinkSwitch-TN					
LinkSwitch-TN	LNK306		LNK306		Selected LinkSwitch-TN. Ordering info - Suffix P/G indicates DIP 8 package; suffix D indicates SO8 package; second suffix N indicates lead free RoHS compliance
ILIMIT			0.482	Amps	Typical Current Limit
ILIMIT_MIN			0.450	Amps	Minimum Current Limit
ILIMIT_MAX			0.515	Amps	Maximum Current Limit
FSMIN			62000	Hertz	Minimum Switching Frequency
VDS			6.2	Volts	Maximum On-State Drain To Source Voltage drop
PLOSS_LNK			0.41	Watts	Estimated LinkSwitch-TN losses
DIODE					
VD			0.70	Volts	Freewheeling Diode Forward Voltage Drop
VRR			400	Volts	Recommended PIV rating of Freewheeling Diode
IF			1	Amps	Recommended Diode Continuous Current Rating
TRR			75	ns	Recommended Reverse Recovery Time
Diode Recommendation			UF4005		Suggested Freewheeling Diode
OUTPUT INDUCTOR					
L_TYP			880.2	uH	Required value of Inductance to deliver Output Power (Includes device and inductor tolerances) Choose next higher standard available value
L	1100		1100	uH	Output Inductor, Recommended Standard Value
L_R			2.0	Ohms	DC Resistance of Inductor
OPERATING MODE					
KL_TOL	1.10		1.10		Inductor tolerance Factor. Accounts for basic (10% - 20%) Manufacturing Tolerances 1.1 < KL_TOL < 1.2 See AN-37 for detailed explanation
K_LOSS			0.947		Loss factor. Accounts for "off-state" power loss to be supplied by

				inductor Calculated efficiency <math>K_{LOSS} < 1</math>. See AN-37 for detailed explanation
ILRMS		0.20	Amps	Estimated RMS inductor current (at VMAX)
OUTPUT CAPACITOR				
DELTA_V		0.70	Volts	Target Output Voltage Ripple
MAX_ESR		1556	m-Ohms	Maximum Capacitor ESR (milli-ohms)
I_RIPPLE		0.45	Amps	Output Capacitor Ripple current
FEEDBACK COMPONENTS				
RBIAS		2.00	k-Ohms	Bias Resistor. Use closest standard 1% value
RFB		78.29	k-Ohms	Feedback Resistor. Use closest standard 1% value
CFB		10	uF	Feedback Capacitor
C_SOFT_START		1 - 10	uF	If the output Voltage is greater than 12 V, or total output and system capacitance is greater than 100 uF, a soft start capacitor between 1uF and 10 uF is recommended. See AN-37 for details



Power Integrations

Tel: +1 408 414 9200 Fax: +1 408 414 9201
www.powerint.com

นี่เป็นเอกสารตัวอย่างสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ Page 12 of 24 การค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9 Performance Data

All measurements performed at room temperature, 60 Hz input frequency.

9.1 Output Characteristic

The output characteristic was obtained by removing one LED at a time from the series string (which acted as the load).

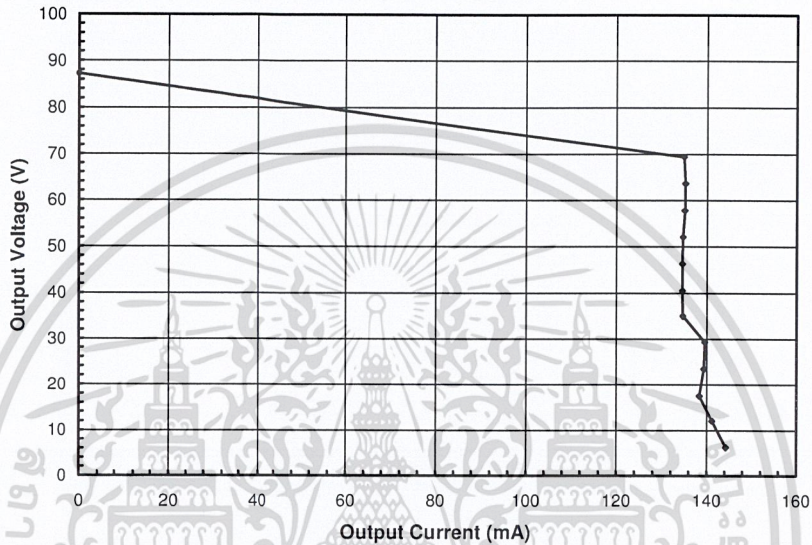


Figure 6 – Output characteristic, 115 VAC.

9.2 Efficiency

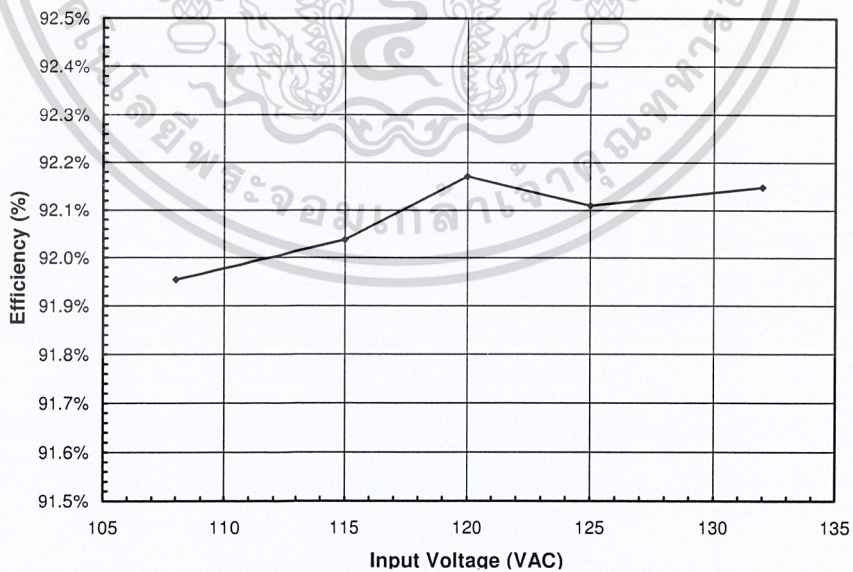


Figure 7 – Efficiency vs. Input Voltage.

9.3 No-load Input Power

The no-load input power is high due to the fact that the OVP circuit formed by VR1 and VR2 consumes close to 400 mW of biasing power.

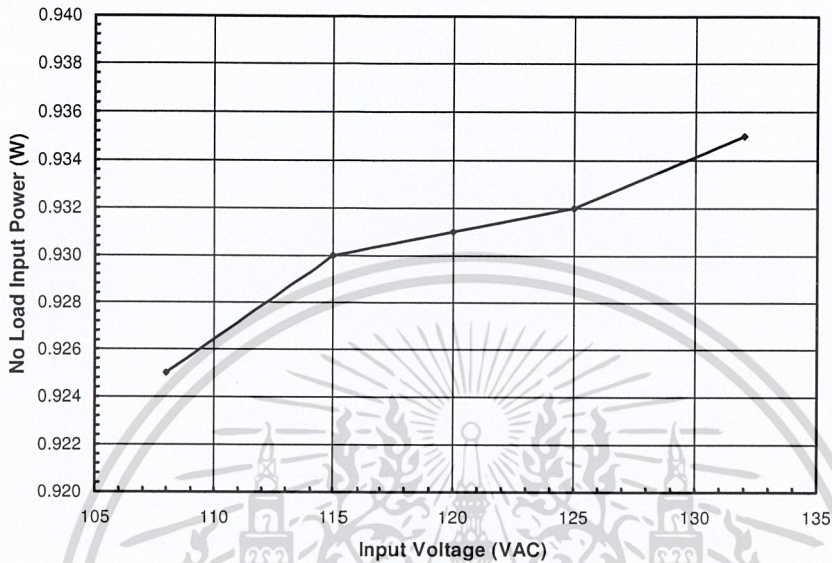


Figure 8 – Zero Load Input Power vs. Input Line Voltage.

9.4 Regulation

9.4.1 Line

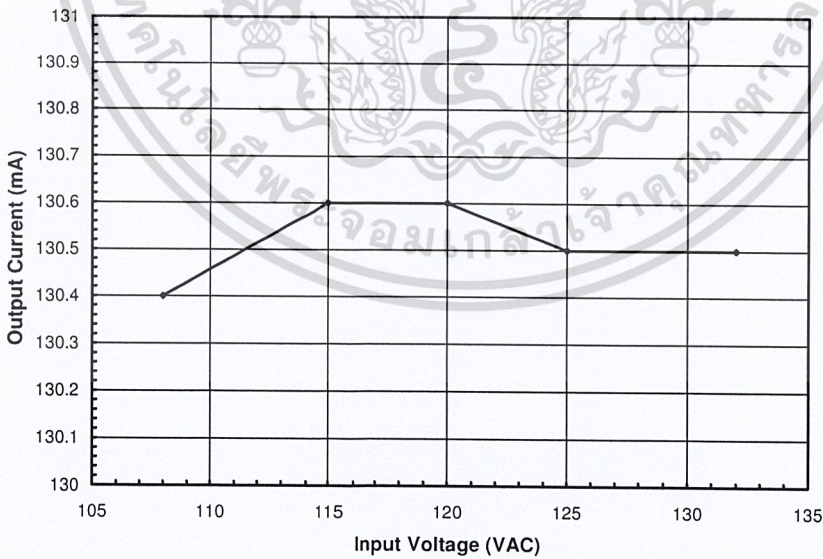


Figure 9 – Line Regulation, Room Temperature, Full Load.



10 Thermal Performance

The temperatures of four components were measured at room temperature, using separate thermocouples on each, to ensure acceptable thermal performance. The supply was placed in a cardboard box to prevent convective cooling by air currents in the room. A T-type thermocouple was soldered to U1's source pin, near its plastic casing, to measure its temperature. The temperature of D5 was measured by soldering a T-type thermocouple to the anode lead near its case. The transformer (T1) winding temperature was measured with a T-type thermocouple taped to the outermost tape layer of the transformer windings. The temperature of C2 was measured at the top of its case.

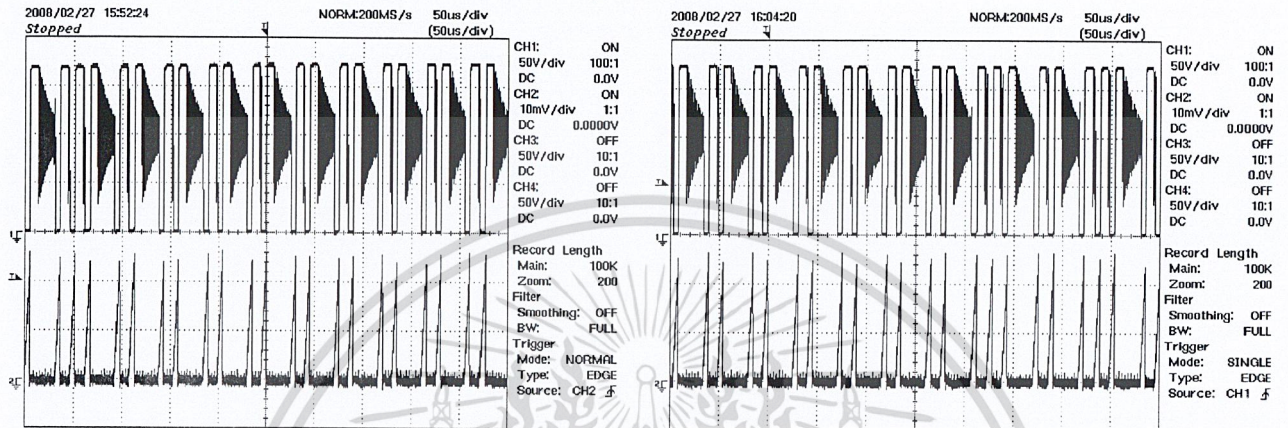
Item	Temperature (°C)
	108 VAC
Ambient	29
LNK306PN (U1)	41
Freewheeling Diode (D5)	40
Transformer Windings (T1)	35
Top of Input Capacitor (C2)	35



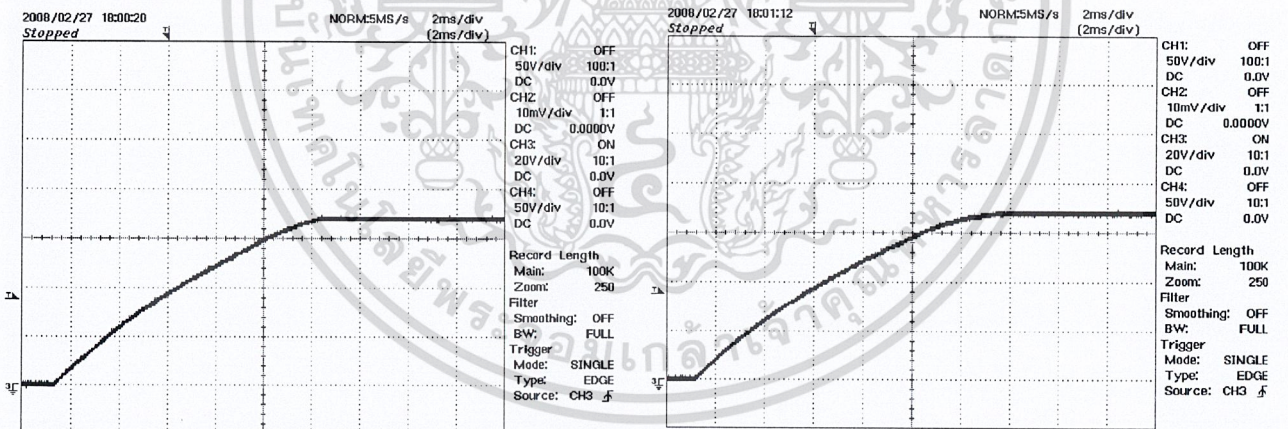
11 Waveforms

All waveforms were taken at room temperature, 60 Hz line frequency with a series LED load.

11.1 Drain Voltage and Current, Normal Operation



11.2 Output Voltage Start-up Profile



11.3 Drain Voltage and Current Start-up Profile

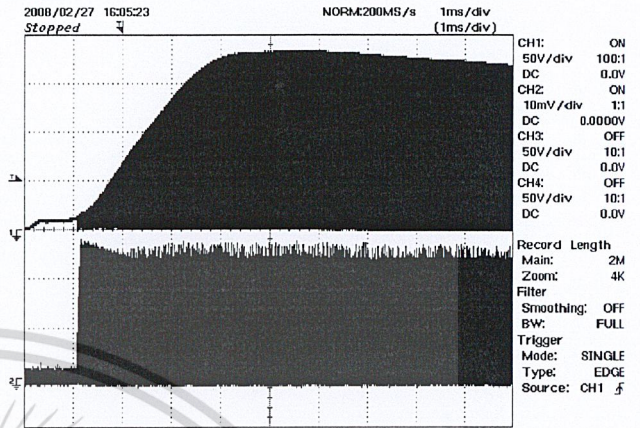
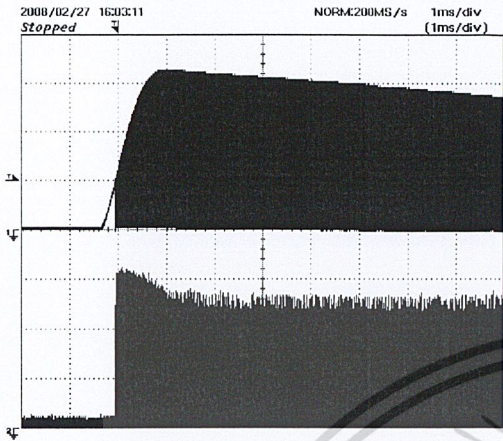


Figure 14 – 108 VAC Input and Maximum Load.
Upper: I_{DRAIN} , 0.2 A / div.
Lower: V_{DRAIN} , 50 V, 1 ms / div.

Figure 15 – 132 VAC Input and Maximum Load.
Upper: I_{DRAIN} , 0.2 A / div.
Lower: V_{DRAIN} , 50 V, 1 ms / div.



11.4 Output Ripple Measurements

11.4.1 Ripple Measurement Technique

For DC output ripple measurements, use a modified oscilloscope test probe to reduce spurious signals. Details of the probe modification are provided in figures below.

Tie two capacitors in parallel across the probe tip of the 4987BA probe adapter. The capacitors include a $0.1 \mu\text{F} / 50 \text{ V}$ ceramic type and $1.0 \mu\text{F} / 50 \text{ V}$ aluminum electrolytic. The aluminum-electrolytic capacitor is polarized, so always maintain proper polarity across DC outputs. (Refer to Figure 16 and Figure 17.)

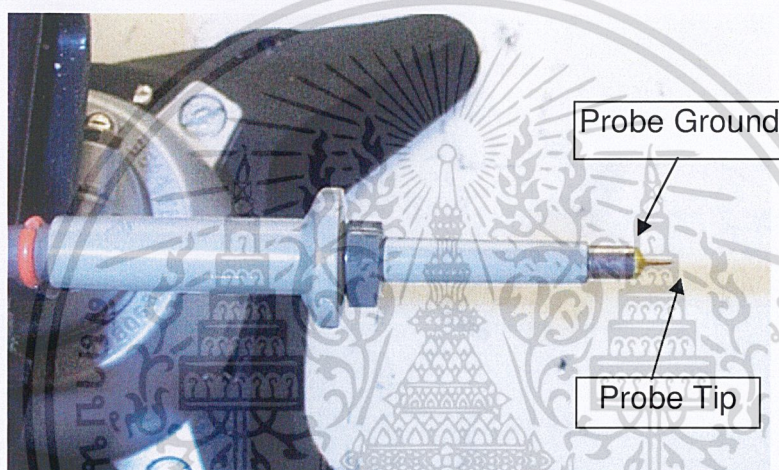


Figure 16 – Oscilloscope Probe Prepared for Ripple Measurement. (End Cap and Ground Lead Removed)



Figure 17 – Oscilloscope Probe with Probe Master (www.probemaster.com) 4987A BNC Adapter. (Modified with wires for ripple measurement, and two parallel decoupling capacitors added)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



11.4.2 Measurement Results

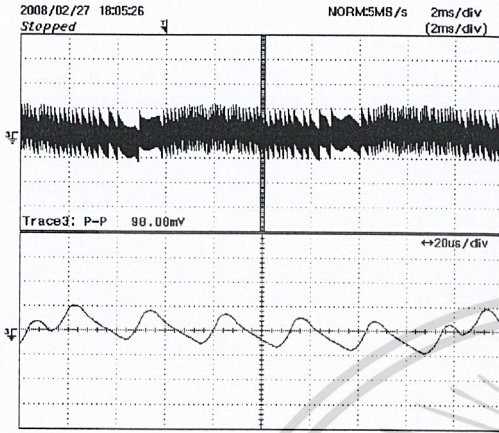


Figure 18 – Output Ripple, 108 VAC, Full Load.
2 ms, 50 mV / div.

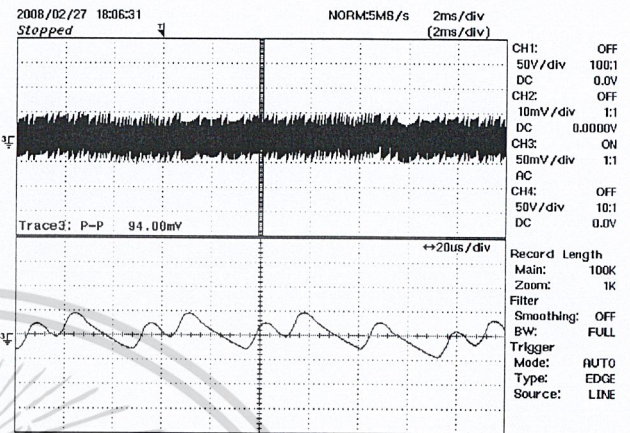


Figure 19 – Output Ripple, 132 VAC, Full Load.
2 ms, 50 mV / div.

12 Conducted EMI

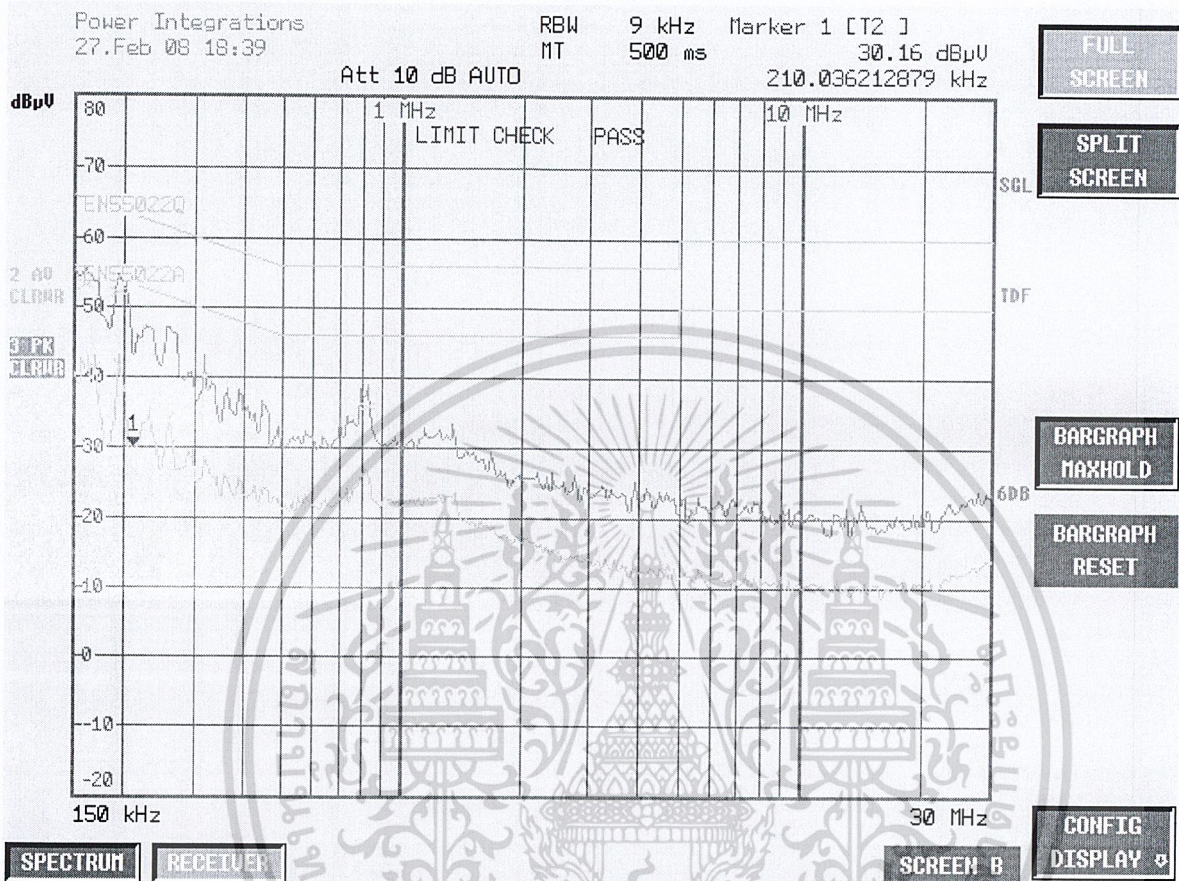
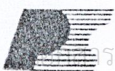


Figure 20 – Conducted EMI, Maximum Steady State Load, 115 VAC, 60 Hz, and EN55022 B Limits. Output Connected to Artificial Hand.



Power Integrations

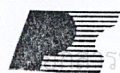
Tel: +1 408 414 9200 Fax: +1 408 414 9201
www.powerint.com

13 Revision History

Date	Author	Revision	Description & changes	Reviewed
28-Apr-08	SGK	1.4	Initial Release	JD



Notes



Power Integrations

Tel: +1 408 414 9200 Fax: +1 408 414 9201

www.powerint.com

Notes



For the latest updates, visit our website: www.powerint.com

Power Integrations reserves the right to make changes to its products at any time to improve reliability or manufacturability. Power Integrations does not assume any liability arising from the use of any device or circuit described herein. POWER INTEGRATIONS MAKES NO WARRANTY HEREIN AND SPECIFICALLY DISCLAIMS ALL WARRANTIES INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY RIGHTS.

PATENT INFORMATION

The products and applications illustrated herein (including transformer construction and circuits external to the products) may be covered by one or more U.S. and foreign patents, or potentially by pending U.S. and foreign patent applications assigned to Power Integrations. A complete list of Power Integrations' patents may be found at www.powerint.com. Power Integrations grants its customers a license under certain patent rights as set forth at <http://www.powerint.com/jp.htm>.

The PI Logo, TOPSwitch, TinySwitch, LinkSwitch, DPA-Switch, PeakSwitch, EcoSmart, Clampless, E-Shield, Filterfuse, StackFET, PI Expert and PI FACTS are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies. ©Copyright 2008 Power Integrations, Inc.

Power Integrations Worldwide Sales Support Locations**WORLD HEADQUARTERS**

5245 Hellyer Avenue
San Jose, CA 95138, USA.
Main: +1-408-414-9200
Customer Service:
Phone: +1-408-414-9665
Fax: +1-408-414-9765
e-mail: usasales@powerint.com

GERMANY

Rueckertstrasse 3
D-80336, Munich
Germany
Phone: +49-89-5527-3911
Fax: +49-89-5527-3920
e-mail: eurossales@powerint.com

JAPAN

Kosei Dai-3 Bldg.,
2-12-11, Shin-Yokohama,
Kohoku-ku, Yokohama-shi,
Kanagawa 222-0033
Phone: +81-45-471-1021
Fax: +81-45-471-3717
e-mail:
japansales@powerint.com

TAIWAN

5F, No. 318, Nei Hu Rd., Sec. 1
Nei Hu Dist.
Taipei, Taiwan 114, R.O.C.
Phone: +886-2-2659-4570
Fax: +886-2-2659-4550
e-mail:
taiwansales@powerint.com

CHINA (SHANGHAI)

Rm 1601/1610, Tower 1,
Kerry Everbright City
No. 218 Tianmu Road West,
Shanghai, P.R.C. 200070
Phone: +86-21-6354-6323
Fax: +86-21-6354-6325
e-mail:
chinasales@powerint.com

INDIA

#1, 14th Main Road
Vasanthanagar
Bangalore-560052 India
Phone: +91-80-41138020
Fax: +91-80-41138023
e-mail: indiasales@powerint.com

KOREA

RM 602, 6FL
Korea City Air Terminal B/D,
159-6
Samsung-Dong, Kangnam-
Gu,
Seoul, 135-728, Korea
Phone: +82-2-2016-6610
Fax: +82-2-2016-6630
e-mail:
koreasales@powerint.com

UNITED KINGDOM

1st Floor, St. James's House
East Street, Farnham
Surrey, GU9 7TJ
United Kingdom
Phone: +44 (0) 1252-730-141
Fax: +44 (0) 1252-727-689
e-mail:
eurossales@powerint.com

CHINA (SHENZHEN)

Rm A, B & C 4th Floor, Block C,
Electronics Science and
Technology Building, 2070
Shennan Zhong Rd,
Shenzhen, Guangdong,
China, 518031
Phone: +86-755-8379-3243
Fax: +86-755-8379-5828
e-mail:
chinasales@powerint.com

ITALY

Via De Amicis 2
20091 Bresso MI – Italy
Phone: +39-028-928-6000
Fax: +39-028-928-6009
e-mail: eurossales@powerint.com

SINGAPORE

51 Newton Road,
#15-08/10 Goldhill Plaza,
Singapore, 308900
Phone: +65-6358-2160
Fax: +65-6358-2015
e-mail:
singaporesales@powerint.com

APPLICATIONS HOTLINE

World Wide +1-408-414-9660

APPLICATIONS FAX

World Wide +1-408-414-9760

**Power Integrations**

Tel: +1 408 414 9200 Fax: +1 408 414 9201
www.powerint.com

LNK302/304-306



LinkSwitch-TN Family

Lowest Component Count, Energy-Efficient Off-Line Switcher IC

Product Highlights

Cost Effective Linear/Cap Dropper Replacement

- Lowest cost and component count buck converter solution
- Fully integrated auto-restart for short-circuit and open loop fault protection – saves external component costs
- LNK302 uses a simplified controller without auto-restart for very low system cost
- 66 kHz operation with accurate current limit – allows low cost off-the-shelf 1 mH inductor for up to 120 mA output current
- Tight tolerances and negligible temperature variation
- High breakdown voltage of 700 V provides excellent input surge withstand
- Frequency jittering dramatically reduces EMI (~10 dB) – minimizes EMI filter cost
- High thermal shutdown temperature (+135 °C minimum)

Much Higher Performance over Discrete Buck and Passive Solutions

- Supports buck, buck-boost and flyback topologies
- System level thermal overload, output short-circuit and open control loop protection
- Excellent line and load regulation even with typical configuration
- High bandwidth provides fast turn-on with no overshoot
- Current limit operation rejects line ripple
- Universal input voltage range (85 VAC to 265 VAC)
- Built-in current limit and hysteresis thermal protection
- Higher efficiency than passive solutions
- Higher power factor than capacitor-fed solutions
- Entirely manufacturable in SMD

EcoSmart® – Extremely Energy Efficient

- Consumes typically only 50/80 mW in self-powered buck topology at 115/230 VAC input with no load (opto feedback)
- Consumes typically only 7/12 mW in flyback topology with external bias at 115/230 VAC input with no load
- Meets California Energy Commission (CEC), Energy Star, and EU requirements

Applications

- Appliances and timers
- LED drivers and industrial controls

Description

LinkSwitch-TN is specifically designed to replace all linear and capacitor-fed (cap dropper) non-isolated power supplies in the under 360 mA output current range at equal system cost while offering much higher performance and energy efficiency.

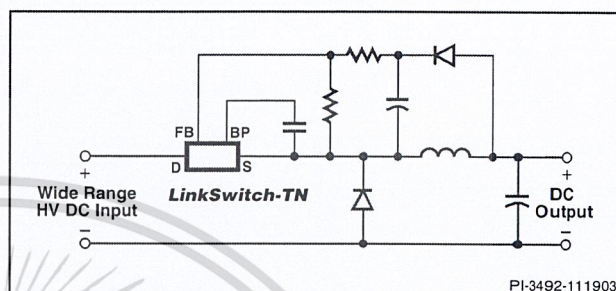


Figure 1. Typical Buck Converter Application (See Application Examples Section for Other Circuit Configurations).

PRODUCT ⁴	OUTPUT CURRENT TABLE ¹			
	230 VAC ±15%		85-265 VAC	
	MDCM ²	CCM ³	MDCM ²	CCM ³
LNK302P/G/D	63 mA	80 mA	63 mA	80 mA
LNK304P/G/D	120 mA	170 mA	120 mA	170 mA
LNK305P/G/D	175 mA	280 mA	175 mA	280 mA
LNK306P/G/D	225 mA	360 mA	225 mA	360 mA

Table 1. Output Current Table.

Notes:

1. Typical output current in a non-isolated buck converter. Output power capability depends on respective output voltage. See Key Applications Considerations Section for complete description of assumptions, including fully discontinuous conduction mode (DCM) operation.
2. Mostly discontinuous conduction mode.
3. Continuous conduction mode.
4. Packages: P: DIP-8B, G: SMD-8B, D: SO-8C.

LinkSwitch-TN devices integrate a 700 V power MOSFET, oscillator, simple On/Off control scheme, a high voltageswitched current source, frequency jittering, cycle-by-cycle current limit and thermal shutdown circuitry onto a monolithic IC. The start-up and operating power are derived directly from the voltage on the DRAIN pin, eliminating the need for a bias supply and associated circuitry in buck or flyback converters. The fully integrated auto-restart circuit in the LNK304-306 safely limits output power during fault conditions such as short-circuit or open loop, reducing component count and system-level load protection cost. A local supply provided by the IC allows use of a non-safety graded optocoupler acting as a level shifter to further enhance line and load regulation performance in buck and buck-boost converters, if required.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เฉพาะในบริษัท หรือใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

November 2008

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

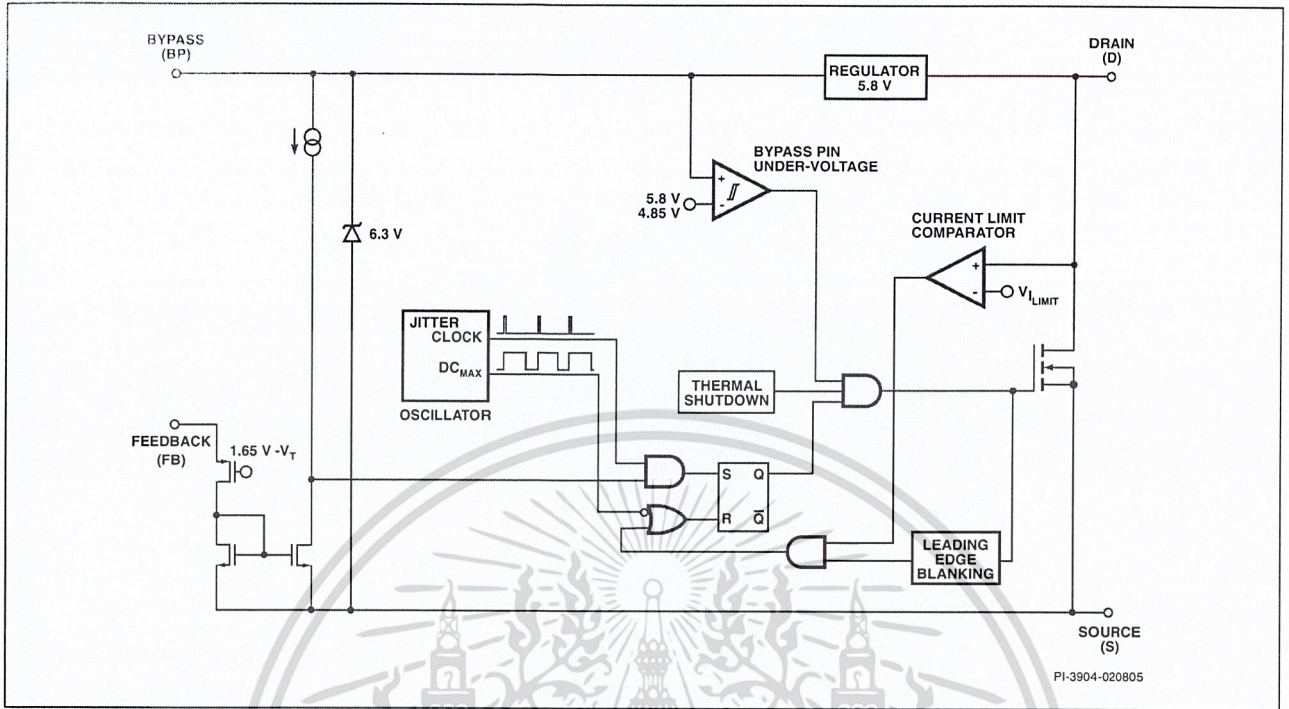


Figure 2a. Functional Block Diagram (LNK302).

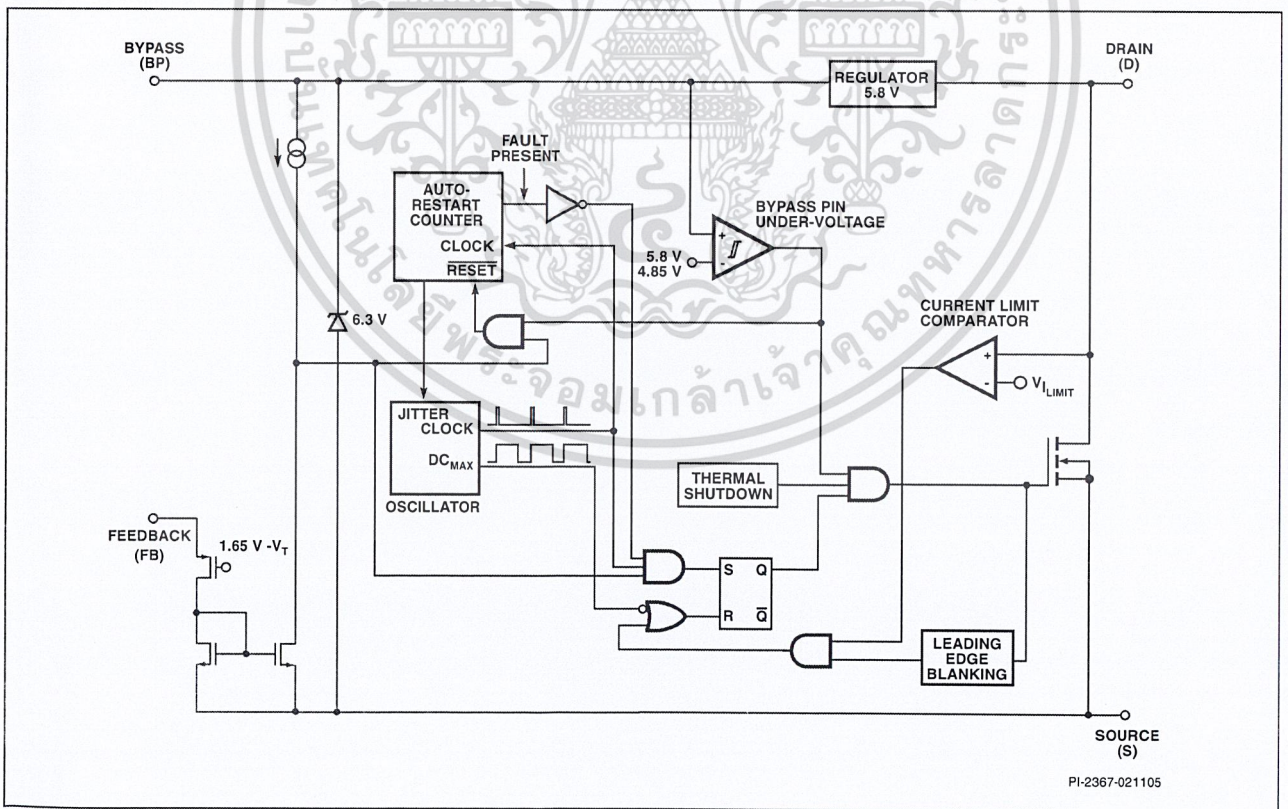


Figure 2b. Functional Block Diagram (LNK304-306).

Pin Functional Description

DRAIN (D) Pin:

Power MOSFET drain connection. Provides internal operating current for both start-up and steady-state operation.

BYPASS (BP) Pin:

Connection point for a 0.1 μF external bypass capacitor for the internally generated 5.8 V supply.

FEEDBACK (FB) Pin:

During normal operation, switching of the power MOSFET is controlled by this pin. MOSFET switching is terminated when a current greater than 49 μA is delivered into this pin.

SOURCE (S) Pin:

This pin is the power MOSFET source connection. It is also the ground reference for the BYPASS and FEEDBACK pins.

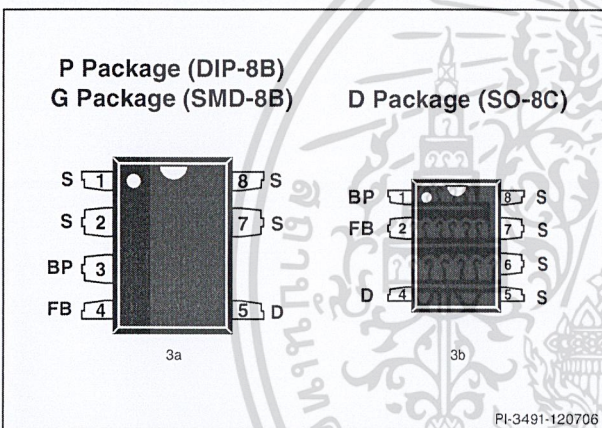


Figure 3. Pin Configuration.

LinkSwitch-TN Functional Description

LinkSwitch-TN combines a high voltage power MOSFET switch with a power supply controller in one device. Unlike conventional PWM (pulse width modulator) controllers, *LinkSwitch-TN* uses a simple ON/OFF control to regulate the output voltage. The *LinkSwitch-TN* controller consists of an oscillator, feedback (sense and logic) circuit, 5.8 V regulator, BYPASS pin under-voltage circuit, over-temperature protection, frequency jittering, current limit circuit, leading edge blanking and a 700 V power MOSFET. The *LinkSwitch-TN* incorporates additional circuitry for auto-restart.

Oscillator

The typical oscillator frequency is internally set to an average of 66 kHz. Two signals are generated from the oscillator: the maximum duty cycle signal (DC_{MAX}) and the clock signal that indicates the beginning of each cycle.

The *LinkSwitch-TN* oscillator incorporates circuitry that introduces a small amount of frequency jitter, typically 4 kHz peak-to-peak, to minimize EMI emission. The modulation rate of the frequency jitter is set to 1 kHz to optimize EMI reduction for both average and quasi-peak emissions. The frequency jitter should be measured with the oscilloscope triggered at the falling edge of the DRAIN waveform. The waveform in Figure 4 illustrates the frequency jitter of the *LinkSwitch-TN*.

Feedback Input Circuit

The feedback input circuit at the FB pin consists of a low impedance source follower output set at 1.65 V. When the current delivered into this pin exceeds 49 μA , a low logic level (disable) is generated at the output of the feedback circuit. This output is sampled at the beginning of each cycle on the rising edge of the clock signal. If high, the power MOSFET is turned on for that cycle (enabled), otherwise the power MOSFET remains off (disabled). Since the sampling is done only at the beginning of each cycle, subsequent changes in the FB pin voltage or current during the remainder of the cycle are ignored.

5.8 V Regulator and 6.3 V Shunt Voltage Clamp

The 5.8 V regulator charges the bypass capacitor connected to the BYPASS pin to 5.8 V by drawing a current from the voltage on the DRAIN, whenever the MOSFET is off. The BYPASS pin is the internal supply voltage node for the *LinkSwitch-TN*. When the MOSFET is on, the *LinkSwitch-TN* runs off of the energy stored in the bypass capacitor. Extremely low power consumption of the internal circuitry allows the *LinkSwitch-TN* to operate continuously from the current drawn from the DRAIN pin. A bypass capacitor value of 0.1 μF is sufficient for both high frequency decoupling and energy storage.

In addition, there is a 6.3 V shunt regulator clamping the BYPASS pin at 6.3 V when current is provided to the BYPASS pin through an external resistor. This facilitates powering of *LinkSwitch-TN* externally through a bias winding to decrease the no-load consumption to about 50 mW.

BYPASS Pin Under-Voltage

The BYPASS pin under-voltage circuitry disables the power MOSFET when the BYPASS pin voltage drops below 4.85 V. Once the BYPASS pin voltage drops below 4.85 V, it must rise back to 5.8 V to enable (turn-on) the power MOSFET.

Over-Temperature Protection

The thermal shutdown circuitry senses the die temperature. The threshold is set at 142 $^{\circ}\text{C}$ typical with a 75 $^{\circ}\text{C}$ hysteresis. When the die temperature rises above this threshold (142 $^{\circ}\text{C}$) the power MOSFET is disabled and remains disabled until the die temperature falls by 75 $^{\circ}\text{C}$, at which point it is re-enabled.

Current Limit

The current limit circuit senses the current in the power MOSFET. When this current exceeds the internal threshold (I_{LIMIT}), the

LNK302/304-306

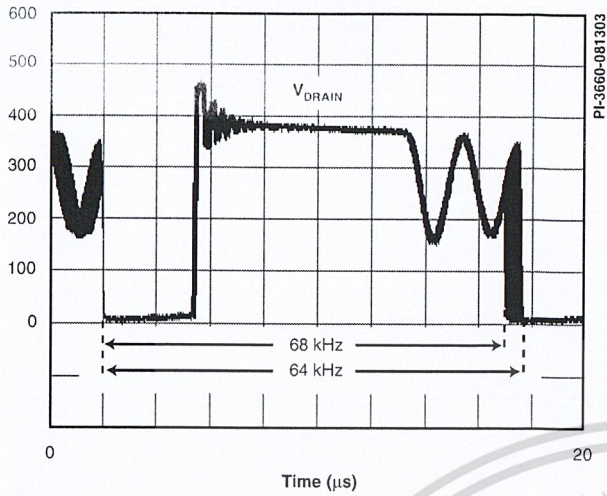


Figure 4. Frequency Jitter.

power MOSFET is turned off for the remainder of that cycle. The leading edge blanking circuit inhibits the current limit comparator for a short time (t_{LEB}) after the power MOSFET is turned on. This leading edge blanking time has been set so that current spikes caused by capacitance and rectifier reverse recovery time will not cause premature termination of the switching pulse.

Auto-Restart (LNK304-306 only)

In the event of a fault condition such as output overload, output short, or an open loop condition, *LinkSwitch-TN* enters into auto-restart operation. An internal counter clocked by the oscillator gets reset every time the FB pin is pulled high. If the FB pin is not pulled high for 50 ms, the power MOSFET switching is disabled for 800 ms. The auto-restart alternately enables and disables the switching of the power MOSFET until the fault condition is removed.

Applications Example

A 1.44 W Universal Input Buck Converter

The circuit shown in Figure 5 is a typical implementation of a

12 V, 120 mA non-isolated power supply used in appliance control such as rice cookers, dishwashers or other white goods. This circuit may also be applicable to other applications such as night-lights, LED drivers, electricity meters, and residential heating controllers, where a non-isolated supply is acceptable.

The input stage comprises fusible resistor RF1, diodes D3 and D4, capacitors C4 and C5, and inductor L2. Resistor RF1 is a flame proof, fusible, wire wound resistor. It accomplishes several functions: a) Inrush current limitation to safe levels for rectifiers D3 and D4; b) Differential mode noise attenuation; c) Input fuse should any other component fail short-circuit (component fails safely open-circuit without emitting smoke, fire or incandescent material).

The power processing stage is formed by the *LinkSwitch-TN*, freewheeling diode D1, output choke L1, and the output capacitor C2. The LNK304 was selected such that the power supply operates in the mostly discontinuous-mode (MDCM). Diode D1 is an ultra-fast diode with a reverse recovery time (t_{rr}) of approximately 75 ns, acceptable for MDCM operation. For continuous conduction mode (CCM) designs, a diode with a t_{rr} of ≤ 35 ns is recommended. Inductor L1 is a standard off-the-shelf inductor with appropriate RMS current rating (and acceptable temperature rise). Capacitor C2 is the output filter capacitor; its primary function is to limit the output voltage ripple. The output voltage ripple is a stronger function of the ESR of the output capacitor than the value of the capacitor itself.

To a first order, the forward voltage drops of D1 and D2 are identical. Therefore, the voltage across C3 tracks the output voltage. The voltage developed across C3 is sensed and regulated via the resistor divider R1 and R3 connected to U1's FB pin. The values of R1 and R3 are selected such that, at the desired output voltage, the voltage at the FB pin is 1.65 V.

Regulation is maintained by skipping switching cycles. As the output voltage rises, the current into the FB pin will rise. If this exceeds I_{FB} , then subsequent cycles will be skipped until the current reduces below I_{FB} . Thus, as the output load is reduced, more cycles will be skipped and if the load increases, fewer

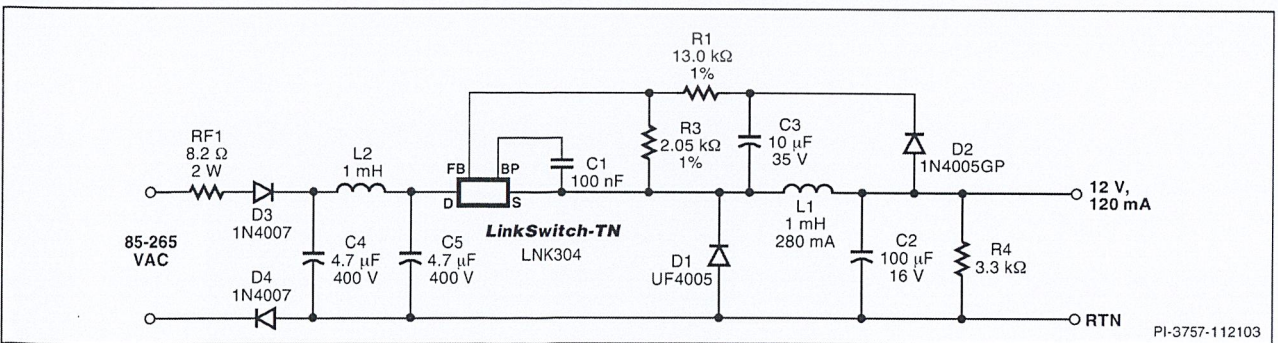


Figure 5. Universal Input, 12 V, 120 mA Constant Voltage Power Supply Using LinkSwitch-TN.

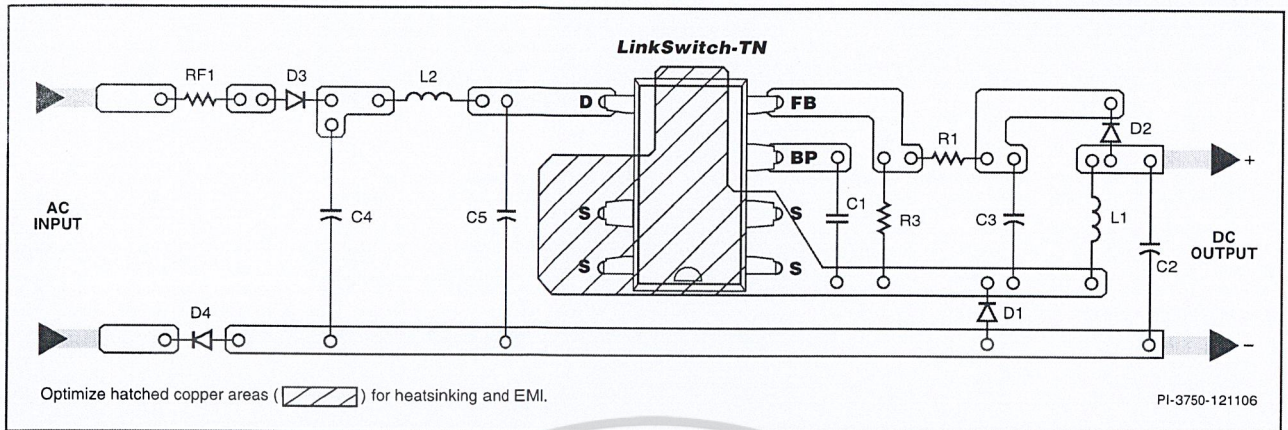


Figure 6a. Recommended Printed Circuit Layout for LinkSwitch-TN in a Buck Converter Configuration using P or G Package.

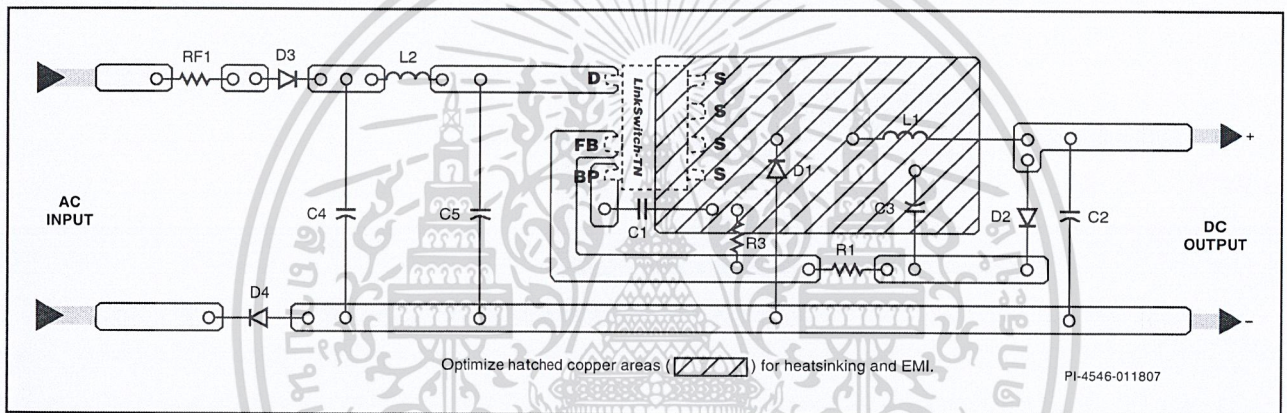


Figure 6b. Recommended Printed Circuit Layout for LinkSwitch-TN in a Buck Converter Configuration using D Package to Bottom Side of the Board.

cycles are skipped. To provide overload protection if no cycles are skipped during a 50 ms period, *LinkSwitch-TN* will enter auto-restart (LNK304-306), limiting the average output power to approximately 6% of the maximum overload power. Due to tracking errors between the output voltage and the voltage across C3 at light load or no load, a small pre-load may be required (R4). For the design in Figure 5, if regulation to zero load is required, then this value should be reduced to 2.4 k Ω .

Key Application Considerations

LinkSwitch-TN Design Considerations

Output Current Table

Data sheet maximum output current table (Table 1) represents the maximum practical continuous output current for both mostly discontinuous conduction mode (MDCM) and continuous conduction mode (CCM) of operation that can be delivered from a given *LinkSwitch-TN* device under the following assumed conditions:

- 1) Buck converter topology.
- 2) The minimum DC input voltage is ≥ 70 V. The value of input capacitance should be large enough to meet this criterion.
- 3) For CCM operation a KRP* of 0.4.
- 4) Output voltage of 12 VDC.
- 5) Efficiency of 75%.
- 6) A catch/freewheeling diode with $t_{rr} \leq 75$ ns is used for MDCM operation and for CCM operation, a diode with $t_{rr} \leq 35$ ns is used.
- 7) The part is board mounted with SOURCE pins soldered to a sufficient area of copper to keep the SOURCE pin temperature at or below 100 °C.

*KRP is the ratio of ripple to peak inductor current.

LinkSwitch-TN Selection and Selection Between MDCM and CCM Operation

Select the *LinkSwitch-TN* device, freewheeling diode and output inductor that gives the lowest overall cost. In general, MDCM

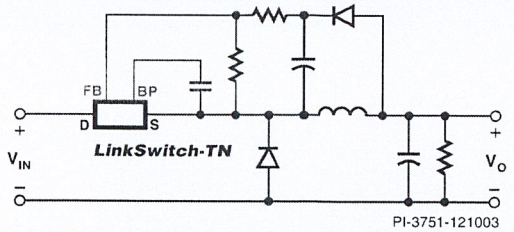
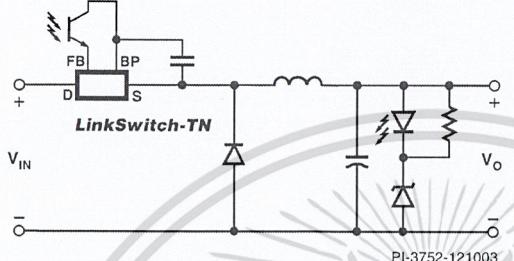
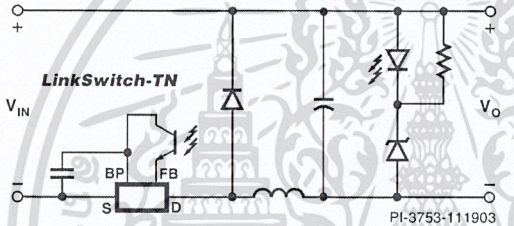
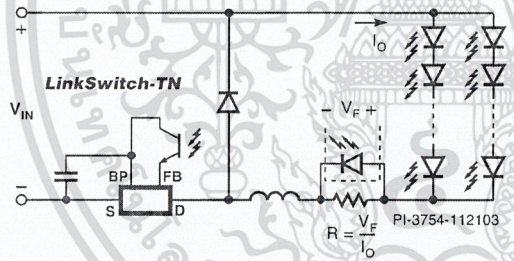
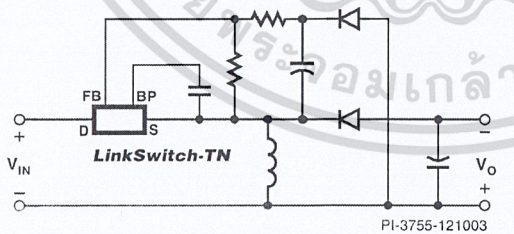
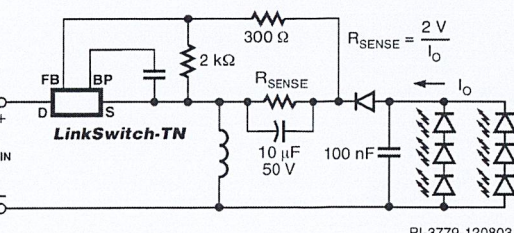
TOPOLOGY	BASIC CIRCUIT SCHEMATIC	KEY FEATURES
High-Side Buck – Direct Feedback		<ol style="list-style-type: none"> 1. Output referenced to input 2. Positive output (V_O) with respect to $-V_{IN}$ 3. Step down – $V_O < V_{IN}$ 4. Low cost direct feedback ($\pm 10\%$ typ.)
High-Side Buck – Optocoupler Feedback		<ol style="list-style-type: none"> 1. Output referenced to input 2. Positive output (V_O) with respect to $-V_{IN}$ 3. Step down – $V_O < V_{IN}$ 4. Optocoupler feedback <ul style="list-style-type: none"> - Accuracy only limited by reference choice - Low cost non-safety rated opto - No pre-load required 5. Minimum no-load consumption
Low-Side Buck – Optocoupler Feedback		<ol style="list-style-type: none"> 1. Output referenced to input 2. Negative output (V_O) with respect to $+V_{IN}$ 3. Step down – $V_O < V_{IN}$ 4. Optocoupler feedback <ul style="list-style-type: none"> - Accuracy only limited by reference choice - Low cost non-safety rated opto - No pre-load required
Low-Side Buck – Constant Current LED Driver		<ol style="list-style-type: none"> 1. Output referenced to input 2. Negative output (V_O) with respect to $+V_{IN}$ 3. Step down – $V_O < V_{IN}$ 4. Optocoupler feedback <ul style="list-style-type: none"> - Accuracy only limited by reference choice - Low cost non-safety rated opto - No pre-load required - Ideal for driving LEDs
High-Side Buck Boost – Direct Feedback		<ol style="list-style-type: none"> 1. Output referenced to input 2. Negative output (V_O) with respect to $+V_{IN}$ 3. Step up/down – $V_O > V_{IN}$ or $V_O < V_{IN}$ 4. Low cost direct feedback ($\pm 10\%$ typ.)
High-Side Buck Boost – Constant Current LED Driver		<ol style="list-style-type: none"> 1. Output referenced to input 2. Negative output (V_O) with respect to $+V_{IN}$ 3. Step up/down – $V_O > V_{IN}$ or $V_O < V_{IN}$ 4. Low cost direct feedback ($\pm 10\%$ typ.) 5. Fail-safe – output is not subjected to input voltage if the internal MOSFET fails 6. Ideal for driving LEDs – better accuracy and temperature stability than Low-side Buck constant current LED driver

Table 2. Common Circuit Configurations Using LinkSwitch-TN. (continued on next page)



TOPOLOGY	BASIC CIRCUIT SCHEMATIC	KEY FEATURES
Low-Side Buck Boost – Optocoupler Feedback		<ol style="list-style-type: none"> 1. Output referenced to input 2. Positive output (V_O) with respect to $+V_{IN}$ 3. Step up/down – $V_O > V_{IN}$ or $V_O < V_{IN}$ 4. Optocoupler feedback <ul style="list-style-type: none"> - Accuracy only limited by reference choice - Low cost non-safety rated opto - No pre-load required 5. Fail-safe – output is not subjected to input voltage if the internal MOSFET fails

Table 2 (cont). Common Circuit Configurations Using LinkSwitch-TN.

provides the lowest cost and highest efficiency converter. CCM designs require a larger inductor and ultra-fast ($t_{rr} \leq 35$ ns) freewheeling diode in all cases. It is lower cost to use a larger LinkSwitch-TN in MDCM than a smaller LinkSwitch-TN in CCM because of the additional external component costs of a CCM design. However, if the highest output current is required, CCM should be employed following the guidelines below.

Topology Options

LinkSwitch-TN can be used in all common topologies, with or without an optocoupler and reference to improve output voltage tolerance and regulation. Table 2 provide a summary of these configurations. For more information see the Application Note – LinkSwitch-TN Design Guide.

Component Selection

Referring to Figure 5, the following considerations may be helpful in selecting components for a LinkSwitch-TN design.

Freewheeling Diode D1

Diode D1 should be an ultra-fast type. For MDCM, reverse recovery time $t_{rr} \leq 75$ ns should be used at a temperature of 70 °C or below. Slower diodes are not acceptable, as continuous mode operation will always occur during startup, causing high leading edge current spikes, terminating the switching cycle prematurely, and preventing the output from reaching regulation. If the ambient temperature is above 70 °C then a diode with $t_{rr} \leq 35$ ns should be used.

For CCM an ultra-fast diode with reverse recovery time $t_{rr} \leq 35$ ns should be used. A slower diode may cause excessive leading edge current spikes, terminating the switching cycle prematurely and preventing full power delivery.

Fast and slow diodes should never be used as the large reverse recovery currents can cause excessive power dissipation in the diode and/or exceed the maximum drain current specification of LinkSwitch-TN.

Feedback Diode D2

Diode D2 can be a low-cost slow diode such as the 1N400X series, however it should be specified as a glass passivated type to guarantee a specified reverse recovery time. To a first order, the forward drops of D1 and D2 should match.

Inductor L1

Choose any standard off-the-shelf inductor that meets the design requirements. A “drum” or “dog bone” “I” core inductor is recommended with a single ferrite element due to its low cost and very low audible noise properties. The typical inductance value and RMS current rating can be obtained from the LinkSwitch-TN design spreadsheet available within the PI Expert design suite from Power Integrations. Choose L1 greater than or equal to the typical calculated inductance with RMS current rating greater than or equal to calculated RMS inductor current.

Capacitor C2

The primary function of capacitor C2 is to smooth the inductor current. The actual output ripple voltage is a function of this capacitor’s ESR. To a first order, the ESR of this capacitor should not exceed the rated ripple voltage divided by the typical current limit of the chosen LinkSwitch-TN.

Feedback Resistors R1 and R3

The values of the resistors in the resistor divider formed by R1 and R3 are selected to maintain 1.65 V at the FB pin. It is recommended that R3 be chosen as a standard 1% resistor of 2k Ω . This ensures good noise immunity by biasing the feedback network with a current of approximately 0.8 mA.

Feedback Capacitor C3

Capacitor C3 can be a low cost general purpose capacitor. It provides a “sample and hold” function, charging to the output voltage during the off time of LinkSwitch-TN. Its value should be 10 μ F to 22 μ F; smaller values cause poorer regulation at light load conditions.

Pre-load Resistor R4

In high-side, direct feedback designs where the minimum load is <3 mA, a pre-load resistor is required to maintain output regulation. This ensures sufficient inductor energy to pull the inductor side of the feedback capacitor C3 to input return via D2. The value of R4 should be selected to give a minimum output load of 3 mA.

In designs with an optocoupler the Zener or reference bias current provides a 1 mA to 2 mA minimum load, preventing “pulse bunching” and increased output ripple at zero load.

LinkSwitch-TN Layout Considerations

In the buck or buck-boost converter configuration, since the SOURCE pins in *LinkSwitch-TN* are switching nodes, the copper area connected to SOURCE should be minimized to minimize EMI within the thermal constraints of the design.

In the boost configuration, since the SOURCE pins are tied to DC return, the copper area connected to SOURCE can be maximized to improve heatsinking.

The loop formed between the *LinkSwitch-TN*, inductor (L1), freewheeling diode (D1), and output capacitor (C2) should be kept as small as possible. The BYPASS pin capacitor C1 (Figure 6) should be located physically close to the SOURCE (S) and BYPASS (BP) pins. To minimize direct coupling from switching nodes, the *LinkSwitch-TN* should be placed away from AC input lines. It may be advantageous to place capacitors C4 and C5 in-between *LinkSwitch-TN* and the AC input. The second rectifier diode D4 is optional, but may be included for better EMI performance and higher line surge withstand capability.

Quick Design Checklist

As with any power supply design, all *LinkSwitch-TN* designs should be verified for proper functionality on the bench. The following minimum tests are recommended:

- 1) Adequate DC rail voltage – check that the minimum DC input voltage does not fall below 70 VDC at maximum load, minimum input voltage.
- 2) Correct Diode Selection – UF400x series diodes are recommended only for designs that operate in MDCM at an ambient of 70 °C or below. For designs operating in continuous conduction mode (CCM) and/or higher ambients, then a diode with a reverse recovery time of 35 ns or better, such as the BYV26C, is recommended.
- 3) Maximum drain current – verify that the peak drain current is below the data sheet peak drain specification under worst-case conditions of highest line voltage, maximum overload (just prior to auto-restart) and highest ambient temperature.
- 4) Thermal check – at maximum output power, minimum input voltage and maximum ambient temperature, verify that the *LinkSwitch-TN* SOURCE pin temperature is 100 °C or below. This figure ensures adequate margin due to variations in $R_{DS(ON)}$ from part to part. A battery powered thermocouple meter is recommended to make measurements when the SOURCE pins are a switching node. Alternatively, the ambient temperature may be raised to indicate margin to thermal shutdown.

In a *LinkSwitch-TN* design using a buck or buck boost converter topology, the SOURCE pin is a switching node. Oscilloscope measurements should therefore be made with probe grounded to a DC voltage, such as primary return or DC input rail, and not to the SOURCE pins. The power supply input must always be supplied from an isolated source (e.g. via an isolation transformer).

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS^(1,5)

DRAIN Voltage	-0.3 V to 700 V
Peak DRAIN Current (LNK302).....	200 mA (375 mA) ⁽²⁾
Peak DRAIN Current (LNK304).....	400 mA (750 mA) ⁽²⁾
Peak DRAIN Current (LNK305).....	800 mA (1500 mA) ⁽²⁾
Peak DRAIN Current (LNK306).....	1400 mA (2600 mA) ⁽²⁾
FEEDBACK Voltage	-0.3 V to 9 V
FEEDBACK Current.....	100 mA
BYPASS Voltage	-0.3 V to 9 V
Storage Temperature	-65 °C to 150 °C
Operating Junction Temperature ⁽³⁾	-40 °C to 150 °C
Lead Temperature ⁽⁴⁾	260 °C

Notes:

1. All voltages referenced to SOURCE, $T_A = 25\text{ °C}$.
2. The higher peak DRAIN current is allowed if the DRAIN to SOURCE voltage does not exceed 400 V.
3. Normally limited by internal circuitry.
4. 1/16 in. from case for 5 seconds.
5. Maximum ratings specified may be applied, one at a time, without causing permanent damage to the product. Exposure to Absolute Maximum Rating conditions for extended periods of time may affect product reliability.

THERMAL IMPEDANCE

Thermal Impedance: P or G Package:

(θ_{JA})	70 °C/W ⁽³⁾ ; 60 °C/W ⁽⁴⁾
(θ_{JC}) ⁽¹⁾	11 °C/W
D Package:	
(θ_{JA})	100 °C/W ⁽³⁾ ; 80 °C/W ⁽⁴⁾
(θ_{JC}) ⁽²⁾	30 °C/W

Notes:

1. Measured on pin 2 (SOURCE) close to plastic interface.
2. Measured on pin 8 (SOURCE) close to plastic interface.
3. Soldered to 0.36 sq. in. (232 mm²), 2 oz. (610 g/m²) copper clad.
4. Soldered to 1 sq. in. (645 mm²), 2 oz. (610 g/m²) copper clad.

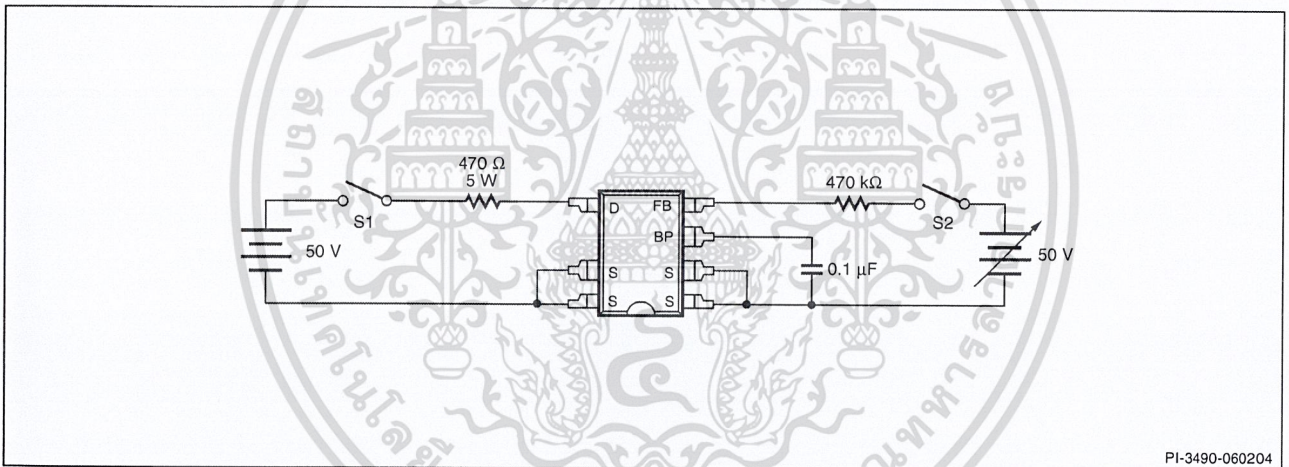
Parameter	Symbol	Conditions		Min	Typ	Max	Units
		SOURCE = 0 V; $T_J = -40$ to 125 °C See Figure 7 (Unless Otherwise Specified)					
CONTROL FUNCTIONS							
Output Frequency	f_{OSC}	$T_J = 25\text{ °C}$	Average	62	66	70	kHz
			Peak-Peak Jitter		4		
Maximum Duty Cycle	DC_{MAX}	S2 Open		66	69	72	%
FEEDBACK Pin Turnoff Threshold Current	I_{FB}	$T_J = 25\text{ °C}$		30	49	68	μA
FEEDBACK Pin Voltage at Turnoff Threshold	V_{FB}			1.54	1.65	1.76	V
DRAIN Supply Current	I_{S1}	$V_{FB} \geq 2\text{ V}$ (MOSFET Not Switching) See Note A			160	220	μA
	I_{S2}	FEEDBACK Open (MOSFET Switching) See Notes A, B	LNK302/304		200	260	μA
			LNK305		220	280	
			LNK306		250	310	

Parameter	Symbol	Conditions		Min	Typ	Max	Units
		SOURCE = 0 V; T _J = -40 to 125 °C See Figure 7 (Unless Otherwise Specified)					
CONTROL FUNCTIONS (cont.)							
BYPASS Pin Charge Current	I _{CH1}	V _{BP} = 0 V T _J = 25 °C	LNK302/304	-5.5	-3.3	-1.8	mA
			LNK305/306	-7.5	-4.6	-2.5	
	I _{CH2}	V _{BP} = 4 V T _J = 25 °C	LNK302/304	-3.8	-2.3	-1.0	
			LNK305/306	-4.5	-3.3	-1.5	
BYPASS Pin Voltage	V _{BP}		5.55	5.8	6.10	V	
BYPASS Pin Voltage Hysteresis	V _{BPH}		0.8	0.95	1.2	V	
BYPASS Pin Supply Current	I _{BPSC}	See Note D	68			μA	
CIRCUIT PROTECTION							
Current Limit	I _{LIMIT} (See Note E)	di/dt = 55 mA/μs T _J = 25 °C	LNK302	126	136	146	mA
		di/dt = 250 mA/μs T _J = 25 °C		145	165	185	
		di/dt = 65 mA/μs T _J = 25 °C	LNK304	240	257	275	
		di/dt = 415 mA/μs T _J = 25 °C		271	308	345	
		di/dt = 75 mA/μs T _J = 25 °C	LNK305	350	375	401	
		di/dt = 500 mA/μs T _J = 25 °C		396	450	504	
		di/dt = 95 mA/μs T _J = 25 °C	LNK306	450	482	515	
		di/dt = 610 mA/μs T _J = 25 °C		508	578	647	
Minimum On Time	t _{ON(MIN)}		LNK302/304	280	360	475	ns
			LNK305	360	460	610	
			LNK306	400	500	675	
Leading Edge Blanking Time	t _{LEB}	T _J = 25 °C See Note F	170	215		ns	
Thermal Shutdown Temperature	T _{SD}		135	142	150	°C	

Parameter	Symbol	Conditions		Min	Typ	Max	Units
		SOURCE = 0 V; $T_J = -40$ to 125 °C See Figure 7 (Unless Otherwise Specified)					
CIRCUIT PROTECTION (cont.)							
Thermal Shutdown Hysteresis	T_{SHD}	See Note G			75		°C
OUTPUT							
ON-State Resistance	$R_{DS(ON)}$	LNK302 $I_D = 13$ mA	$T_J = 25$ °C		48	55.2	Ω
			$T_J = 100$ °C		76	88.4	
		LNK304 $I_D = 25$ mA	$T_J = 25$ °C		24	27.6	
			$T_J = 100$ °C		38	44.2	
		LNK305 $I_D = 35$ mA	$T_J = 25$ °C		12	13.8	
			$T_J = 100$ °C		19	22.1	
LNK306 $I_D = 45$ mA	$T_J = 25$ °C		7	8.1			
	$T_J = 100$ °C		11	12.9			
OFF-State Drain Leakage Current	I_{DSS}	$V_{BP} = 6.2$ V, $V_{FB} \geq 2$ V, $V_{DS} = 560$ V, $T_J = 25$ °C		LNK302/304		50	μ A
			LNK305		70		
			LNK306		90		
Breakdown Voltage	BV_{DSS}	$V_{BP} = 6.2$ V, $V_{FB} \geq 2$ V, $T_J = 25$ °C		700			V
Rise Time	t_r	Measured in a Typical Buck Converter Application			50		ns
Fall Time	t_f				50		ns
DRAIN Supply Voltage				50			V
Output Enable Delay	t_{EN}	See Figure 9				10	μ s
Output Disable Setup Time	t_{DST}				0.5		μ s
Auto-Restart ON-Time	t_{AR}	$T_J = 25$ °C See Note H	LNK302	Not Applicable			ms
			LNK304-306		50		
Auto-Restart Duty Cycle	DC_{AR}		LNK302	Not Applicable			%
			LNK304-306		6		

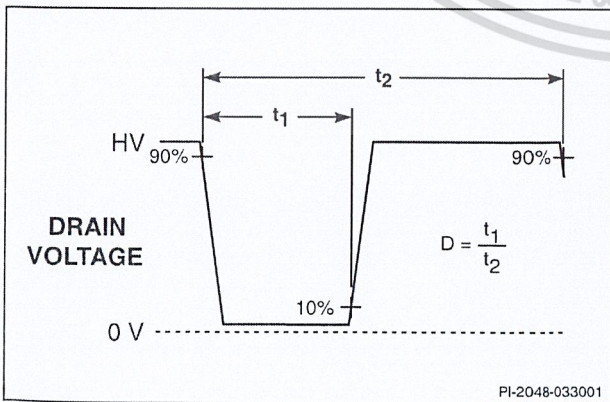
NOTES:

- A. Total current consumption is the sum of I_{S1} and I_{DSS} when FEEDBACK pin voltage is ≥ 2 V (MOSFET not switching) and the sum of I_{S2} and I_{DSS} when FEEDBACK pin is shorted to SOURCE (MOSFET switching).
- B. Since the output MOSFET is switching, it is difficult to isolate the switching current from the supply current at the DRAIN. An alternative is to measure the BYPASS pin current at 6 V.
- C. See Typical Performance Characteristics section Figure 14 for BYPASS pin start-up charging waveform.
- D. This current is only intended to supply an optional optocoupler connected between the BYPASS and FEEDBACK pins and not any other external circuitry.
- E. For current limit at other di/dt values, refer to Figure 13.
- F. This parameter is guaranteed by design.
- G. This parameter is derived from characterization.
- H. Auto-restart on time has the same temperature characteristics as the oscillator (inversely proportional to frequency).



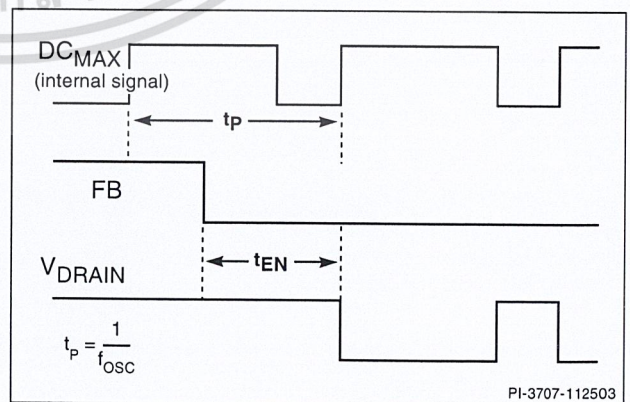
PI-3490-060204

Figure 7. LinkSwitch-TN General Test Circuit.



PI-2048-033001

Figure 8. LinkSwitch-TN Duty Cycle Measurement.



PI-3707-112503

Figure 9. LinkSwitch-TN Output Enable Timing.

Typical Performance Characteristics

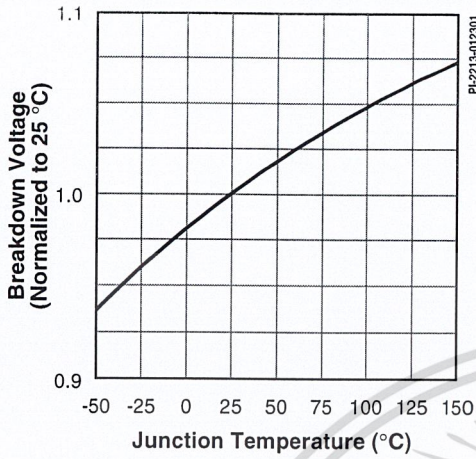


Figure 10. Breakdown vs. Temperature.

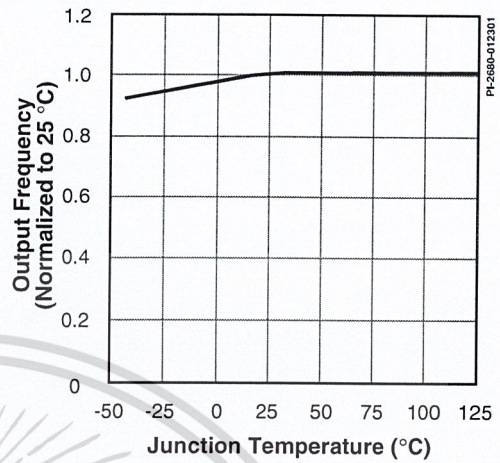


Figure 11. Frequency vs. Temperature.

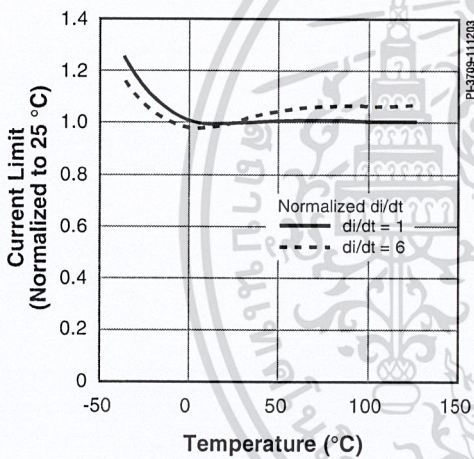


Figure 12. Current Limit vs. Temperature at Normalized di/dt.

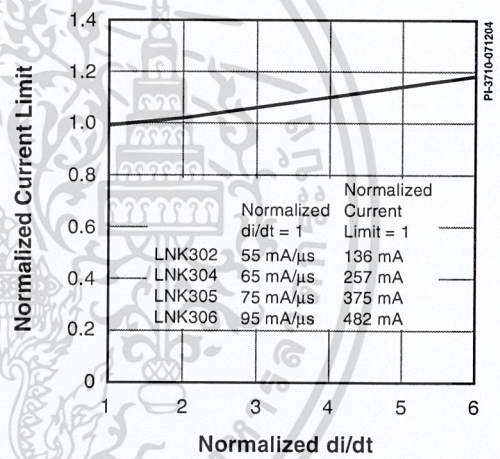


Figure 13. Current Limit vs. di/dt.

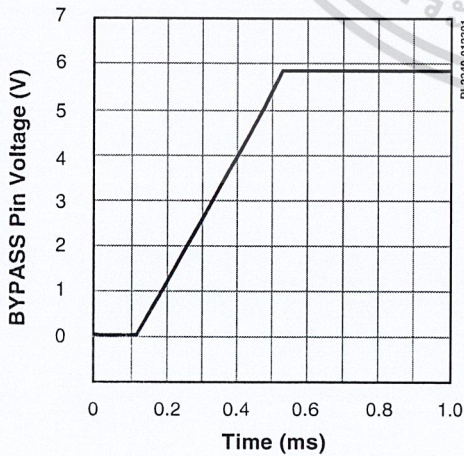


Figure 14. BYPASS Pin Start-up Waveform.

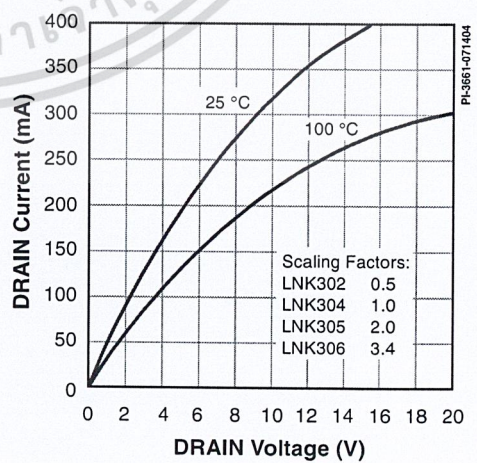


Figure 15. Output Characteristics.

Typical Performance Characteristics (cont.)

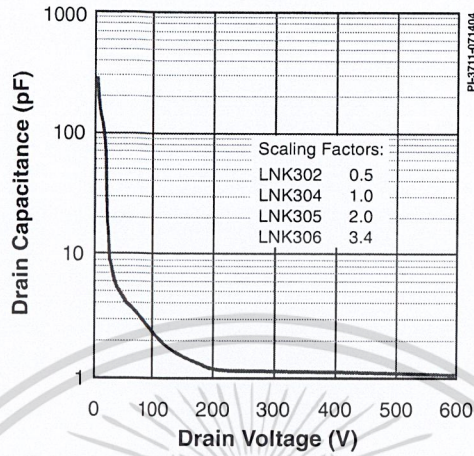


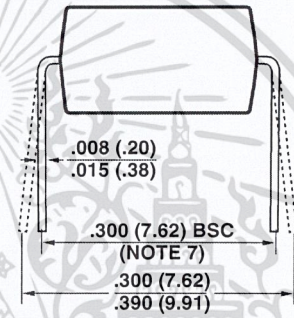
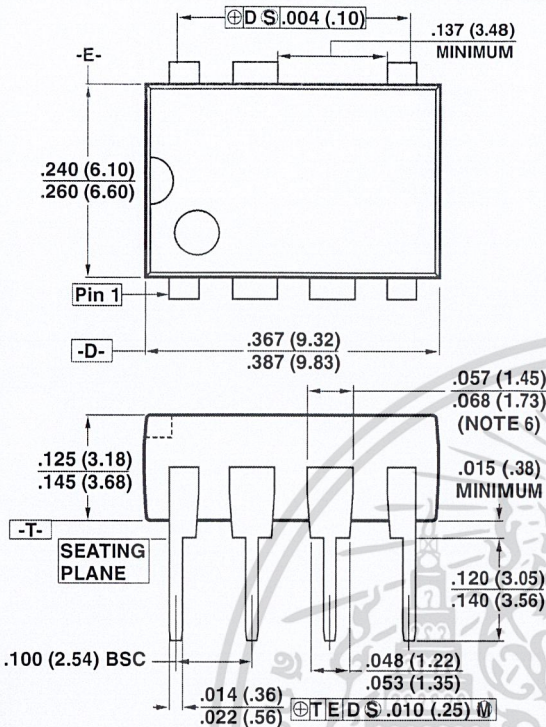
Figure 16. C_{OSS} vs. Drain Voltage.

PART ORDERING INFORMATION	
LNK 304 G N - TL	LinkSwitch Product Family
	TN Series Number
	Package Identifier
	G Plastic Surface Mount DIP
	P Plastic DIP
	D Plastic SO-8C
	Lead Finish
	N Pure Matte Tin (RoHS Compliant)
	G RoHS Compliant and Halogen Free (D package only)
	Tape & Reel and Other Options
Blank Standard Configurations	
TL Tape & Reel, 1 k pcs minimum for G Package. 2.5 k pcs for D Package. Not available for P Package.	

DIP-8B

Notes:

1. Package dimensions conform to JEDEC specification MS-001-AB (Issue B 7/85) for standard dual-in-line (DIP) package with .300 inch row spacing.
2. Controlling dimensions are inches. Millimeter sizes are shown in parentheses.
3. Dimensions shown do not include mold flash or other protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .006 (.15) on any side.
4. Pin locations start with Pin 1, and continue counter-clockwise to Pin 8 when viewed from the top. The notch and/or dimple are aids in locating Pin 1. Pin 6 is omitted.
5. Minimum metal to metal spacing at the package body for the omitted lead location is .137 inch (3.48 mm).
6. Lead width measured at package body.
7. Lead spacing measured with the leads constrained to be perpendicular to plane T.



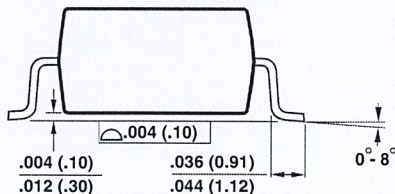
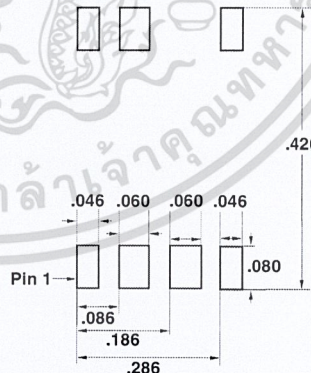
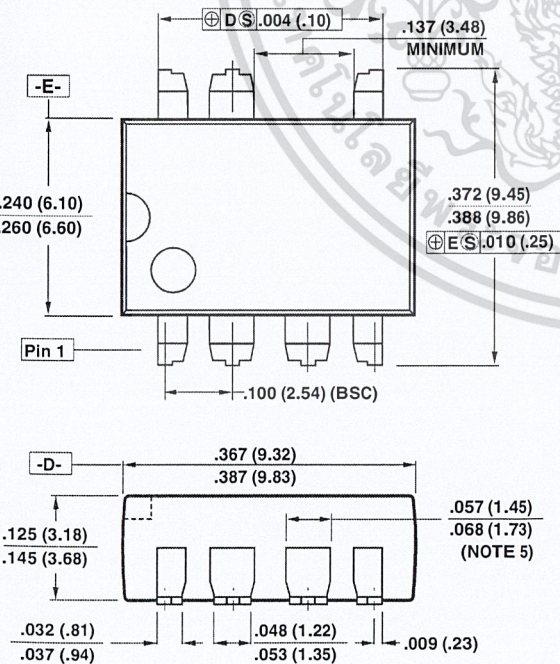
P08B

PI-2551-121504

SMD-8B

Notes:

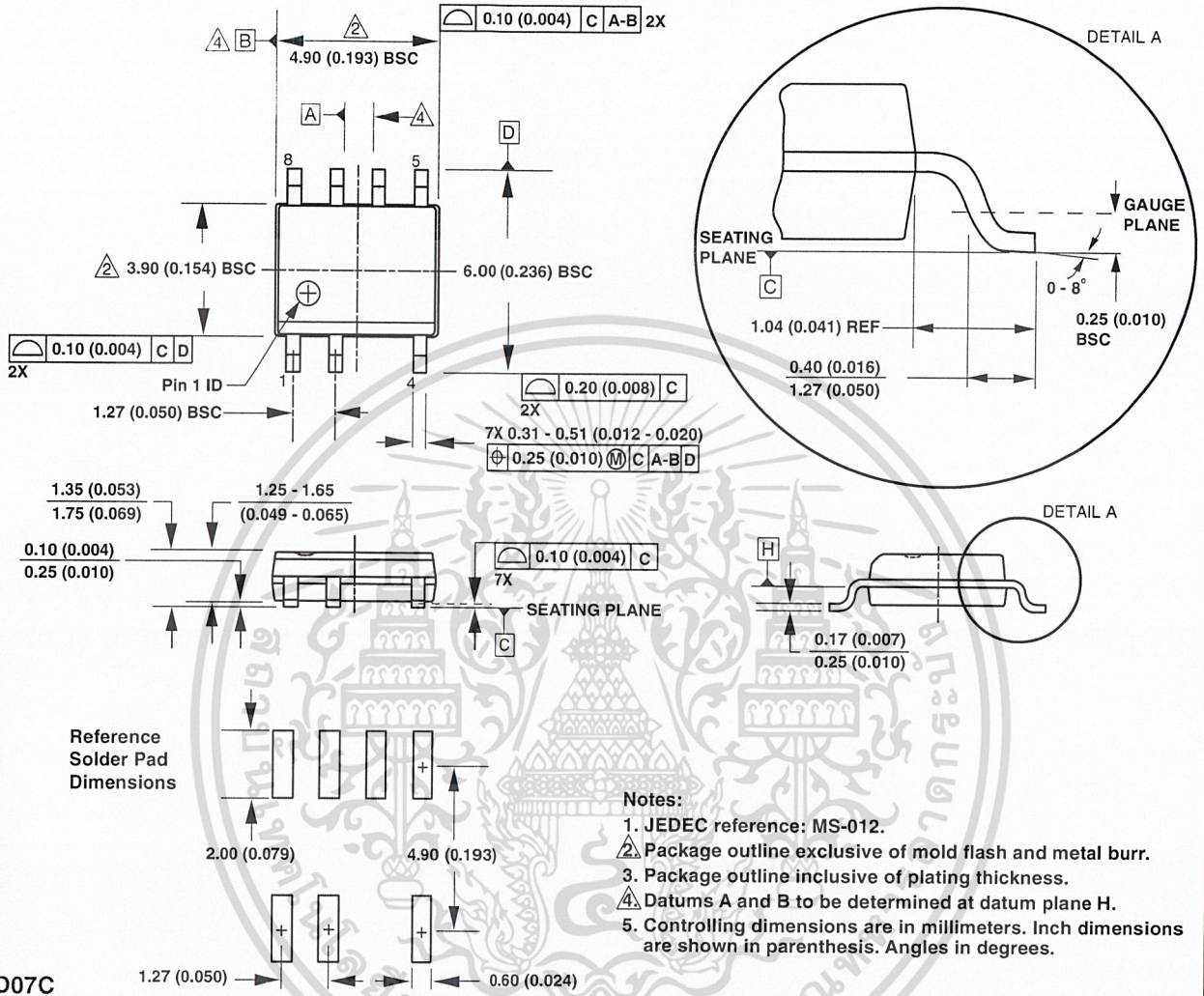
1. Controlling dimensions are inches. Millimeter sizes are shown in parentheses.
2. Dimensions shown do not include mold flash or other protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .006 (.15) on any side.
3. Pin locations start with Pin 1, and continue counter-clockwise to Pin 8 when viewed from the top. Pin 6 is omitted.
4. Minimum metal to metal spacing at the package body is .137 inch (3.48 mm).
5. Lead width measured at package body.
6. D and E are referenced datums on the package body.



G08B

PI-2546-121504

SO-8C



D07C

PI-4526-040207

Notes



Notes



Revision	Notes	Date
C	1) Released final data sheet.	3/03
D	1) Corrected Minimum On Time.	1/04
E	1) Added LNK302.	8/04
F	1) Added lead-free ordering information.	12/04
G	1) Minor error corrections. 2) Renamed Feedback Pin Voltage parameter to Feedback Pin Voltage at Turnoff Threshold and removed condition.	3/05
H	1) Added SO-8C package.	12/06
I	1) Updated Part Ordering Information section with Halogen Free	11/08



For the latest updates, visit our website: www.powerint.com

Power Integrations reserves the right to make changes to its products at any time to improve reliability or manufacturability. Power Integrations does not assume any liability arising from the use of any device or circuit described herein. POWER INTEGRATIONS MAKES NO WARRANTY HEREIN AND SPECIFICALLY DISCLAIMS ALL WARRANTIES INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY RIGHTS.

Patent Information

The products and applications illustrated herein (including transformer construction and circuits external to the products) may be covered by one or more U.S. and foreign patents, or potentially by pending U.S. and foreign patent applications assigned to Power Integrations. A complete list of Power Integrations patents may be found at www.powerint.com. Power Integrations grants its customers a license under certain patent rights as set forth at <http://www.powerint.com/ip.htm>.

Life Support Policy

POWER INTEGRATIONS PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF POWER INTEGRATIONS. As used herein:

1. A Life support device or system is one which, (i) is intended for surgical implant into the body, or (ii) supports or sustains life, and (iii) whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use, can be reasonably expected to result in significant injury or death to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

The PI logo, TOPSwitch, TinySwitch, LinkSwitch, DPA-Switch, PeakSwitch, EcoSmart, Clampless, E-Shield, Filterfuse, StakFET, PI Expert and PI FACTS are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies.
©2006, Power Integrations, Inc.

Power Integrations Worldwide Sales Support Locations

World Headquarters
5245 Hellyer Avenue
San Jose, CA 95138, USA.
Main: +1-408-414-9200
Customer Service:
Phone: +1-408-414-9665
Fax: +1-408-414-9765
e-mail: usasales@powerint.com

China (Shanghai)
Room 1601/1610, Tower 1
Kerry Everbright City
No. 218 Tianmu Road West
Shanghai, P.R.C. 200070
Phone: +86-21-6354-6323
Fax: +86-21-6354-6325
e-mail: chinasales@powerint.com

China (Shenzhen)
Rm A, B & C 4th Floor, Block C,
Electronics Science and
Technology Bldg., 2070
Shennan Zhong Rd,
Shenzhen, Guangdong,
China, 518031
Phone: +86-755-8379-3243
Fax: +86-755-8379-5828
e-mail: chinasales@powerint.com

Germany
Rüeckertstrasse 3
D-80336, Munich
Germany
Phone: +49-89-5527-3910
Fax: +49-89-5527-3920
e-mail: eurossales@powerint.com

India
#1, 14th Main Road
Vasanthanagar
Bangalore-560052 India
Phone: +91-80-4113-8020
Fax: +91-80-4113-8023
e-mail: indiasales@powerint.com

Italy
Via De Amicis 2
20091 Bresso MI
Italy
Phone: +39-028-928-6000
Fax: +39-028-928-6009
e-mail: eurossales@powerint.com

Japan
Kosei Dai-3 Bldg.
2-12-11, Shin-Yokomana,
Kohoku-ku
Yokohama-shi Kanagawa
222-0033 Japan
Phone: +81-45-471-1021
Fax: +81-45-471-3717
e-mail: japansales@powerint.com

Korea
RM 602, 6FL
Korea City Air Terminal B/D, 159-6
Samsung-Dong, Kangnam-Gu,
Seoul, 135-728, Korea
Phone: +82-2-2016-6610
Fax: +82-2-2016-6630
e-mail: koreasales@powerint.com

Singapore
51 Newton Road
#15-08/10 Goldhill Plaza
Singapore, 308900
Phone: +65-6358-2160
Fax: +65-6358-2015
e-mail: singaporesales@powerint.com

Taiwan
5F, No. 318, Nei Hu Rd., Sec. 1
Nei Hu Dist.
Taipei, Taiwan 114, R.O.C.
Phone: +886-2-2659-4570
Fax: +886-2-2659-4550
e-mail: taiwansales@powerint.com

Europe HQ
1st Floor, St. James's House
East Street, Farnham
Surrey GU9 7TJ
United Kingdom
Phone: +44 (0) 1252-730-141
Fax: +44 (0) 1252-727-689
e-mail: eurossales@powerint.com

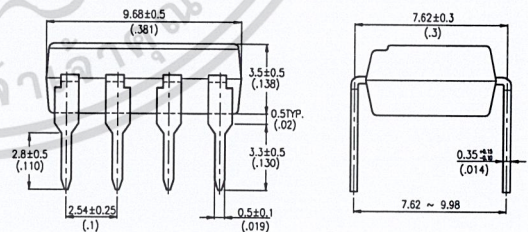
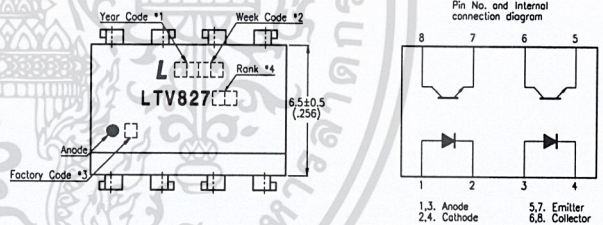
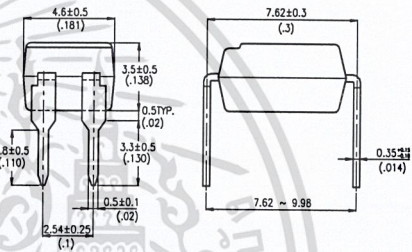
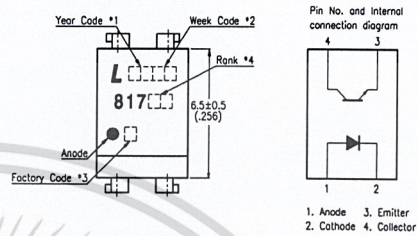
Applications Hotline
World Wide +1-408-414-9660

Applications Fax
World Wide +1-408-414-9760

Features

- Current transfer ratio
(CTR : MIN. 50% at $I_f=5mA$, $V_{CE}=5V$)
- High input-output isolation voltage:
(V_{ISO} : 5,000V_{rms})
- Compact dual-in-line package
LTV-817 : 1-channel type
LTV-827 : 2-channel type
LTV-847 : 4-channel type
- UL approved (No. E113898)
- TUV approved (No. R9653630)
- CSA approved (No. CA91533-1)
- FIMKO approved (No. 202634)
- NEMKO approved (No. P98101945)
- DEMKO approved (No. 307857)
- SEMKO approved (No. 9832157/01-03)
- VDE approved (No. 094722)
- Options available :
-Leads with 0.4"(10.16mm)spacing (M Type)
-Leads bends for surface mounting(S Type)
-Tape and Reel of Type I for SMD(Add"-TA"Suffix)
-Tape and Reel of Type II for SMD(Add"-TA1"Suffix)
-VDE 0884 approvals (Add"-V"Suffix)

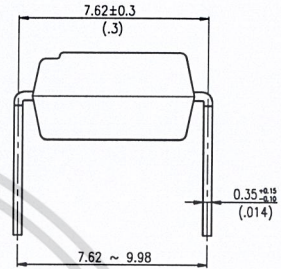
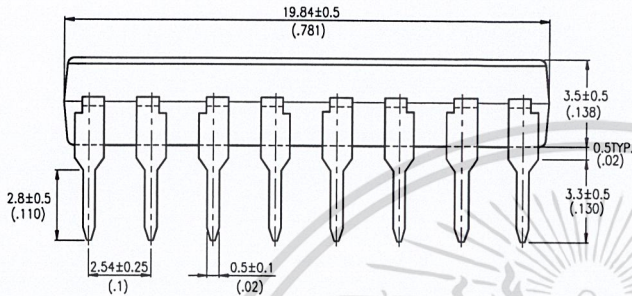
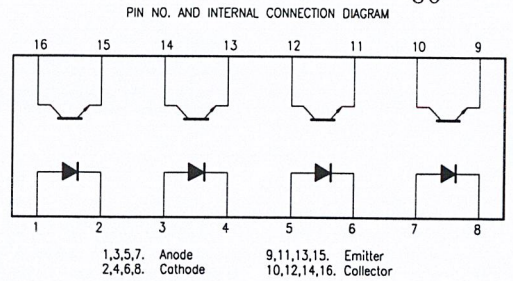
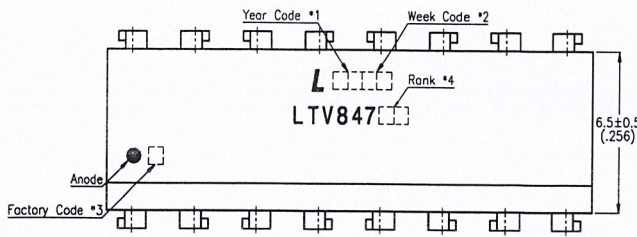
Package Dimensions



Applications

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Note:

1. Year date code.
2. 2-digit work week.
3. Factory code shall be marked (Z : Taiwan, Y : Thailand).
4. Rank shall be or shall not be marked.
5. All dimensions are in millimeters (inches).
6. Tolerance is ± 0.25mm (.010") unless otherwise noted.
7. Specifications are subject to change without notice.

Ordering Information

Part Number	Package	Safety Standard Approval	Application part number
LTV-817 LTV-817M LTV-817S LTV-817S-TA LTV-817S-TA1	4-pin DIP 4-pin (leads with 0.4" spacing) 4-pin (lead bends for surface mount) 4-pin (tape and reel packaging of type I) 4-pin (tape and reel packaging of type II)	<ul style="list-style-type: none"> • UL approved • TUV approved • CSA approved • FIMKO approved • NEMKO approved • SEMKO approved • DEMKO approved 	LTV-817
LTV-827 LTV-827M LTV-827S LTV-827S-TA LTV-827S-TA1	8-pin DIP 8-pin (leads with 0.4" spacing) 8-pin (lead bends for surface mount) 8-pin (tape and reel packaging of type I) 8-pin (tape and reel packaging of type II)		LTV-827
LTV-847 LTV-847M LTV-847S LTV-847S-TA LTV-847S-TA1	16-pin DIP 16-pin (leads with 0.4" spacing) 16-pin (lead bends for surface mount) 16-pin (tape and reel packaging of type I) 16-pin (tape and reel packaging of type II)		LTV-847
LTV817-V LTV817M-V LTV817S-V LTV817STA-V LTV817STA1-V	4-pin DIP 4-pin (leads with 0.4" spacing) 4-pin (lead bends for surface mount) 4-pin (tape and reel packaging of type I) 4-pin (tape and reel packaging of type II)	<ul style="list-style-type: none"> • VDE approved 	LTV-817
LTV827-V LTV827M-V LTV827S-V LTV827STA-V LTV827STA1-V	8-pin DIP 8-pin (leads with 0.4" spacing) 8-pin (lead bends for surface mount) 8-pin (tape and reel packaging of type I) 8-pin (tape and reel packaging of type II)		LTV-827
LTV847-V LTV847M-V LTV847S-V LTV847STA-V LTV847STA1-V	16-pin DIP 16-pin (leads with 0.4" spacing) 16-pin (lead bends for surface mount) 16-pin (tape and reel packaging of type I) 16-pin (tape and reel packaging of type II)		LTV-847

PHOTOCOUPLER

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward Current	IF	50	mA
	Reverse Voltage	VR	6	V
	Power Dissipation	P	70	mW
Output	Collector-Emitter Voltage	VCEO	35	V
	Emitter-Collector Voltage	VECO	6	V
	Collector Current	IC	50	mA
	Collector Power Dissipation	PC	150	mW
Total Power Dissipation		Ptot	200	mW
Operating Temperature		Topr	-30~+100	°C
Storage Temperature		Tstg	-55~+125	°C
*1.Isolation Voltage		Viso	5	KVrms
*2.Soldering Temperature		Tsol	260	°C

*1. AC for 1 minute, R.H. = 40 ~ 60%

• Isolation voltage shall be measured using the following method.

- (1) Short between anode and cathode on the primary side and between collector, emitter and base on the secondary side.
- (2) The isolation voltage tester with zero-cross circuit shall be used.
- (3) The waveform of applied voltage shall be a sine wave.

*2. For 10 seconds.

Electrical/Optical Characteristics

(Ta=25°C)

Parameter		Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
Input	Forward Voltage	VF	—	1.2	1.4	V	IF=20mA
	Reverse Current	IR	—	—	10	μA	VR=4V
	Terminal Capacitance	Ct	—	30	250	pF	V=0, f=1KHz
Output	Collector Dark Current	ICEO	—	—	100	nA	VCE=20V
	Collector-Emitter Breakdown Voltage	BVCEO	35	—	—	V	IC=0.1mA
	Emitter-Collector Breakdown Voltage	BVECO	6	—	—	V	IE=10 μA
Transfer Characteristics	*Current Transfer Ratio	CTR	50	—	600	%	IF=5mA, VCE=5V RBE=∞
	Collector Current	IC	2.5	—	30	mA	
	Collector-emitter Saturation Voltage	VCE(sat)	—	0.1	0.2	V	IF=20mA, IC=1mA
	Isolation Resistance	RISO	5 × 10 ¹⁰	10 ¹¹	—	Ω	DC500V, 40~60% R.H.
	Floating Capacitance	Cf	—	0.6	1.0	pF	V=0, f=1MHz
	Cut-off Frequency	fc	—	80	—	KHz	VCE=5V, IC=2mA RL=100 Ω, -3dB
	Response Time (Rise)	tr	—	4	18	μs	VCE=2V, IC=2mA
	Response Time (Fall)	tr	—	3	18	μs	RL=100 Ω

*CTR = $\frac{I_C}{I_F} \times 100\%$

Supplement

Rank Table of Current Transfer Ratio CTR

Model No.	Rank Mark	CTR(%)
LTV-817	L	50~100
LTV-817	A	80~160
LTV-817	B	130~260
LTV-817	C	200~400
LTV-817	D	300~600
LTV-817	L or A or B or C or D	50~600

เอกสารนี้ Conditions ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษ | IF=5mA, VCE=5V, Ta=25°C | ไปใช้ประโยชน์ตามการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Electrical/Optical Characteristic Curves
(25°C Ambient Temperature Unless Otherwise Noted)

Fig.1 Forward Current vs. Ambient Temperature

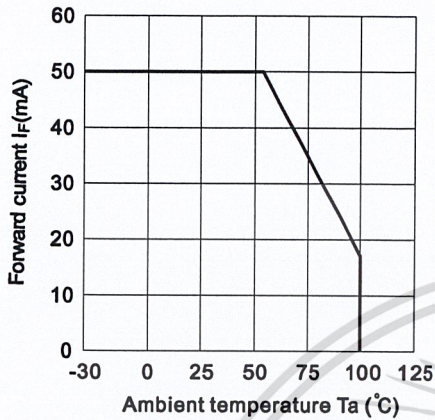


Fig.2 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

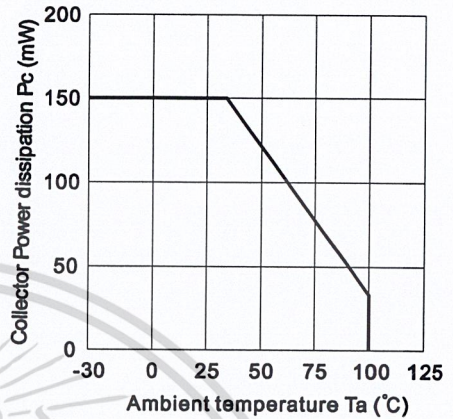


Fig.3 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Forward Current

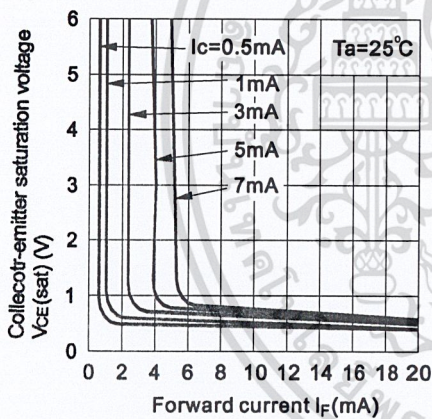


Fig.4 Forward Current vs. Forward Voltage

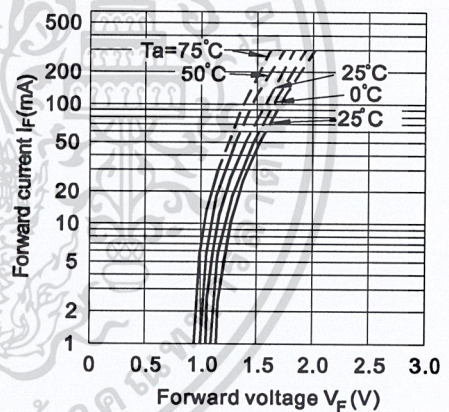


Fig.5 Current Transfer Ratio vs. Forward Current

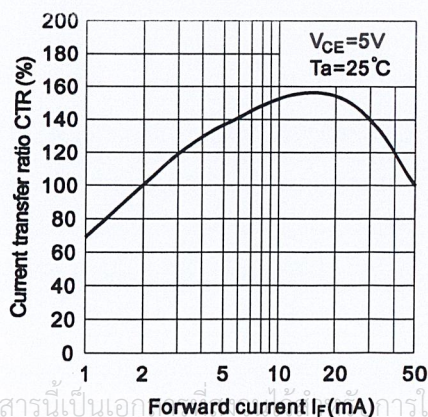
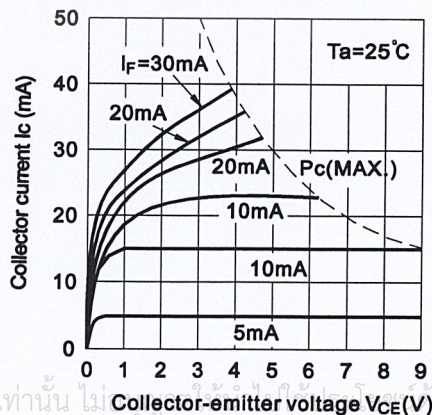


Fig.6 Collector Current vs. Collector-emitter Voltage



เอกสารนี้เป็นเอกสารประกอบการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้เพื่อการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig.7 Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature

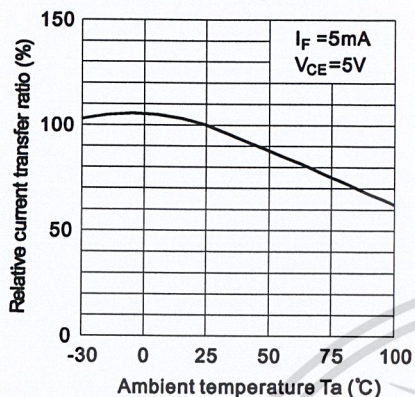


Fig.8 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Ambient Temperature

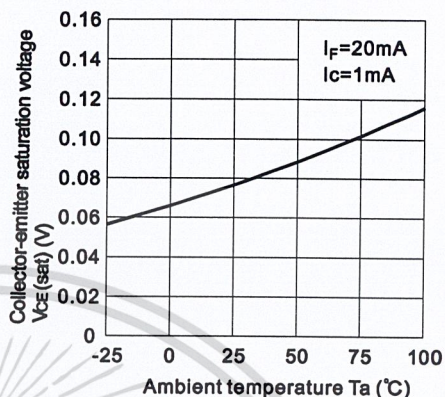


Fig.9 Collector Dark Current vs. Ambient Temperature

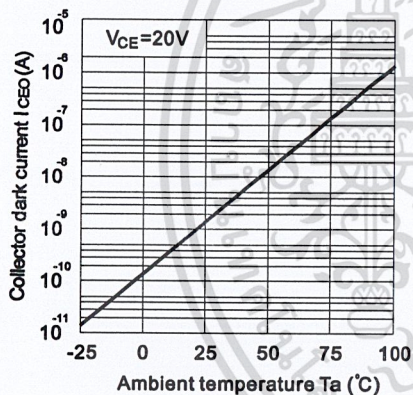


Fig.10 Response Time vs. Load Resistance

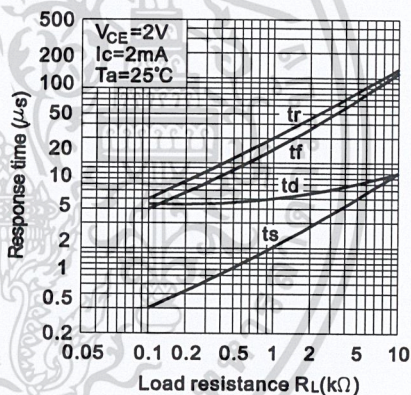
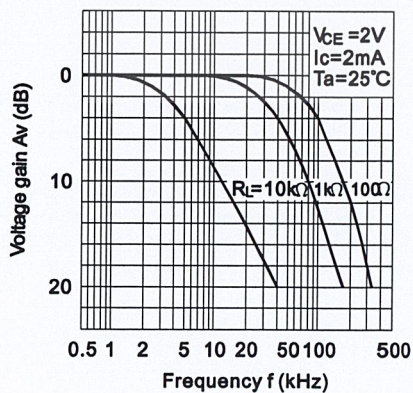
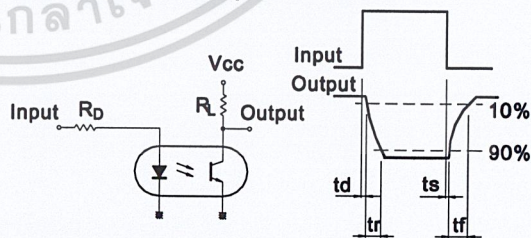


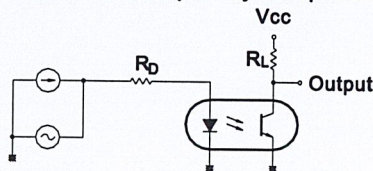
Fig.11 Frequency Response



Test Circuit for Response Time



Test Circuit for Frequency Response



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชนบุญ ศศิภานุเดช. การออกแบบระบบแสงสว่าง. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด. 2539.
- [2] มงคล ทองสงคราม. วิศวกรรมการส่องสว่าง. กรุงเทพมหานคร : รามาการพิมพ์ .2541.
- [3] วัฒนา ถาวร.การส่องสว่าง.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ดวงกลมสมัย. 2536.
- [4] ฉัตรชัย วิเศษบัณฑิตกุล, ฉัตรชัย ศรีจันทร์ดี, ชนชลิต มณีสุขเกษม,ชวิษฐ์ ชุมณี. “วงจรขับหลอดแอลอีดีสูง” ปรินิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2548.
- [5] Steve Winder. Power Supplies for LED Driving. Amsterdam: Elsevier, Inc.2008.
- [6] H.Wayne Beaty. Electric Motor Handbook,Application. New York : McGraw-Hill, Inc, 1997.
- [7] H.Wayne Beaty&Tames L.Kirtley. “ Buck Converter With Voltage Control Loop.” [on- line]. Available : Electric Motor Handbook. <http://www.google.com> .1997.
- [8] “ LinkSwitch-TN.” [on- line]. Available : <http://www.powerint.com/en/products/linkswitch-family/linkswitch-tn>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้