

คาสเคดบูสท์คอนเวอร์เตอร์ที่ใช้สวิตช์ตัวเดียว

N-STAGE CASCADE BOOST CONVERTER WITH ONE ACTIVE SWITCH



T119407

นายกฤษฎกร อินตะวิชัย
นายกฤษเชษฐ์ กอพัฒนาชัยเจริญ
นายกวีวัชร ทัตติวงษ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....119407
วัน,เดือน,ปี.....- 7 S.ค. 2554

b. ๗๖๖๖๖๖
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2553
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N-STAGE CASCADE BOOST CONVERTER WITH ONE ACTIVE SWITCH



**THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONIC ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2010

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและความคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง คาสเคดบูสท์คอนเวอร์เตอร์ที่ใช้สวิตช์ตัวเดียว
N-STAGE CASCADE BOOST CONVERTER WITH ONE ACTIVE SWITCH

ผู้จัดทำ นายกฤษกร อินต๊ะวิชัย 50010044
นายกุลเชษฐ์ กอพัฒนาชัยเจริญ 50010054
นายกวีวัชร ทัตติวงษ์ 50010056


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ บุญลัษณานุสรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้สวิทช์ตัวเดียว

โดย

นายกฤษกร อินตะวิชัย 50010044

นายกุลเชษฐ์ กอพัฒนาชัยเจริญ 50010054

นายกวีวัชร ทัดวงษ์ 50010056

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ บุญลักษณะนาม

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอทฤษฎีเพื่อการออกแบบวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์แบบต่อกันสองวงจรโดยใช้สวิทช์เพียงตัวเดียว โดยโครงสร้างของวงจรประกอบด้วยสองส่วน คือในส่วนของวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์แบบต่ออนุกรมกันสองวงจร กับวงจรในส่วนของการควบคุมเพื่อที่จะไปควบคุมตัววงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์แบบต่ออนุกรมกันสองวงจร

ขั้นตอนในการดำเนินงาน เริ่มจากการศึกษาโครงสร้างของวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์และทำการออกแบบและทดลองการจำลองผลโดยใช้โปรแกรม PSpice เมื่อได้ผลการจำลองออกมาแล้วจึงได้จัดหาอุปกรณ์ต่างๆตามค่าที่ได้จากการจำลองและทำการสร้างขดลวดตัวเหนี่ยวนำ จากนั้นจึงได้ทำการออกแบบชุดวงจรควบคุมเพื่อที่จะสร้างสัญญาณ PWM เพื่อที่จะนำไปขับ MOSFET ที่ใช้เป็นสวิทช์ของวงจรวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์แบบต่ออนุกรมกันสองวงจร เมื่อได้ชุดวงจรควบคุมและวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์แบบต่ออนุกรมกันสองวงจรแล้วจึงนำมาทำ PCB จากนั้นจึงทำการทดลองและหาที่ขอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N-STAGE CASCADE BOOST CONVERTER WITH ONE ACTIVE SWITCH

By

Kritsakon Intawichai 50010044

Kullachet Korpattanachaijaroen 50010054

Kaweewat Tattiwong 50010056

Advisor

Assoc. Prof. Dr. Chanin Bunlaksananusorn

Academic Year 2010

ABSTRACT

This thesis presents the theory and the design of N-stage cascade boost converter with one active switch. The infrastructure of this circuit consists of two components which are the part of boost converter mode serial two circuits and the part of controlled for the serial boost converter two circuits.

The process of work begins with the study of circuit structure of boost converter circuit then followed by design and experiment by using the program called PSpice. After collecting result, we provide all the equipments from the experimental outputs and we bind spiral inductance. Then we design the control circuit in order to create PWM signal to use it controlling MOSFET that is used as switch of boost converter mode serial two circuits. Finally, we make PCB then we did the experiment and find the acceptable result.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลืออย่างดี จาก รศ.ดร.ชนินทร์ บุญลักษณะนามสรณ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำที่ดีมาโดยตลอดตั้งแต่ต้น รวมทั้งเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่จำเป็น และให้ความช่วยเหลือด้านอื่นๆที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ สนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ กระตุ้น เตือน และคอยสอบถามความคืบหน้าของโครงการอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา และสนับสนุนงบประมาณในการทำโครงการ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงการนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้

ผู้จัดทำ

นายกฤษกร อินตะวิชัย

นายกุลเชษฐ์ กอพัฒนาชัยเจริญ

นายกวีวัชร ทิตวงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	1
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์	3
2.1.1 เงื่อนไขการทำงานในอุดมคติ	3
2.1.2 วงจรทำงานในโหมด ช่วงที่สวิตช์นำกระแส	4
2.1.3 วงจรทำงานในโหมด ช่วงที่สวิตช์ไม่นำกระแส	4
2.1.4 อัตราการขยายแรงดัน	5
2.1.5 สมการค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุด	5
2.1.6 สมการค่ากระแสลอคกลื่น	6
2.1.7 Ideal boost converter	7
2.1.8 Inductor resistance	8
2.1.9 Power efficiency	9
2.1.10 ค่า Duty cycle	10
2.2 การต่อวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์แบบอนุกรม	10
2.2.1 การทำงานของวงจร N-stage cascade boost converter	12
with one active switch	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.2.2 สมการของวงจร N-stage cascade boost converter with one active switch	13
2.2.3 2-stage cascade boost converter with one active switch	14
2.3 Pulse Width Modulation	14
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	
3.1 การออกแบบ	15
3.1.1 คุณสมบัติของวงจรที่กำหนด	15
3.1.2 หาค่า Duty ratio	15
3.1.3 หาค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแต่ละตัว	16
3.1.4 หาค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุแต่ละตัว	16
3.1.5 หาค่าตัวเหนี่ยวนำแต่ละตัว	16
3.1.6 หาค่าตัวเก็บประจุแต่ละตัว	18
3.2 การทดสอบโดยใช้โปรแกรม PSpice	19
3.2.1 ทดลองโหลดที่ทำให้กระแสสูงสุด	19
3.2.2 ทดลองโหลดที่ทำให้กระแสต่ำสุด	22
3.3 การออกแบบค่าตัวเหนี่ยวนำด้วยวิธีผลคูณพื้นที่	25
3.3.1 การออกแบบตัวเหนี่ยวนำตัวที่ 1	25
3.3.2 การออกแบบค่าตัวเหนี่ยวนำที่ 2	27
3.4 การคำนวณหา Transfer function ของระบบ	29
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 การทดลองในส่วนของคุณค่าควบคุม	31
4.2 การทดลองในส่วนนี้จะเป็นการทดลองในส่วนของคุณค่า Output ที่ได้	31
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	
5.1 สรุปผลการทดลอง	37
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข	37
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา	37
ภาคผนวก ก.	39
ภาคผนวก ข.	41
ภาคผนวก ค.	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

60

เอกสารอ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 วงจร Boost Converter	3
2.2 วงจรทำงานในช่วงที่สวิตช์นำกระแส	4
2.3 วงจรทำงานในโหมดช่วงที่สวิตช์ไม่นำกระแส	4
2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวชี้ไขเคลกับอัตราขยาย	7
2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวชี้ไขเคลกับอัตราขยาย ที่ $0.01R_f = R$	8
2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับค่าตัวชี้ไขเคล	9
2.7 ค่าตัวชี้ไขเคล	10
2.8 การต่ออนุกรมของวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งแทนด้วยบล็อกไดอะแกรม	10
2.9 วงจร N-stage cascade boost converter	11
2.10 วงจร N-stage cascade boost converter with one active switch	11
2.11 วงจรทำงานในช่วงที่สวิตช์นำกระแส	12
2.12 วงจรทำงานในช่วงที่สวิตช์ไม่นำกระแส	12
2.13 วงจร 2-Stage cascade boost Converter with one active switch	14
3.1 แสดงวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์และค่าต่างๆในวงจรที่ทำให้กระแสสูงสุด	19
3.2 แสดงการจำลองผลค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทั้ง 2 ค่า	19
3.3 แสดงการจำลองค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุทั้ง 2 ค่า	20
3.4 แสดงการจำลองค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำตัวที่ 1	20
3.5 แสดงการจำลองค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำตัวที่ 2	21
3.6 แสดงการจำลองค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุตัวที่ 1	21
3.7 แสดงการจำลองค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุตัวที่ 2	22
3.8 แสดงวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์และค่าอุปกรณ์ต่างๆในวงจรที่ทำให้กระแสต่ำสุด	22
3.9 แสดงการจำลองผลค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทั้ง 2 ค่า	23
3.10 แสดงการจำลองค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุทั้ง 2 ค่า	23
3.11 แสดงการจำลองค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำตัวที่ 1	23
3.12 แสดงการจำลองค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำตัวที่ 2	24
3.13 แสดงการจำลองค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุตัวที่ 1	24
3.14 แสดงการจำลองค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุตัวที่ 2	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 แสดง Bode diagram ของ Transfer function	30
4.1 แสดง Duty cycle ที่ Mosfet	31
4.2 แรงดัน output ที่ $R = 30 \text{ Ohm}$	32
4.3 แรงดัน output ที่ $R = 60 \text{ Ohm}$	33
4.4 กระแส Output = 1.6 A ที่ $R = 30 \text{ Ohm}$, 0.5 A/div	34
4.5 กระแส Output = 0.8 A ที่ $R = 60 \text{ Ohm}$, 0.5 A/div	35
4.6 แสดงผลการลู่เข้าสู่ ค่าที่ต้องการ เมื่อระบบเสถียรแล้ว ทำการเปลี่ยนโหลด	36
ข.1 แสดงวงจร 2-stage cascade boost converter with one active switch	41
ข.2 แสดง schematic วงจร 2-stage cascade boost converter with one active switch	42
ข.3 แสดงวงจรในส่วนชุดควบคุม	43
ข.4 แสดง schematic วงจรในส่วนชุดควบคุม	43
ข.5 แสดงวงจรในส่วนวงจร Buffer	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำขวัญที่เกิดกับอัตราขยาย	7
3.1 แสดงค่ากระแสและความต่างศักย์ ของอุปกรณ์แต่ละตัว	27
ก.1 ขนาดหลอดตัวเหนี่ยวนำ	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การที่จะเพิ่มแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC-DC) นั้นสามารถทำได้หลายวิธีและหนึ่งในนั้นคือการใช้วงจร boost converter สำหรับวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์เป็นวงจรสวิทช์ซึ่งความถี่สูงที่มีการทำงานในลักษณะที่ช่วยยกระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้สูงขึ้นจากค่าแรงดันเดิมโดยไม่ต้องใช้หม้อแปลงแรงดัน ทำให้วงจรมีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบาแต่วงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์มีขีดจำกัดในการเพิ่มแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ ดังนั้นหากต้องการที่จะเพิ่มแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ ด้านออกมากขึ้นจึงต้องต่อวงจรแบบ n-stage แต่การต่อวงจรเพิ่มขึ้นมานั้นจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปกับอุปกรณ์ต่างๆมากขึ้น

ดังนั้นเพื่อที่ลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นจึงได้เกิดโครงงานนี้ขึ้นมา โดยได้ทำการต่อวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ แบบ n-stage โดยในโครงงานนี้จะทำการต่อแบบ 2 stage

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาการต่อวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
2. ศึกษาการต่อวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ 2-stage แบบใช้สวิทช์ตัวเดียว

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้เกี่ยวกับวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์
2. เพื่อลดการสูญเสียที่จะเกิดที่สวิทช์ของวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์แบบ n-stage

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษา ออกแบบ และวิเคราะห์วงจร การทำงานของวงจร N-stage cascade boost converter with one switch โดยที่ $N = 2$ ในโหมดกระแสต่อเนื่อง
2. ทำวงจร N-stage cascade boost converter with one switch โดยที่ $N = 2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนการนำเสนองาน

1. ศึกษาเกี่ยวกับวงจร Boots Converter
2. ศึกษาเกี่ยวกับวงจร Boots Converter แบบ n-stage
3. ออกแบบวงจรและทำการ Simulate
4. ศึกษาวิธีการทำตัวเหนี่ยวนำ
5. ศึกษาเกี่ยวกับ PWM และ IC ที่สร้างสัญญาณ PWM
6. จัดทำวงจร
7. บันทึกผลการทดลองและสรุปผล



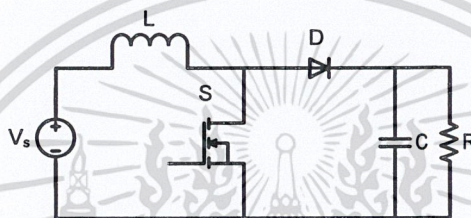
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์

วงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์เป็นวงจรสวิตช์ซึ่งความถี่สูงที่มีการทำงานในลักษณะที่ช่วยยกระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้สูงขึ้นจากค่าแรงดันเดิมได้โดยไม่ต้องใช้หม้อแปลงแรงดัน วงจรมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา



รูปที่ 2.1 วงจร Boost Converter

2.1.1 เงื่อนไขการทำงานในอุดมคติ

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละคาบ จะมีค่าเท่ากัน และเป็นบวกเสมอ

$$i_L(t) = i_L(t+T) \quad (2.1)$$

2. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์ หมายถึงผลรวมของผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ ในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์

$$V_L = 0 \quad (2.2)$$

3. ตัวเก็บประจุมีขนาดใหญ่ทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าคงที่
4. กำลังไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก

$$P_s = P_o \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 วงจรทำงานในโหมด ช่วงที่สวิตช์นำกระแส

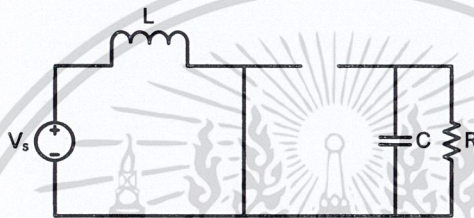
สมการของวงจรขณะสวิตช์นำกระแส

$$V_L = V_s = L \frac{di_L}{dt} \quad (2.4)$$

$$\frac{V_s}{L} = \frac{di_L}{dt} ; dt = DT \quad (2.5)$$

$$\frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_s}{L} \quad (2.6)$$

$$\Delta i_{L,on} = \frac{V_s DT}{L} \quad (2.7)$$



รูปที่ 2.2 วงจรทำงานในช่วงที่สวิตช์นำกระแส

2.1.3 วงจรทำงานในโหมด ช่วงที่สวิตช์ไม่นำกระแส

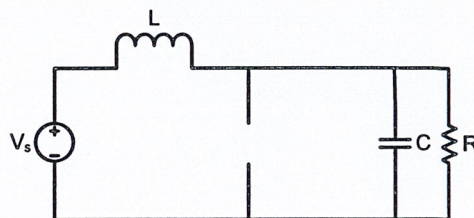
สมการของวงจรขณะสวิตช์ไม่นำกระแส

$$V_L = V_s - V_o \quad (2.8)$$

$$L \frac{di_L}{dt} = V_s - V_o ; dt = (1-D)T \quad (2.9)$$

$$\frac{\Delta i_L}{(1-D)T} = \frac{V_s - V_o}{L} \quad (2.10)$$

$$\Delta i_{L,off} = \left(\frac{V_s - V_o}{L} \right) (1-D)T \quad (2.11)$$



รูปที่ 2.3 วงจรทำงานในโหมดช่วงที่สวิตช์ไม่นำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 อัตราการขยายแรงดัน

ที่สภาวะอยู่ตัว การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์

$$\Delta i_{L,on} + \Delta i_{L,off} = 0 \quad (2.12)$$

$$\left(\frac{V_s}{L}\right)DT + \left(\frac{V_s - V_o}{L}\right)(1-D)T = 0 \quad (2.13)$$

$$V_s D + (V_s - V_o)(1-D) = 0 \quad (2.14)$$

$$V_s D + V_s - V_s D - V_o + V_o D = 0 \quad (2.15)$$

$$V_s - V_o(1-D) = 0 \quad (2.16)$$

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{1-D} \quad (2.17)$$

2.1.5 สมการค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุด

$$P_s = P_o = \frac{V_o^2}{R} \quad (2.18)$$

$$V_s I_L = \frac{\left(\frac{V_s}{1-D}\right)^2}{R} \quad (2.19)$$

$$I_L = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} \quad (2.20)$$

$$\Delta i_{L,on} = \frac{V_s DT}{L} \quad (2.21)$$

$$I_{L,max} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} \quad (2.22)$$

$$I_{L,min} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} \quad (2.23)$$

ดังนั้นที่กระแสไฟฟ้าต่ำสุดเท่ากับศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน $\frac{D(1+D)^2 R}{2f}$ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L_{min} = \frac{D(1+D)^2 R}{2f} \quad (2.24)$$

2.1.6 สมการค่าระลอกคลื่น

$$|\Delta Q| = C\Delta v_o = I_o\Delta t_{on} \quad (2.25)$$

$$I_o = \frac{V_o}{R} \quad (2.26)$$

$$\Delta t_{on} = DT \quad (2.27)$$

$$\Delta v_o = \frac{V_o DT}{CR} \quad (2.28)$$

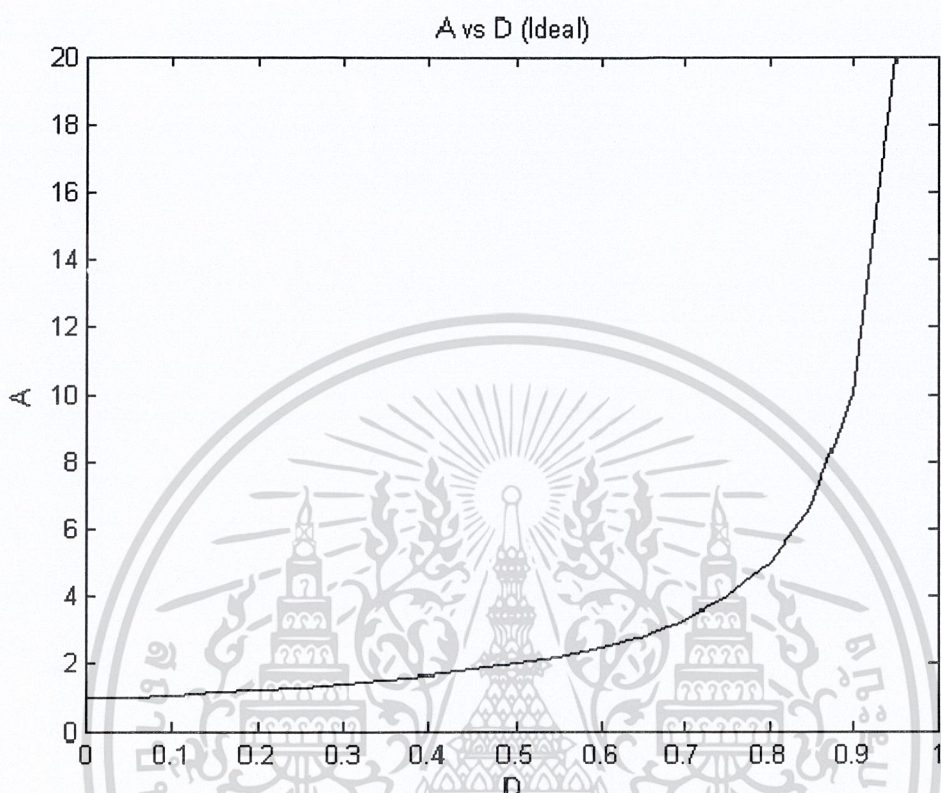
$$\frac{\Delta v_o}{V_o} = \frac{D}{CRf} \quad (2.29)$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 Ideal boost converter

ที่สภาวะอยู่ตัว การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์



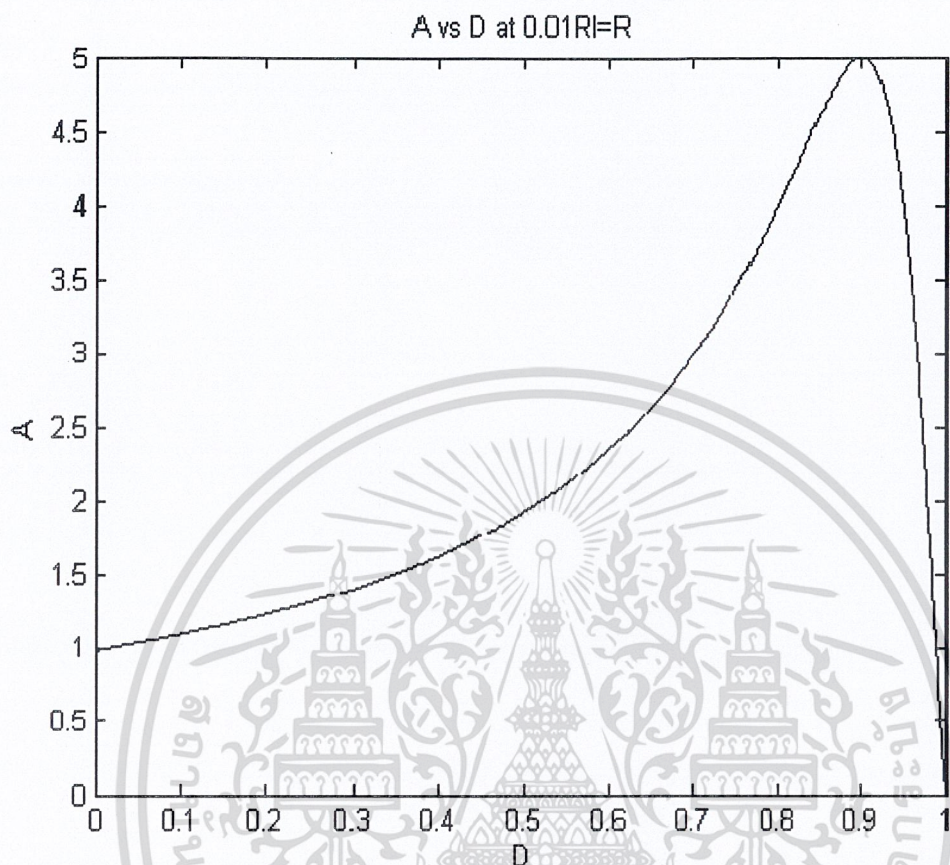
รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวชี้เชี้เกิดกับอัตราขยาย

D	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
A	1.0	1.1	1.25	1.43	1.67	2.00	2.50	3.33	5.00	10.00	inf

ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวชี้เชี้เกิดกับอัตราขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 Inductor resistance

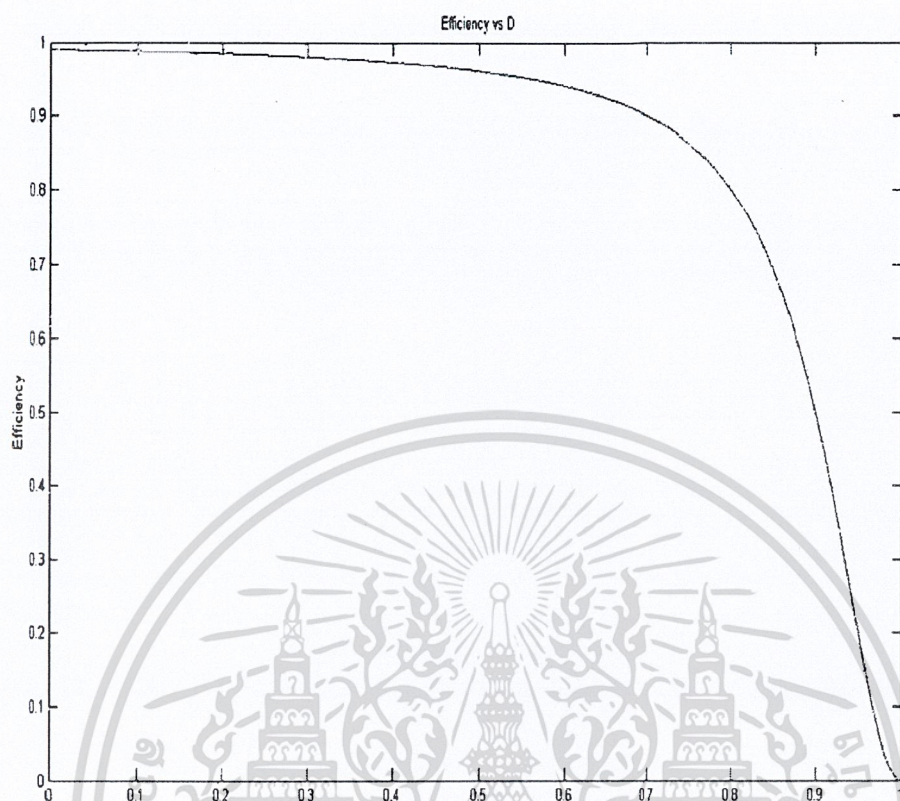


รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวชี้ไขเคลกับอัตราขยาย ที่ $0.01R_L = R$

$$\frac{V_o}{V_s} = \left(\frac{1}{1-D} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{r_L}{R(1-D)^2}} \right) \quad (2.30)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.9 Power efficiency



รูปที่ 2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับค่าดีวตี้ไซเคิล

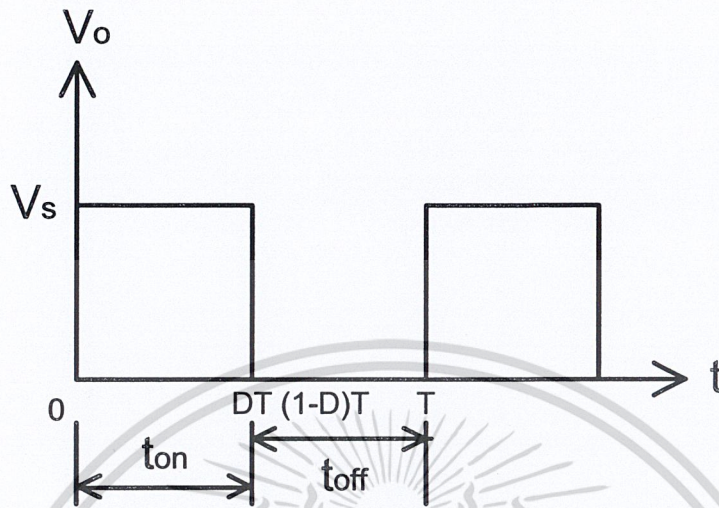
$$\eta = \left(\frac{1}{1 + \frac{r_L}{R(1-D)^2}} \right)$$

(2.31)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.10 ค่า Duty cycle

D นิยมบอกในสองลักษณะ คือ เป็นเลขเต็มหนึ่ง และเป็นเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2.7 ค่าดีวตี้ไซเคิล

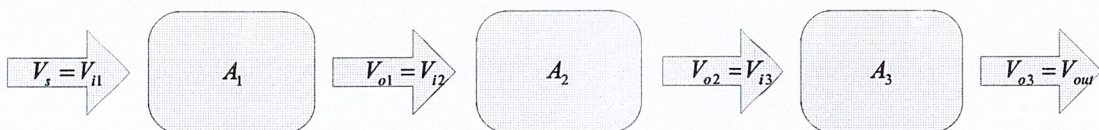
$$D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{t_{on}}{T} \quad (2.32)$$

$$t_{on} = DT \quad (2.33)$$

$$t_{off} = (1-D)T \quad (2.34)$$

2.2 การต่อวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์แบบอนุกรม

เมื่อนำวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์หลายๆ วงจรมาต่ออนุกรมกัน ในที่นี้เรานำวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ 3 วงจร มาต่ออนุกรมกัน จะทำให้ได้เป็นดังสมการ



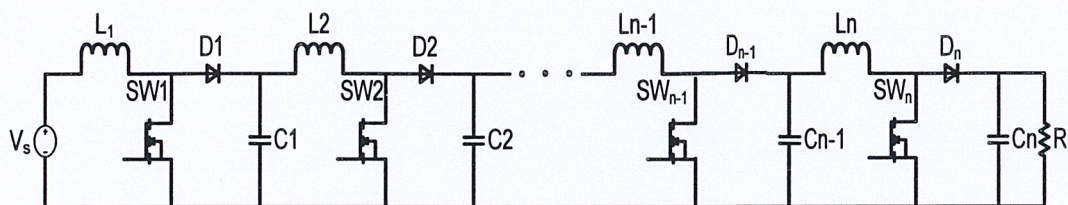
รูปที่ 2.8 การต่ออนุกรมของวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งแทนด้วยบล็อกไดอะแกรม

$$A = A_1 A_2 A_3 = \frac{1}{(1-D)^3} \quad (2.35)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น เมื่อเราใช้ Boost converter n ตัว จะได้

$$A = \frac{1}{(1-D)^n} \quad (2.36)$$

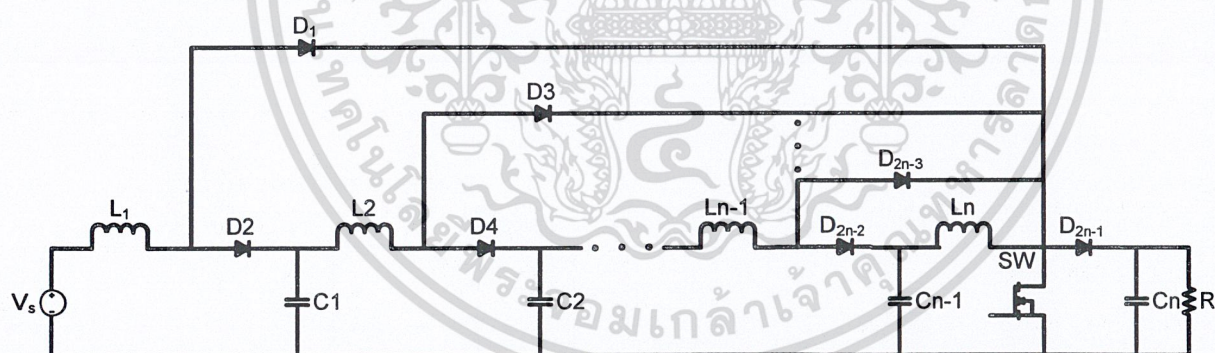


รูปที่ 2.9 วงจร N-stage cascade boost converter

การนำวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์หลายตัวมาต่ออนุกรมกันจะสามารถเพิ่มแรงดันไฟฟ้าด้านออกให้มากขึ้น ได้ก็จริง แต่ก็มีข้อเสียด้วยคือ

1. เกิดกำลังสูญเสียที่สวิตช์แต่ละตัว
2. การใช้สวิตช์หลายตัว ทำให้ยากที่จะควบคุม

ดังนั้นเพื่อที่จะลดการสูญเสียกำลังที่สวิตช์แต่ละตัวและเพื่อที่จะควบคุมได้ง่ายจึงทำการคิดการต่อวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์แบบอนุกรมหลายตัวโดยใช้สวิตช์ตัวเดียว



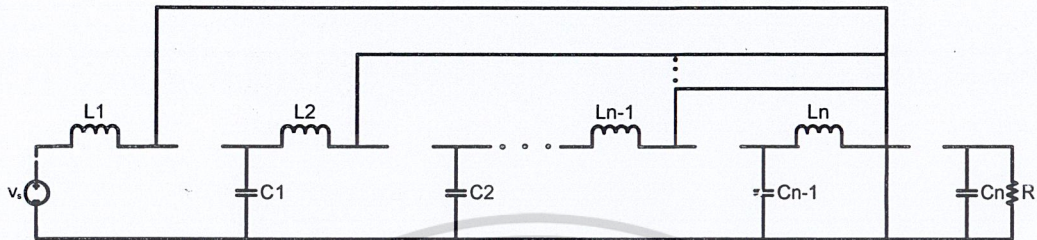
รูปที่ 2.10 วงจร N-stage cascade boost converter with one active switch

ในรูปที่ 2.9 นี้จะเป็นการนำวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์หลายตัวมาต่ออนุกรมกันโดยใช้สวิตช์เพียงตัวเดียว โดยจะนำไดโอดมาใช้แทนสวิตช์ โดยในวงจรจะมีอุปกรณ์ดังนี้ Switch = 1 ตัว , $L = n$ ตัว , $C = n$ ตัว , $D = 2n-1$ ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

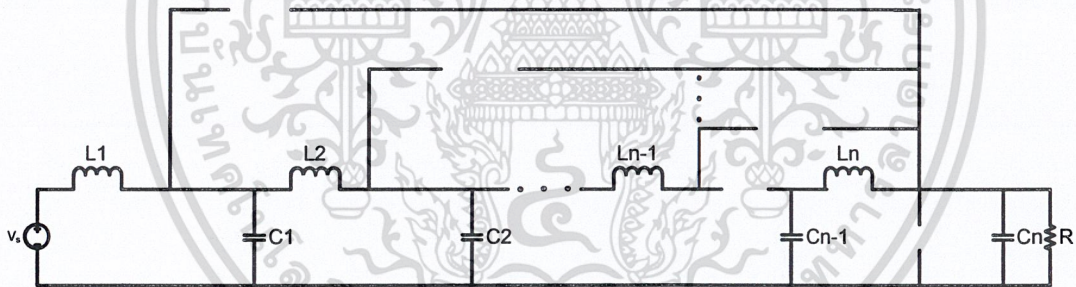
2.2.1 การทำงานของวงจร N-stage cascade boost converter with one active switch

หลักการทำงานของวงจร N-stage cascade boost converter with one active switch นั้นเหมือนกับวงจร boost converter คือมีการทำงานใน 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่สวิตช์นำกระแสกับช่วงที่สวิตช์ไม่นำกระแส



รูปที่ 2.11 วงจรทำงานในช่วงที่สวิตช์นำกระแส

ในรูปที่ 2.11 เป็นรูปแสดงการทำงานของวงจรในช่วงที่สวิตช์นำกระแส โดยที่ไดโอดแต่ละตัวจะทำหน้าที่แทนสวิตช์



รูปที่ 2.12 วงจรทำงานในช่วงที่สวิตช์ไม่นำกระแส

ในรูปที่ 2.12 เป็นรูปแสดงการทำงานของวงจรในช่วงที่สวิตช์ไม่นำกระแส โดยที่ไดโอดแต่ละตัวจะไบอัสกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 สมการของวงจร N-stage cascade boost converter with one active switch

$$V_o = \frac{V_s}{(1-D)^n} \quad (2.37)$$

$$V_{ci} = \frac{V_s}{(1-D)^i} \quad (2.38)$$

$$I_{Li} = \frac{I_o}{(1-D)^{n+1-i}} \quad (2.39)$$

$$\Delta i_{Li} = \frac{V_s D}{L_i (1-D)^{i-1} f_s} \quad (2.40)$$

$$\Delta v_{ci} = \frac{I_o D}{C_i (1-D)^{n-i} f_s} \quad (2.41)$$

$$\varepsilon_{Li} = \frac{0.5 \times \Delta i_{Li}}{I_{Li}} \quad (2.42)$$

$$\varepsilon_{ci} = \frac{0.5 \times \Delta v_{ci}}{V_{ci}} \quad (2.43)$$

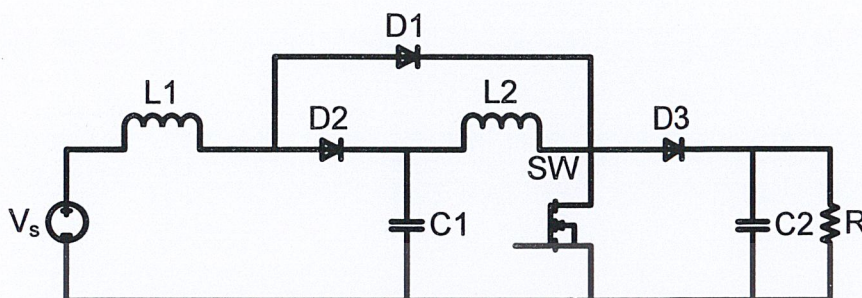
โดยที่	V_o	คือแรงดันขาออก	V_s	คือแรงดันที่ได้จากแหล่งจ่าย
	V_{ci}	คือแรงดันที่ตัวเก็บประจุ	I_{Li}	คือกระแสที่ตัวเหนี่ยวนำ
	L_i	คือตัวเหนี่ยวนำ	C_i	คือตัวเก็บประจุ
	Δi_{Li}	คือริปเปิ้ลของกระแสที่ตัวเหนี่ยวนำ		
	Δv_{ci}	คือริปเปิ้ลของแรงดันที่ตัวเก็บประจุ		
	ε_{Li}	คืออัตราส่วนของริปเปิ้ลต่อกระแสที่ตัวเหนี่ยวนำ		
	ε_{ci}	คืออัตราส่วนของริปเปิ้ลต่อแรงดันที่ตัวเก็บประจุ		

ซึ่ง $i = 1, \dots, n$ และ n คือจำนวน stage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 2-stage cascade boost converter with one active switch

ประกอบด้วย Switch 1 ตัว, L 2 ตัว, C 2 ตัว, D 3 ตัว



รูปที่ 2.13 วงจร 2-Stage cascade boost Converter with one active switch

2.3 Pulse Width Modulation

PWM ย่อมาจาก Pulse Width Modulation คือ การปรับความกว้างของคลื่นสี่เหลี่ยม เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของวงจรต่างๆ การควบคุมเป็นแบบ digital ที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน เพราะประหยัดพลังงานและสามารถควบคุม output ได้ โดยมีการกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานน้อยมาก กล่าวคือวงจรพวกนี้จะมีการสูญเสียพลังงานน้อยกว่าวงจรอื่นๆ

PWM generator chips

ในปัจจุบันมี IC จำนวนมากที่สามารถแปลงสัญญาณ DC ให้เป็นสัญญาณ PWM โดย IC เหล่านี้ได้ออกแบบมาเพื่อใช้เป็นสวิตช์กับ power supplies แต่ IC ที่ออกแบบมานั้นไม่สามารถที่จะทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ 100 % ได้ โดยส่วนมากจะมีประสิทธิภาพแค่ 90 % ที่จะสามารถส่งไปขับมอเตอร์ได้ IC เหล่านี้จะถูกออกแบบมาให้สัญญาณพัลส์อยู่ในช่วงที่ขอมรับได้สำหรับการใช้งานสัญญาณ PWM ที่สร้างออกมานั้นสามารถที่จะนำมาใช้ในการขับ MOSFET ได้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

3.1 การออกแบบ

3.1.1 คุณสมบัติของวงจรที่กำหนด

$$V_s = 12V, V_o = 48V, I_o = 0.5A - 2A, f_s = 100kHz$$

$$\varepsilon_{v1} = \frac{0.5 \times \Delta v_{C1}}{V_{C1}} = 2\% \quad (3.1)$$

$$\varepsilon_{v2} = \frac{0.5 \times \Delta v_{C2}}{V_{C2}} = 2\% \quad (3.2)$$

$$\varepsilon_{L1} = \frac{0.5 \Delta i_{L1}}{I_{L1}} = 10\% \quad (3.3)$$

$$\varepsilon_{L2} = \frac{0.5 \Delta i_{L2}}{I_{L2}} = 10\% \quad (3.4)$$

$$R = 24\Omega - 96\Omega \Rightarrow R_{\min} = 24\Omega, R_{\max} = 96\Omega$$

$$P_o = 24W - 96W \Rightarrow P_{o,\min} = 24W, P_{o,\max} = 96W$$

3.1.2 หาค่า Duty ratio

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{(1-D)^2} \quad (3.5)$$

$$\frac{48}{12} = \frac{1}{(1-D)^2} \quad (3.6)$$

$$2^2 = \frac{1}{(1-D)^2} \quad (3.7)$$

$$2 = \frac{1}{1-D} \quad (3.8)$$

$$D = 0.5 \quad (3.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 หาค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแต่ละตัว

$$I_{L1,min} = \frac{I_{o,min}}{(1-D)^2} = \frac{0.5}{(1-0.5)^2} = 2A \quad (3.10)$$

$$I_{L1,max} = \frac{I_{o,max}}{(1-D)^2} = \frac{2}{(1-0.5)^2} = 8A \quad (3.11)$$

$$I_{L2,min} = \frac{I_{o,min}}{1-D} = \frac{0.5}{1-0.5} = 1A \quad (3.12)$$

$$I_{L2,max} = \frac{I_{o,max}}{1-D} = \frac{2}{1-0.5} = 4A \quad (3.13)$$

3.1.4 หาค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุแต่ละตัว

$$V_{c1} = \frac{V_s}{1-D} = \frac{12}{1-0.5} = 24V \quad (3.14)$$

$$V_{c2} = \frac{V_s}{(1-D)^2} = \frac{12}{(1-0.5)^2} = 48V \quad (3.15)$$

3.1.5 หาค่าตัวเหนี่ยวนำแต่ละตัว

• ค่าตัวเหนี่ยวนำที่ 1

$$\varepsilon_{L1} = \frac{0.5\Delta i_{L1,min}}{I_{L1,min}} \quad (3.16)$$

$$\varepsilon_{L1} = \frac{0.5\Delta i_{L1,max}}{I_{L1,max}} \quad (3.17)$$

แทนค่าในสมการที่ 3.16 , 3.17

$$10\% = \frac{0.5\Delta i_{L1,min}}{2} \quad (3.18)$$

$$10\% = \frac{0.5\Delta i_{L1,max}}{8} \quad (3.19)$$

$$\Delta i_{L1,min} = \frac{V_s D}{L_{1,max} \times f_s} \quad (3.20)$$

$$\Delta i_{L1,min} = 0.4$$

$$\Delta i_{L1,max} = \frac{V_s D}{L_{1,min} \times f_s} \quad (3.21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เปิดเผยข้อมูลแก่เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

$$\Delta i_{L1,max} = 1.6$$

$$L_{1,max} = \frac{12 \times 0.5}{0.4 \times 100 \times 10^3} \quad (3.22)$$

$$L_{1,max} = 0.15\text{mH}$$

$$L_{1,min} = \frac{12 \times 0.5}{1.6 \times 100 \times 10^3} \quad (3.23)$$

$$L_{1,min} = 37.5\mu\text{H}$$

• ค่าตัวเหนี่ยวนำที่ 2

$$\varepsilon_{L2} = \frac{0.5\Delta i_{L2,min}}{I_{L2,min}} \quad (3.24)$$

$$\varepsilon_{L2} = \frac{0.5\Delta i_{L2,max}}{I_{L2,max}} \quad (3.25)$$

แทนค่าในสมการที่ 3.24 , 3.25

$$10\% = \frac{0.5\Delta i_{L2,min}}{1} \quad (3.26)$$

$$10\% = \frac{0.5\Delta i_{L2,max}}{4} \quad (3.27)$$

$$\Delta i_{L2,min} = \frac{V_s D}{L_{2,max} \times (1-D) \times f_s} \quad (3.28)$$

$$\Delta i_{L2,min} = 0.2$$

$$\Delta i_{L2,max} = \frac{V_s D}{L_{2,min} \times (1-D) \times f_s} \quad (3.29)$$

$$\Delta i_{L2,max} = 0.8$$

$$L_{2,max} = \frac{12 \times 0.5}{0.2 \times (1-0.5) \times 100 \times 10^3} \quad (3.30)$$

$$L_{2,max} = 0.6\text{mH}$$

$$L_{2,min} = \frac{12 \times 0.5}{0.8 \times (1-0.5) \times 100 \times 10^3} \quad (3.31)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในห้องสมุดเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่ข้อมูลและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.16 หาค่าตัวเก็บประจุแต่ละตัว

ค่าตัวเก็บประจุตัวที่ 1

$$\varepsilon_{v1} = \frac{0.5\Delta v_{c1}}{V_{c1}} \quad (3.32)$$

แทนค่าในสมการที่ 3.32

$$2\% = \frac{0.5\Delta v_{c1}}{24} \quad (3.33)$$

$$\Delta v_{c1} = 0.96$$

$$\Delta v_{c1} = \frac{I_{o,min} D}{C_{1,min} \times (1-D) \times f_s} \quad (3.34)$$

$$C_{1,min} = \frac{0.5 \times 0.5}{0.96 \times (1-0.5) \times 100 \times 10^3} \quad (3.35)$$

$$C_{1,min} = 5.2 \mu F$$

$$\Delta v_{c1} = \frac{I_{o,max} D}{C_{1,max} \times (1-D) \times f_s} \quad (3.36)$$

$$C_{1,max} = \frac{2 \times 0.5}{0.96 \times (1-0.5) \times 100 \times 10^3} \quad (3.37)$$

$$C_{1,max} = 20.8 \mu F$$

ค่าตัวเก็บประจุตัวที่ 2

$$\varepsilon_{v2} = \frac{0.5\Delta v_{c2}}{V_{c2}} \quad (3.38)$$

แทนค่าในสมการที่ 3.38

$$2\% = \frac{0.5\Delta v_{c2}}{48} \quad (3.39)$$

$$\Delta v_{c2} = 1.92$$

$$\Delta v_{c2} = \frac{I_{o,min} D}{C_{2,min} \times f_s} \quad (3.40)$$

$$C_{2,min} = \frac{0.5 \times 0.5}{1.92 \times 100 \times 10^3} \quad (3.41)$$

$$C_{2,min} = 1.3 \mu F$$

$$\Delta v_{c2} = \frac{I_{o,max} D}{C_{2,max} \times f_s} \quad (3.42)$$

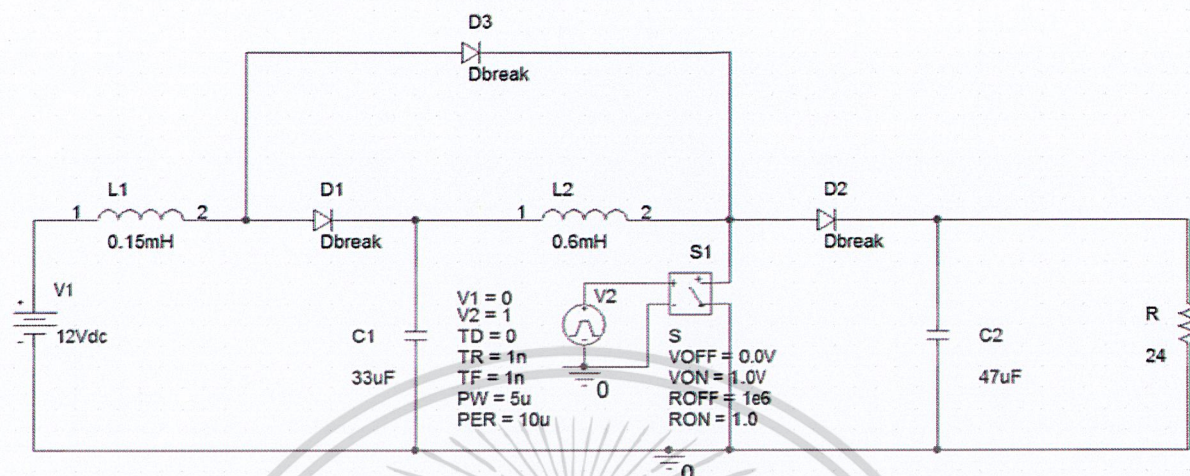
$$C_{2,max} = \frac{2 \times 0.5}{1.92 \times 100 \times 10^3} \quad (3.43)$$

$$C_{2,max} = 5.21 \mu F$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานวิจัยการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดสอบโดยใช้โปรแกรม PSpice

3.2.1 ทดลองโหลดที่ทำให้กระแสสูงสุด



รูปที่ 3.1 แสดงวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์และค่าต่างๆในวงจรที่ทำให้กระแสสูงสุด

ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองโดยโปรแกรม PSpice

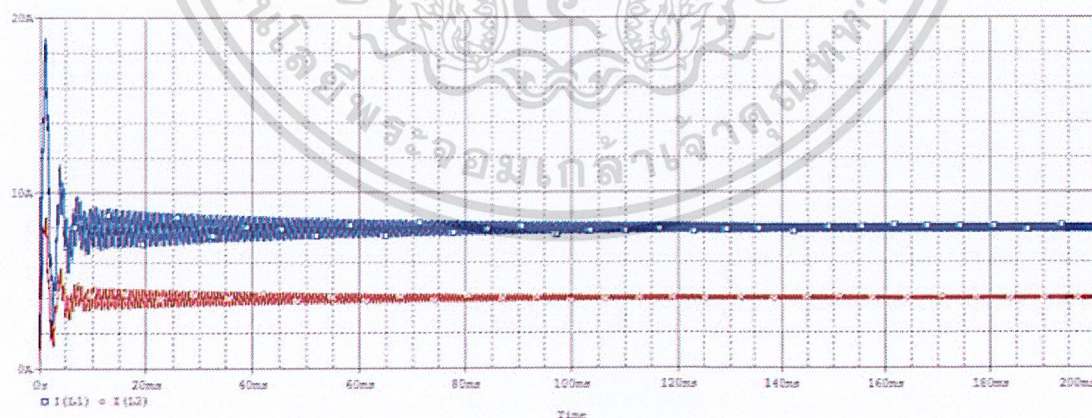
$$L_1 = 0.15mH$$

$$L_2 = 0.6mH$$

$$C_1 = 33\mu F$$

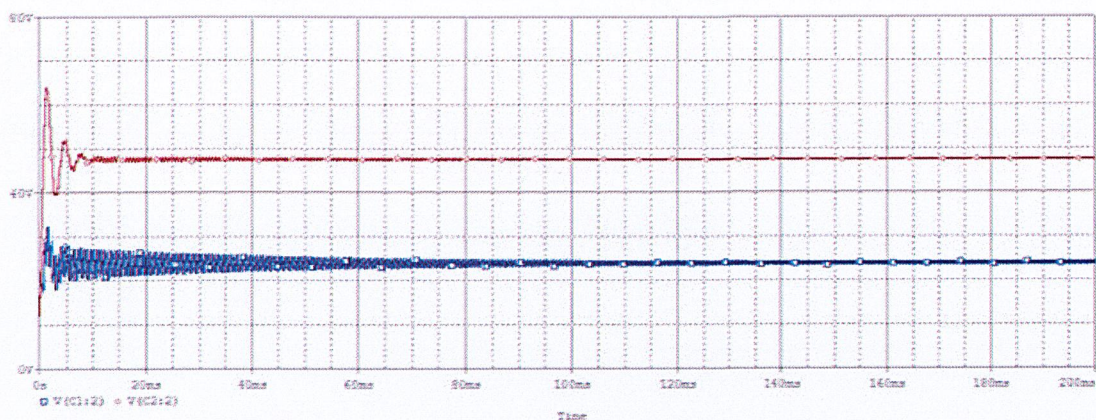
$$C_2 = 47\mu F$$

$$R = 24\Omega$$



รูปที่ 3.2 แสดงการจำลองผลค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทั้ง 2 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงการจำลองค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุทั้ง 2 ค่า



รูปที่ 3.4 แสดงการจำลองค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำที่ 1

$$I_{L1,max} = 8.1573A$$

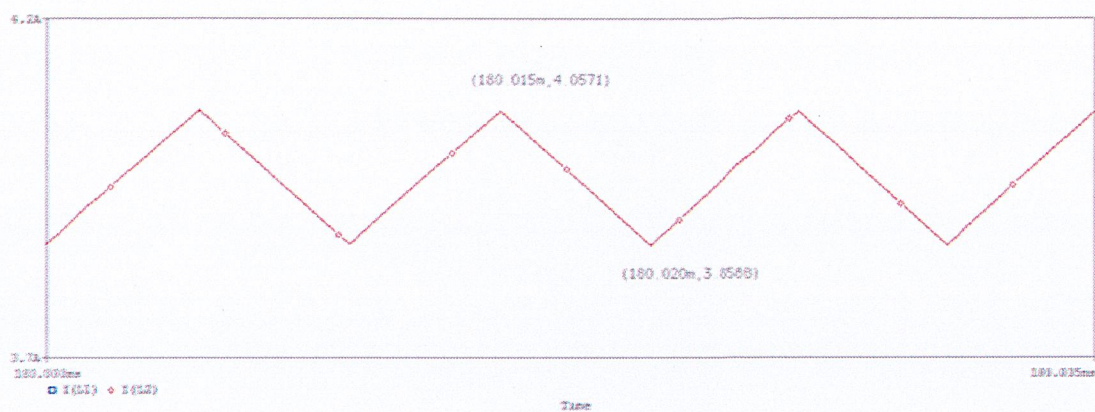
$$I_{L1,min} = 7.7630A$$

$$\Delta i_{L1} = I_{L1,max} - I_{L1,min} = 8.1573A - 7.7630A = 0.3943A$$

$$I_{L1} = 7.96015A$$

$$\varepsilon_{L1} = 2.48\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงการจำลองค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำที่ 2

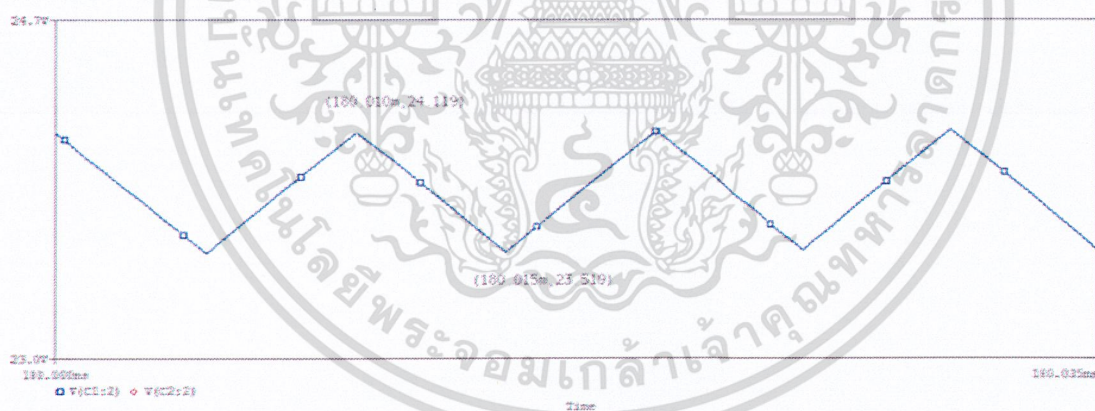
$$I_{L2,max} = 4.0571A$$

$$I_{L2,min} = 3.8588A$$

$$\Delta i_{L2} = I_{L2,max} - I_{L2,min} = 4.0571A - 3.8588A = 0.1983A$$

$$I_{L2} = 3.95795A$$

$$\varepsilon_{L2} = 2.50\%$$



รูปที่ 3.6 แสดงการจำลองค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุที่ 1

$$V_{c1,max} = 24.119V$$

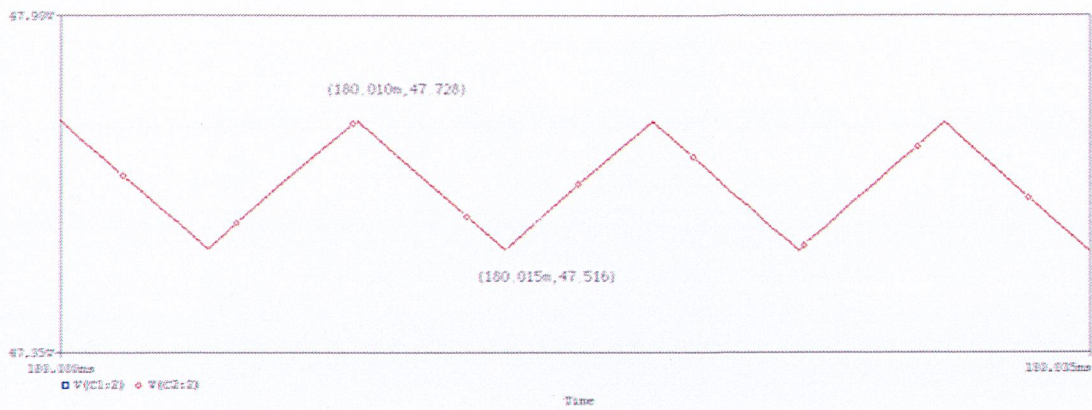
$$V_{c1,min} = 23.519V$$

$$\Delta v_{c1} = V_{c1,max} - V_{c1,min} = 24.119V - 23.519V = 0.600V$$

$$V_{c1} = 23.819V$$

$$\varepsilon_{c1} = 1.26\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงการจำลองค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุที่ 2

$$V_{c2,max} = 47.728V$$

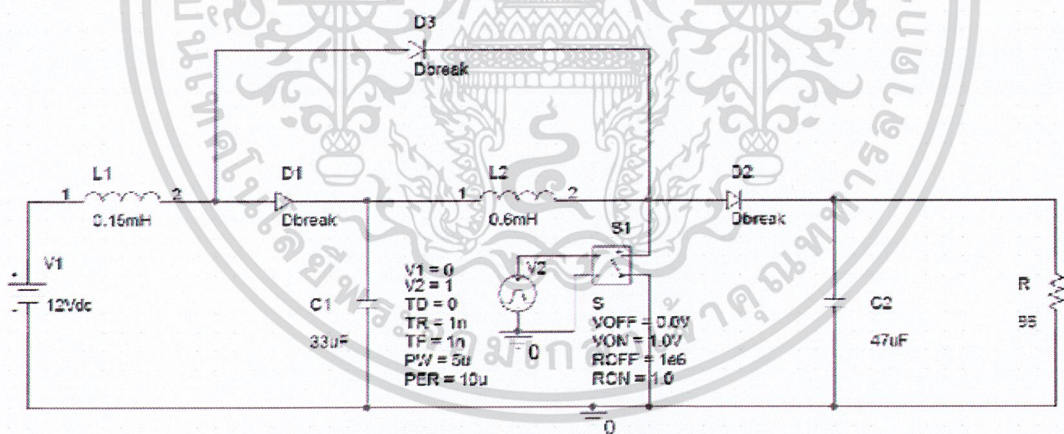
$$V_{c2,min} = 47.516V$$

$$\Delta v_{c2} = V_{c2,max} - V_{c2,min} = 47.728V - 47.516V = 0.212V$$

$$V_{c2} = 47.622V$$

$$\varepsilon_{c2} = 0.002\%$$

3.2.2 ทดลองโหลดที่ทำให้กระแสต่ำสุด



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์และค่าอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจรที่ทำให้กระแสต่ำสุด

ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองโดยโปรแกรม PSpice

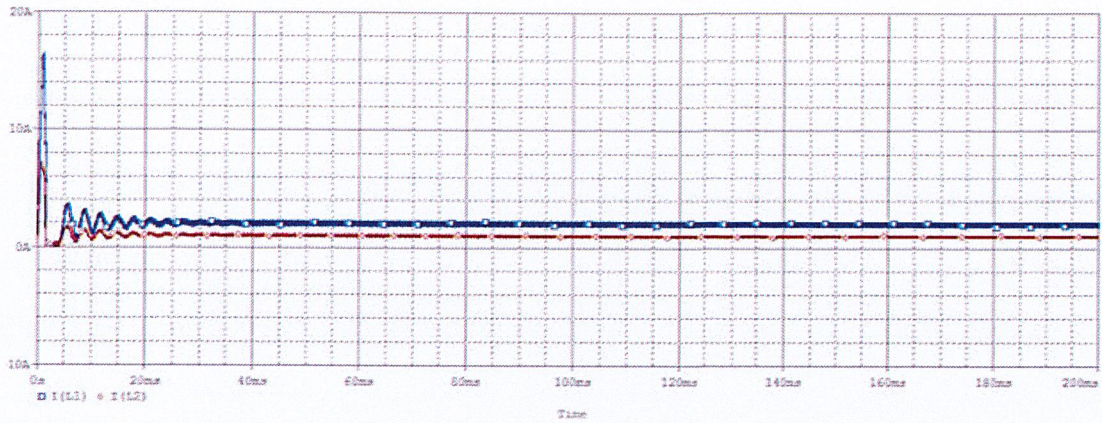
$$L_1 = 0.15mH$$

$$L_2 = 0.6mH$$

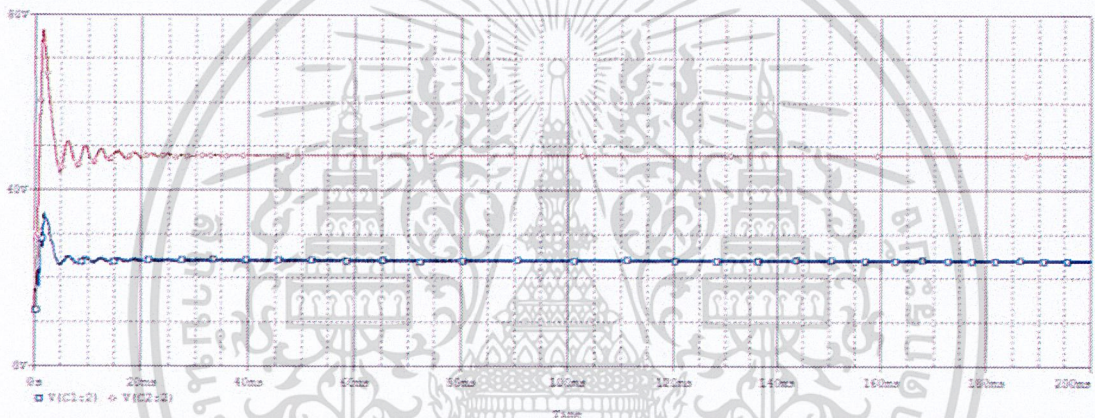
$$C_1 = 33\mu F$$

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

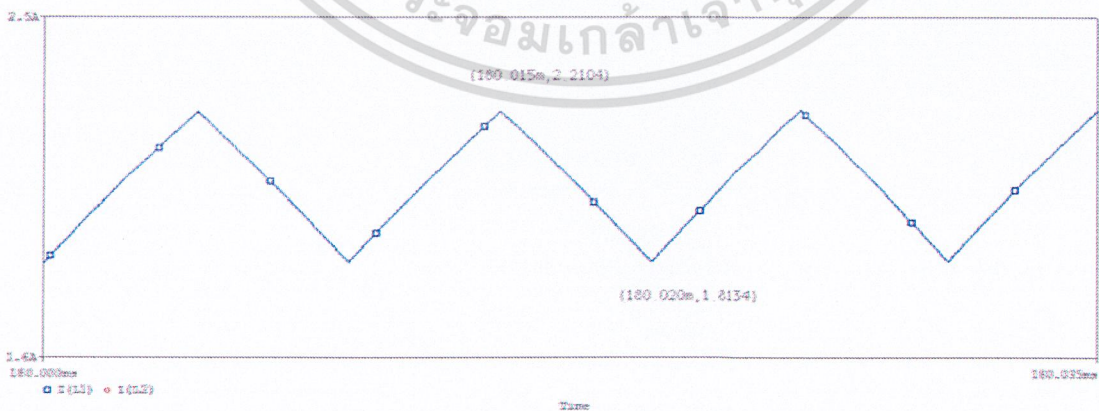
ทั้งนี้ อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงการจำลองผลค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทั้ง 2 ค่า



รูปที่ 3.10 แสดงการจำลองค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุทั้ง 2 ค่า



รูปที่ 3.11 แสดงการจำลองค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่โรงเรียนเจ้าพระยาฯ หรือโรงเรียนอื่นๆ ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

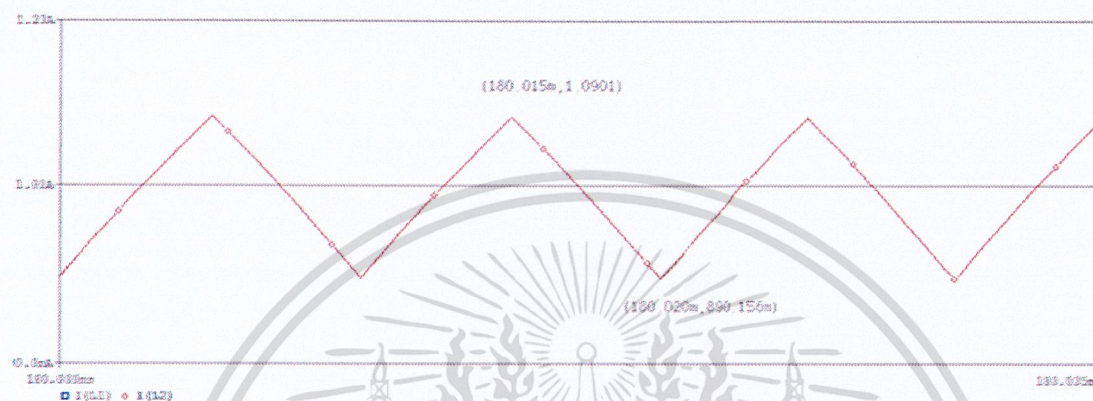
$$I_{L1,max} = 2.2104A$$

$$I_{L1,min} = 1.8134A$$

$$\Delta i_{L1} = I_{L1,max} - I_{L1,min} = 2.2104A - 1.8134A = 0.397A$$

$$I_{L1} = 2.0119A$$

$$\varepsilon_{L1} = 9.87\%$$



รูปที่ 3.12 แสดงการจำลองค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำที่ 2

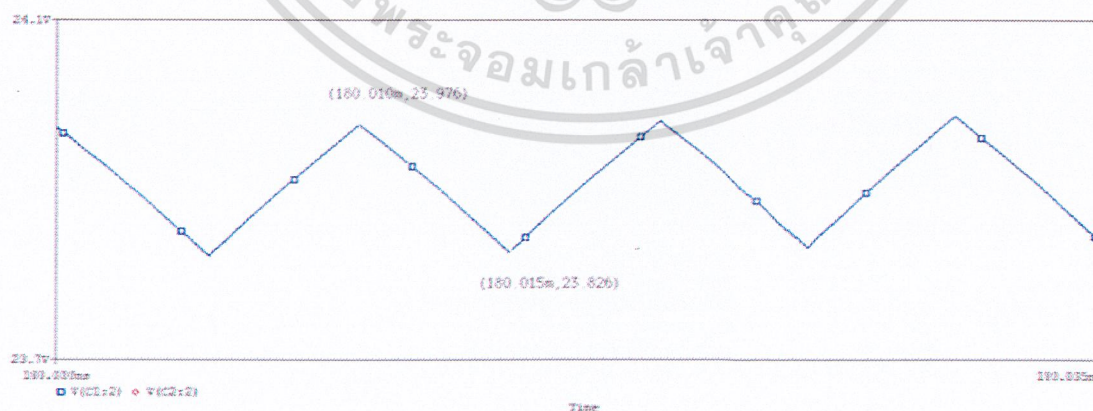
$$I_{L2,max} = 1.0901A$$

$$I_{L2,min} = 0.890156A$$

$$\Delta i_{L2} = I_{L2,max} - I_{L2,min} = 1.0901A - 0.890156A = 0.199944A$$

$$I_{L2} = 0.990128A$$

$$\varepsilon_{L2} = 10.10\%$$



รูปที่ 3.13 แสดงการจำลองค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

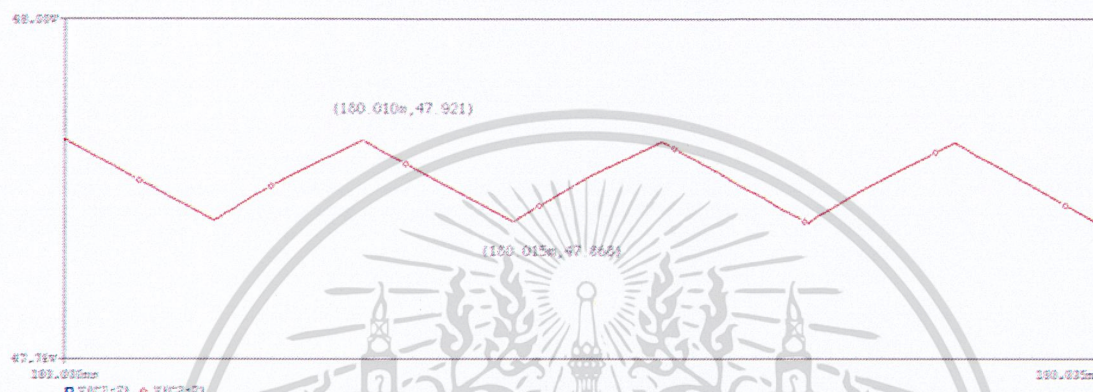
$$V_{c1,max} = 23.976V$$

$$V_{c1,min} = 23.826V$$

$$\Delta v_{c1} = V_{c1,max} - V_{c1,min} = 23.976V - 23.826V = 0.15V$$

$$V_{c1} = 23.901V$$

$$\varepsilon_{c1} = 0.003\%$$



รูปที่ 3.14 แสดงการจำลองค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุที่ 2

$$V_{c2,max} = 47.921V$$

$$V_{c2,min} = 47.868V$$

$$\Delta v_{c2} = V_{c2,max} - V_{c2,min} = 47.921V - 47.868V = 0.053V$$

$$V_{c2} = 47.8945V$$

$$\varepsilon_{c2} = 0.0006\%$$

3.3 การออกแบบค่าตัวเหนี่ยวนำด้วยวิธีผลคูณพื้นที่

3.3.1 การออกแบบตัวเหนี่ยวนำตัวที่ 1

$$L_1 = 0.150mH \quad i_{L1,max} = 8.1573 A$$

$$E = \frac{1}{2} Li_{L1,max}^2 \quad (3.44)$$

$$\text{แทนค่าในสมการที่ 3.44} \quad = \frac{1}{2} \times 0.15 \times 10^{-3} \times 8.1573^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$A_p = A_w A_c = \frac{2E}{K_w K_c JB_m} \quad (3.45)$$
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหรือข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเลือก	ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (B_m)	=	0.2	T
	ความหนาแน่นกระแสในตัวนำ (J)	=	3	A./mm ²
	ค่าคงที่ของตัวคูณลดช่องว่าง (K_w)	=	0.6	
	ค่าคงที่ของตัวคูณลดจากตัวนำ (K_c)	=	1	

$$A_p = \frac{2 \times 0.00499}{0.6 \times 1 \times 3 \times 10^6 \times 0.2}$$

$$= 27722 \text{ mm}^4$$

เลือกขนาดแกนเหล็ก โดยเลือกค่า ให้มากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ

เลือกแกนเฟอร์ไรต์แบบ EER45/38 ($A_p = 40363 \text{ mm}^4$, $A_w = 223 \text{ mm}^2$, $A_c = 181 \text{ mm}^2$)

$$N = \frac{L_{L, \max}}{A_c B_m} \quad (3.46)$$

$$= \frac{0.15 \times 10^{-3} \times 8.1573}{181 \times 10^{-6} \times 0.2}$$

$$= 34 \text{ รอบ}$$

หาขนาดของขดลวดตัวนำ

$$a = \frac{i_{L, \max}}{J} \quad (3.47)$$

$$= \frac{8.1573}{3}$$

$$= 2.7191$$

เลือกขดลวดจากภาคผนวก ก โดยการเลือก จะเลือกขดลวดที่มีขนาดไม่ใหญ่มากเพื่อที่สามารถพันได้สะดวกและง่าย โดยจะเลือกขดลวดเบอร์ AWG#20 มีพื้นที่หน้าตัด 0.519 mm^2

หาจำนวนเส้นลวดได้จาก a ต่อพื้นที่หน้าตัด

$$\text{จำนวนเส้นลวด} = \frac{2.7191}{0.519}$$

$$\text{จำนวนเส้นลวด} = 5.239 \text{ เลือกจำนวนเส้นลวด 6 เส้น}$$

ตรวจสอบว่าสามารถพันขดลวดได้ตามจำนวนรอบที่คำนวณได้หรือไม่

$$A_w K_w > \text{จำนวนเส้นลวด} \times \text{พื้นที่หน้าตัดของลวด} \times \text{จำนวนรอบ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$133.8 > 105.876$$

สามารถพันได้ตามจำนวนรอบและขนาดลวดที่คำนวณได้

หาความยาวของช่องว่างอากาศ โดยกำหนด $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$

$$l_g = \frac{\mu_0 N^2 A_c}{L} \quad (3.48)$$

$$l_g = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 34^2 \times 181 \times 10^{-6}}{0.15 \times 10^{-3}}$$

$$l_g = 1.75 \text{ mm}$$

$$= 27444 \text{ mm}^4$$

3.3.2 การออกแบบค่าตัวเหนี่ยวนำที่ 2

$$L_2 = 0.6 \text{ mH} \quad i_{L2, \max} = 4.0571 \text{ A}$$

$$E = \frac{1}{2} L i_{L2, \max}^2 \quad (3.49)$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.6 \times 10^{-3} \times 4.0571^2$$

$$= 0.00494$$

$$A_p = A_w A_c = \frac{2E}{K_w K_c J B_m} \quad (3.50)$$

โดยเลือก

$$\text{ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (B}_m\text{)} = 0.2 \text{ T.}$$

$$\text{ความหนาแน่นกระแสในตัวนำ (J)} = 3 \text{ A./mm}^2$$

$$\text{ค่าคงที่ของตัวคูณลดช่องว่าง (K}_w\text{)} = 0.6$$

$$\text{ค่าคงที่ของตัวคูณลดจากตัวนำ (K}_c\text{)} = 1$$

$$A_p = \frac{2 \times 0.00494}{0.6 \times 1 \times 3 \times 10^6 \times 0.2}$$

$$= 24444 \text{ mm}^4$$

เลือกขนาดแกนเหล็ก โดยเลือกค่า ให้มากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ

เลือกแกนเฟอร์ไรต์แบบ EER45/38 ($A_p = 40363 \text{ mm}^4$, $A_w = 223 \text{ mm}^2$, $A_c = 181 \text{ mm}^2$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{0.6 \times 10^{-3} \times 4.0571}{181 \times 10^{-6} \times 0.2}$$

$$= 17 \text{ รอบ}$$

หาขนาดของขดลวดตัวนำ

$$a = \frac{i_{L2, \max}}{J} \quad (3.51)$$

$$= \frac{4.0571}{3}$$

$$= 1.3524$$

เลือกขดลวดจากภาคผนวก ก โดยการเลือกจะเลือกขดลวดที่มีขนาดไม่ใหญ่มากเพื่อที่สามารถพันได้สะดวกและง่าย โดยจะเลือกขดลวดเบอร์ AWG#20 มีพื้นที่หน้าตัด 0.519 mm^2 หาจำนวนเส้นลวดได้จาก a ต่อพื้นที่หน้าตัด

$$\text{จำนวนเส้นลวด} = \frac{1.3524}{0.519}$$

$$\text{จำนวนเส้นลวด} = 2.6 \quad \text{เลือกจำนวนเส้นลวด 3 เส้น}$$

ตรวจสอบว่าสามารถพันขดลวดได้ตามจำนวนรอบที่คำนวณได้หรือไม่

$$A_w K_w > \text{จำนวนเส้นลวด} \times \text{พื้นที่หน้าตัดของลวด} \times \text{จำนวนรอบ}$$

$$223 \times 0.6 > 3 \times 0.519 \times 17$$

$$133.8 > 26.469$$

สามารถพันได้ตามจำนวนรอบและขนาดลวดที่คำนวณได้

หาความยาวของช่องว่างอากาศ โดยกำหนด $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$

$$l_g = \frac{\mu_0 N^2 A_c}{L} \quad (3.52)$$

$$l_g = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 17^2 \times 181 \times 10^{-6}}{0.6 \times 10^{-3}}$$

$$l_g = 0.11 \text{ mm}$$

	I max(A)	I min(A)	I avg(A)	V max(V)	V min(V)	V avg(V)
D1	8.1542	0	4	0	-24.069	-11.86
D2	4.08	0	2	0	-47.618	-23.722
D3	8.15	0	4	0	-24.033	-11.848
SW	12.2	0	6	47.737	0	23.843

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ตารางที่ 3.1 แสดงค่ากระแสและความต่างศักย์ ของอุปกรณ์แต่ละตัว

3.4 การคำนวณหา Transfer function ของระบบ

ค่าอุปกรณ์ที่เลือกใช้ในการทดลอง

Capacitor C_1	$100\mu F$
Capacitor C_2	$110\mu F$
Inductor L_1	$0.22mH$
Inductor L_2	$0.6mH$
Load Resistance R	$24\Omega - 96\Omega$
Diode $d1, d2, d3$	MUR1520
MOSFET	IRF3710PBF
IC	UC3825
	CD4050

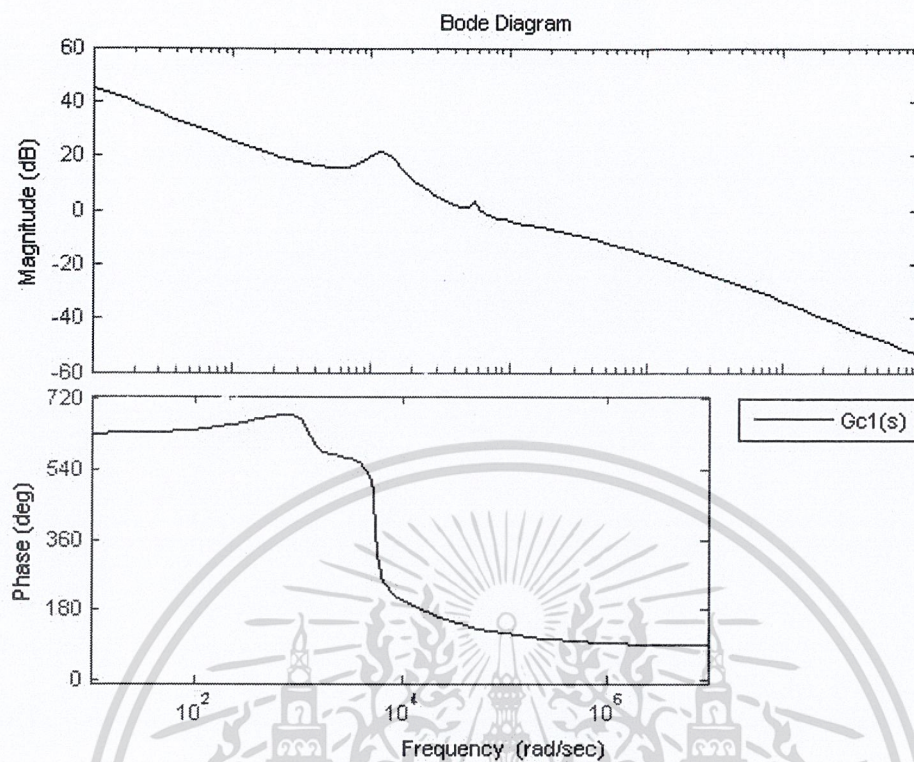
นำมาคำนวณหา Transfer function ของระบบ ได้ดังนี้

$$T(s) = \frac{-0.3467s^4 - 3.206s^3 + 3.007s^2 - 1.304s + 8.614}{s^4 + 1209s^3 + 3.357s^2 + 1.772s + 4.944}$$

$$Zero = -1.0101, 0.0785, 0.0053 + 0.0553j, 0.0053 - 0.0553j$$

$$Pole = -0.3422 + 5.5960j, -0.3422 - 5.5960j, -0.2622 + 1.2181j, -0.2622 - 1.2181j$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดง Bode diagram ของ Transfer function

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

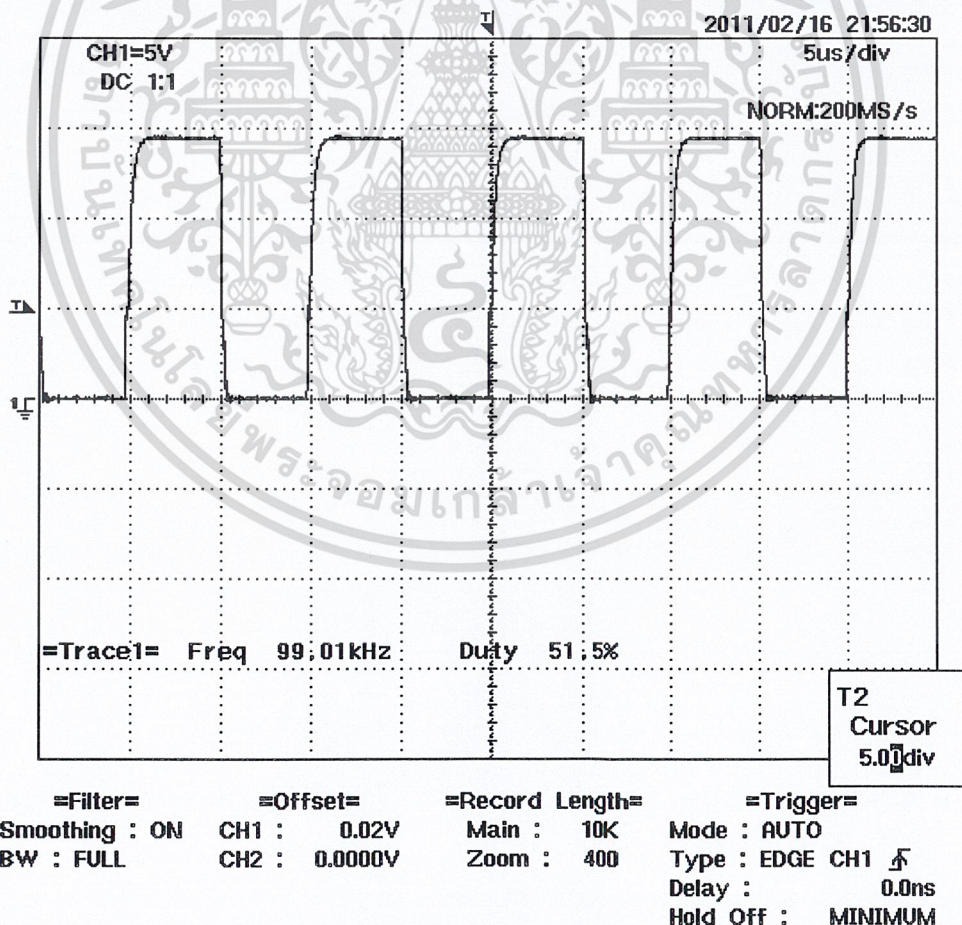
การทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง ซึ่งในวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์นั้น จะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์แบบนำมาต่ออนุกรมกันสองวงจรกับส่วนที่เป็น วงจรในส่วนตัวควบคุม

4.1 การทดลองในส่วนของตัวควบคุม

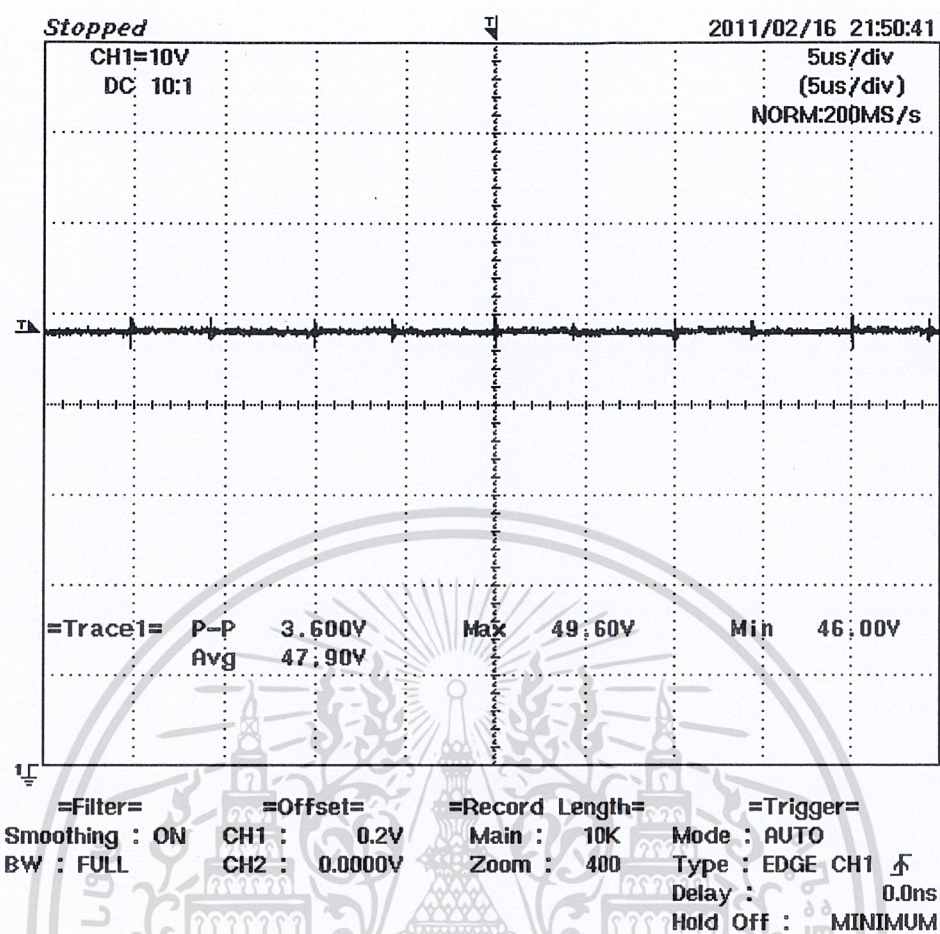
ในส่วนนี้จะเป็นการศึกษาเฉพาะในส่วนวงจรควบคุมเพื่อที่จะสร้างสัญญาณ PWM เพื่อที่จะไปขับ MOSFET

4.2 การทดลองในส่วนนี้จะเป็นการทดลองในส่วนสัญญาณ PWM ที่ได้



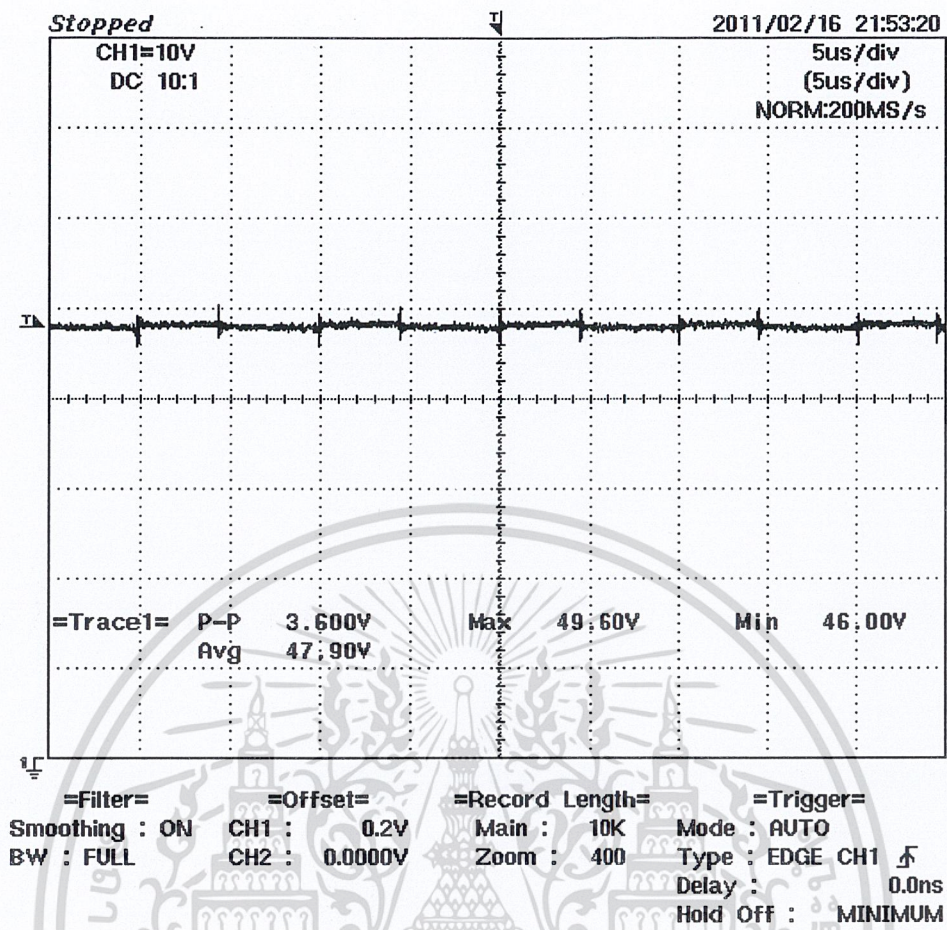
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลของเอกสารนี้โดยไม่แจ้งเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 แสดง Duty cycle ที่ Mosfet



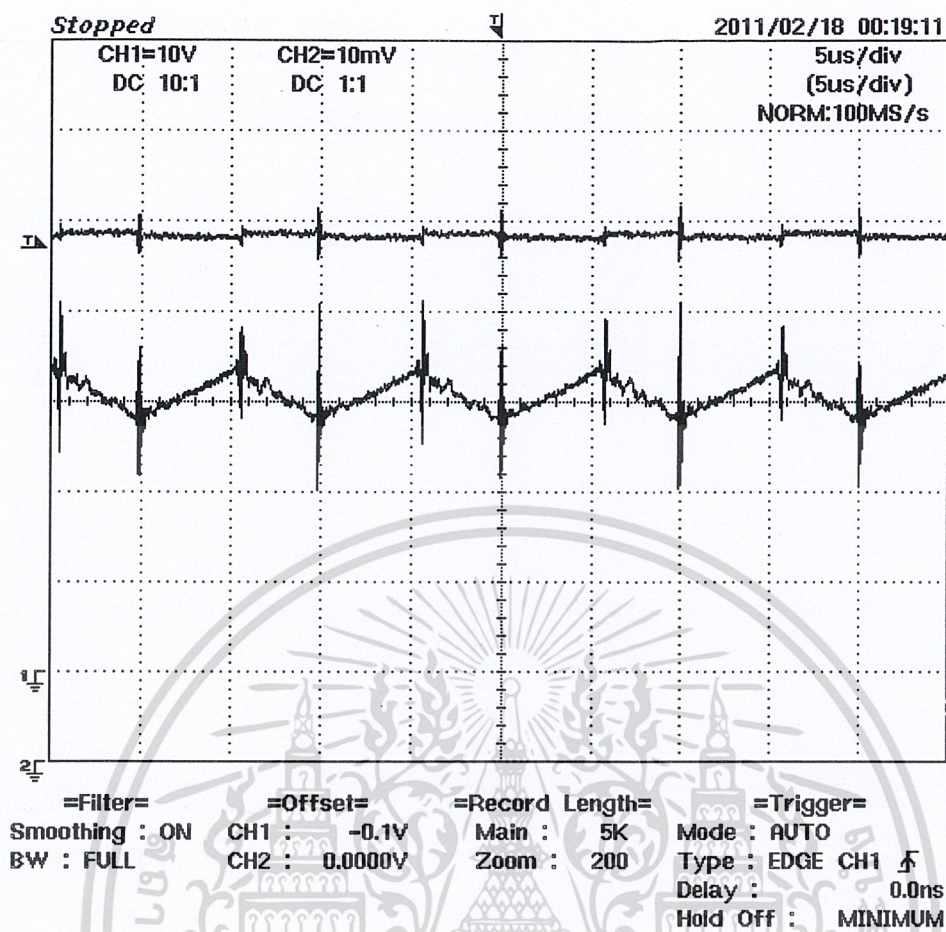
รูปที่ 4.2 แรงดัน Output ที่ $R = 30 \text{ Ohm}$

จากรูปเป็นการวัดแรงดัน output เมื่อป้อนแรงดันขาเข้า 12 V ที่โหลด 30 Ohm จะได้แรงดันขาออก 48 V ตามต้องการ ค่าอัตราส่วนรบกวน 3.76%



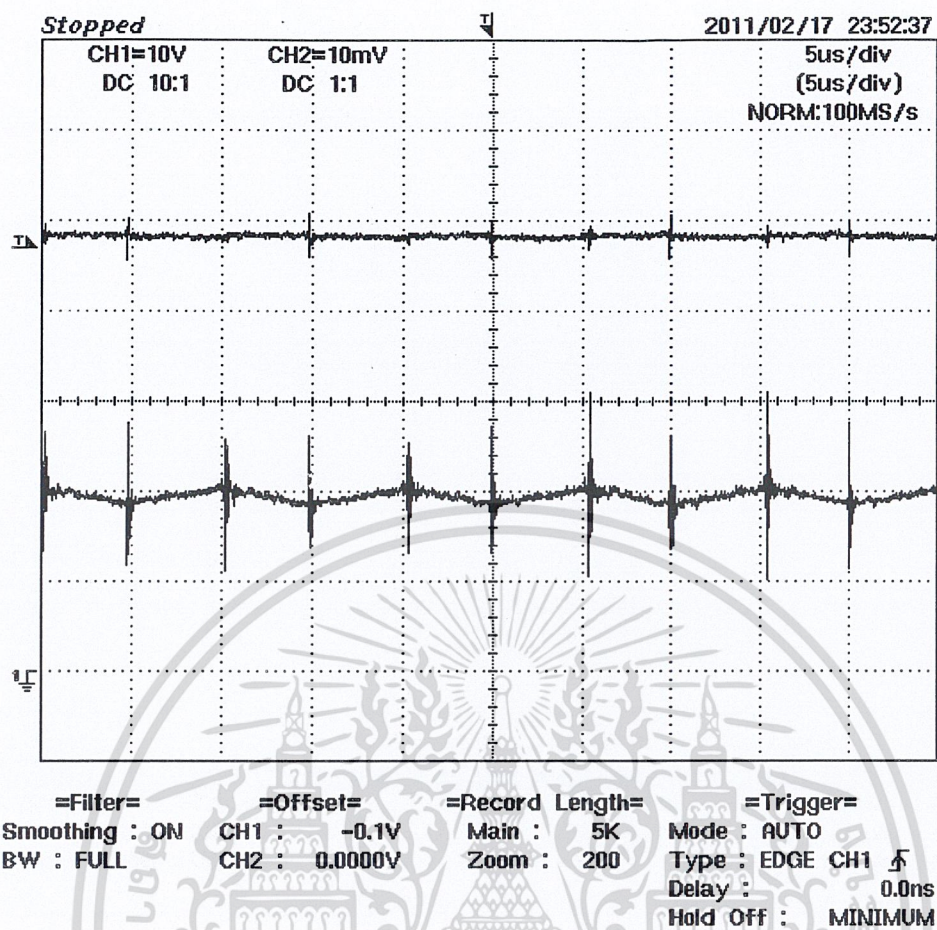
รูปที่ 4.3 แรงดัน Output ที่ $R = 60 \text{ Ohm}$

จากรูปเป็นการวัดแรงดัน output เมื่อป้อนแรงดันขาเข้า 12 V ที่โหลด 60 Ohm จะได้แรงดันขาออก 48 V ตามต้องการ ค่าอัตราส่วนริบเปิ้ล 3.76% จะเห็นว่าการเปลี่ยนโหลดไม่มีผลต่อแรงดันขาออก



รูปที่ 4.4 กระแส Output = 1.6 A ที่ $R = 30 \text{ Ohm}$, 0.5 A/div

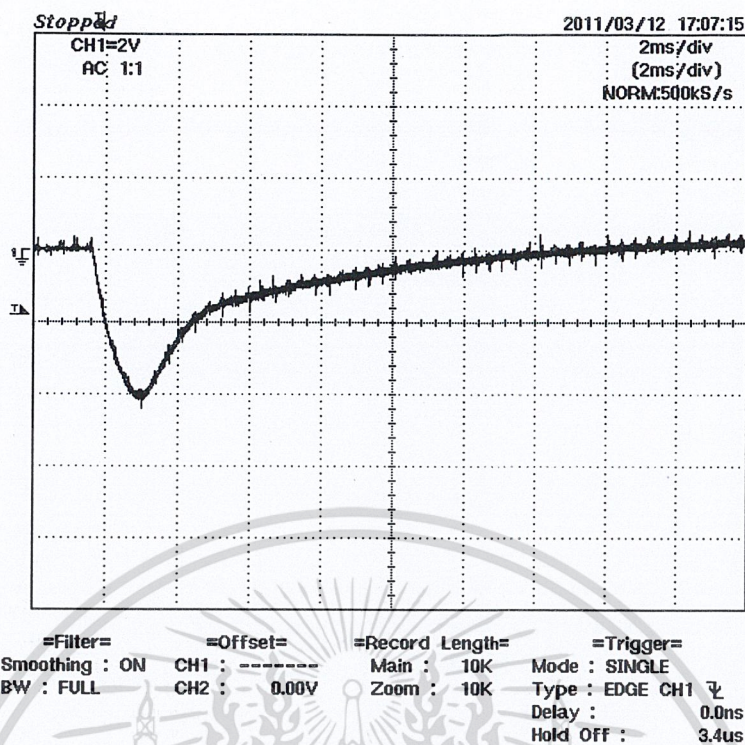
จากรูปเป็นการวัดกระแสที่ไหลผ่าน $L2$ ขณะที่โหลดมีค่า 30 Ohm กระแสมีค่าประมาณ 1.6 A กำลังที่ได้ 76.8 W อัตราส่วนริปเปิ้ล มีค่า 12.5% ความคาดเคลื่อนนี้เกิดจากการสร้างตัวเหนี่ยวนำ



รูปที่ 4.5 กระแส Output = 0.8 A ที่ $R = 60 \text{ Ohm}$, 0.5 A/div

จากรูปเป็นการวัดกระแสที่ไหลผ่าน $L2$ ขณะที่โหลดมีค่า 60 Ohm กระแสมีค่าประมาณ 0.8 A กำลังที่ได้ 38.4 W อัตราส่วนริปเปิ้ล มีค่า 12.5% ความคลาดเคลื่อนนี้เกิดจากการสร้างตัวเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงผลการเข้าสู่ ค่าที่ต้องการ เมื่อระบบเสถียรแล้ว ทำการเปลี่ยนโหลด

เมื่อทำการเปลี่ยน โหลด จะเห็นว่าผลตอบสนองจะเปลี่ยนไป จากนั้นวงจรควบคุมจะปรับให้ระบบเข้าสู่ค่าที่ต้องการอีกครั้ง

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อป้อนแรงดัน 12 V ได้แรงดันเอาต์พุตประมาณ 48 V ตามต้องการกระแส 0.6 A ที่โหลด 24 Ohm และกระแส 2.4 A ที่ 96 Ohm Ripple ที่ L มีค่าน้อยมาก ส่วน Ripple ที่ C มีค่า 3.76 %

เมื่อเปลี่ยนแปลง โหลดในทันทีทันใด จะได้รูปกราฟ ตามรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่า วงจรมีเสถียรภาพที่ดี เพราะ วงจรจะปรับเข้าสู่สภาวะคงตัวได้

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

ปัญหาที่พบคือ ในการออกแบบลายวงจรยังไม่มี ความชำนาญเพียงพอทำให้ทิศทางการไหลของกระแสสับสน ทำให้แรงดันเอาต์พุตไม่ได้ค่าตามที่ต้องการ แนวทางแก้ไขคือขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นทำการออกแบบลายวงจรใหม่ เมื่อทำการทดลองพบว่าวงจรมีสัญญาณรบกวน ซึ่งแก้ไขโดยการนำตัวเก็บประจุมาต่อคร่อมกราวด์ เพื่อที่จะลดสัญญาณรบกวน

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา

วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์นั้นเป็นวงจรที่ใช้ยกระดับแรงดัน ไฟฟ้าที่เอาต์พุตให้เพิ่มขึ้นมากกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุต และค่าเอาต์พุตที่ได้มีความเสถียร แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงโหลด อีกทั้งเป็นวงจรที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับงานหลากหลาย เช่น เพิ่มแรงดันแบตเตอรี่ในรถยนต์ ให้สามารถใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นได้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

เบอร์ AWG #	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง mm	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เมื่อรวมฉนวน mm	พื้นที่หน้าตัดปกติ mm ²
44	0.0503	0.06604	0.00199
43	0.0564	0.07366	0.00250
42	0.0633	0.08128	0.00314
41	0.0711	0.09144	0.00397
40	0.0798	0.1041	0.00500
39	0.0897	0.1143	0.00631
38	0.1008	0.1295	0.00799
37	0.1130	0.1448	0.01003
36	0.1270	0.1626	0.0127
35	0.1422	0.1778	0.0159
34	0.1600	0.1981	0.0201
33	0.1803	0.2235	0.0255
32	0.2032	0.2489	0.0324
31	0.2261	0.2743	0.0401
30	0.2540	0.3048	0.0507
29	0.2870	0.3404	0.0647
28	0.3200	0.3759	0.0804
27	0.3607	0.4191	0.1022
26	0.4039	0.4699	0.128
25	0.4547	0.5232	0.162
24	0.5105	0.5817	0.205
23	0.5740	0.6502	0.259
22	0.6426	0.7214	0.324
21	0.7239	0.8052	0.412
20	0.8126	0.8966	0.519

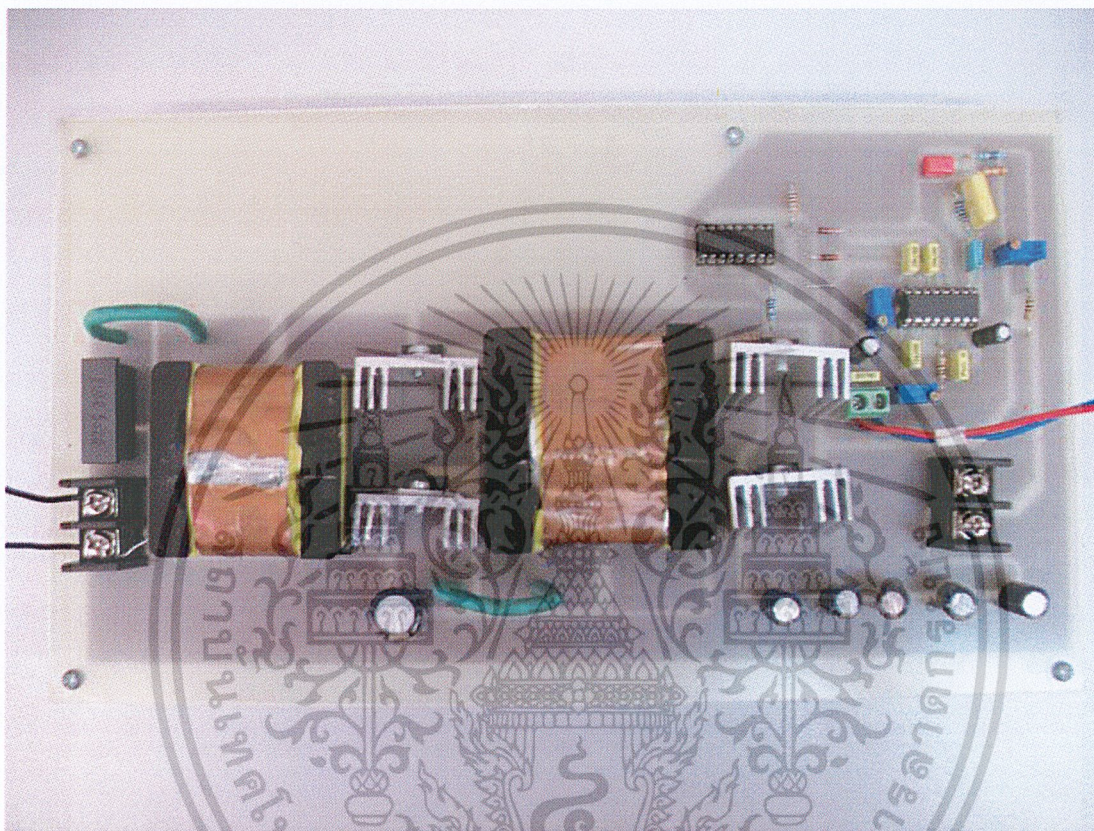
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ตาราง ก.1 ขนาดลวดตัวนำ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์ AWG #	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง mm	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เมื่อรวมฉนวน mm	พื้นที่หน้าตัดปกติ mm ²
19	0.9119	1.003	0.653
18	1.024	1.118	0.823
17	1.151	1.247	1.040
16	1.290	1.389	1.308
14	1.628	1.737	2.082
13	1.829	1.943	2.627
12	2.052	2.172	3.308
11	2.304	2.431	4.168
10	2.588	2.720	5.261

ตาราง ก.1(ต่อ) ขนาดลวดตัวนำ

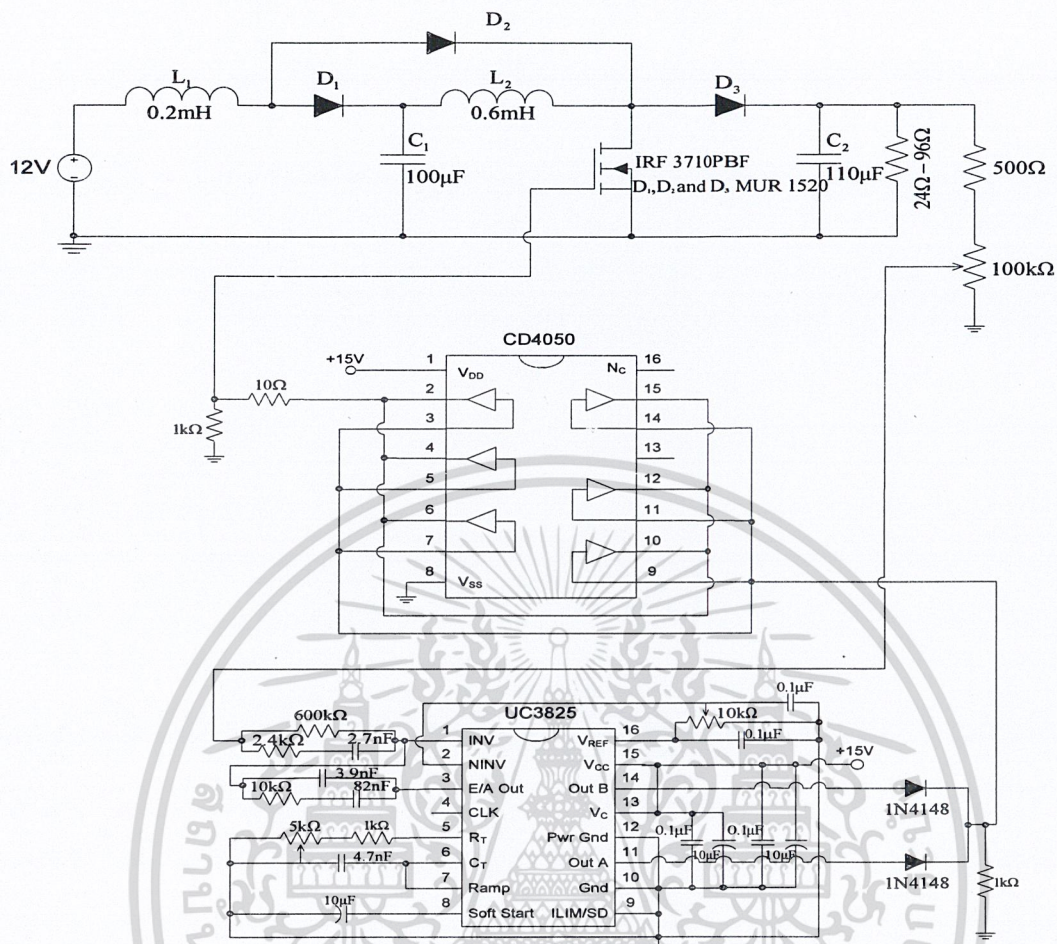
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.



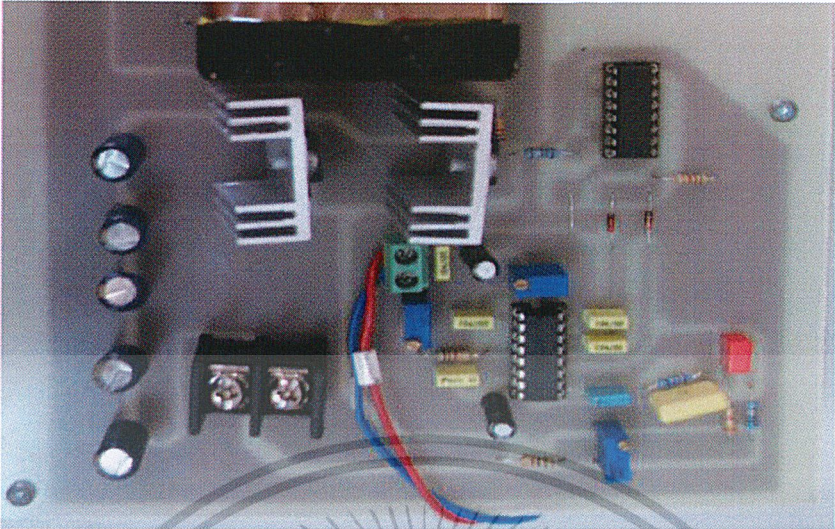
รูป ข.1 แสดงวงจร 2-stage cascade boost converter with one active switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

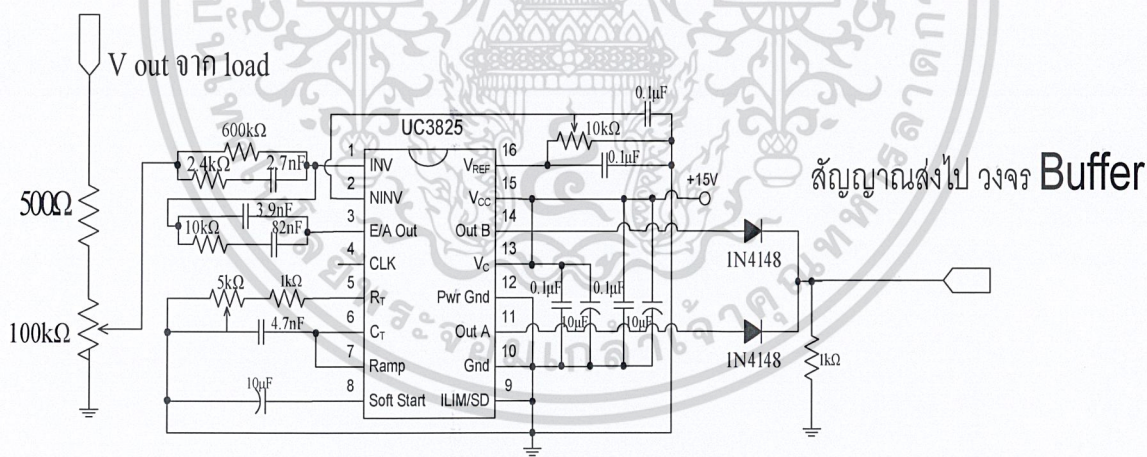


รูป ข.2 แสดง schematic วงจร 2-stage cascade boost converter with one active switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

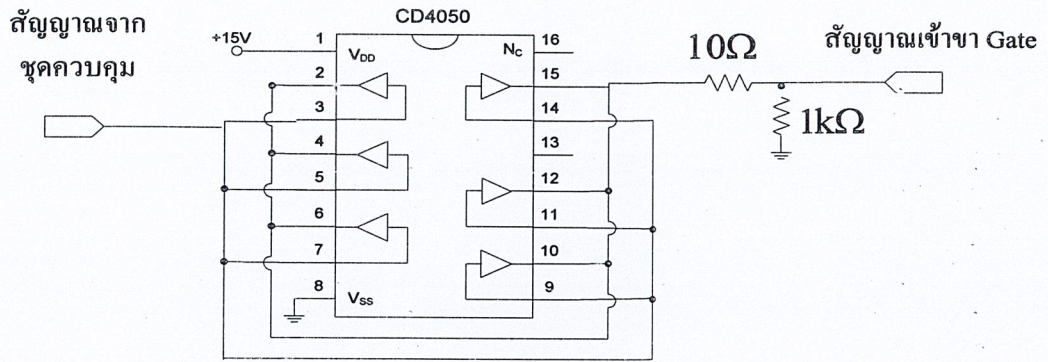


รูป ข.3 แสดงวงจรในส่วนชุดควบคุม



รูป ข.4 แสดง schematic วงจรในส่วนชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ข.5 แสดงวงจรในส่วนวงจร Buffer



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

FAIRCHILD
 SEMICONDUCTOR™

 October 1987
 Revised January 1999

CD4049UBC • CD4050BC Hex Inverting Buffer • Hex Non-Inverting Buffer

General Description

The CD4049UBC and CD4050BC hex buffers are monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuits constructed with N- and P-channel enhancement mode transistors. These devices feature logic level conversion using only one supply voltage (V_{DD}). The input signal high level (V_{IH}) can exceed the V_{DD} supply voltage when these devices are used for logic level conversions. These devices are intended for use as hex buffers, CMOS to DTL/TTL converters, or as CMOS current drivers, and at $V_{DD} = 5.0V$, they can drive directly two DTL/TTL loads over the full operating temperature range.

Features

- Wide supply voltage range: 3.0V to 15V
- Direct drive to 2 TTL loads at 5.0V over full temperature range
- High source and sink current capability
- Special input protection permits input voltages greater than V_{DD}

Applications

- CMOS hex inverter/buffer
- CMOS to DTL/TTL hex converter
- CMOS current "sink" or "source" driver
- CMOS HIGH-to-LOW logic level converter

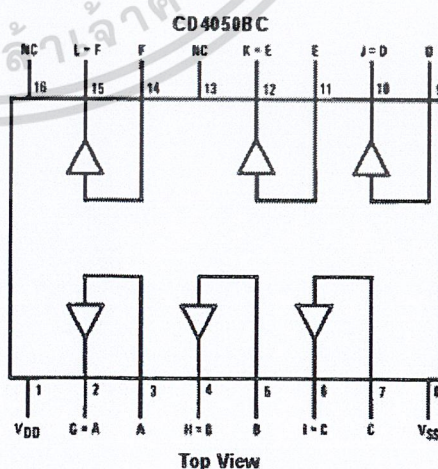
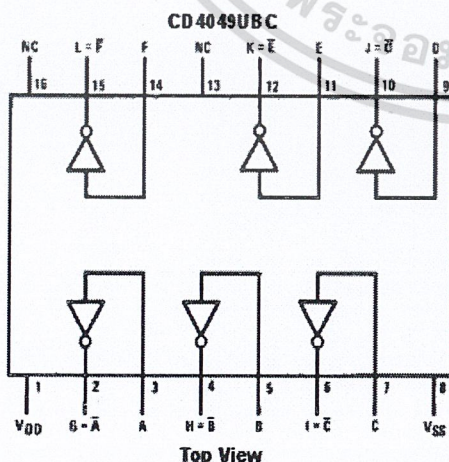
Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
CD4049UBCM	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
CD4049UBCN	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
CD4050BCM	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
CD4050BCN	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

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

Connection Diagrams

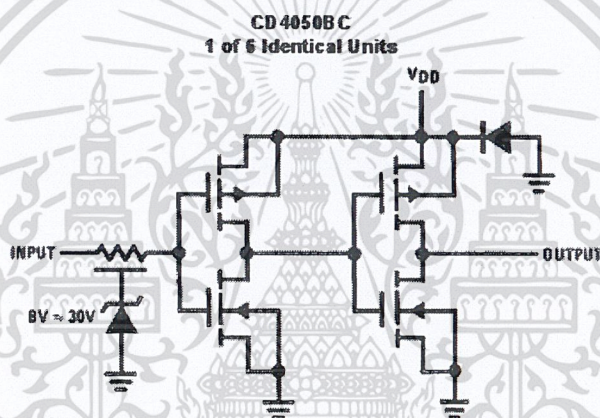
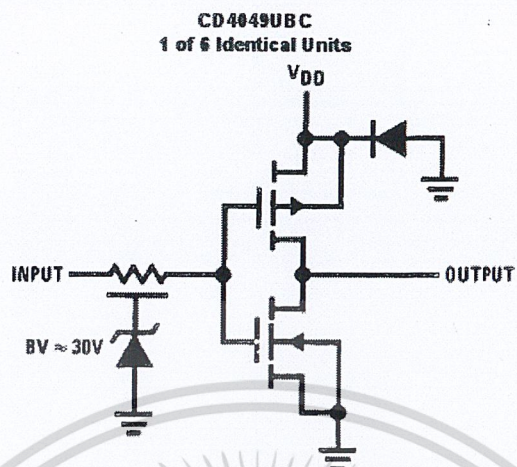
Pin Assignments for DIP



CD4049UBC • CD4050BC Hex Inverting Buffer • Hex Non-Inverting Buffer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ควรแก้ไข ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagrams



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings(Note 1)

(Note 2)

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

Recommended Operating Conditions (Note 2)

Supply Voltage (V_{DD})	3V to 15V
Input Voltage (V_{IN})	0V to 15V
Voltage at Any Output Pin (V_{OUT})	0 to V_{DD}
Operating Temperature Range (T_A)	
CD4049UBC, CD4050BC	-40°C to +85°C

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

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

DC Electrical Characteristics (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		4 8 16		0.03 0.05 0.07	4.0 8.0 16.0		30 60 120	μA
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	$V_{IH} = V_{DD}$, $V_{IL} = 0V$, $ I_O < 1\mu A$ $V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		0.05 0.05 0.05		0 0 0	0.05 0.05 0.05		0.05 0.05 0.05	V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	$V_{IH} = V_{DD}$, $V_{IL} = 0V$, $ I_O < 1\mu A$ $V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		4.95 9.95 14.95		4.95 9.95 14.95	5 10 15		4.95 9.95 14.95	V
V_{IL}	LOW Level Input Voltage (CD4050BC Only)	$ I_O < 1\mu A$ $V_{DD} = 5V$, $V_O = 0.5V$ $V_{DD} = 10V$, $V_O = 1V$ $V_{DD} = 15V$, $V_O = 1.5V$		1.5 3.0 4.0		2.25 4.5 6.75	1.5 3.0 4.0		1.5 3.0 4.0	V
V_{IL}	LOW Level Input Voltage (CD4049UBC Only)	$ I_O < 1\mu A$ $V_{DD} = 5V$, $V_O = 4.5V$ $V_{DD} = 10V$, $V_O = 9V$ $V_{DD} = 15V$, $V_O = 13.5V$		1.0 2.0 3.0		1.5 2.5 3.5	1.0 2.0 3.0		1.0 2.0 3.0	V
V_{IH}	HIGH Level Input Voltage (CD4050BC Only)	$ I_O < 1\mu A$ $V_{DD} = 5V$, $V_O = 4.5V$ $V_{DD} = 10V$, $V_O = 9V$ $V_{DD} = 15V$, $V_O = 13.5V$		3.5 7.0 11.0		3.5 7.0 11.0	2.75 5.5 8.25		3.5 7.0 11.0	V
V_{IH}	HIGH Level Input Voltage (CD4049UBC Only)	$ I_O < 1\mu A$ $V_{DD} = 5V$, $V_O = 0.5V$ $V_{DD} = 10V$, $V_O = 1V$ $V_{DD} = 15V$, $V_O = 1.5V$		4.0 8.0 12.0		4.0 8.0 12.0	3.5 7.5 11.5		4.0 8.0 12.0	V
I_{OL}	LOW Level Output Current (Note 4)	$V_{IH} = V_{DD}$, $V_{IL} = 0V$ $V_{DD} = 5V$, $V_O = 0.4V$ $V_{DD} = 10V$, $V_O = 0.5V$ $V_{DD} = 15V$, $V_O = 1.5V$		4.8 9.8 29		4.0 8.5 25	5 12 40		3.2 6.8 20	mA
I_{OH}	HIGH Level Output Current (Note 4)	$V_{IH} = V_{DD}$, $V_{IL} = 0V$ $V_{DD} = 5V$, $V_O = 4.8V$ $V_{DD} = 10V$, $V_O = 9.5V$ $V_{DD} = 15V$, $V_O = 13.5V$		-1.0 -2.1 -7.1		-0.9 -1.9 -6.2	-1.8 -3.8 -12		-0.72 -1.5 -5	mA
I_{IS}	Input Current	$V_{DD} = 15V$, $V_{IH} = 0V$ $V_{DD} = 15V$, $V_{IH} = 15V$		-0.3 0.3		-0.3 0.3	-10^{-5} 10^{-5}		-1.0 1.0	μA

Note 3: $V_{SS} = 0V$ unless otherwise specified.

High Speed PWM Controller

FEATURES

- Compatible with Voltage or Current Mode Topologies
- Practical Operation Switching Frequencies to 1MHz
- 50ns Propagation Delay to Output
- High Current Dual Totem Pole Outputs (1.5A Peak)
- Wide Bandwidth Error Amplifier
- Fully Latched Logic with Double Pulse Suppression
- Pulse-by-Pulse Current Limiting
- Soft Start / Max. Duty Cycle Control
- Under-Voltage Lockout with Hysteresis
- Low Start Up Current (1.1mA)

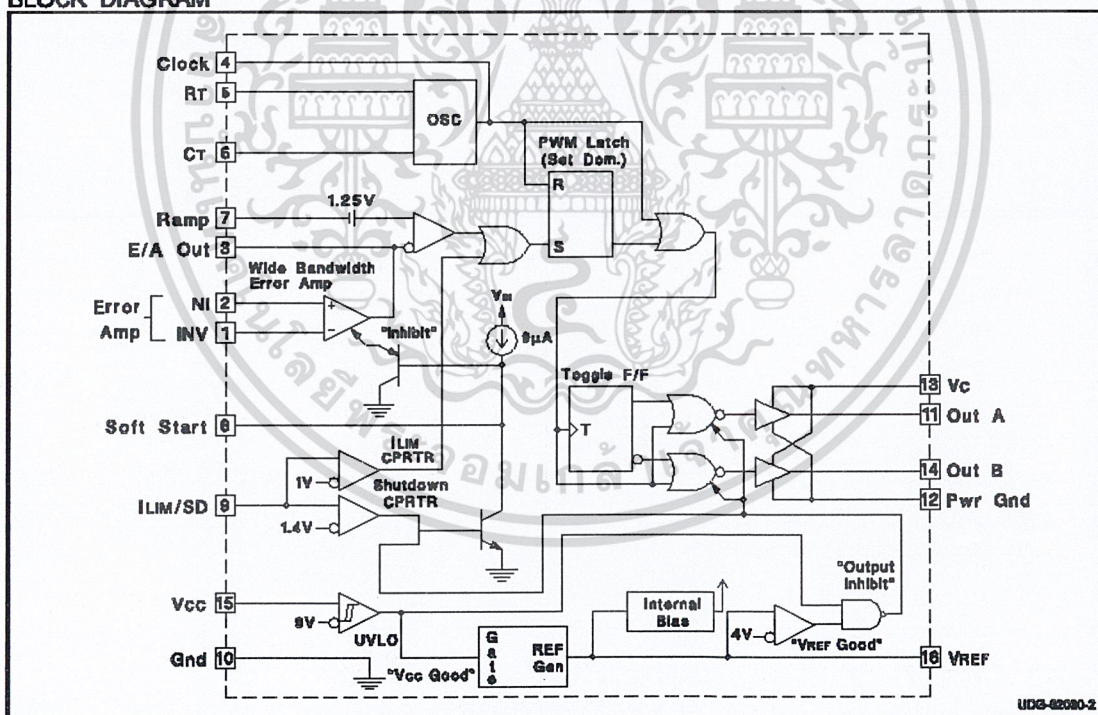
DESCRIPTION

The UC1825 family of PWM control ICs is optimized for high frequency switched mode power supply applications. Particular care was given to minimizing propagation delays through the comparators and logic circuitry while maximizing bandwidth and slew rate of the error amplifier. This controller is designed for use in either current-mode or voltage mode systems with the capability for input voltage feed-forward.

Protection circuitry includes a current limit comparator with a 1V threshold, a TTL compatible shutdown port, and a soft start pin which will double as a maximum duty cycle clamp. The logic is fully latched to provide jitter free operation and prohibit multiple pulses at an output. An under-voltage lockout section with 800mV of hysteresis assures low start up current. During under-voltage lockout, the outputs are high impedance.

These devices feature totem pole outputs designed to source and sink high peak currents from capacitive loads, such as the gate of a power MOSFET. The on state is designed as a high level.

BLOCK DIAGRAM



SLUS235 - MARCH 1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UC1825
UC2825
UC3825

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Note 1)

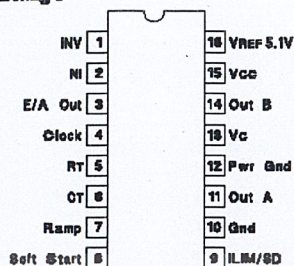
Supply Voltage (Pins 13, 15)	30V
Output Current, Source or Sink (Pins 11, 14)	
DC	0.5A
Pulse (0.5 μ s)	2.0A
Analog Inputs	
(Pins 1, 2, 7)	-0.3V to 7V
(Pin 8, 9)	-0.3V to 6V
Clock Output Current (Pin 4)	-5mA
Error Amplifier Output Current (Pin 3)	5mA
Soft Start Sink Current (Pin 8)	20mA
Oscillator Charging Current (Pin 5)	-5mA
Power Dissipation	1W
Storage Temperature Range	-85°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

Note 1: All voltages are with respect to GND (Pin 10); all currents are positive into, negative out of part; pin numbers refer to DIL-16 package.

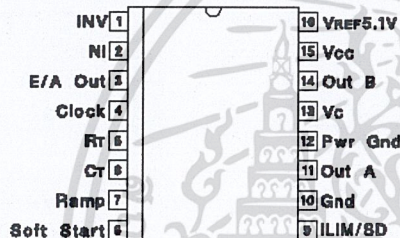
Note 3: Consult Uniltron Integrated Circuit Databook for thermal limitations and considerations of package.

CONNECTION DIAGRAMS

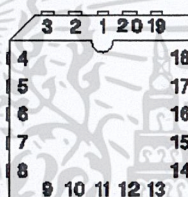
DIL-16 (Top View)
J, N or W Package



SOIC-16 (Top View)
DW Package



PLCC-20 & LCC-20
(Top View)
Q & L Packages



PACKAGE PIN FUNCTION

FUNCTION	PIN
N/C	1
INV	2
NI	3
E/A Out	4
Clock	5
N/C	6
RT	7
CT	8
Ramp	9
Soft Start	10
N/C	11
ILIM/SD	12
Gnd	13
Out A	14
Pwr Gnd	15
N/C	16
Vc	17
Out B	18
Vcc	19
VREF 5.1V	20

ELECTRICAL CHARACTERISTICS: Unless otherwise stated, these specifications apply for, $R_T = 3.85k$, $C_T = 1nF$, $V_{cc} = 15V$, $-55^\circ C < T_A < 125^\circ C$ for the UC1825, $-40^\circ C < T_A < 85^\circ C$ for the UC2825, and $0^\circ C < T_A < 70^\circ C$ for the UC3825, $T_A = T_J$.

PARAMETERS	TEST CONDITIONS	UC1825 UC2825			UC3825			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Reference Section								
Output Voltage	T _J = 25°C, I _o = 1mA	5.05	5.10	5.15	5.00	5.10	5.20	V
Line Regulation	10V < V _{cc} < 30V		2	20		2	20	mV
Load Regulation	1mA < I _o < 10mA		5	20		5	20	mV
Temperature Stability*	T _{MIN} < T _A < T _{MAX}		0.2	0.4		0.2	0.4	mV/°C
Total Output Variation*	Line, Load, Temperature	5.00		5.20	4.95		5.25	V
Output Noise Voltage*	10Hz < f < 10kHz		50			50		μV
Long Term Stability*	T _J = 125°C, 1000hrs.		5	25		5	25	mV
Short Circuit Current	V _{REF} = 0V	-15	-50	-100	-15	-50	-100	mA
Oscillator Section								
Initial Accuracy*	T _J = 2°C	360	400	440	360	400	440	kHz
Voltage Stability*	10V < V _{cc} < 30V		0.2	2		0.2	2	%
Temperature Stability*	T _{MIN} < T _A < T _{MAX}		5			5		%
Total Variation*	Line, Temperature	340		460	340		460	kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UC1825
UC2825
UC3825

ELECTRICAL CHARACTERISTICS: Unless otherwise stated, these specifications apply for, $R_T = 3.85k$, $C_T = 1nF$, $V_{CC} = 15V$, $-55^{\circ}C < T_A < 125^{\circ}C$ for the UC1825, $-40^{\circ}C < T_A < 85^{\circ}C$ for the UC2825, and $0^{\circ}C < T_A < 70^{\circ}C$ for the UC3825, $T_A = T_J$.

PARAMETERS	TEST CONDITIONS	UC1825 UC2825			UC3825			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Oscillator Section (cont.)								
Clock Out High		3.9	4.5		3.9	4.5		V
Clock Out Low			2.3	2.9		2.3	2.9	V
Ramp Peak*		2.6	2.8	3.0	2.6	2.8	3.0	V
Ramp Valley*		0.7	1.0	1.25	0.7	1.0	1.25	V
Ramp Valley to Peak*		1.6	1.8	2.0	1.6	1.8	2.0	V
Error Amplifier Section								
Input Offset Voltage				10			15	mV
Input Bias Current			0.6	3		0.6	3	μA
Input Offset Current			0.1	1		0.1	1	μA
Open Loop Gain	1V < Vo < 4V	60	95		60	95		dB
CMRR	1.5V < Vcm < 5.5V	75	95		75	95		dB
PSRR	10V < Vcc < 30V	85	110		85	110		dB
Output Sink Current	Vpin3 = 1V	1	2.5		1	2.5		mA
Output Source Current	Vpin3 = 4V	-0.5	-1.3		-0.5	-1.3		mA
Output High Voltage	Ipin3 = -0.5mA	4.0	4.7	5.0	4.0	4.7	5.0	V
Output Low Voltage	Ipin3 = 1mA	0	0.5	1.0	0	0.5	1.0	V
Unity Gain Bandwidth*		3	5.5		3	5.5		MHz
Slew Rate*		6	12		6	12		V/μs
PWM Comparator Section								
Pin 7 Bias Current	Vpin7 = 0V		-1	-5		-1	-5	μA
Duty Cycle Range		0		80	0		85	%
Pin 3 Zero DC Threshold	Vpin7 = 0V	1.1	1.25		1.1	1.25		V
Delay to Output*			50	80		50	80	ns
Soft-Start Section								
Charge Current	Vpin8 = 0.5V	3	9	20	3	9	20	μA
Discharge Current	Vpin8 = 1V	1			1			mA
Current Limit / Shutdown Section								
Pin 9 Bias Current	0 < Vpin8 < 4V			15			10	μA
Current Limit Threshold		0.9	1.0	1.1	0.9	1.0	1.1	V
Shutdown Threshold		1.25	1.40	1.55	1.25	1.40	1.55	V
Delay to Output			50	80		50	80	ns
Output Section								
Output Low Level	Iout = 20mA		0.25	0.40		0.25	0.40	V
	Iout = 200mA		1.2	2.2		1.2	2.2	V
Output High Level	Iout = -20mA	13.0	13.5		13.0	13.5		V
	Iout = -200mA	12.0	13.0		12.0	13.0		V
Collector Leakage	Vc = 30V		100	500		10	500	μA
Rise/Fall Time*	CL = 1nF		30	60		30	60	ns
Under-Voltage Lockout Section								
Start Threshold		8.8	9.2	9.6	8.8	9.2	9.6	V
UVLO Hysteresis		0.4	0.8	1.2	0.4	0.8	1.2	V
Supply Current Section								
Start Up Current	Vcc = 8V		1.1	2.5		1.1	2.5	mA
ICC	Vpin1, Vpin7, Vpin8 = 0V; Vpin2 = 1V		22	33		22	33	mA

* This parameter not 100% tested in production but guaranteed by design.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

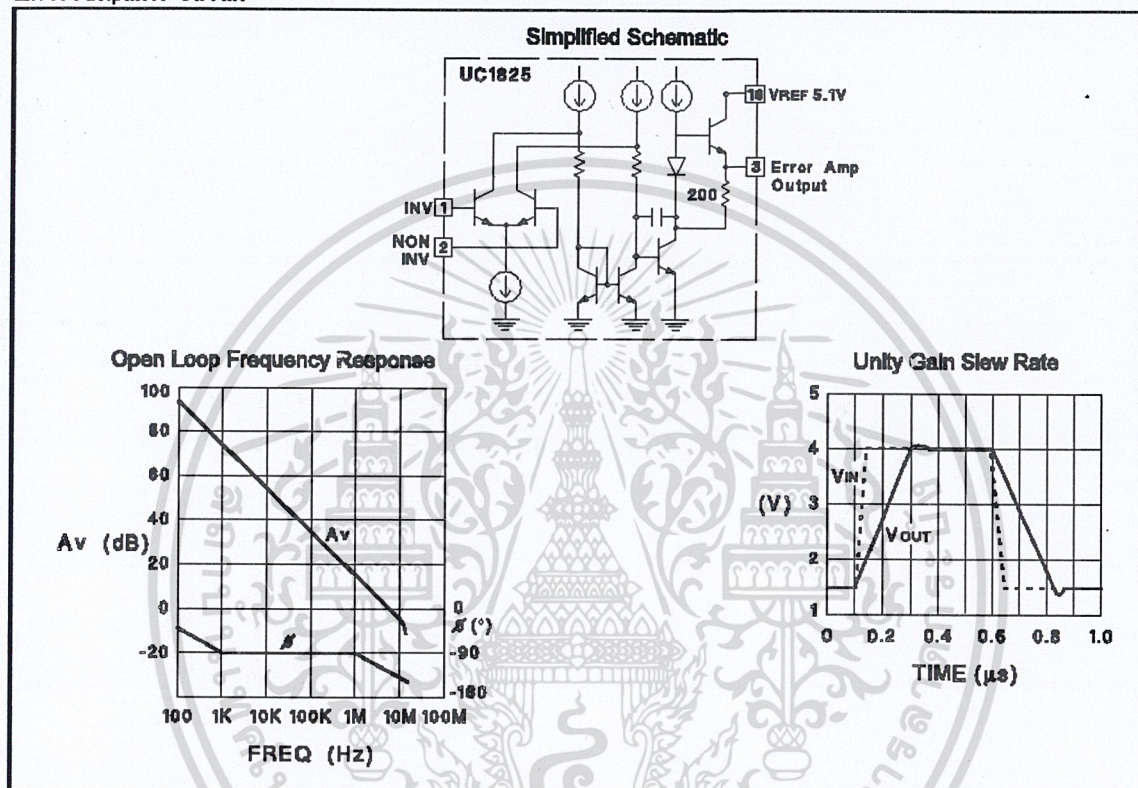
UC1825
UC2825
UC3825

Printed Circuit Board Layout Considerations

High speed circuits demand careful attention to layout and component placement. To assure proper performance of the UC1825 follow these rules: 1) Use a ground plane. 2) Damp or clamp parasitic inductive kick energy from the gate of driven MOSFETs. Do not allow the output pins to ring below ground. A series gate resistor or a shunt 1 Amp Schottky diode at the output pin will serve

this purpose. 3) Bypass V_{CC} , V_C , and V_{REF} . Use $0.1\mu F$ monolithic ceramic capacitors with low equivalent series inductance. Allow less than 1 cm of total lead length for each capacitor between the bypassed pin and the ground plane. 4) Treat the timing capacitor, C_T , like a bypass capacitor.

Error Amplifier Circuit



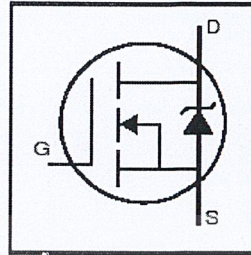
PWM Applications



IRF3710PbF

HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated
- Lead-Free

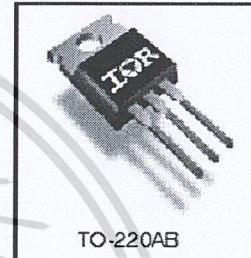


$V_{DS} = 100V$
$R_{DS(on)} = 23m\Omega$
$I_D = 57A$

Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	57	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	40	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	230	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	200	W
	Linear Derating Factor	1.3	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
I_{AR}	Avalanche Current ②	28	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy ②	20	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	5.8	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to +175	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf•in (1.1N•m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	0.75	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	62	

www.irf.com

1

1/29/04

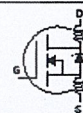
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRF3710PbF

International
IOR Rectifier

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

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
V_{BRDSS}	Drain-to-Source Breakdown Voltage	100	—	—	V	$V_{GS} = 0\text{V}$, $I_D = 250\mu\text{A}$
$\Delta V_{BRDSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.13	—	V/ $^\circ\text{C}$	Reference to 25°C , $I_D = 1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	23	m Ω	$V_{GS} = 10\text{V}$, $I_D = 28\text{A}$ ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS} = V_{GS}$, $I_D = 250\mu\text{A}$
g_{fs}	Forward Transconductance	32	—	—	S	$V_{DS} = 25\text{V}$, $I_D = 28\text{A}$ ④
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	$V_{DS} = 100\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$
		—	—	250		$V_{DS} = 80\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, $T_J = 150^\circ\text{C}$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS} = 20\text{V}$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		$V_{GS} = -20\text{V}$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	130	nC	$I_D = 28\text{A}$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	26		$V_{DS} = 80\text{V}$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	43		$V_{GS} = 10\text{V}$, See Fig. 6 and 13
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	12	—	ns	$V_{DD} = 50\text{V}$
t_r	Rise Time	—	58	—		$I_D = 28\text{A}$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	45	—		$R_G = 2.5\Omega$
t_f	Fall Time	—	47	—		$V_{GS} = 10\text{V}$, See Fig. 10 ④
L_D	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	7.5	—		
C_{iss}	Input Capacitance	—	3130	—	pF	$V_{DS} = 0\text{V}$
C_{oss}	Output Capacitance	—	410	—		$V_{DS} = 25\text{V}$
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	—	72	—		$f = 1.0\text{MHz}$, See Fig. 5
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy ②	—	1060 ③	280 ③	mJ	$I_{AS} = 28\text{A}$, $L = 0.70\text{mH}$



Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	57	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	230		
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.2	V	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_S = 28\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$ ④
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	140	220	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_F = 28\text{A}$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	670	1010	nC	$di/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$ ④
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S + L_D$)				

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See fig. 11)
- ② Starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $L = 0.70\text{mH}$
 $R_G = 25\Omega$, $I_{AS} = 28\text{A}$, $V_{GS} = 10\text{V}$ (See Figure 12)
- ③ $I_{SD} \leq 28\text{A}$, $di/dt \leq 380\text{A}/\mu\text{s}$, $V_{DD} \leq V_{BRDSS}$, $T_J \leq 175^\circ\text{C}$
- ④ Pulse width $\leq 400\mu\text{s}$; duty cycle $\leq 2\%$
- ⑤ This is a typical value at device destruction and represents operation outside rated limits.
- ⑥ This is a calculated value limited to $T_J = 175^\circ\text{C}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

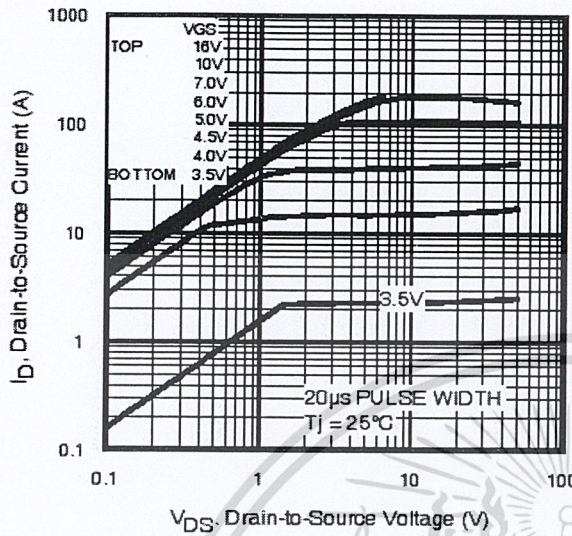


Fig 1. Typical Output Characteristics

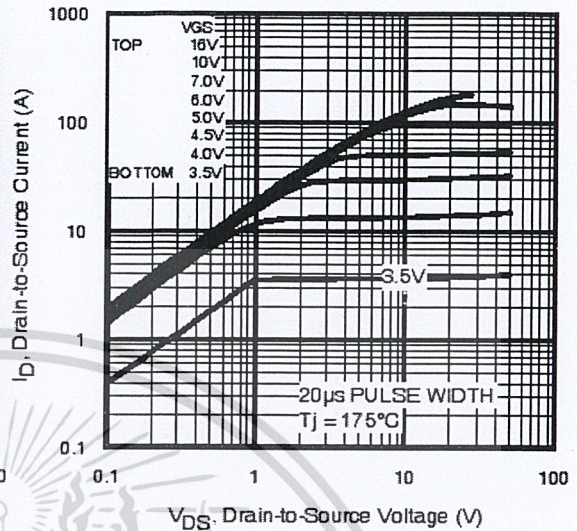


Fig 2. Typical Output Characteristics

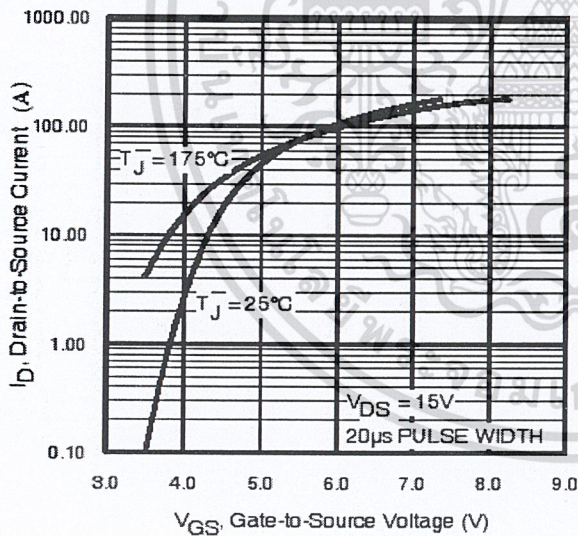
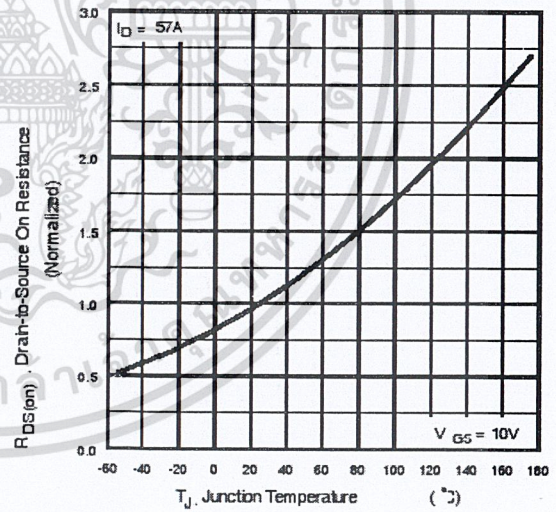


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

Fig 4. Normalized On-Resistance
Vs. Temperature

IRF3710PbF

International
IOR Rectifier

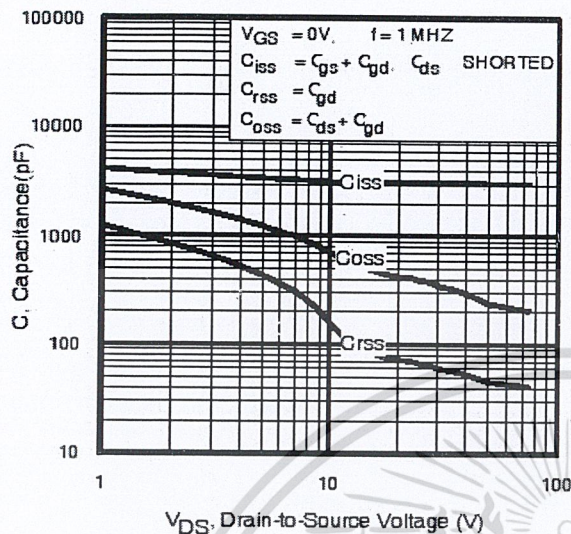


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

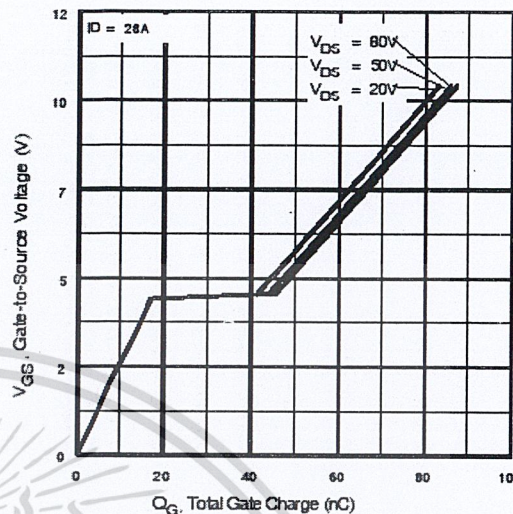


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

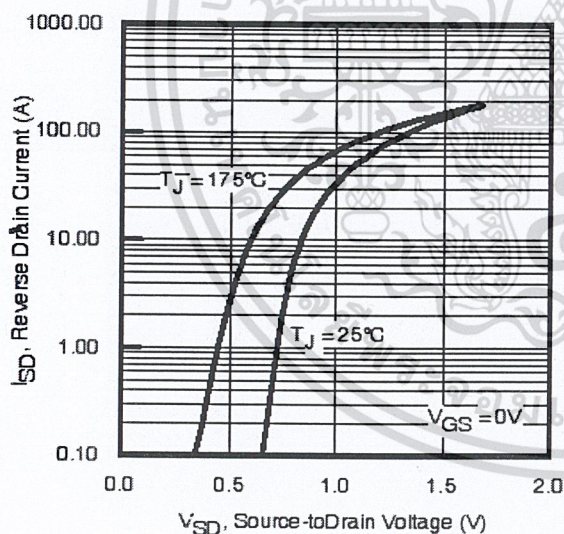


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

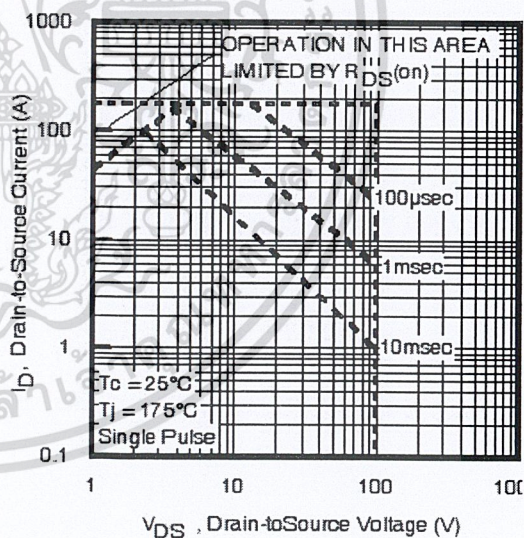


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

Preferred Devices

SWITCHMODE™ Power Rectifiers

... designed for use in switching power supplies, inverters and as free wheeling diodes, these state-of-the-art devices have the following features:

- Ultrafast 35 and 60 Nanosecond Recovery Time
- 175°C Operating Junction Temperature
- Popular TO-220 Package
- High Voltage Capability to 600 Volts
- Low Forward Drop
- Low Leakage Specified @ 150°C Case Temperature
- Current Derating Specified @ Both Case and Ambient Temperatures

Mechanical Characteristics:

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 1.9 grams (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead Temperature for Soldering Purposes: 260°C Max. for 10 Seconds
- Shipped 50 units per plastic tube
- Marking: U1510, U1515, U1520, U1540, U1560

MAXIMUM RATINGS

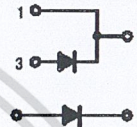
Please See the Table on the Following Page



ON Semiconductor™

<http://onsemi.com>

**ULTRAFAST
RECTIFIERS
15 AMPERES
100-600 VOLTS**



TO-220AC
CASE 221B
PLASTIC

MARKING DIAGRAM



U15xx = Device Code
xx = 10, 15, 20,
40 or 60

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
MUR1510	TO-220	50 Units/Rail
MUR1515	TO-220	50 Units/Rail
MUR1520	TO-220	50 Units/Rail
MUR1540	TO-220	50 Units/Rail
MUR1560	TO-220	50 Units/Rail

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560**MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	MUR					Unit
		1510	1515	1520	1540	1560	
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	100	150	200	400	600	Volts
Average Rectified Forward Current (Rated V_R)	$I_{F(AV)}$	15 @ $T_C = 150^{\circ}\text{C}$				15 @ $T_C = 145^{\circ}\text{C}$	Amps
Peak Rectified Forward Current (Rated V_R , Square Wave, 20 kHz)	I_{FRM}	30 @ $T_C = 150^{\circ}\text{C}$				30 @ $T_C = 145^{\circ}\text{C}$	Amps
Nonrepetitive Peak Surge Current (Surge applied at rated load conditions halfwave, single phase, 60 Hz)	I_{FSM}	200			150		Amps
Operating Junction Temperature and Storage Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +175					$^{\circ}\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

Maximum Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	1.5	$^\circ\text{C/W}$
--	-----------------	-----	--------------------

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Maximum Instantaneous Forward Voltage (Note 1.) ($I_F = 15$ Amps, $T_C = 150^\circ\text{C}$) ($I_F = 15$ Amps, $T_C = 25^\circ\text{C}$)	V_F	0.85 1.05	1.12 1.25	1.20 1.50	Volts
Maximum Instantaneous Reverse Current (Note 1.) (Rated dc Voltage, $T_C = 150^\circ\text{C}$) (Rated dc Voltage, $T_C = 25^\circ\text{C}$)	I_R	500 10	500 10	1000 10	μA
Maximum Reverse Recovery Time ($I_F = 1.0$ Amp, $di/dt = 50$ Amps/ μs)	t_{rr}	35	60		ns

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

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

MUR1510, MUR1515, MUR1520

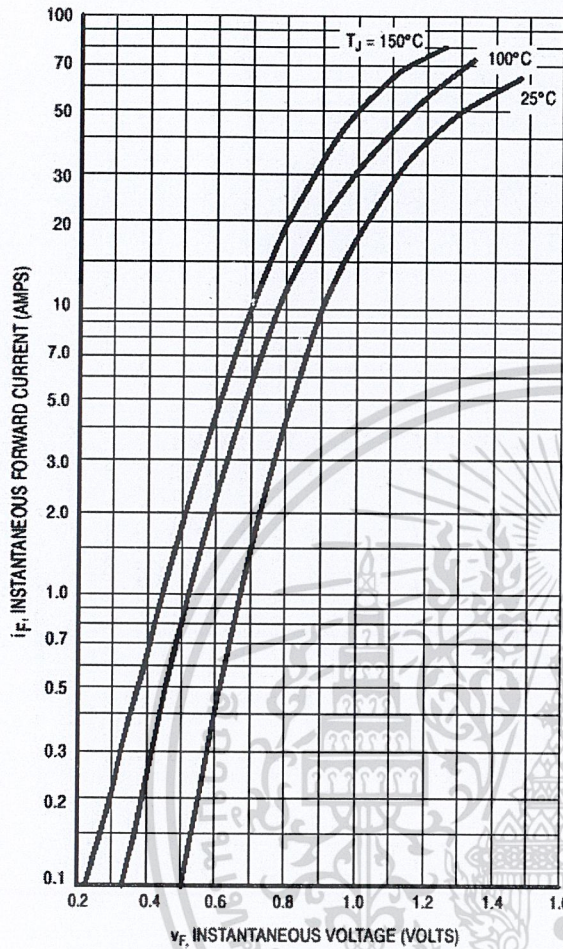


Figure 1. Typical Forward Voltage

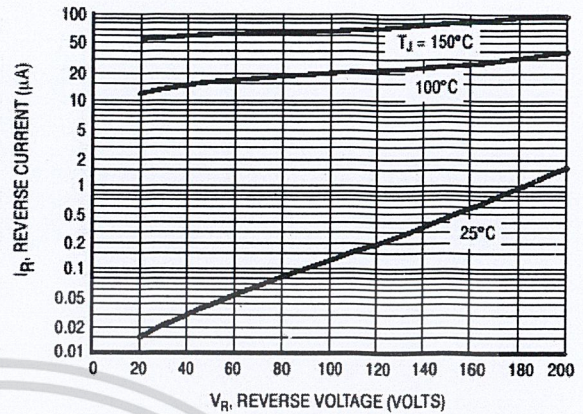


Figure 2. Typical Reverse Current

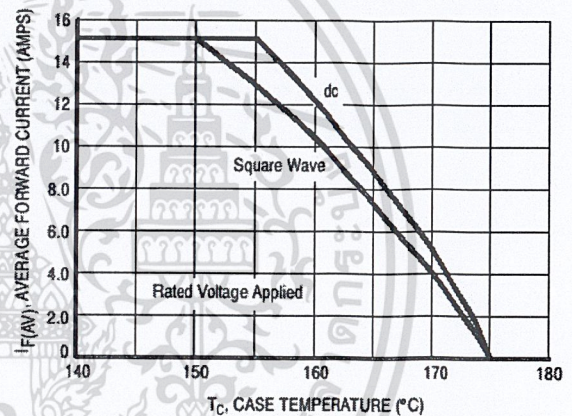


Figure 3. Current Derating, Case

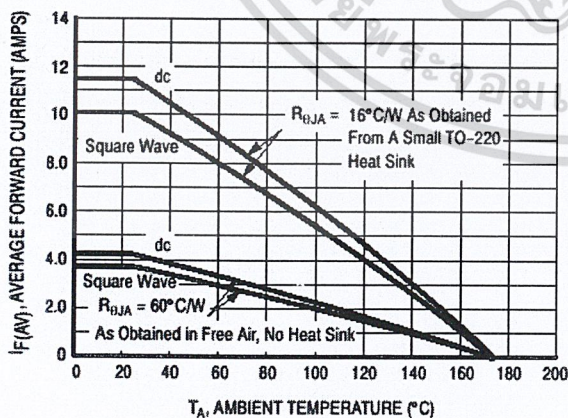


Figure 4. Current Derating, Ambient

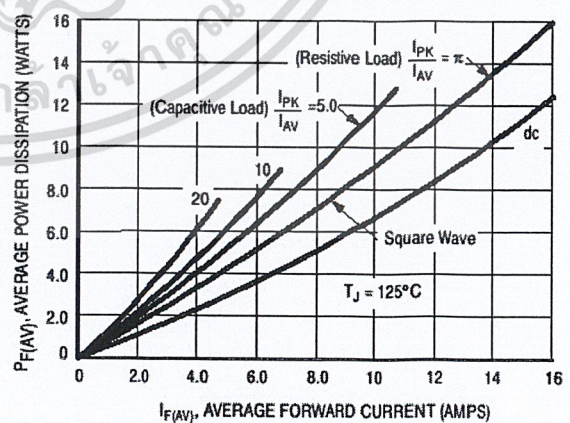


Figure 5. Power Dissipation

MUR1510, MUR1515, MUR1520, MUR1540, MUR1560

MUR1540

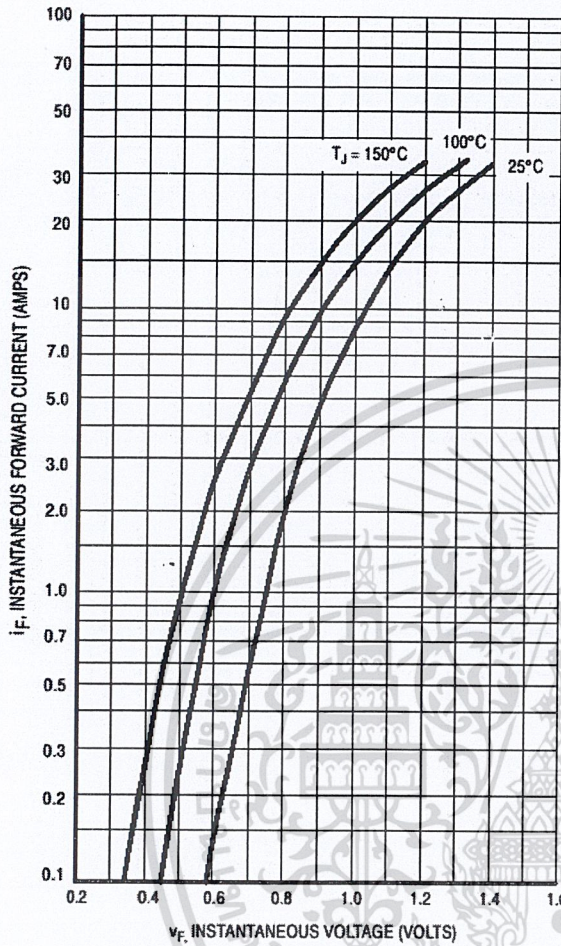


Figure 6. Typical Forward Voltage

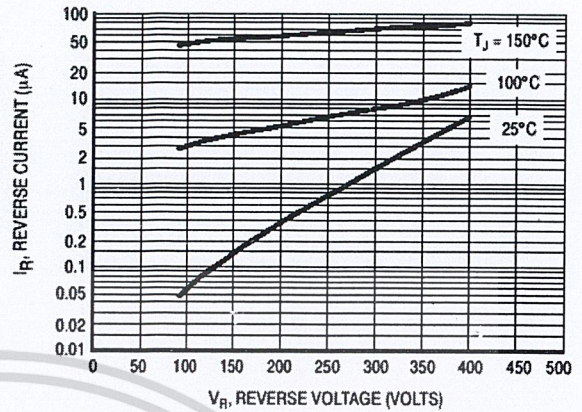


Figure 7. Typical Reverse Current

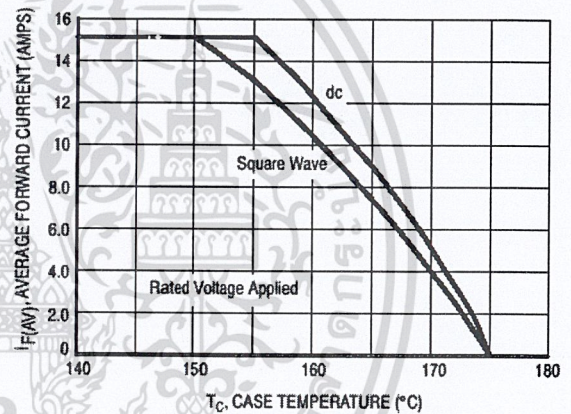


Figure 8. Current Derating, Case

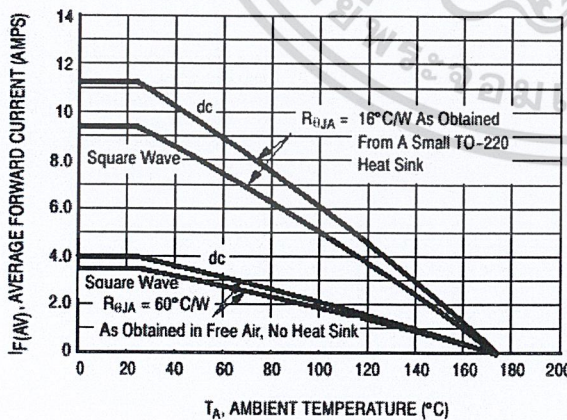


Figure 9. Current Derating, Ambient

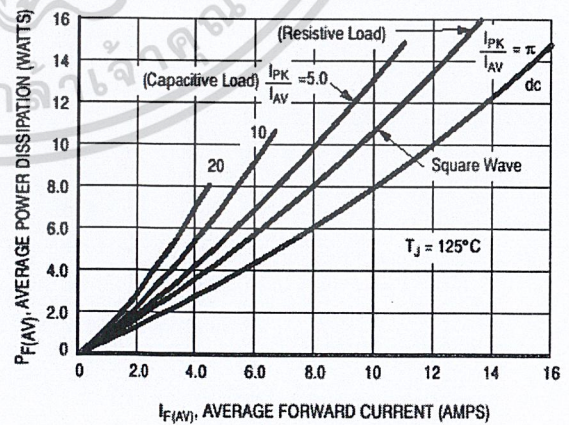


Figure 10. Power Dissipation

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] รศ.ดร.วีระเชษฐ์ ชันเงิน, วุฒิพล ธาราธิรเศรษฐ์. “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง.” พิมพ์ครั้งที่ 8.
กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พรินติ้ง. 2551
- [2] Jorge Alberto Morales-Saladana, Roberto Galarza-Quirino, Jesus Leyva-Ramos. “ Modeling
and Control Of a Cascaded Boost Converter with a Single Switch.” IEEE. On. 2006.
- [3] Dragan Maksimovic, “Switching Converters with Wide DC Conversion Range.” IEEE. On
1991



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้