

การวิเคราะห์และออกแบบวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดรีเซ็ต
ANALYSIS AND DESIGN OF FORWARD CONVERTER
WITH A RESET WINDING



กฤตภาส จิระเจริญวงศ์ษา
ปานแก้ว ธัญภัทรกุล
สิทธิพงษ์ จันทร์ประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

การวิเคราะห์และออกแบบวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดรีเซ็ต

ANALYSIS AND DESIGN OF FORWARD CONVERTER
WITH A RESET WINDING



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2556

ANALYSIS AND DESIGN OF FORWARD CONVERTER
WITH A RESET WINDING



KRITAPHAT

JIRAJAROENWONGSA

PARNKAEW

THANYAPHATTARAKUL

SITTHIPONG

CHANPRASERT

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงที่ **ACADEMIC YEAR 2013** ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การวิเคราะห์และออกแบบวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดรีเซ็ท

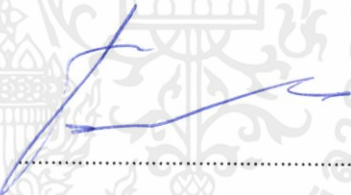
ANALYSIS AND DESIGN OF FORWARD CONVERTER WITH A RESET WINDING

ผู้จัดทำ

นายกฤตภาส จิระเจริญวงศ์ษา รหัส 53010040

นางสาวปานแก้ว ธัญภัทรกุล รหัส 53010979

นายสิทธิพงษ์ จันทรประเสริฐ รหัส 53011682


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ บุญลักษณะนาม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์และออกแบบวงจรฟอ์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดรีเซ็ท

โดย

นายกฤตภาส จิระเจริญวงศ์ษา 53010040

นางสาวปานแก้ว ฉัญภัทรกุล 53010979

นายสิทธิพงษ์ จันทร์ประเสริฐ 53011682

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ บุญลักษณ์านุสรณ์

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการวิเคราะห์และออกแบบวงจรแปลงผันแรงดันแบบฟอ์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดรีเซ็ทที่ใช้สวิตช์ 1 ตัว โดยกล่าวถึงหลักการทำงานของวงจร การวิเคราะห์วงจร การออกแบบวงจร รวมถึงการพัฒนาวงจรต้นแบบ ในส่วนของการทดลองจะแสดงผลการวัดประสิทธิภาพ และการรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตของวงจรต้นแบบไว้ให้คงที่ และมีขนาดตามที่เราต้องการเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ได้อีกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANALYSIS AND DESIGN OF FORWARD CONVERTER WITH A RESET WINDING

By

Mr. Kritaphat Jirajaroenwongsa 53010040

Mrs. Parnkaew Thanyaphattarakul 53010979

Mr. Sitthipong Chanprasert 53011682

Advisor

Assoc.Prof. Dr. Chanin Bunlaksananusorn

Academic Year 2013

ABSTRACT

This thesis present design of one switch forward converter with a winding reset. Converter's principle of operation, circuit analysis, circuit design and prototype development are described. Test result on efficiency and output voltage regulation of the prototype converter are reported and maintain its size for applying in other case.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความเมตตาอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ บุญลักษณะนาสุสรณ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์สำหรับคำแนะนำและความกรุณาที่ผู้วิจัยได้รับตลอดมา ขอบพระคุณรุ่นพี่ปริญญาโทในห้องวิจัยที่กรุณาให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำและคำวิจารณ์ ถามไถ่ความคืบหน้าอยู่เสมอ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนสำหรับความช่วยเหลือต่างๆ และให้กำลังใจและคำปรึกษาต่อผู้วิจัยตลอดมา สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวของผู้วิจัยสำหรับการสนับสนุน และการส่งเสริมในทุกด้านจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี คุณค่าและประโยชน์อันถึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ขอมอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	1
1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนของการศึกษา	2
บทที่ 2 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายแบบฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์	3
2.1 ทฤษฎีและหลักการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	3
2.2 คอนเวอร์เตอร์	4
2.3 คอนเวอร์เตอร์แบบฟอร์เวิร์ด	5
2.4 บัคคอนเวอร์เตอร์	12
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างวงจรแปลงผันแรงดันฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบชดลวดรีเซ็ท	17
3.1 กำหนดสเปคต่างๆ ตามที่ต้องการ	17
3.2 ออกแบบวงจร	18
3.2.1 การกำหนดอัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลง	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2 คำนวณค่าตัวที่ไซเคิลต่ำสุดและสูงสุดของสวิทช์	18
3.2.3 คำนวณค่าตัวเหนี่ยวนำ	18
3.2.4 คำนวณค่าตัวเก็บประจุ	19
3.2.5 คำนวณค่า ERS	19
3.2.6 รายละเอียดของวงจร	20
บทที่ 4 ผลการทดลอง	21
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	25
5.1 บทสรุปการดำเนินงาน	25
5.2 ปัญหาที่พบในการดำเนินงาน	25
5.3 แนวทางในการพัฒนาโครงการ	25
เอกสารอ้างอิง	26
ภาคผนวก	27
ภาคผนวก ก. Buffer CD4050	28
ภาคผนวก ข. Power MOSFET U3825N	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	3
2.2 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์	5
2.3 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ขณะปิดสวิตซ์	6
2.4 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ขณะเปิดสวิตซ์	7
2.5 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ขณะนำกระแส	9
2.6 กราฟแสดงกระแสและแรงดันขณะวงจรมำกระแส	9
2.7 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ขณะหยุดนำกระแส	10
2.8 กราฟแสดงกระแสและแรงดันขณะหยุดนำกระแส	11
2.9 วงจรพื้นฐานของ buck คอนเวอร์เตอร์	12
2.10 วงจร buck คอนเวอร์เตอร์ขณะนำกระแส	13
2.11 วงจร buck คอนเวอร์เตอร์ขณะไม่นำกระแส	14
2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{min} และ I_{max}	15
2.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_c กับเวลา	15
3.1 วงจรต้นแบบของวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดรีเซ็ท	20
4.1 คลื่นกระแสอินพุตที่ $V_{in, AC} = 220V$, $I_o = 10A$ และ $I_o = 1A$	22
4.2 คลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ L ที่ $V_{in, AC} = 220V$ และ $I_o = 10A$	22
4.3 คลื่นแรงดันคร่อมสวิตซ์และไดโอดที่ $V_{in, AC} = 220V$ และ $I_o = 10A$	23
4.4 คลื่นแรงดันคร่อมสวิตซ์และไดโอดที่ $V_{in, AC} = 220V$ และ $I_o = 1A$	23
4.5 ผลตอบสนองแรงดันเอาต์พุตที่ $V_{in, AC} = 220V$	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบให้แก่นักเรียนใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดรีเซ็ท	21
4.2 ผลการวัดประสิทธิภาพของวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดรีเซ็ทที่ $V_{in, AC} = 220V$	24



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไฟสลับโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ เพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอน แรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกัน แต่สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วย ในปัจจุบันสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตเราอย่างมาก เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กซึ่งต้องการแหล่งจ่ายไฟที่มีกำลังสูงแต่มีขนาดเล็ก เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องโทรสาร และโทรศัพท์ จำเป็นจะต้องใช้สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย แนวโน้มการนำสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายมาใช้ในเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภทจึงเป็นไปได้สูง การศึกษาหลักการการทำงานและการออกแบบสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานอิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภท ปรียนุณิพนธ์ฉบับนี้เลือกศึกษาสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายแบบฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปรียนุณิพนธ์

1. ศึกษาการทำงานวงจรแปลงผันแรงดันแบบพื้นฐาน และวงจรแปลงผันแรงดันแบบฟอร์เวิร์ด ออกแบบสร้างวงจรแปลงผันแรงดันแบบฟอร์เวิร์ดที่ใช้สวิตซ์ 1 ตัว
2. ศึกษาการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายในแต่ละส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ศึกษาการทำงานและออกแบบสร้างแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตซ์ที่ใช้วงจรแปลงผันแรงดันแบบฟอร์เวิร์ดเป็นวงจรหลักในการทำงาน ทดสอบความสามารถของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่สร้างขึ้น เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวงจรการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา

1. การศึกษาหลักการทำงานพื้นฐานของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์และวงจรแปลงผันแรงดันแบบฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์
2. สามารถพัฒนาต่อยอดให้เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในชีวิตประจำวันที่มีความสามารถในการทำงานมากขึ้นและมีประโยชน์มากขึ้น

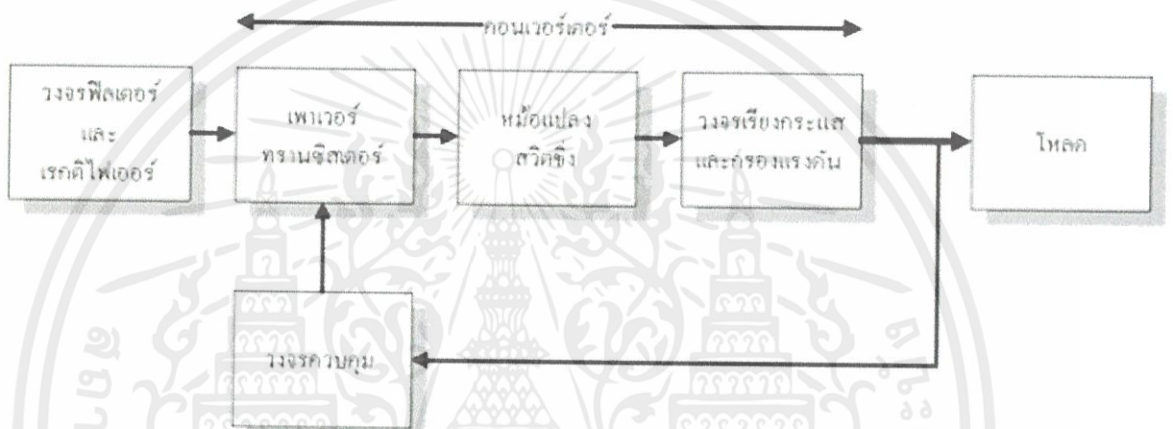


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายแบบฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

2.1 ทฤษฎีและหลักการการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายโดยทั่วไปมีองค์ประกอบพื้นฐานที่คล้ายคลึงกัน และไม่ซับซ้อนมากนัก ดังแสดงในรูปที่ 2.1 หัวใจสำคัญของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะอยู่ที่คอนเวอร์เตอร์ เนื่องจากทำหน้าที่ทั้งลดทอนแรงดันและคงค่าแรงดันเอาต์พุตด้วย องค์ประกอบต่างๆ ทำงานตามลำดับดังนี้



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

แรงดันไฟสลับค่าสูงจะผ่านเข้ามาทางวงจร RFI ฟิลเตอร์เพื่อกรองสัญญาณรบกวน และแปลงเป็นไฟตรงค่าสูงด้วยวงจรเรกติไฟเออร์ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะทำงานเป็นเพาเวอร์คอนเวอร์เตอร์ โดยการตัดต่อแรงดันเป็นช่วงๆ ที่ความถี่ประมาณ 20-200 KHz จากนั้นจะผ่านไปยังหม้อแปลงสวิตชิงเพื่อลดแรงดันลง เอาต์พุตของหม้อแปลงจะต่อกับวงจรเรียงกระแส และกรองแรงดันให้เรียบ การคงค่าแรงดันจะทำได้โดยการป้อนกลับค่าแรงดันที่เอาต์พุตกลับมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสมากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต ซึ่งจะมีผลทำให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คอนเวอร์เตอร์

คอนเวอร์เตอร์นับว่าเป็นส่วนสำคัญที่สุดในสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย มีหน้าที่ลดทอนแรงดันไฟตรงค่าสูงลงมาเป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ และสามารถคงค่าแรงดันได้ คอนเวอร์เตอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวงจรภายใน โดยคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป การจะเลือกใช้คอนเวอร์เตอร์แบบใดสำหรับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายนั้นมีข้อควรพิจารณาจากลักษณะพื้นฐานของคอนเวอร์เตอร์แต่ละแบบดังนี้คือ

1. ลักษณะการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์
2. ค่าแรงดันอินพุตที่จะนำมาใช้กับคอนเวอร์เตอร์
3. ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
4. ค่าแรงดันสูงสุดที่ตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์ขณะทำงาน
5. การรักษาระดับแรงดันในกรณีที่คอนเวอร์เตอร์มีเอาต์พุตหลายค่าแรงดัน
6. การกำเนิดสัญญาณรบกวน RFI/EMI ของคอนเวอร์เตอร์

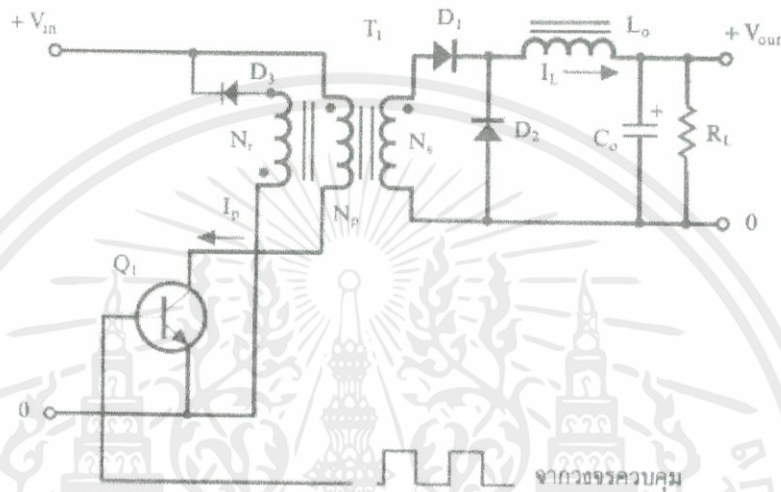
จากข้อพิจารณาดังกล่าว จะทำให้ผู้ออกแบบทราบขีดจำกัดของคอนเวอร์เตอร์และตัดสินใจเลือกใช้คอนเวอร์เตอร์แบบใดได้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาคอนเวอร์เตอร์ในรูปแบบต่างๆ ขึ้นมามากมาย ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะคอนเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้เป็นในอุตสาหกรรมของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย คือ

1. ฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ (Flyback Converter)
2. ฟอว์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ (Forward Converter)
3. พูช-พูลคอนเวอร์เตอร์ (Push-Pull Converter)
4. ฮาล์ฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Half-Bridge Converter)
5. ฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full-Bridge Converter)

คอนเวอร์เตอร์ทั้ง 5 แบบนี้ มีลักษณะการทำงานที่ไม่แตกต่างกันจนเกินไปนัก และค่อนข้างง่ายต่อการทำความเข้าใจและศึกษา คอนเวอร์เตอร์เหล่านี้ยังสามารถแบ่งย่อยได้อีกหลายประเภท โดยการเพิ่มเทคนิคบางประการให้กับคอนเวอร์เตอร์ ในที่นี้จะกล่าวถึงแต่เพียงการทำงานของฟอว์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์เท่านั้น

2.3 พอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

หม้อแปลงในพอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานในช่วงที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแส ต่างจากฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ซึ่งหม้อแปลงจะสะสมพลังงานในช่วงที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแส แล้วจึงถ่ายเทพลังงานออกไปขณะที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส



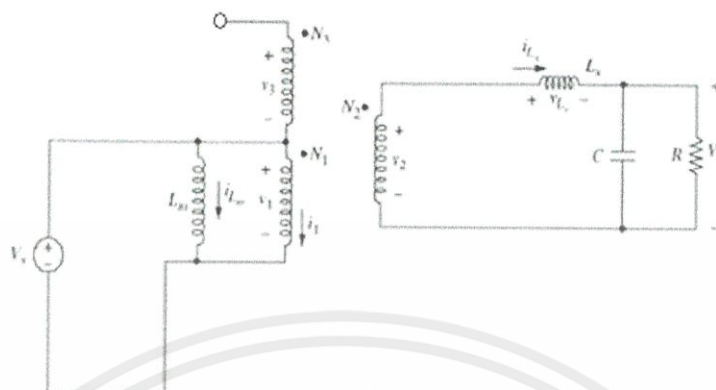
รูปที่ 2.2 วงจรพอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 จะทำงานโดยนำกระแสและหยุดนำกระแสสลับกันไป เมื่อ Q1 นำกระแส จะมีกระแส I_p ไหลผ่านขดไพรมารี N_p และตัวมัน เนื่องจากหม้อแปลง T1 ในพอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์จะกำหนดขดไพรมารีและเซคันดารีให้มีเฟสตรงกัน ดังนั้นไดโอด D1 จึงถูกไบแอสตรง ทำให้มีกระแสไหลที่เซคันดารี N_s ผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_o ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต C_o และโหลดได้ ขณะที่กระแสไหลผ่าน L_o จะมีการสะสมพลังงานไว้ในตัวมันด้วย ส่วนไดโอด D2 จะอยู่ในลักษณะไบแอสกลับ จึงไม่มีการนำกระแสเช่นเดียวกันไดโอด D3 เนื่องจากขดตีเมกเนไตซ์ N_r ถูกพันไว้ในทิศตรงข้ามกับขดไพรมารี N_p ไดโอด D3 จึงอยู่ในลักษณะไบแอสกลับ และไม่มีกระแสไหล

เมื่อ Q1 หยุดนำกระแส ไดโอด D1 จะถูกไบแอสกลับและไม่มีกระแสไหลจากของเซคันดารี N_s แต่ในขณะเดียวกันสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นใน L_o ยุบตัว ทำให้มีการกลับชั่วแรงแรงดันที่ L_o ไดโอด D2 จึงถูกไบแอสตรง พลังงานที่ถูกสะสมไว้ใน L_o จะถูกถ่ายเทออกมาทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด D2 ไปยังตัวเก็บประจุ C_o และโหลดได้ กระแสที่ไหลผ่านโหลดจึงมีลักษณะต่อเนื่อง ทั้งในช่วงที่ Q1 นำกระแสและหยุดนำกระแส ทำให้มีการกระเพื่อมของแรงดันที่เอาต์พุตต่ำกว่าฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 วิเคราะห์วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์เมื่อปิดสวิตช์



รูปที่ 2.3 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ขณะปิดสวิตช์

$D_1 = \text{Forward biases}$

$D_2 = \text{off}$

$D_3 = \text{off}$

จากวงจรจะได้สมการดังนี้

$$V_1 = V_s$$

$$V_2 = V_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right) = V_s \left(\frac{N_2}{N_1} \right)$$

$$V_3 = V_1 \left(\frac{N_3}{N_1} \right) = V_s \left(\frac{N_3}{N_1} \right)$$

$$V_{Lx} = V_2 - V_0 = V_s \left(\frac{N_2}{N_1} \right) - V_0 = L_x \left(\frac{di_{Lx}}{dt} \right)$$

$$\frac{V_s \left(\frac{N_2}{N_1} \right) - V_0}{L_x} = \frac{di_{Lx}}{dt} = \frac{\Delta i_{Lx}}{\Delta t} = \frac{\Delta i_{Lx}}{DT}$$

$$(\Delta i_{Lx})_{\text{closed}} = \left[V_s \left(\frac{N_2}{N_1} \right) - V_0 \right] \frac{DT}{L_x}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องขอ $\Delta i_{Lm} = \frac{V_s DT}{L_m}$ ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i_{sw} = i_1 + i_{Lm}$$

โดย

V_s คือ แรงดันของแหล่งจ่าย

V_1 คือ แรงดันของหม้อแปลงฝั่งไพรมารี

V_2 คือ แรงดันของหม้อแปลงฝั่งเซคันดารี

V_3 คือ แรงดันในขดขดตีเมกเนไตซึ่ง

V_o คือ แรงดันเอาต์พุต

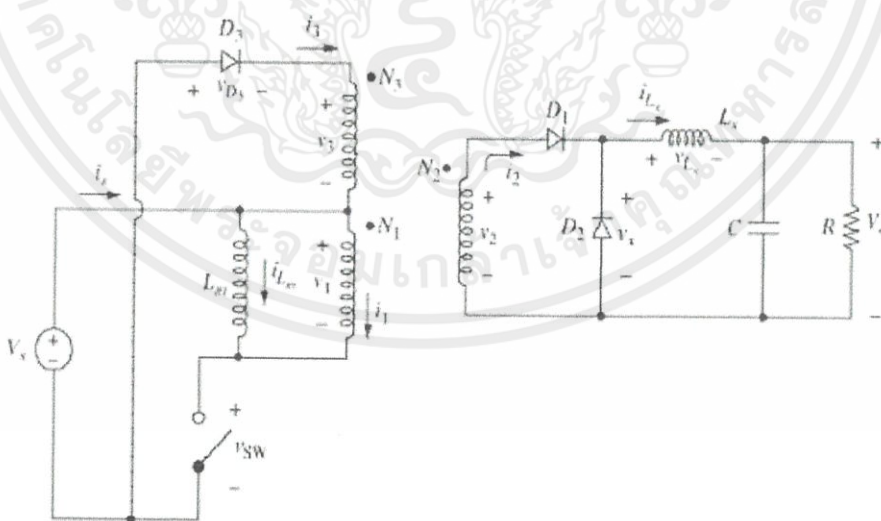
V_{Lx} คือ แรงดันที่ตกคร่อมขดลวด L_x

i_{Lx} คือ กระแสที่ไหลผ่านขดลวด L_x

i_{sw} คือ กระแสที่ไหลผ่านสวิตช์

D คือ ค่าตัวชี้เซลล์

2.3.2 วิเคราะห์วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์เมื่อเปิดสวิตช์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.4 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ขณะเปิดสวิตช์
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$D_1 = \text{off}$

$D_2 = \text{Forward biases}$

$D_3 = \text{Forward biases}$

$$V_3 = -V_s$$

$$V_1 = V_3 \left(\frac{N_1}{N_3} \right) = -V_s \left(\frac{N_1}{N_3} \right)$$

$$V_2 = V_3 \left(\frac{N_2}{N_3} \right) = -V_s \left(\frac{N_2}{N_3} \right)$$

$$V_{Lx} = -V_0 = Lx \frac{di_{Lx}}{dt}$$

$$\frac{-V_0}{Lx} = \frac{di_{Lx}}{dt} = \frac{\Delta i_{Lx}}{\Delta t} = \frac{\Delta i_{Lx}}{(1-D)T}$$

$$(\Delta i_{Lx})_{\text{open}} = \frac{-V_0(1-D)T}{Lx}$$

$$i_1 = -i_{Lm}$$

โดย i_1 คือ กระแสที่ไหลผ่านหม้อแปลงฝั่งไพรมารี

2.3.3 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ในสภาวะคงตัว

$$(\Delta i_{Lx})_{\text{closed}} + (\Delta i_{Lx})_{\text{open}} = 0$$

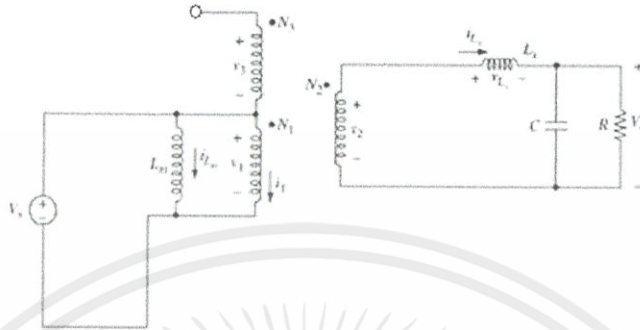
$$\left[V_s \left(\frac{N_2}{N_1} \right) - V_0 \right] \frac{DT}{Lx} - \frac{V_0(1-D)T}{Lx} = 0$$

$$V_0 = V_s D \left(\frac{N_2}{N_1} \right)$$

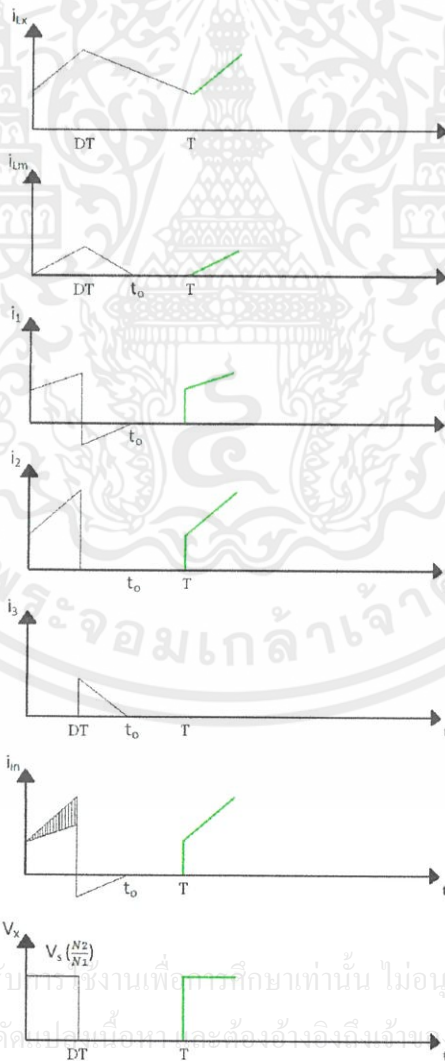
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 สรุปรการทำงานของฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

1. เมื่อสวิตช์ Q1 นำกระแส



รูปที่ 2.5 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ขณะนำกระแส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า... เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 กราฟแสดงกระแสและแรงดันขณะวงจรมำกระแส

$$(\Delta i_{Lx})_{\text{closed}} = [V_s \left(\frac{N_2}{N_1}\right) - V_0] \frac{DT}{Lx}$$

$$\Delta i_{Lm} = \frac{V_s DT}{Lm}$$

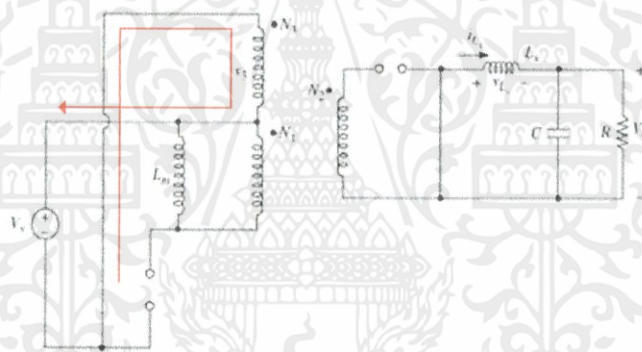
$$V_x = V_s \left(\frac{N_2}{N_1}\right)$$

$$\Delta i_1 = \frac{V_s DT}{L_1}$$

$$i_3 = 0$$

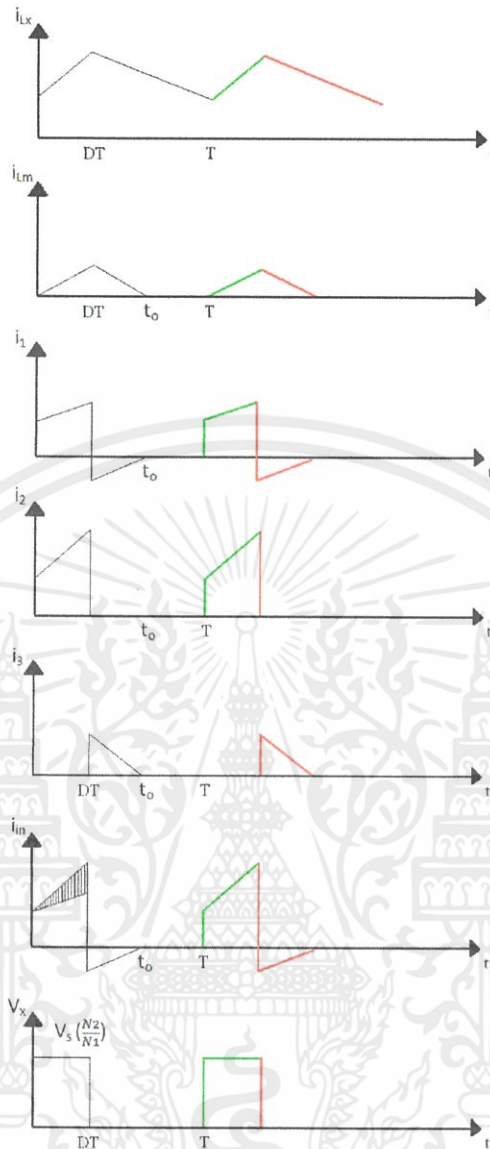
$$i_2 = i_{Lm}$$

2. เมื่อสวิตช์ Q1 หยุดนำกระแส



รูปที่ 2.7 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ขณะหยุดนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 กราฟแสดงกระแสและแรงดันขณะหยุดนำกระแส

$$(\Delta i_{Lx})_{open} = \frac{-V_o(1-D)I}{L_x}$$

$$\Delta i_{Lm} = \frac{V_s D T}{L_m}$$

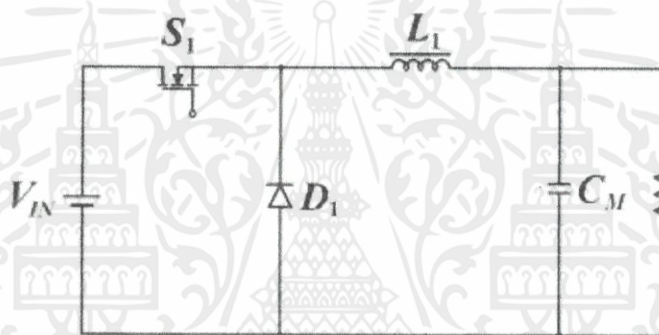
$$V_x = V_s \left(\frac{N_2}{N_1} \right)$$

$$i_1 = -i_{Lm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 $i_2 = 0$
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 บัคคอนเวอร์เตอร์

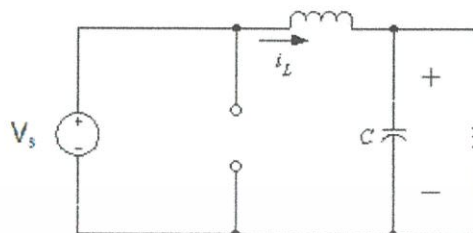
วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์แบบทั่วไป คือ วงจรลดระดับแรงดันไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสตรง โดยทั่วไปประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำเป็นตัวเก็บพลังงาน เพื่อจ่ายในช่วงเวลาที่สวิตช์หยุดนำกระแส ซึ่งกระแสที่ตัวเหนี่ยวนำจะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้นเมื่อสวิตช์นำกระแส ตัวเก็บประจุซึ่งต่ออยู่กับโหลดเป็นตัวลดแรงดันกระแสเฟรมที่ขาออก ไดโอดต่ออยู่กับตัวเหนี่ยวนำ เพื่อกำหนดทิศทางให้กระแสไหลผ่านในขณะที่สวิตช์หยุดนำกระแส ในช่วงนี้กระแสที่ตัวเหนี่ยวนำจะลดลง การต่อโหลดไดโอด และตัวเก็บประจุต่อเข้ากับกราวด์ของระบบดังกล่าว ทำให้ความต่างศักย์ที่ตกคร่อมสวิตช์ ในขณะที่สวิตช์หยุดนำกระแสมีค่าสูงเท่ากับความต่างศักย์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 2.9 วงจรพื้นฐานของบัคคอนเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 วิเคราะห์การทำงานของบักคอนเวอร์เตอร์ขณะสวิตช์นำกระแส



รูปที่ 2.10 วงจรบักคอนเวอร์เตอร์ขณะนำกระแส

จากวงจรจะได้สมการดังนี้

จากกฎ KVL

$$-V_s + V_L + V_o = 0$$

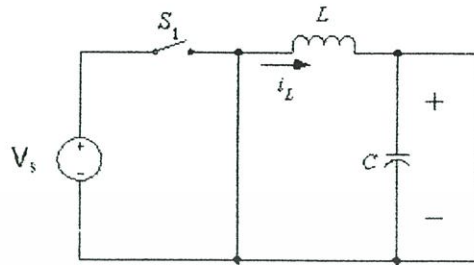
$$V_L = V_s - V_o$$

$$V_L = L \frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L}$$

$$\Delta i_{L \text{ on}} = \left[\frac{V_s - V_o}{L} \right] DT$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 วิเคราะห์การทำงานของบักคอนเวอร์เตอร์ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส



รูปที่ 2.11 วงจรบักคอนเวอร์เตอร์ขณะไม่นำกระแส

จากวงจรจะได้สมการดังนี้

จากกฎ KVL

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

$$\Delta i_{L \text{ off}} = \left[\frac{V_o}{L} \right] (1-D)T$$

อัตราการขยายแรงดัน

$$(\Delta i_{Lx})_{on} + (\Delta i_{Lx})_{off} = 0$$

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

$$\left[V_s - V_o \right] \frac{DT}{L} - \frac{V_o(1-D)T}{L} = 0$$

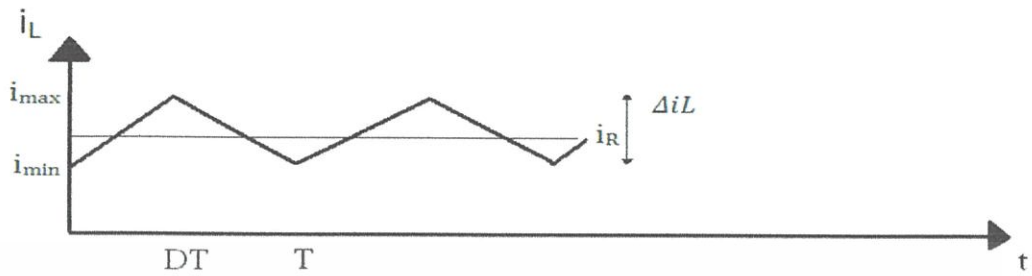
$$(V_s - V_o)D - V_o(1-D) = 0$$

$$V_s D - V_o D - V_o + V_o D = 0$$

$$V_s D - V_o = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ V_s อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

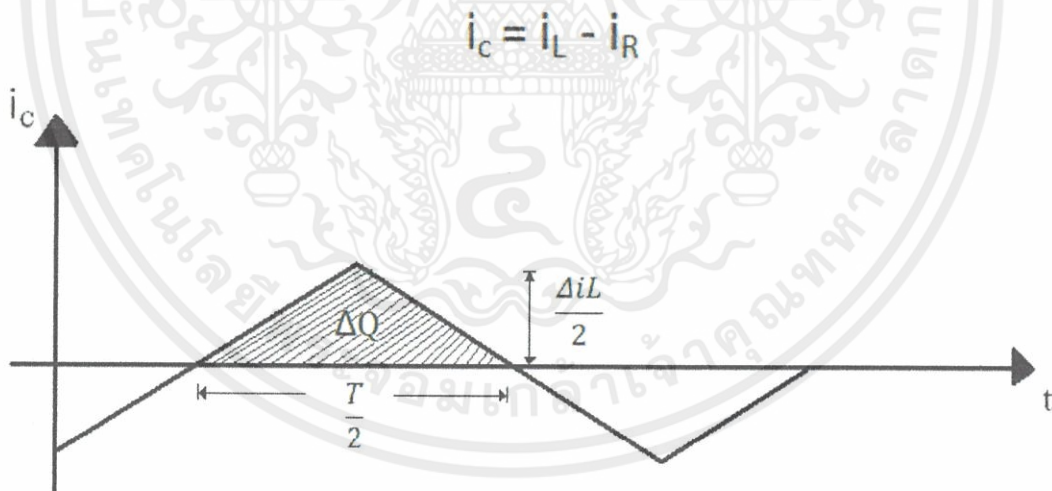
2.4.3 กราฟ i_{\min} และ i_{\max}



รูปที่ 2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง i_{\min} และ i_{\max}

กระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ จะเท่ากับกระแสที่ไหลผ่านโหลด เนื่องจากสถานะอยู่ตัว กระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุจะมีค่าเท่ากับศูนย์

2.4.4 ค่าระลอกของคลื่นแรงดันไฟฟ้าด้านออก



รูปที่ 2.13 กราฟแสดงความระลอก i_c กับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = CV_o$$

$$\Delta Q = c \Delta V_o$$

$$\Delta V_o = \frac{\Delta Q}{c}$$

$$\Delta Q = \frac{1}{2} \left(\frac{T}{2} \right) \left(\frac{\Delta iL}{2} \right) = \frac{T \Delta iL}{8}$$

$$\Delta V_o = \frac{T \Delta iL}{8c}$$

$$\Delta V_o = \left(\frac{T}{8c} \right) \left(\frac{V_o}{L} \right) (1-D)T$$

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{T}{8c} \left(\frac{1}{L} \right) (1-D)T$$

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{T}{8c} \left(\frac{1}{L} \right) (1-D)$$

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{1-D}{8cLf}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างวงจรแปลงผันแรงดันฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบชดลวดรีเซ็ท

วงจรแปลงผันแรงดันแบบฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์นั้น จะรับแรงดันไฟสลับค่าสูงจะผ่านเข้ามาทางวงจร RFI ฟิวเตอร์ เพื่อกรองสัญญาณรบกวนและแปลงเป็นไฟตรงค่าสูงด้วยวงจรเรกติไฟเออร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะทำงานเป็นเพาเวอร์คอนเวอร์เตอร์โดยการตัดต่อแรงดันเป็นช่วงๆ จากนั้นจะผ่านไปยังหม้อแปลงสวิตชิงเพื่อลดแรงดันลง เอาต์พุตของหม้อแปลงจะต่อกับวงจรเรียงกระแสและกรองแรงดันให้เรียบ การคงค่าแรงดันจะทำได้โดยการป้อนกลับค่าแรงดันที่เอาต์พุตกลับมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสมากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต ดังนั้นในการออกแบบจำเป็นต้องกำหนดค่าต่างๆ ที่ต้องการ เช่น แรงดันอินพุตแรงดันเอาต์พุตที่ต้องการ จึงสามารถคำนวณและออกแบบต่อไปได้

3.1 กำหนดสเปคต่างๆ ตามที่ต้องการ

แรงดันดีซีอินพุต $V_{in} = 280V - 340V$

แรงดันเอาต์พุต $V_o = 5V$

ความถี่ในการสวิตซ์ $f = 100kHz$

กระแสเอาต์พุต $I_o = 1A - 10A$

ค่าความต้านทานโหลด $R = 0.5\Omega - 5\Omega$

ริบเปิ้ลแรงดันเอาต์พุต $\Delta V_o < 1\%$ ของ V_o

ริบเปิ้ลกระแสตัวเหนี่ยวนำ $L \quad \Delta i_{L_o} < 10\%$ ของ $i_{o,max}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ออกแบบวงจร

3.2.1 การกำหนดอัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลง

จากกฎของหม้อแปลง จะได้

$$n = \frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{1}{20} \right) = 0.05$$

แกนเฟอร์ไรท์ EE42

$N_1 = 65$ รอบ ทองแดง 1xAWG26 $N_2 = 4$ รอบ ทองแดง 9xAWG23

3.2.2 คำนวณค่าตัวชี้เวิลต่ำสุด D_{\min} และสูงสุด D_{\max} ของสวิตช์

สามารถหาค่าตัวชี้เวิลได้ดังนี้

$$V_o = D \left(\frac{N_2}{N_1} \right) V_m$$

$$D_{\min} = \frac{V_o}{n V_{in, \max}} = \frac{5}{0.05 \times 340} = 0.294$$

$$D_{\max} = \frac{V_o}{n V_{in, \min}} = \frac{5}{0.05 \times 280} = 0.357$$

3.2.3 คำนวณค่าตัวเหนี่ยวนำ

สามารถหาค่า L ได้ดังนี้

$$\frac{V_o (1 - D_{\min}) T}{L} < \Delta i_L$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$> 5 \times (1 - 0.294) \times 10 \times 10^{-6}$$

$$> 35.5 \mu H$$

เลือกตัวเหนี่ยวนำ $L = 70 \mu\text{H}$ ตัวเหนี่ยวนำสร้างโดยใช้แกนเฟอร์ไรท์ ETD44

พันด้วยแผ่นทองแดง จำนวน 13 รอบ

3.2.4 คำนวณค่าตัวเก็บประจุ

สามารถหาค่า C ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} C &> \left(\frac{V_o}{\Delta v_o} \right) \frac{(1 - D_{\min})}{8f^2L} \\ &> \frac{1}{0.01} \times \frac{(1 - 0.294)}{8 \times (100 \times 10^3)^2 \times 70 \times 10^{-6}} \\ &> 12.607 \mu\text{F} \end{aligned}$$

3.2.5 คำนวณค่า ESR

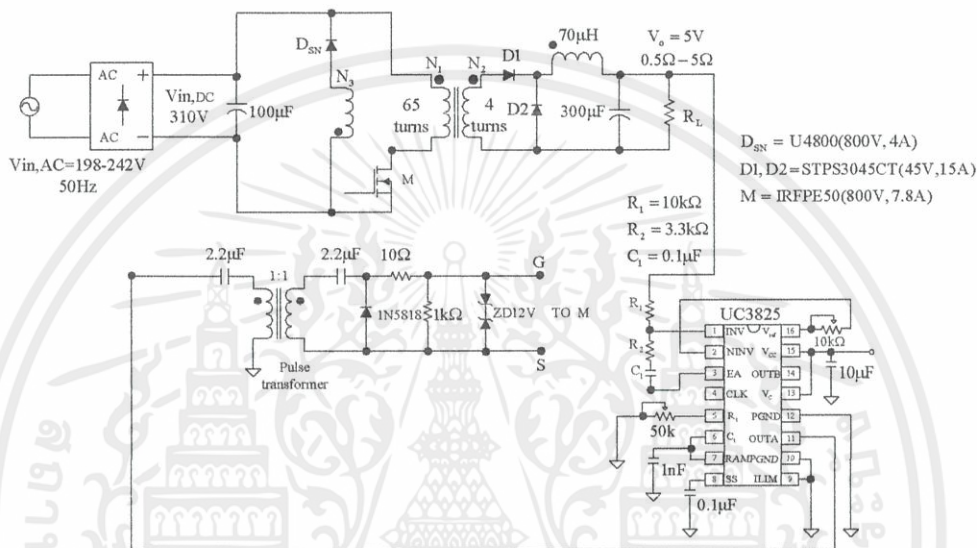
$$\begin{aligned} ESR &< \frac{\Delta v_o}{\Delta i_L} \\ &< \frac{0.05}{1} \\ &< 0.05 \Omega \end{aligned}$$

เพื่อไม่ให้รับเปลือของแรงดันเอาต์พุตเกินค่าที่กำหนด ความจุไฟฟ้าจะต้องมีค่ามากกว่าที่คำนวณได้ จึงเลือกตัวเก็บประจุ $C = 300 \mu\text{F}$ โดยการนำตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่มีค่าความจุไฟฟ้า $100 \mu\text{F}$ และมีค่า ESR เท่ากับ 0.049Ω จำนวน 3 ตัวมาต่อขนานกันจะได้ค่า ESR รวมเท่ากับ 0.016Ω

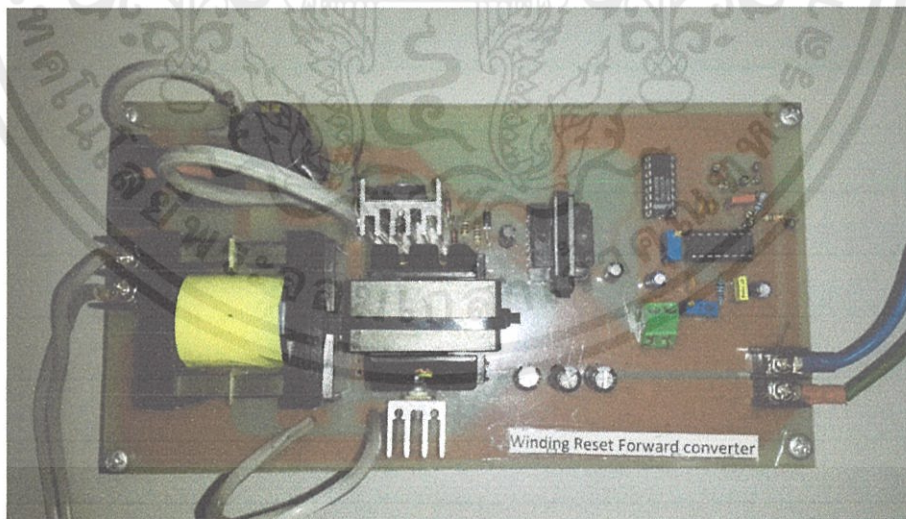
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 รายระเอียดวงจร

วงจรต้นแบบฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบวงจรถอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดรีเซ็ท
 วงจรถูกออกแบบให้รับแรงดันอินพุตกระแสสลับ ($V_{in, AC}$) $220V \pm 10\%$ 50Hz แรงดันเอาต์พุตถูก
 ควบคุมให้มีค่าคงที่ 5V โดยใช้ IC UC3825 และ Buffer CD4050



(ก)



(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ **รูปที่ 3.1** วงจรต้นแบบของวงจรถอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดรีเซ็ท (ก) Schematic การค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งที่ (ข) ภาพถ่ายลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตช์ให้ทำงานได้ตรงตามคุณสมบัติทางไฟฟ้า (Electrical Specification) ยังไม่เพียงพอสำหรับการใช้งานและความต้องการ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังแบบสวิตช์ที่ดี ต้องมีความสามารถในการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตได้ดี ความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันเอาต์พุต และประสิทธิภาพในการทำงานของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบสวิตช์ การทดลองนั้นจะมุ่งเน้นไปที่ความสามารถตามที่เสนอไป

4.1 ความสามารถในการรักษาระดับแรงดันเอาต์พุต

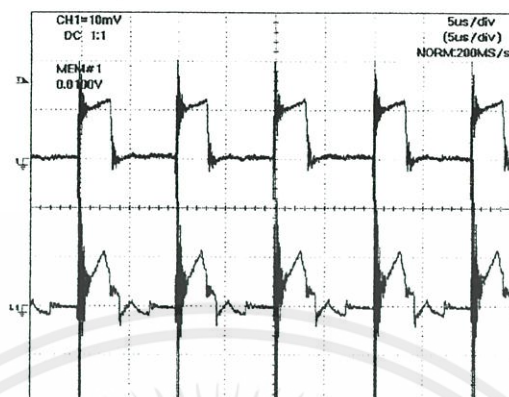
ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบชดลวตรีเซ็ท

I_o	2A	4A	6A	8A	10A
$V_{in} = 280V_{dc}$	5.008	5.001	4.993	4.984	4.977
$V_{in} = 311V_{dc}$	5.008	5.001	4.993	4.985	4.978
$V_{in} = 342V_{dc}$	5.008	5.001	4.992	4.985	4.978

ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบชดลวตรีเซ็ทที่แรงดันอินพุตและกระแสโหลดค่าต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบชดลวตรีเซ็ทมีการรักษาแรงดันเอาต์พุตที่พอสมควร โดยเมื่อกระแสโหลดเพิ่มขึ้นจากค่าต่ำสุด ($I_o = 2A$) ถึงค่าสูงสุด ($I_o = 10A$) แรงดันเอาต์พุตของวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบชดลวตรีเซ็ทตกลง 0.03V (5.008V- 4.978V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ประเมินกระแสอินพุต

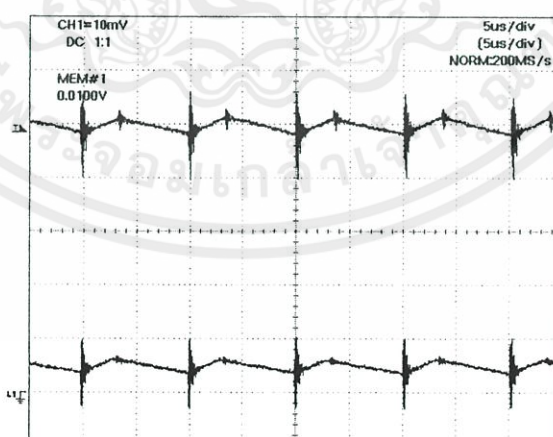


รูปที่ 4.1 คลื่นกระแสอินพุตที่ $V_{in, AC} = 220V$, $I_o = 10A$ (บน x : $5\mu s/div$ y : $0.5A/div$)

และ $I_o = 1A$ (ล่าง x : $5\mu s/div$ y : $0.1A/div$)

ผลการวัดรูปคลื่นกระแสอินพุต i_{in} ในกรณีของวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดรีเซ็ท กระแส i_{in} จะเป็นลบหลังจากสวิตช์หยุดนำกระแส ซึ่งเกิดจากกระแส i_{Lm} ไหลย้อนกลับมาทางอินพุตในช่วงรีเซ็ทแกนเหล็ก โดยจะเห็นได้เด่นชัดที่สภาวะกระแสโหลดต่ำสุด

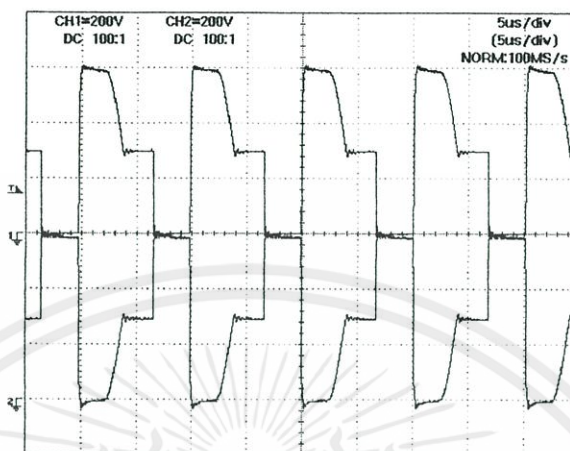
4.3 กระแสตัวเหนี่ยวนำเอาต์พุต



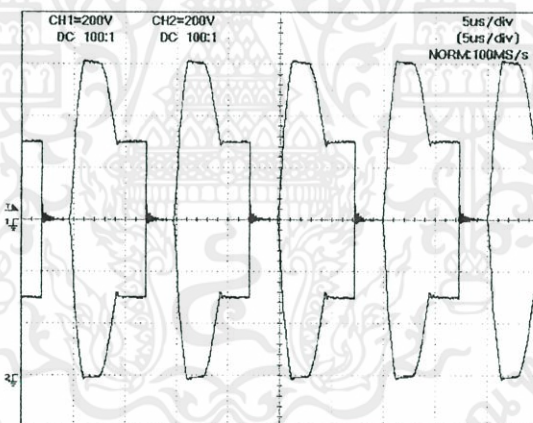
เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 4.2 คลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ i_L ที่ $V_{in, AC} = 220V$ และ $I_o = 10A$ (บน x : $5\mu s/div$ y: 2A/div) ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งค่า $2A/div$ และ $I_o = 1A$ (ล่าง x : $5\mu s/div$ y : $2A/div$) ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดรูปคลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ i_L จะเห็นว่ากระแสเฉลี่ย i_L มีค่าเท่ากับกระแสโหลด I_o

4.4 แรงดันคร่อมสวิตช์และไดโอด



รูปที่ 4.3 คลื่นแรงดันคร่อมสวิตช์และไดโอดที่ $V_{in, AC} = 220V$ และ $I_o = 10A$
(บนแรงคร่อมสวิตช์ S และล่างแรงคร่อมไดโอด D_{sn})

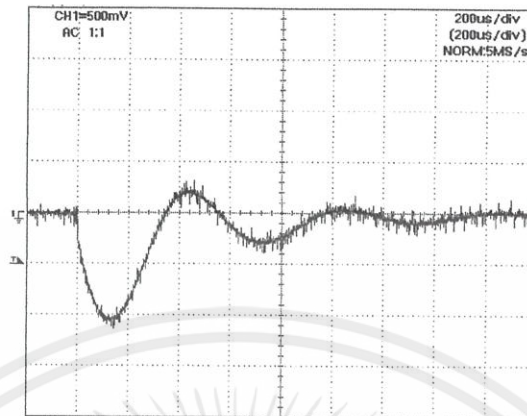


รูปที่ 4.4 คลื่นแรงดันคร่อมสวิตช์และไดโอดที่ $V_{in, AC} = 220V$ และ $I_o = 1A$
(บนแรงคร่อมสวิตช์ S และล่างแรงคร่อมไดโอด D_{sn})

ผลการวัดรูปคลื่นแรงดันของสวิตช์และไดโอด โดยรูปคลื่นที่วัดได้จะใกล้เคียงกับรูปคลื่นทาง
ในกรณีของวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบขดลวดรีเซ็ทแรงดันคร่อมสวิตช์และไดโอดสูงสุดวัดค่า
ได้ประมาณ 600V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลตอบสนองแรงดันเอาต์พุต



รูปที่ 4.5 ผลตอบสนองแรงดันเอาต์พุต ที่ $V_{in, AC} = 220V$ และกระแสโหลดเพิ่มขึ้น เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันจาก $I_o = 1A$ ไปเป็น $I_o = 5A$ (x : $200\mu s/div$ y : $0.5V/div$)

ผลการวัดการตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตจะได้ผลตอบสนองมีรูปร่างดังภาพ แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบชดลวดรีเซ็ทตกชั่วขณะสูงสุดมีค่า $1.1V$ และมีเวลาคืนตัว (Settling Time) $350\mu s$

4.6 ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดประสิทธิภาพของวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบชดลวด รีเซ็ทที่ $V_{in, AC} = 220V$

I_o	1A	3A	5A	7A	10A
Wind. Reset	65.23%	80.01%	84.00%	88.10%	82.52%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปการดำเนินงาน

การดำเนินงานในโครงการนี้ได้เสร็จสิ้น โดยในส่วนของฮาร์ดแวร์ได้ผลงานคือ วงจรสวิตซ์เชิงเพาเวอร์ซัพพลายแบบฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ ที่สามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไฟสลับโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำ และคงค่าแรงดันได้

วงจรสวิตซ์เชิงเพาเวอร์ซัพพลายแบบฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบแบบขดลวดรีเซ็ท

วงจรสวิตซ์เชิงเพาเวอร์ซัพพลายแบบฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์แบบแบบขดลวดรีเซ็ทที่ทำการทดลองในโครงการนี้มีความสามารถทำงานเบื้องต้นได้ดังต่อไปนี้

1. สามารถแปลงแรงดันไฟจากไฟสลับโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำได้
2. สามารถคงค่าแรงดันไว้ได้

5.2 ปัญหาที่พบในการดำเนินงาน

ปัญหาที่พบในการดำเนินการพัฒนาโครงการมีดังต่อไปนี้

1. ปัญหาที่พบเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจร อาทิ ฟิวส์ ซึ่งเมื่อทำการทดลองแล้วมีการชำรุดบ่อยครั้ง หรือหม้อแปลงที่เกิดการไหม้ เช่นกัน
2. ปัญหาที่พบในการทำแผงวงจรต้นแบบ อาทิ ลายวงจรที่ละเอียดทำให้มีการบัดกรีผิดพลาดอยู่บ้างหรือการพันหม้อแปลงให้ได้ตามสเปคที่กำหนด

5.3 แนวทางในการพัฒนาโครงการ

ข้อเสนอแนะการพัฒนาโครงการมีดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาวงจรให้มีขนาดที่เล็กลงเพื่อประโยชน์ต่อการพกพาและใช้งาน
2. การพัฒนาเรื่องดีไซน์รูปลักษณ์ของวงจรเพื่อความสวยงามและความคงทนในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Hariharan, D. Schie. “Designing Single-Switch Forward Converters” 2005
- [2] W. Shepherd, L. Zhang. Power Converter Circuits. Marcel Dekker. 2004.
- [3] Maniktala. Switching Power Supply Design & Optimization. McGraw-Hill, 2004.
- [4] S. Ang, A. Oliva. Power-Switching Converters. 2nd ed., CRC Press, 2005.
- [5] C.S.Tsai, M.Y. Tsai, M.C. Tsai “Design of Clamp Forward Converter Used in Computing Devices” 2010
- [6] วริษฐ์ ธรรมศิริโรจน์ และ อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ “การวิเคราะห์คุณลักษณะของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์แบบลอยตัวที่สถานะคงที่” วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

Buffer CD4050



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:

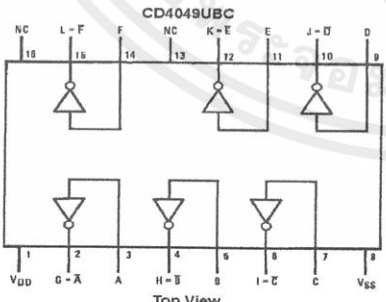
Order Number	Package Number	Package Description
CD4049UBCM	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
CD4049UBCN	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
CD4050BCM	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012,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

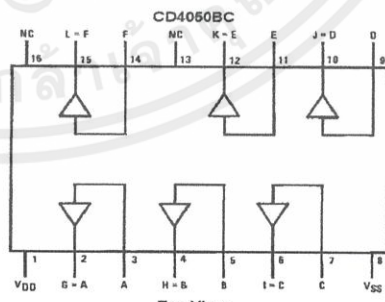
Pin Assignments for DIP

CD4049UBC



Top View

CD4050BC

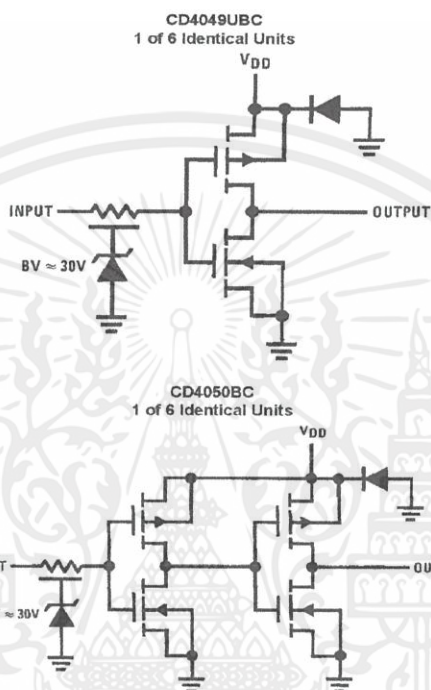


Top View

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

CD4049UBC • CD4050BC

Schematic Diagrams



www.fairchildsemi.com

2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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_{STG})	-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	$V_{OH} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		4 8 16	0.03 0.05 0.07	4.0 3.0 16.0		30 60 120	μA	
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	$V_{IH} = V_{DD}$, $V_{IL} = 0V$ $I_{OL} < 1 \mu A$ $V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		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	$V_{IH} = V_{DD}$, $V_{IL} = 0V$ $I_{OH} < 1 \mu A$ $V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$	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)	$I_{OL} < 1 \mu A$ $V_{DD} = 5V$, $V_O = 0.5V$ $V_{DD} = 10V$, $V_O = 1V$ $V_{DD} = 15V$, $V_O = 1.5V$	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)	$I_{OL} < 1 \mu A$ $V_{DD} = 5V$, $V_O = 0.5V$ $V_{DD} = 10V$, $V_O = 0.9V$ $V_{DD} = 15V$, $V_O = 1.35V$	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)	$I_{OH} < 1 \mu A$ $V_{DD} = 5V$, $V_O = 4.5V$ $V_{DD} = 10V$, $V_O = 9V$ $V_{DD} = 15V$, $V_O = 13.5V$	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)	$I_{OH} < 1 \mu A$ $V_{DD} = 5V$, $V_O = 0.5V$ $V_{DD} = 10V$, $V_O = 1V$ $V_{DD} = 15V$, $V_O = 1.5V$	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)	$V_{IH} = V_{DD}$, $V_{IL} = 0V$ $V_{DD} = 5V$, $V_O = 4.6V$ $V_{DD} = 10V$, $V_O = 9.5V$ $V_{DD} = 15V$, $V_O = 13.5V$	-1.0 -2.1 -7.1		-0.9 -1.9 -6.2	-1.6 -3.6 -12		-0.72 -1.5 -5	mA	
I_{IN}	Input Current	$V_{DD} = 15V$, $V_{IN} = 0V$ $V_{DD} = 15V$, $V_{IN} = 15V$	-0.3 0.3		-0.3 0.3	10^{-5} 10^{-5}		-10 10	μA	

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

CD4049UBC • CD4050BC

DC Electrical Characteristics (Continued)

Note 4: These are peak output current capabilities. Continuous output current is rated at 12 mA maximum. The output current should not be allowed to exceed this value for extended periods of time. I_{OL} and I_{OH} are tested one output at a time.

AC Electrical Characteristics (Note 5)

CD4049UBC

 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_L = 50\text{ pF}$, $R_L = 200\text{ k}\Omega$, $t_r = t_f = 20\text{ ns}$, unless otherwise specified

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		30	65	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		20	40	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		15	30	ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		45	85	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		25	45	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		20	35	ns
t_{THL}	Transition Time HIGH-to-LOW Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		30	60	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		20	40	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		15	30	ns
t_{TLH}	Transition Time LOW-to-HIGH Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		60	120	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		30	55	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		25	45	ns
C_{IN}	Input Capacitance	Any Input		15	22.5	pF

Note 5: AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

AC Electrical Characteristics (Note 6)

CD4050BC

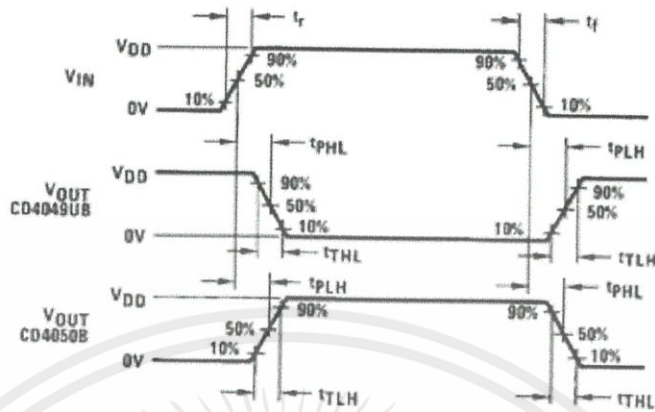
 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_L = 50\text{ pF}$, $R_L = 200\text{ k}\Omega$, $t_r = t_f = 20\text{ ns}$, unless otherwise specified

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		60	110	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		25	55	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		20	30	ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		60	120	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		30	55	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		25	45	ns
t_{THL}	Transition Time HIGH-to-LOW Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		30	60	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		20	40	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		15	30	ns
t_{TLH}	Transition Time LOW-to-HIGH Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		60	120	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		30	55	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		25	45	ns
C_{IN}	Input Capacitance	Any Input		5	7.5	pF

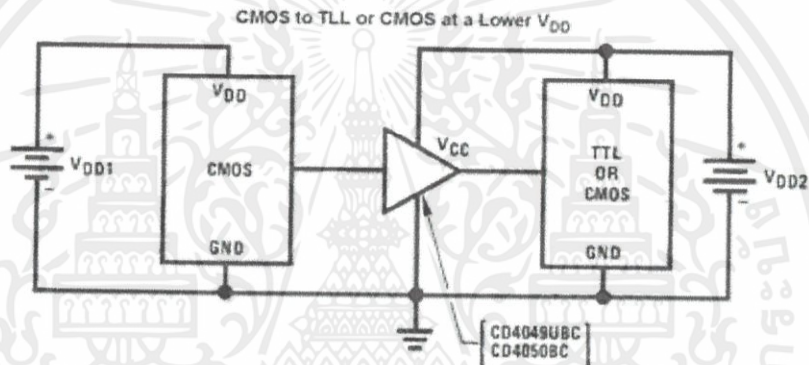
Note 6: AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Switching Time Waveforms



Typical Applications

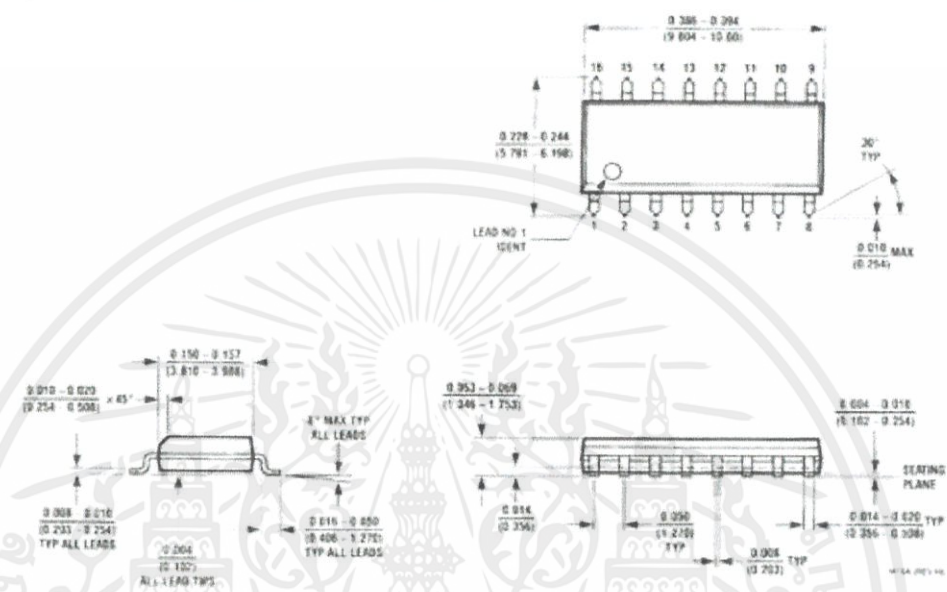


$V_{DD1} \neq V_{DD2}$
 In the case of the CD4049UBC the output drive capability increases with increasing input voltage.
 E.g. If $V_{DD1} = 10V$ the CD4049UBC could drive 4 TTL loads.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

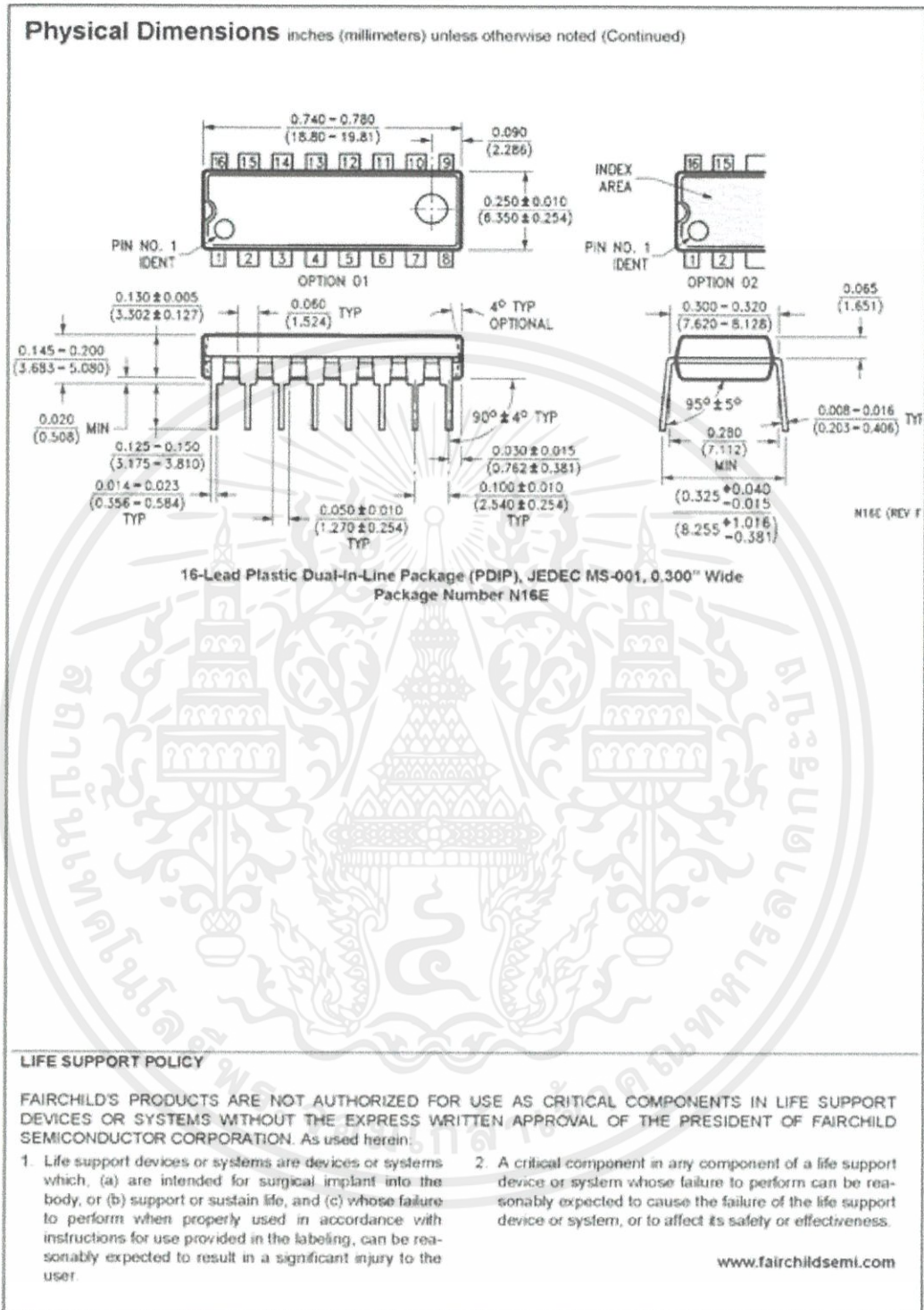
CD4049UBC • CD4050BC

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow Package Number M16A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

Power MOSFET U3825N

Unitrode Products
from Texas Instruments

application
INFO
available

UC1825
UC2825
UC3825

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)

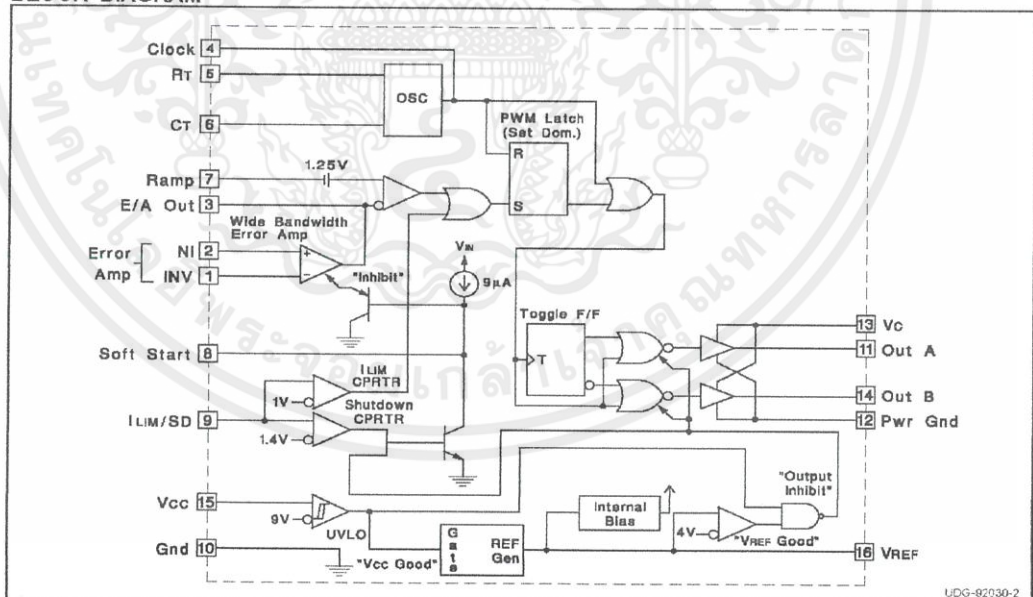
DESCRIPTION

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



SLUS235A - MARCH 1997 - REVISED MARCH 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UC1825
UC2825
UC3825

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Note 1)

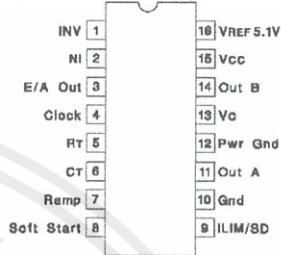
Supply Voltage (Pins 13, 15)	30V
Output Current, Source or Sink (Pins 11, 14)	
DC	0.5A
Pulse (0.5 s)	2.0A
Analog Inputs	
(Pins 1, 2, 7)	-0.3V to 7V
(Pin 8, 9)	-0.3V to 6V
Clock Output Current (Pin 4)	-5mA
Error Amplifier Output Current (Pin 3)	5mA
Soft Start Sink Current (Pin 8)	20mA
Oscillator Charging Current (Pin 5)	-5mA
Power Dissipation	1W
Storage Temperature Range	-65°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.

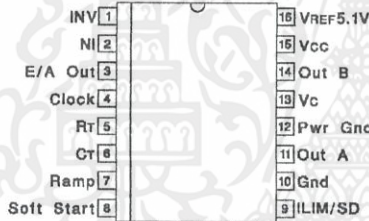
Note 3: Consult Unitorde Integrated Circuit Databook for thermal limitations and considerations of package.

CONNECTION DIAGRAMS

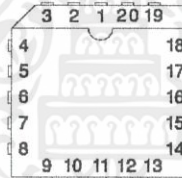
**DIL-16 (Top View)
J or N Package**



**SOIC-16 (Top View)
DW Package**



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



PACKAGE PIN 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

THERMAL RATINGS TABLE

Package	θ_{JA}	θ_{JC}
DIL-16J	80-120	28 ⁽²⁾
DIL-16N	90 ⁽¹⁾	45
PLCC-20	43-75(1)	34
LCC-20	70-80	20 ⁽²⁾
SOIC-16	50-120 ⁽¹⁾	35

(1) Specified θ_{JA} (junction to ambient) is for devices mounted to 5in² FR4 PC board with one ounce copper where noted. When resistance range is given, lower values are for 5in² aluminum PC board. Test PWB was 0.062in thick and typically used 0.635mm trace widths for power packages and 1.3mm trace widths for non-power packages with 100 x 100 mil probe land area at the end of each trace.

(2) θ_{JC} data values stated were derived from MIL-STD-1835B. MIL-STD-1835B states that the baseline values shown are worst case (mean +2s) for a 60 x 60mil microcircuit device silicon die and applicable for devices with die sizes up to 14400 square mils. For device die sizes greater than 14400 square mils use the following values; dual-in-line, 11°C/W; flat pack 10°C/W; pin grid array, 10°C/W.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UC1825
UC2825
UC3825

ELECTRICAL CHARACTERISTICS: Unless otherwise stated, these specifications apply for , $R_T = 3.65k$, $C_T = 1nF$, $V_{CC} = 15V$, $-55^{\circ}C < T_A < 125^{\circ}C$ 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, $T_A = T_O$.

PARAMETERS	TEST CONDITIONS	UC1825 UC2825			UC3825			UNITS
		MIN	TOP	MAX	MIN	TOP	MAX	
Reference Section								
Output Voltage	$T_O = 25^{\circ}C$, $I_O = 1mA$	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/ $^{\circ}C$
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*	$T_J = 125^{\circ}C$, 1000hrs.		5	25		5	25	mV
Short Circuit Current	$V_{REF} = 0V$	-15	-50	-100	-15	-50	-100	mA
Oscillator Section								
Initial Accuracy*	$T_J = 2^{\circ}C$	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
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	$1V < V_O < 4V$	60	95		60	95		dB
CMRR	$1.5V < V_{CM} < 5.5V$	75	95		75	95		dB
PSRR	$10V < V_{CC} < 30V$	85	110		85	110		dB
Output Sink Current	$V_{PIN3} = 1V$	1	2.5		1	2.5		mA
Output Source Current	$V_{PIN3} = 4V$	-0.5	-1.3		-0.5	-1.3		mA
Output High Voltage	$I_{PIN3} = -0.5mA$	4.0	4.7	5.0	4.0	4.7	5.0	V
Output Low Voltage	$I_{PIN3} = 1mA$	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UC1825
UC2825
UC3825

ELECTRICAL CHARACTERISTICS: Unless otherwise stated, these specifications apply for , $R_T = 3.65k$, $C_T = 1nF$, $V_{CC} = 15V$, $-55^{\circ}C < T_A < 125^{\circ}C$ 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	TOP	MAX	MIN	TOP	MAX	
PWM Comparator Section								
Pin 7 Bias Current	$V_{PIN 7} = 0V$		-1	-5		-1	-5	μA
Duty Cycle Range		0		80	0		85	%
Pin 3 Zero DC Threshold	$V_{PIN 7} = 0V$	1.1	1.25		1.1	1.25		V
Delay to Output*			50	80		50	80	ns
Soft-Start Section								
Charge Current	$V_{PIN 8} = 0.5V$	3	9	20	3	9	20	μA
Discharge Current	$V_{PIN 8} = 1V$	1			1			mA
Current Limit / Shutdown Section								
Pin 9 Bias Current	$0 < V_{PIN 9} < 4V$			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	$I_{OUT} = 20mA$		0.25	0.40		0.25	0.40	V
	$I_{OUT} = 200mA$		1.2	2.2		1.2	2.2	V
Output High Level	$I_{OUT} = -20mA$	13.0	13.5		13.0	13.5		V
	$I_{OUT} = -200mA$	12.0	13.0		12.0	13.0		V
Collector Leakage	$V_C = 30V$		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	$V_{CC} = 8V$		1.1	2.5		1.1	2.5	mA
ICC	$V_{PIN 1}, V_{PIN 7}, V_{PIN 9} = 0V; V_{PIN 2} = 1V$		22	33		22	33	mA

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

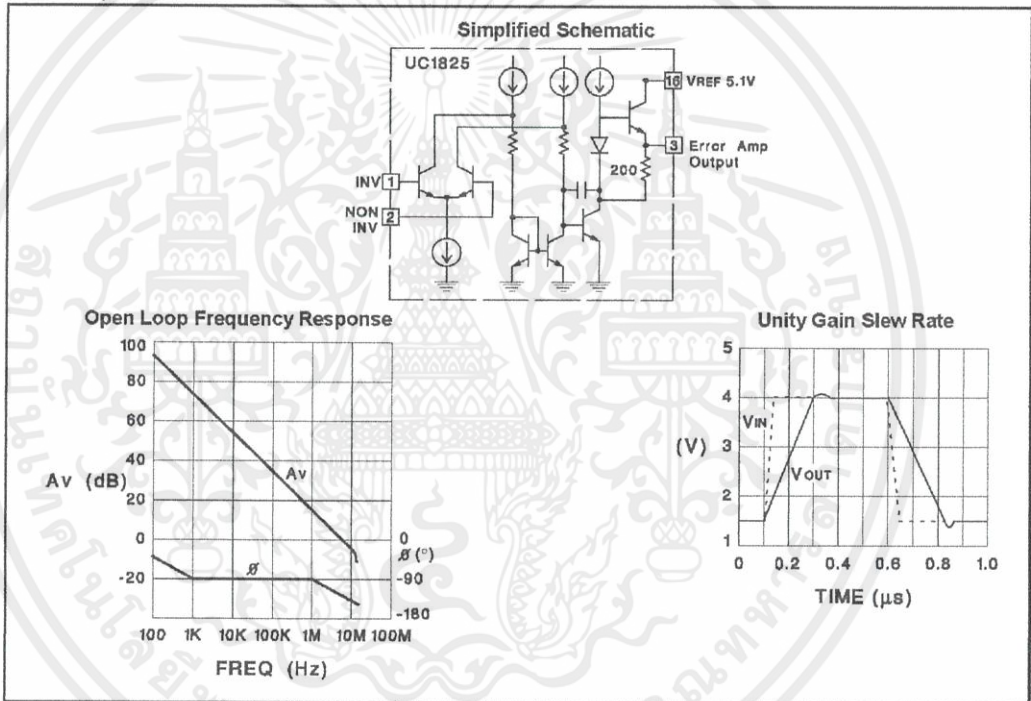
UC1825
UC2825
UC3825

Printed Circuit Board Layout Considerations

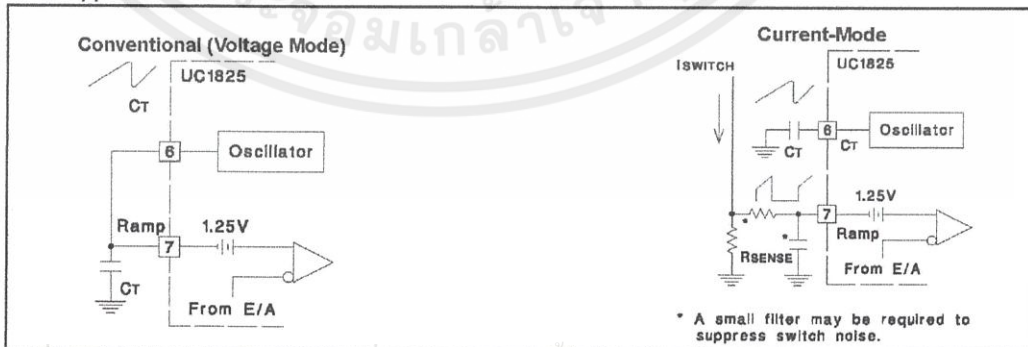
High speed circuits demand careful attention to layout and component placement. To assure proper performance of the UC1825 follow these rules: 1) Use a ground plane. 2) Damp or clamp parasitic inductive kick energy from the gate of driven MOSFETs. Do not allow the output pins to ring below ground. A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

this purpose. 3) Bypass Vcc, Vc, and VREF. Use 0.1µF 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, CT, like a bypass capacitor.

Error Amplifier Circuit



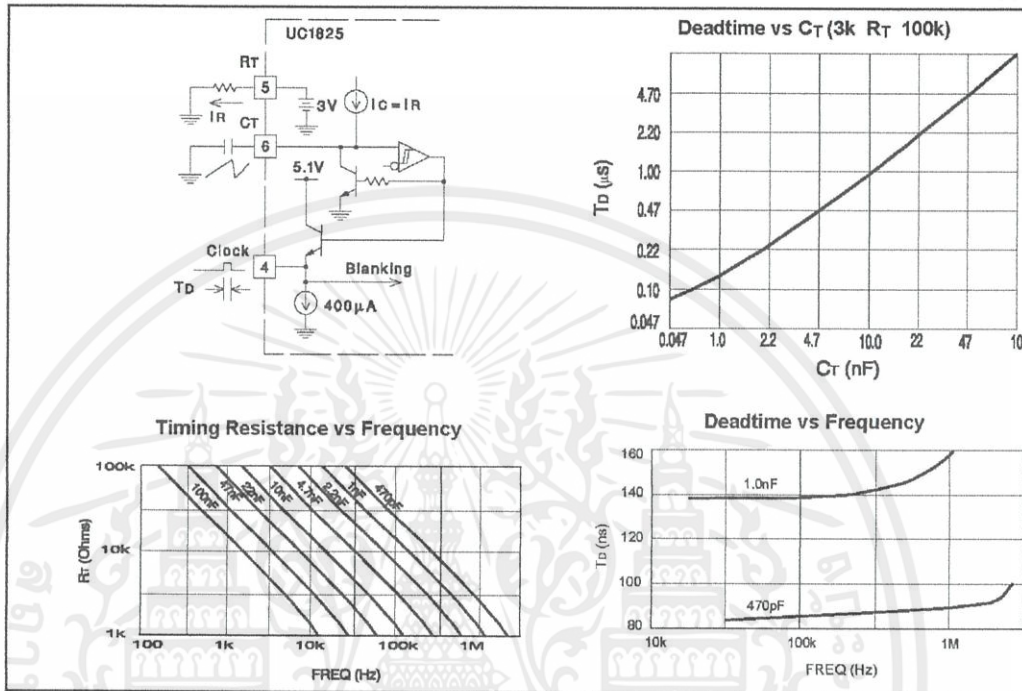
PWM Applications



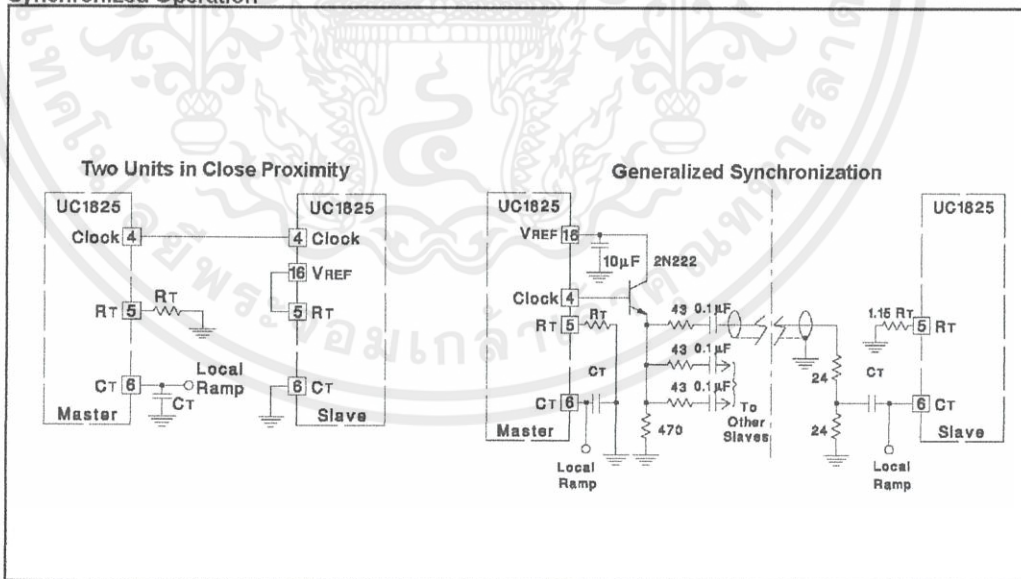
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UC1825
UC2825
UC3825

Oscillator Circuit



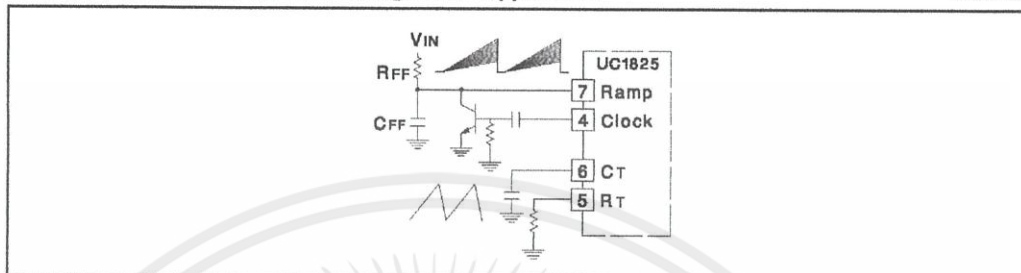
Synchronized Operation



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UC1825
UC2825
UC3825

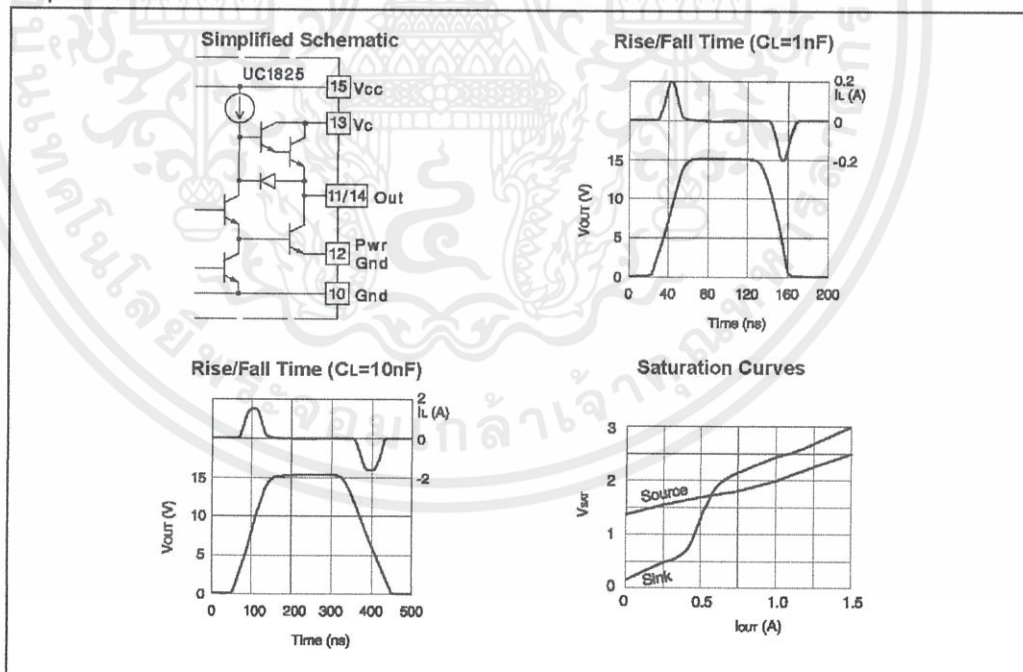
Forward Technique for Off-Line Voltage Mode Application



Constant Volt-Second Clamp Circuit

The circuit shown here will achieve a constant volt-second product clamp over varying input voltages. The ramp generator components, R_T and C_T are chosen so that the ramp at Pin 9 crosses the 1V threshold at the same time the desired maximum volt-second product is reached. The delay through the functional nor block must be such that the ramp capacitor can be completely discharged during the minimum deadtime.

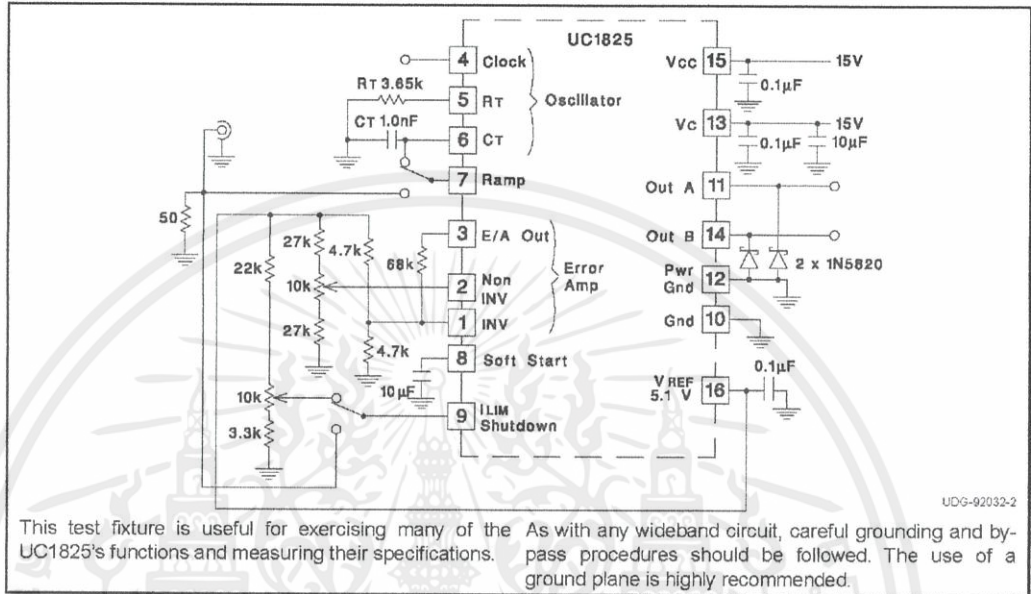
Output Section



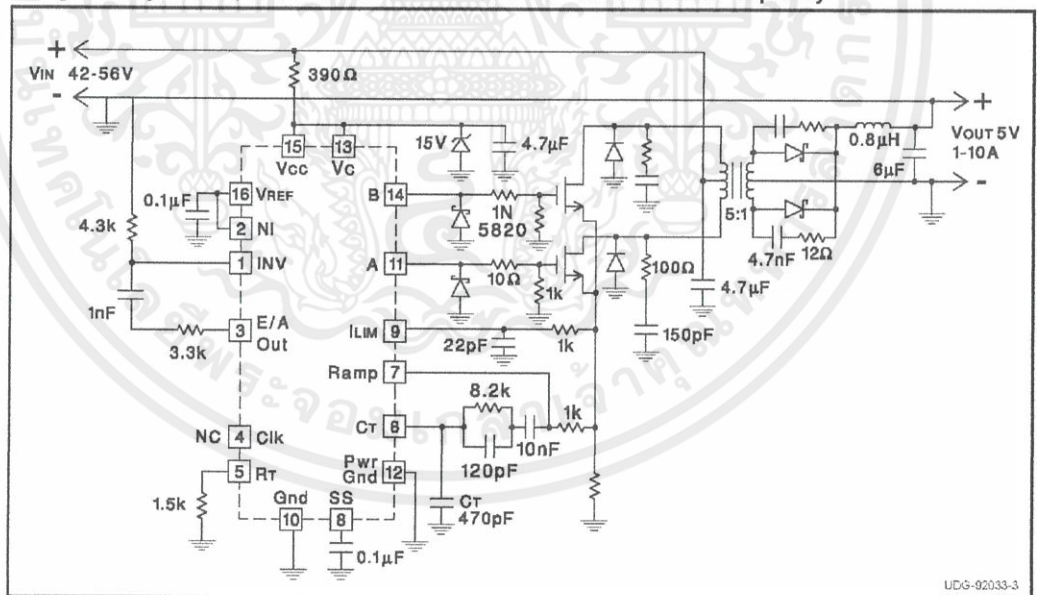
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UC1825
UC2825
UC3825

Open Loop Laboratory Test Fixture



Design Example: 50W, 48V to 5V DC to DC Converter - 1.5MHz Clock Frequency



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้