

ดีซีทูดีซีบูสท์คอนเวอร์เตอร์

DC to DC Boost Converter

นายทวี	วงศ์สิงห์	รหัส 44362192
นายพงศ์วิทย์	พรมสุวรรณ	รหัส 44362325
นายอนก	สังข์ป้อม	รหัส 44362507

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์	
วันที่รับ.....	29 ส.ย. 2548
เลขทะเบียน.....	4800019
เลขเรียกหนังสือ.....	
มหาวิทยาลัยนเรศวร	

45625588 e.2

2/8
7/1846

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2547



ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ คณิตศาสตร์ประยุกต์กับคอมพิวเตอร์

ผู้ดำเนินโครงการ นายพงศ์วิทย์ พรมสุวรรณ รหัส 44362325
นายทวี วงศ์สิงห์ รหัส 44362192
นายเอนก สังข์ป้อม รหัส 44362507

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมยศ เกียรติวนิชวิไล

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2547

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะกรรมการสอบโครงการวิจัย

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์สมยศ เกียรติวนิชวิไล)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุรเชษฐ์ กานต์ประชา)

.....กรรมการ
(อาจารย์ปิยนัย ภาชนะพรรณ)

หัวข้อโครงการ	บูสต์คอนเวอร์เตอร์กระแสตรง		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายทวี	วงศ์สิงห์	รหัส 44362192
	นายพงศ์วิทย์	พรมสุวรรณ	รหัส 44362325
	นายเอนก	สังข์ป้อม	รหัส 44362507
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สมยศ เกียรติวนิชวิไล		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2547		

บทคัดย่อ

เนื่องจากปริมาณการใช้พลังงานของโลกในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้ปริมาณแหล่งพลังงานสำรองที่มีอยู่ลดน้อยลงอย่างต่อเนื่อง พลังงานแสงอาทิตย์จึงอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะใช้รองรับความต้องการใช้พลังงานในอนาคต แต่อย่างไรก็ตามโซลาร์เซลล์ต้องใช้วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมแรงดันให้เสถียรภาพ

โครงการชุดนี้จะศึกษาวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter) วงจรดังกล่าวจะทำการทบระดับแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นและมีเสถียรภาพ

ในการทดสอบวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์จะถูกควบคุมโดยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์และใช้ภาษาแอสเซมบลีในการเขียนโปรแกรม ซึ่งชุดไมโครคอนโทรลเลอร์จะจ่ายสัญญาณพัลส์เข้าสู่วงจรที่ค่าตัวชี้โวลต์ต่างๆ กัน

ในการเปรียบเทียบจะเห็นว่าแรงดันเอาต์พุตจากการทดสอบและจากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice นั้น มีความถูกต้องตามหลักทฤษฎี

Project Title	DC - DC Boost converter		
Name	Mr. Tawee	Wongsing	ID. 44362192
	Mr. Pongwit	Promsuwan	ID. 44362325
	Mr. Anake	Sungpom	ID. 44362507
Project Advisor	Dr. Somyot	Kiatwanitwilai	
Major	Electrical Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic Year	2004		

ABSTRACT

According to rapid increase in a number of world populations, world energy demand has been drastically increased from time to time. This results in continuous reduction of energy reserve and resources. Accordingly, in a solar cell, a circuit called boost converter is required for controlling the voltage and stability

This project studies boost converter circuit, which is used for stepping up the voltage level.

In our experiment, the boost converter is controlled by microcontroller. Assembly language is applied for programming. The microcontroller sends out a pulse signal to the circuit to specify the duty circle.

By comparison, the output voltage from experiment and Pspice simulation agree with the results studied theoretically

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยความช่วยเหลือจากหลายๆ ท่านด้วยกัน ผู้จัดทำขอถือโอกาสนี้ขอกราบขอบพระคุณ

อาจารย์สมยศ เกียรติวนิชวิไล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และคณะกรรมการสอบโครงการนทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการแก้ปัญหาที่เป็นประโยชน์อย่างสูงในการทำโครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

อาจารย์อนันตชัย นัยจิตร ซึ่งได้ให้ความช่วยในด้านอุปกรณ์และห้องปฏิบัติการทดลองตลอดจนคำปรึกษาชี้แนะแนวทางต่างๆ เกี่ยวกับการทำโครงการนี้เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นิสิตภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าชั้นปีที่ 4 และน้องๆ นิสิตทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือทุกด้านเสมอมา

ท้ายนี้ผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้จัดทำโครงการ

นายพงศวิทย์ พรหมสุวรรณ

นายทวี วงศ์สิงห์

นายเอนก สังข์ป้อม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบข่ายของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 งบประมาณของโครงการ	2
บทที่ 2 วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าหรือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	
2.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์	3
2.2 เงื่อนไขการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	5
2.3 หลักการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	5
2.4 การออกแบบตัวเหนี่ยวนำสำหรับวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	10
2.5 มอสเฟต	12
บทที่ 3 ผลการทดลองและวิเคราะห์	
3.1 การวิเคราะห์วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ด้วยโปรแกรม Pspice	15
3.2 การทดสอบวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	16
3.3 การวิเคราะห์แรงดันเอาต์พุตตามทฤษฎีกับแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice และการทดสอบจริง	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 สรุปลผล และวิเคราะห์	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	33
ประวัติผู้เขียน โครงการงาน	42



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อัตรายขยายแรงดันของวงจรมอเตอร์เมื่อมีการปรับเปลี่ยน ค่าคิตีไซเคิล	9
3.1 - ตารางเปรียบเทียบแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากทฤษฎี, การจำลองโปรแกรม Pspice และการทดสอบจริง	29



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างกราฟเส้นโค้ง กระแส – แรงดัน	3
2.2 กราฟเส้นโค้ง กระแส – แรงดันแสดงกำลังสูงสุด	4
2.3 วงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์	5
2.4 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส	6
2.5 แรงดันไฟฟ้าตกที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ	7
2.6 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส	7
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายแรงดันกับคิวดี้ไซเคิล	10
2.8 แสดงวงจรมูลของมอสเฟต	12
2.9 โครงสร้างมอสเฟตแบบดีพลีชัน	12
2.10 แสดงสัญลักษณ์ของมอสเฟตมอสเฟตแบบดีพลีชัน	13
2.11 แสดงโครงสร้างของมอสเฟตแบบเอนฮานซ์เมนต์	13
2.12 แสดงสัญลักษณ์ของมอสเฟตแบบเอนฮานซ์เมนต์	14
3.1 วงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ออกแบบโดยโปรแกรม Pspice	15
3.2 การต่อชุดไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์	16
3.3 การวัดค่าแรงดันเอาต์พุตและค่าคิวดี้ไซเคิลของระบบ	17
3.4 รูปแบบของสัญญาณพัลส์ที่ค่าคิวดี้ไซเคิล 30 เปอร์เซ็นต์	17
3.5 กราฟแสดงแรงดันเอาต์พุตจากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice ที่ค่าคิวดี้ไซเคิลตั้งแต่ 0.1 – 0.9	18
3.6 สัญญาณที่ขาเกตเทียบขาซอร์ส ที่คิวดี้ไซเคิล 10 เปอร์เซ็นต์	19
3.7 แรงดันเอาต์พุต ที่คิวดี้ไซเคิล 10 เปอร์เซ็นต์	19
3.8 สัญญาณที่ขาเกตเทียบขาซอร์ส ที่คิวดี้ไซเคิล 20 เปอร์เซ็นต์	20
3.9 แรงดันเอาต์พุต ที่คิวดี้ไซเคิล 20 เปอร์เซ็นต์	20
3.10 สัญญาณที่ขาเกตเทียบขาซอร์ส ที่คิวดี้ไซเคิล 30 เปอร์เซ็นต์	21
3.11 แรงดันเอาต์พุต ที่คิวดี้ไซเคิล 30 เปอร์เซ็นต์	21

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.12	สัญญาณที่ขาเกตเทียบขาซอร์ส ที่ควิตี้ไซเคลิ 40 เพอร์เซ็นต์22
3.13	แรงดันเอาต์พุต ที่ควิตี้ไซเคลิ 40 เพอร์เซ็นต์22
3.14	สัญญาณที่ขาเกตเทียบขาซอร์ส ที่ควิตี้ไซเคลิ 50 เพอร์เซ็นต์23
3.15	แรงดันเอาต์พุต ที่ควิตี้ไซเคลิ 50 เพอร์เซ็นต์23
3.16	สัญญาณที่ขาเกตเทียบขาซอร์ส ที่ควิตี้ไซเคลิ 60 เพอร์เซ็นต์24
3.17	แรงดันเอาต์พุต ที่ควิตี้ไซเคลิ 60 เพอร์เซ็นต์24
3.18	สัญญาณที่ขาเกตเทียบขาซอร์ส ที่ควิตี้ไซเคลิ 70 เพอร์เซ็นต์25
3.19	แรงดันเอาต์พุต ที่ควิตี้ไซเคลิ 70 เพอร์เซ็นต์25
3.20	สัญญาณที่ขาเกตเทียบขาซอร์ส ที่ควิตี้ไซเคลิ 80 เพอร์เซ็นต์26
3.21	แรงดันเอาต์พุต ที่ควิตี้ไซเคลิ 80 เพอร์เซ็นต์26
3.22	สัญญาณที่ขาเกตเทียบขาซอร์ส ที่ควิตี้ไซเคลิ 90 เพอร์เซ็นต์27
3.23	แรงดันเอาต์พุต ที่ควิตี้ไซเคลิ 90 เพอร์เซ็นต์27
3.24	กระแสที่ได้จากการจำลองด้วย Pspice ที่ควิตี้ไซเคลิ 90 เพอร์เซ็นต์28
3.25	กระแสที่ได้จากการจำลองด้วย Pspice ที่ควิตี้ไซเคลิ 80 เพอร์เซ็นต์28
3.26	กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากทฤษฎี, การจำลอง การจำลอง โปรแกรม Pspice และการทดสอบจริง30

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการพลังงานเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจที่สูงขึ้น และมีความต้องการในการขนส่งที่สูงขึ้น

ในสภาวะปัจจุบันราคาของเชื้อเพลิงฟอสซิลในตลาดโลกมีราคาสูงขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากความไม่สงบในตะวันออกกลางและการลดอัตราการผลิตน้ำมันที่ลดลงของกลุ่มประเทศผู้ผลิต ส่งผลให้ต้องมีการนำเข้าน้ำมันในราคาที่สูงขึ้น และมีผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจภายในประเทศ

ดังนั้นจึงมีความพยายามจะจัดหาพลังงานทดแทนเพื่อลดการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ โดยพลังงานแสงอาทิตย์ถือว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการผลิตกระแสไฟฟ้าและขับเคลื่อนเครื่องจักรกลขนาดเล็ก

แต่อย่างไรก็ตามแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์นั้นมีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับเครื่องกลไฟฟ้าที่ต้องใช้กำลังในการขับเคลื่อนที่สูง การใช้แผงโซลาร์เซลล์หลายแผงต้องมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ดังนั้นจึงต้องมีวงจรไฟฟ้าที่จะทำหน้าที่ขยายแรงดันให้มีค่าสูงขึ้น โดยที่พลังงานที่ได้จะมีค่าคงเดิม วงจรดังกล่าวเรียกว่า “วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์” ทางกลุ่มผู้ทำโครงการจึงสนใจที่จะนำคุณสมบัติของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์มาทำการทดลอง เพื่อที่จะหาคูสมบัติของวงจรที่เหมาะสมต่อการใช้งานเมื่อมีการป้อนกระแสที่มีสภาวะต่าง ๆ กัน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับแผงโซลาร์เซลล์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

1.2.2 สร้างวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ เพื่อควบคุมแรงดันที่จำลองขึ้นในสภาวะต่างๆ เข้าสู่

ระบบ

1.3 ขอบข่ายของโครงการ

- 1.3.1 สร้างวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ เพื่อควบคุมแรงดันที่จำลองขึ้นในสถานะต่างๆ
- 1.3.2 ดำเนินการทดลองเพื่อหาขีดจำกัดของสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุตที่เหมาะสม

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2547		ปี 2548				
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ย.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	↔						
2. สร้างวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์และเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจร		↔					
3. ดำเนินการทดลองพร้อมบันทึกผลการทดลอง			↔				
4. สรุปผลการทดลองพร้อมจัดทำรูปเล่มโครงการ						↔	

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถเข้าใจหลักการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์
- 1.5.2 สามารถแสดงผลการจำลองการทำงานของบูสต์คอนเวอร์เตอร์ภายใต้แรงดันอินพุตสถานะต่างๆ ได้
- 1.5.3 นำวงจรที่สร้างขึ้นไปประยุกต์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้

1.6 งบประมาณของโครงการ

- 1.6.1 ค่าอุปกรณ์ทางไฟฟ้า
 - 1.6.2 ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มโครงการ
 - 1.6.3 ค่าอุปกรณ์คอมพิวเตอร์
- รวมเป็นเงิน 3,000 บาท (สามพันบาทถ้วน)

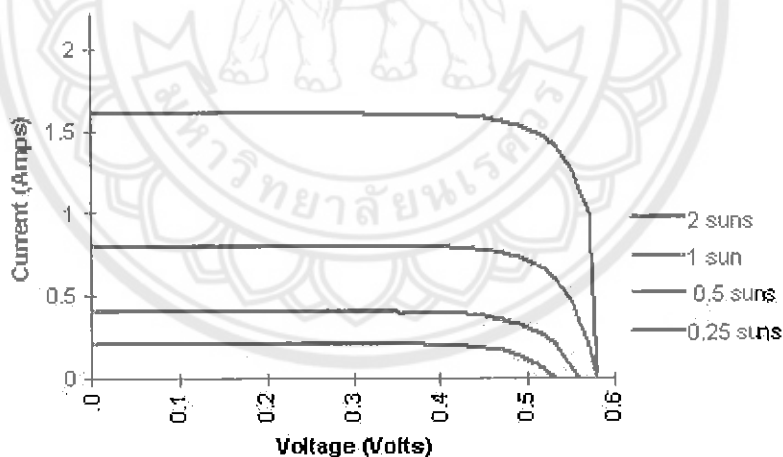
บทที่ 2

วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้าหรือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

2.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

โดยทั่วไปแล้วเซลล์แสงอาทิตย์ 1 เซลล์ จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 0.5 โวลต์ โดยไม่ขึ้นกับขนาดของเซลล์ ส่วนกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ อาทิเช่น เซลล์ที่มีพื้นที่ขนาด 4×4 ตารางนิ้วจะให้กระแสประมาณ 3 แอมแปร์ และให้กำลังการผลิต 1.5 วัตต์ ดังนั้นเมื่อต้องการให้แรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นจะทำได้โดยการต่อเซลล์กันแบบอนุกรม แต่ถ้าต้องการเพิ่มกระแสให้มีค่าสูงขึ้น สามารถทำได้โดยการต่อเซลล์เป็นแบบขนาน

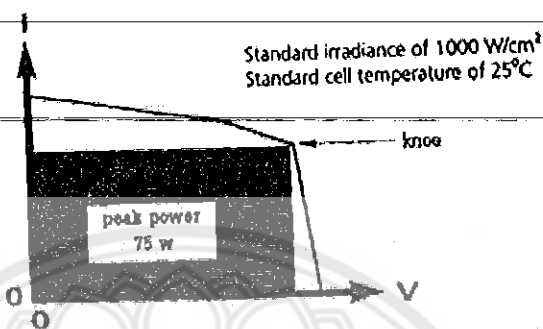
การพิจารณาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์นั้นสามารถพิจารณาได้จากกราฟเส้นโค้ง กระแส (I) - แรงดัน (V) ในรูปที่ 2.1 โดยกราฟดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในการพิจารณากำลังการผลิตสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ กำหนดให้แกนตั้งของกราฟคือกระแสไฟฟ้า และแกนนอนของกราฟคือแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างกราฟเส้นโค้งกระแส - แรงดัน (จาก http://www.thaiengineering/potal/forum/forum_post.asp)

เส้นโค้ง กระแส - แรงดัน มาตรฐานที่ใช้สำหรับการผลิตสูงสุด หรือ W_p (peak watts) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะได้มาจากการทดสอบมาตรฐานที่กำหนดโดยใช้แสงส่องสว่างมาตรฐาน (Solar Simulator) ที่อุณหภูมิของเซลล์คงที่ 25 องศาเซลเซียส ในการสร้าง I-V Curve สิ่งแรกที่ต้องวัดคือ แรงดันไฟฟ้า (V) ที่ไม่มีการต่อกับโหลด (Open Circuit Voltage) จะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าแสดงในแกนนอน เพราะไม่มีกระแสไหลผ่าน

เมื่อต่อโหลดที่มีค่าต่างๆ กัน ค่าของกระแสและแรงเคลื่อนจะถูกบันทึกเก็บไว้เมื่อต่อภายใต้สภาวะเฉพาะของการรับแสง (Irradiance) และอุณหภูมิต่างๆ กัน สิ่งที่น่าสนใจคือ กำลังงานสูงสุด (Maximum power) ที่ได้ในแต่ละภายใต้สภาวะนั้นๆ ในทางไฟฟ้า กำลังงานที่ได้มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)



รูปที่ 2.2 กราฟเส้นโค้ง กระแส-แรงดัน แสดงกำลังสูงสุด (peak power) (จาก http://www.thaiengineering/potal/forum/torum_post.asp)

จากรูปที่ 2.2 แรงดันและกระแสไฟฟ้าสำหรับกำลังงานสูงสุดจะถูกแทนที่ด้วยสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีพื้นที่มากที่สุดภายใต้เส้นโค้ง กระแส-แรงดัน โดยจุดสัมผัสที่อยู่บนเส้นโค้งที่เรียกว่า หัวเข่า หรือ นี (knee) ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์สูงสุด (Wp) หรือ peak watt

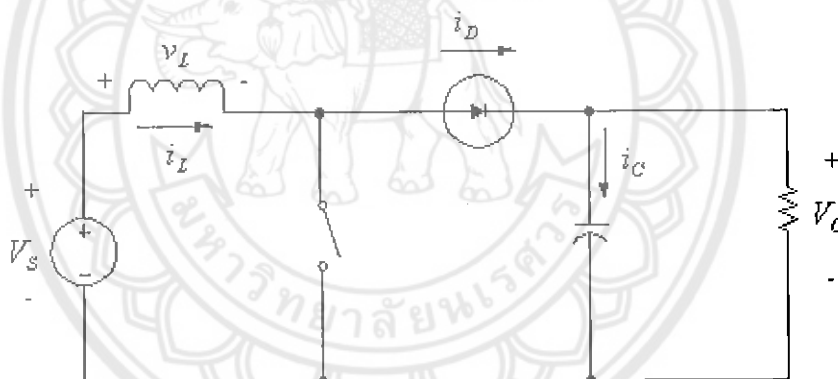
แต่เนื่องจากว่าเครื่องกลทางไฟฟ้าส่วนใหญ่ต้องใช้กำลังงานที่เหมาะสม ดังนั้นแรงดันหรือกระแสที่ได้จากโซลาร์เซลล์ก็มีค่าสูงและคงที่ ตามกราฟเส้นโค้ง กระแส-แรงดัน ประกอบกับข้อจำกัดที่เซลล์แสงอาทิตย์ 1 เซลล์ ให้แรงดันและกระแสที่ค่อนข้างน้อย การต่อเซลล์แสงอาทิตย์หลายเซลล์เพื่อเพิ่มแรงดันก็จะทำให้มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นวิธีที่จะเพิ่มแรงดันจากโซลาร์เซลล์เพื่อให้ได้กำลังที่เหมาะสมโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ให้น้อยที่สุด ก็จะต้องต่อวงจรทบระดับแรงดันหรือบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter) เข้าไปในระบบ เพื่อปรับแรงดันที่ได้จากระบบให้มีค่าสูงขึ้นและคงที่

วงจรทบระดับแรงดันไฟฟ้าหรือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ คือวงจรที่ทำการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าขาออกให้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้า ที่เรียกวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ก็เพราะแรงดันไฟฟ้าขาออกสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้านั่นเอง

2.2 เงื่อนไขการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

การวิเคราะห์การทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ในช่วงสภาวะคงตัว จะมีการกำหนดเงื่อนไขในการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ดังนี้

- 2.2.1 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (i_L) ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละคาบ จะมีค่าเท่ากันและมีค่าเป็นบวกเสมอ
- 2.2.2 แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์ หมายถึงผลรวมของผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำกับเวลาในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์
- 2.2.3 ตัวเก็บประจุมีขนาดใหญ่ทำให้แรงดันไฟฟ้าขาออก (V_o) มีค่าคงที่
- 2.2.4 กำลังไฟฟ้าขาเข้าเท่ากับกำลังไฟฟ้าขาออก กรณีนี้ไม่คำนึงการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของวงจร โดยกำหนดให้อุปกรณ์ทุกตัวเป็นอุดมคติ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของวงจรเป็นหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์



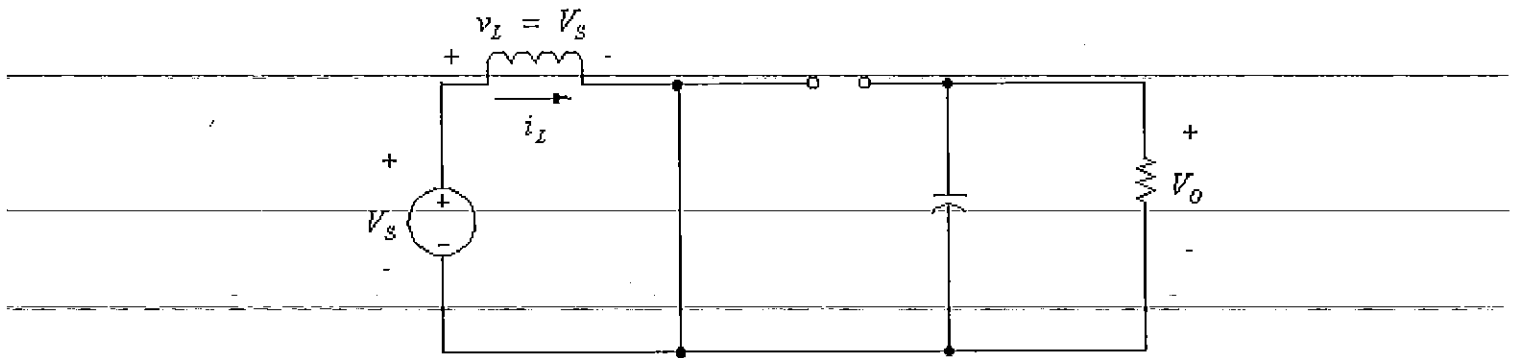
รูปที่ 2.3 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (จาก รศ.ดร. วีระเชษฐ์ ชันเงิน, อิเล็กทรอนิกส์กำลัง, กรุงเทพฯ: วี.เจ. พรินติ้ง, 2547, หน้า 376)

2.3 หลักการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

จากวงจรดังรูปที่ 2.3 กำหนดให้ V_s คือแรงดันจากแหล่งจ่าย, v_L คือแรงดันที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ, i_L คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ, i_D คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอด, i_C คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุและ V_o คือแรงดันไฟฟ้าขาออก

หลักการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ได้แรงดันขาออกตามต้องการ จะเริ่มจากข้อกำหนดที่ว่า แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะเท่ากับศูนย์ และสามารถหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้ โดยวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมด ทั้งนี้การทำงานต้องอยู่ในสภาวะอยู่ตัวดังนี้

ขณะสวิตช์นำกระแส



รูปที่ 2.4 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส (จาก รศ.ดร. วีระเชษฐ์ จันทร์เงิน, อิเล็กทรอนิกส์กำลัง, กรุงเทพฯ: วิ.เจ. พรินติ้ง, 2547, หน้า 378)

กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ โดยผ่านสวิตช์ ขณะเดียวกันไดโอดจะถูกไบอัสย้อนกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้ดังรูปที่ 2.4 จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์จะได้สมการแรงดันไฟฟ้าดังนี้

$$-V_s + v_L = 0 \quad (2.1)$$

จาก
$$v_L = L \frac{di_L}{dt} \quad (2.2)$$

จะได้
$$-V_s + L \frac{di_L}{dt} = 0 \quad (2.3)$$

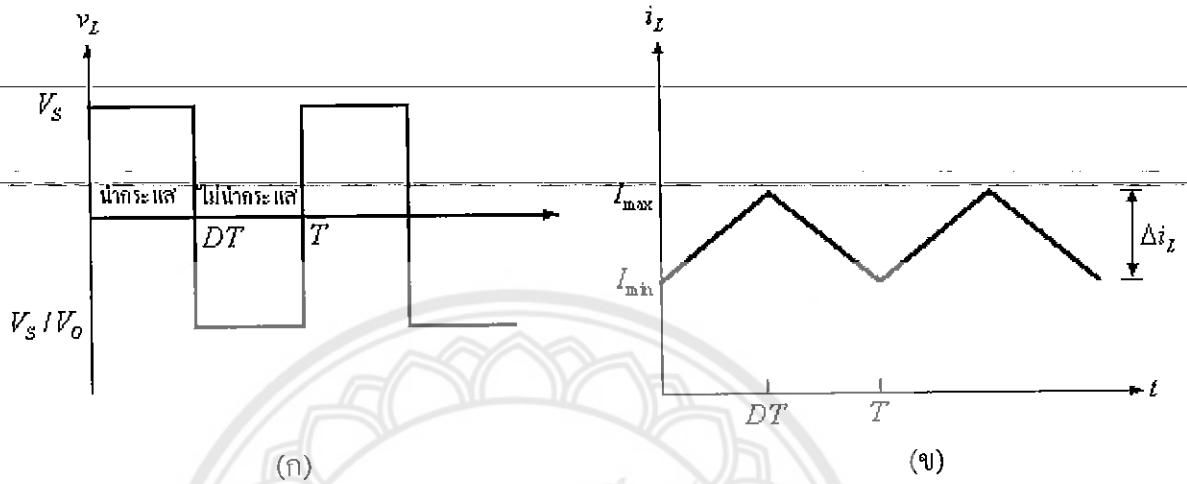
$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s}{L}$$

ขณะที่สวิตช์นำกระแส $dt = DT$ เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสคงที่ อาจจะถือว่าการเพิ่มของกระแสไฟฟ้าเป็นเชิงเส้น ทำให้สามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} \text{จากสมการที่ (2.3)} \quad \frac{di_{L,on}}{dt} &= \frac{V_s}{L} \\ \frac{\Delta i_{L,on}}{\Delta t} &= \frac{V_s}{L} \\ \frac{\Delta i_{L,on}}{DT} &= \frac{V_s}{L} \\ \Delta i_{L,on} &= \frac{V_s DT}{L} \end{aligned} \quad (2.4)$$

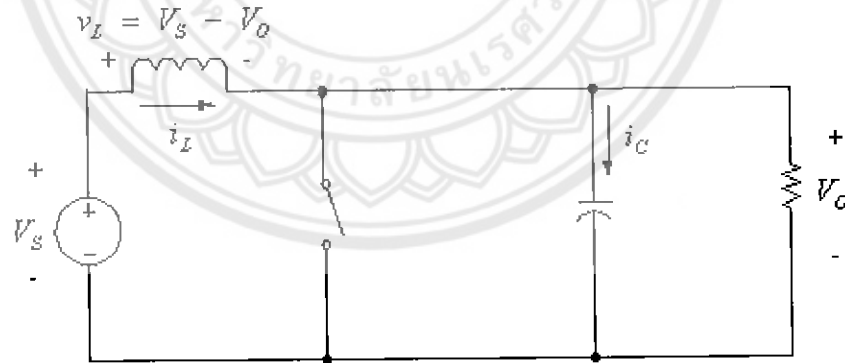
$\Delta i_{L, on}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำขณะสวิตช์นำ

กระแส



รูปที่ 2.5 (ก) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (ข) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ
 (จาก รศ.ดร. วีระเชษฐ จันเงิน, อิเล็กทรอนิกส์กำลัง, กรุงเทพฯ: วิ.เจ. พรินติ้ง, 2547, หน้า 378)

ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส



รูปที่ 2.6 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส (จาก รศ.ดร. วีระเชษฐ จันเงิน, อิเล็กทรอนิกส์กำลัง,
 กรุงเทพฯ: วิ.เจ. พรินติ้ง, 2547, หน้า 378)

จากรูปที่ 2.6 เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดไม่ได้ ไดโอดจะถูกไบอัสไปข้างหน้าเพื่อนำกระแส ผลก็คือกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง สมมุติแรงดันไฟฟ้าขาออกมีค่าคงที่ จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์จะได้สมการของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำดังนี้

$$\begin{aligned}
 -V_s + v_L + V_o &= 0 \\
 v_L &= V_s - V_o \\
 v_L &= L \frac{di_L}{dt} \\
 \frac{di_L}{dt} &= \frac{V_s - V_o}{L} \quad (2.5)
 \end{aligned}$$

ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส $dt = (1 - D)T$ ดังรูปที่ 2.5(ก) อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าคงที่ และจะถือว่าการลดลงของกระแสเป็นเชิงเส้นดังรูปที่ 2.5(ข) สามารถคำนวณได้จาก

$$\Delta i_{L,off} = \left(\frac{V_s - V_o}{L} \right) (1 - D)T \quad (2.6)$$

ที่สภาวะอยู่ตัว การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสุทธิมีค่าเท่ากับ ศูนย์จากสมการที่ 2.4 และสมการที่ 2.6 จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 \Delta i_{L,on} + \Delta i_{L,off} &= 0 \\
 \left(\frac{V_s}{L} \right) DT + \frac{(V_s - V_o)(1 - D)T}{L} &= 0 \\
 V_s D + (V_s - V_o)(1 - D) &= 0 \\
 V_s D + V_s - V_s D - V_o + V_o D &= 0 \\
 V_s - V_o(1 - D) &= 0 \\
 \frac{V_o}{V_s} &= \frac{1}{1 - D} \quad (2.7)
 \end{aligned}$$

จากการหาความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าขาออกต่อแรงดันไฟฟ้าขาเข้าที่เรียกว่า อัตราการขยายแรงดัน สามารถหาได้โดยวิธีง่ายๆ โดยใช้สมการแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบซึ่งจะมีค่าเท่ากับศูนย์ และได้ผลเช่นเดียวกับสมการที่ 2.7 ดังนี้

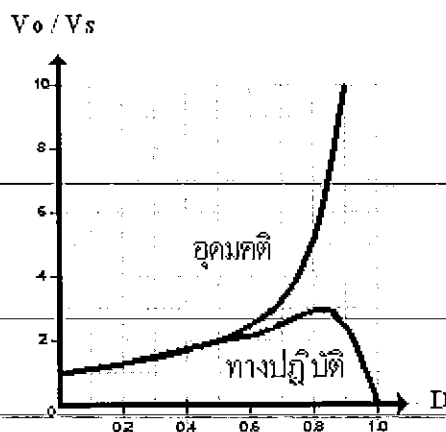
$$\begin{aligned}
 \text{จาก} \quad V_{L,av} &= v_{L,on}(t_{on}) + v_{L,off}(t_{off}) = 0 \\
 t_{on} &\longrightarrow DT \\
 t_{off} &\longrightarrow (1 - D)T \\
 \text{โดยที่} \quad V_{L,on} &= V_s
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{L,off} &= V_s - V_o \\
 \text{จะได้} \quad V_{L,av} &= (V_s)(t_{on}) + (V_s - V_o)(t_{off}) = 0 \\
 (V_s)(DT) + (V_s - V_o)(1 - D)T &= 0 \\
 V_s D + (V_s - V_o)(1 - D) &= 0 \\
 V_s D + V_s - V_s D - V_o + V_o D &= 0 \\
 V_s - V_o(1 - D) &= 0 \\
 \frac{V_o}{V_s} &= \frac{1}{1 - D} \quad (2.8)
 \end{aligned}$$

การได้มาซึ่งสมการอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าขาออกต่อแรงดันไฟฟ้าขาเข้า จากสมการที่ 2.8 แท้จริงแล้วมีหลักการทำงานเดียวกัน ทำให้สามารถคำนวณค่าอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าขาออกต่อแรงดันไฟฟ้าขาเข้าได้จากการปรับค่า D ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อัตราขยายแรงดันของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิล (D)
(จาก รศ.ดร. วีระเชษฐ์ จันทร์เงิน, อิเล็กทรอนิกส์กำลัง, กรุงเทพฯ: วี.เจ. พรินติ้ง, 2547, หน้า 381)

ดิวตี้ไซเคิล (D)	อัตราขยายแรงดัน (Voltage gain) (ΔV_L)
0.0	1.00
0.1	1.10
0.2	1.25
0.3	1.43
0.4	1.67
0.5	2.00
0.6	2.50
0.7	3.33
0.8	5.00
0.9	10.00
1.0	Infinity



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายแรงดันกับดิวตี้ไซเคิล (จาก รศ.ดร. วีระเชษฐ ชันเงิน, อิเล็กทรอนิกส์กำลัง, กรุงเทพฯ: วิ.เจ. พรินติ้ง, 2547, หน้า 381)

จากกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 2.7 เมื่อค่าดิวตี้ไซเคิลเพิ่มขึ้นค่าอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นแบบไม่เชิงเส้น ในทางปฏิบัตินิยมปรับอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 4 เท่า ทั้งนี้เพื่อให้วงจรมีความเสถียรภาพ โดยอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าขั้นต่ำสุดคือหนึ่งหรือแรงดันไฟฟ้าด้านออกเท่ากับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าในทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัติแรงดันไฟฟ้าขาออกจะน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าเล็กน้อย เนื่องจากค่าความสูญเสียจากแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดและตัวอุปกรณ์สวิตช์

2.4 การออกแบบตัวเหนี่ยวนำสำหรับวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์

ในการคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำ ขั้นแรกจะต้องสมมุติให้มีค่าการสูญเสียภายในวงจรมีค่าเท่ากับศูนย์ โดยกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายกระแสตรงจะเท่ากับกำลังไฟฟ้าของโหลด จากเงื่อนไขดังกล่าวจะได้

$$P_L = P_O = \frac{V_o^2}{R}$$

$$P_L = V_s I_s = V_s I_L$$

$$V_s I_L = \frac{V_o^2}{R}$$

$$V_o = \frac{V_s}{1 - D}$$

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

$$I_L = \frac{V_s}{(1 - D)^2 R} \quad (2.9)$$

เมื่อต้องการหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสูงสุดและต่ำสุดจะหาได้จากสมการค่าเฉลี่ยและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าคือ

$$\Delta i_{L,oi} = \frac{V_s DT}{L} \quad (2.10)$$

ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสูงสุดและต่ำสุดคือ

$$I_{L,max} = i_L + \frac{\Delta i_L}{2}$$

$$I_{L,max} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} + \frac{1}{2} \left(\frac{V_s DT}{L} \right) \quad (2.11)$$

$$I_{L,min} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{1}{2} \left(\frac{V_s DT}{L} \right) \quad (2.12)$$

เมื่อให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเป็นแบบต่อเนื่องและมีค่าเป็นบวก การที่จะหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดที่จะทำให้วงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ทำงานได้ในขอบเขตระหว่างโหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ทั้งเป็นแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง จะหาได้จากการกำหนดให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเป็นศูนย์ดังสมการนี้

$$\text{จากสมการที่ (2.12)} \quad I_{L,min} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{1}{2} \left(\frac{V_s DT}{L} \right) = 0$$

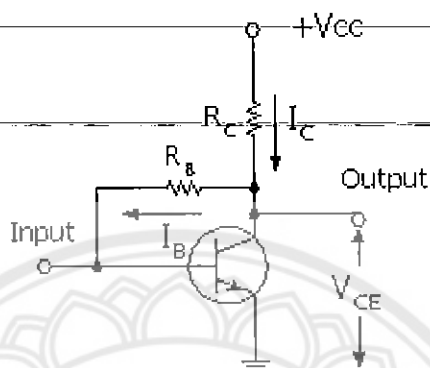
$$\frac{V_s}{(1-D)^2 R} = \frac{1}{2} \left(\frac{V_s DT}{L} \right)$$

$$L_{min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (2.13)$$

การปรับค่าเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุด จากสมการที่ 2.13 สามารถทำได้โดยการปรับที่ค่าตัวคูณ (D) หรือค่าความต้านทานโหลด (R) หรือค่าความถี่สวิตซิง (f)

2.5 มอสเฟต (Mosfet)

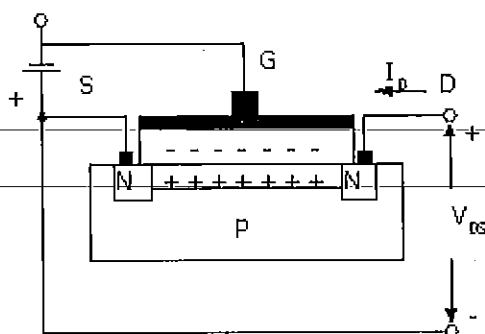
มอสเฟตมาจากคำว่า Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor เป็นเฟตที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำซึ่งได้รับการเคลือบผิวบางส่วนด้วยโลหะออกไซด์ข้อเด่นของมอสเฟตคือมีค่าความต้านทานอินพุตสูงมาก



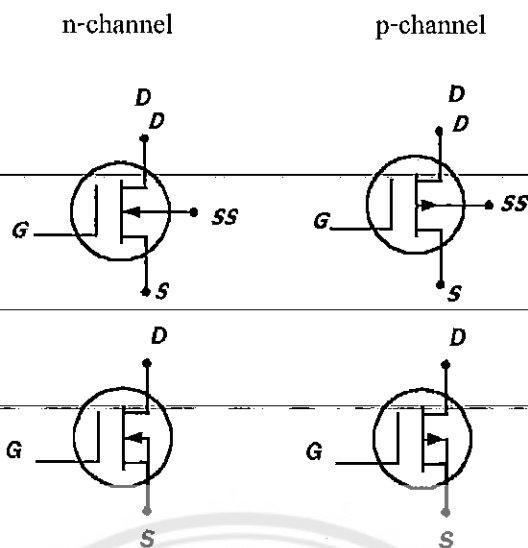
รูปที่ 2.8 แสดงวงจรสมมูลย์ของมอสเฟต (จาก www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/device/diode_transistor/mosfet.htm)

มอสเฟตจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ดีพลีชัน (Depletion) และ เอนฮานซ์เมนต์ (Enhancement) แต่ละประเภทยังแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบแชนแนลเอ็น (n) และ แบบแชนแนลพี (p)

การทำงานของมอสเฟตแบบดีพลีชันหรือดีมอสเฟต (D-MOSFET) พิจารณาจากรูปที่ 2.8 ให้ขาคัด (gate) มีแรงดันเป็นลบเมื่อเทียบกับขาคอร์ส (source) จะทำให้ประจุลบเกิดขึ้นที่ขาคัดและเกิดประจุบวกปรากฏขึ้นทางด้านที่ติดจนวนซิลิกอนออกไซด์ส่งผลให้เนื้อสารเอ็นที่มีอยู่น้อยมีขนาดลดลงทำให้ช่องว่างระหว่างขาคัดและคอร์สมากขึ้นกระแสก็จะไหลได้น้อยลง

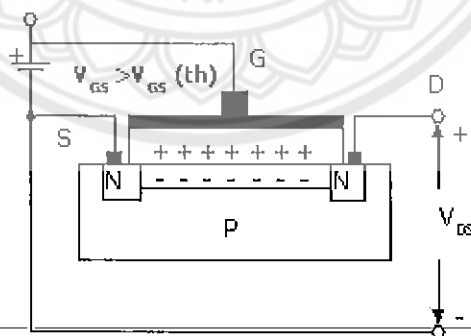


รูปที่ 2.9 โครงสร้างมอสเฟตแบบดีพลีชัน(จาก www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/device/diode_transistor/mosfet.htm)

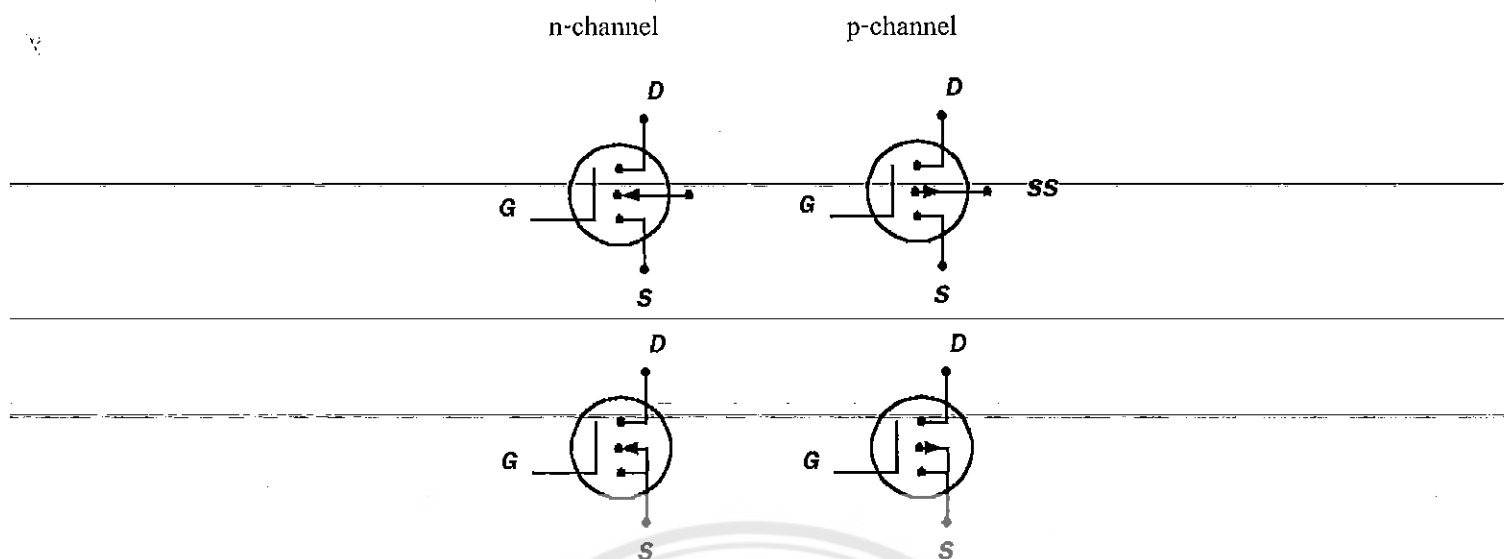


รูปที่ 2.10 แสดงสัญลักษณ์ของมอสเฟตแบบดีพลีชั่น (จาก www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/device/diode_transistor/mosfet.htm)

การทำงานของมอสเฟตแบบเอนฮานซ์เมนต์ (Enhancement) พิจารณาจากรูปที่ 2.11 เนื่องจากสารเอ็นทีชาเดรนและซอร์สเป็นสารพีซึ่งแตกต่างจากมอสเฟตแบบดีพลีชั่นทำให้เมื่อป้อนแรงดันบวกเข้าที่ขาคเกตจะเกิดประจุลบขึ้นทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากสารเอ็นทีซอร์สมาขาคเดรนได้ ดังนั้นมอสเฟตแบบนี้จะทำงานได้ ต้องป้อนแรงดันที่ขาคเกตเป็นแรงดันบวกเท่านั้นและแรงดันระหว่างขาคเกตและซอร์ส (V_{GS}) ที่ป้อนให้ต้องมีค่ามากกว่า $V_{GS(th)}$ (Gate Source threshold voltage)



รูปที่ 2.11 แสดงโครงสร้างของมอสเฟตแบบเอนฮานซ์เมนต์ (จาก www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/device/diode_transistor/mosfet.htm)



รูปที่ 2.12 แสดงสัญลักษณ์มอสเฟตแบบเอนฮานซ์เมนต์(จาก www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/device/diode_transistor/mosfet.htm)

เมื่อต้องการให้มอสเฟตกำลังนำกระแสอย่างต่อเนื่อง จะต้องมีแรงดันไฟฟ้าระหว่างขาเกตกับขาซอร์ส (V_{GS}) อย่างต่อเนื่อง ช่วงเวลาของการสวิตช์ของมอสเฟตกำลังจะมีค่าอยู่ระหว่างหลักสิบของนาโนวินาที ถึงหลักร้อยนาโนวินาทีซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดพิกัดของมอสเฟตกำลัง

ความต้านทานระหว่างขาเดรนกับขาซอร์ส จะขึ้นอยู่กับการทำงานของแรงดันไฟฟ้าหากทนแรงดันไฟฟ้าได้สูงก็ยิ่งทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขาเดรนกับขาซอร์สมีค่ามากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อกำลังสูญเสียจากการนำกระแส (Conduction losses) เช่น มอสเฟตกำลังมีค่าพิกัดการทำงานของแรงดันไฟฟ้า 1,000 โวลต์ จะมีค่าความต้านทานระหว่างขาเดรนกับขาซอร์สมากกว่ามอสเฟตกำลังมีค่าพิกัดการทำงานของแรงดันไฟฟ้า 200 โวลต์ ดังนั้นการสูญเสียจากการนำกระแสของมอสเฟตกำลังที่ทนได้ 1,000 โวลต์ จะมีกำลังสูญเสียที่เกิดจากการนำกระแสมากกว่าของมอสเฟตกำลังที่ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 200 โวลต์

ความต้านทานระหว่างขาเดรนกับขาซอร์สของมอสเฟตกำลัง จะมีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นบวก คือเมื่ออุณหภูมิมากขึ้นความต้านทานก็จะมากขึ้น มอสเฟตกำลังจะสามารถนำมาต่อขนานกันได้ง่ายหากต้องการใช้งานที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูงขึ้น ทั้งนี้มอสเฟตกำลังจะต้องมีคุณสมบัติต่างๆ เหมือนกันมากที่สุดจึงจะสามารถนำมาต่อกันได้

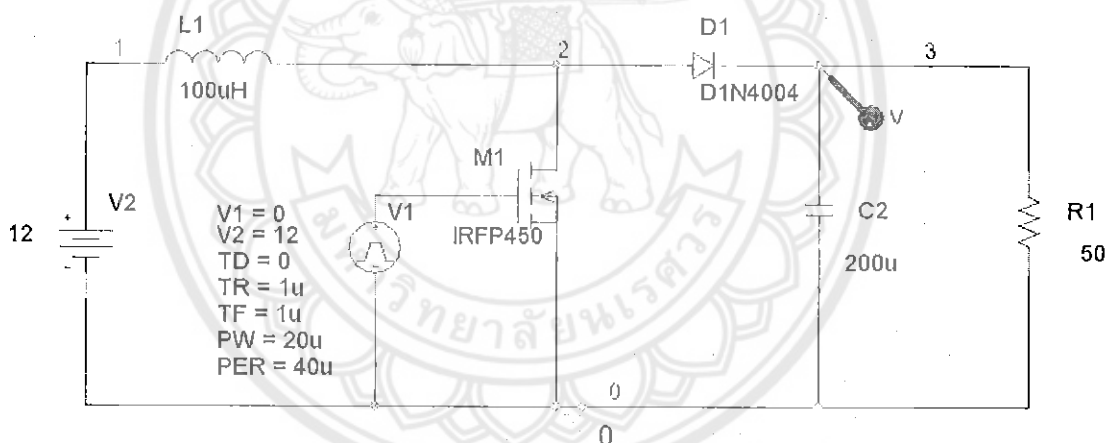
บทที่ 3

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

3.1 การวิเคราะห์วงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ด้วยโปรแกรม Pspice

โปรแกรม Pspice คือโปรแกรมใช้งานสำหรับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า โดยจะวิเคราะห์ที่กระแส, แรงดันและค่าอื่นๆ เมื่อจำลองแบบวงจรไฟฟ้าลงในโปรแกรม สำหรับผลการทดลองที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับก่อนที่จะทำการทดลองในวงจรจริง เพื่อให้ได้ผลที่มีความถูกต้องและมีความแม่นยำยิ่งขึ้น

สำหรับโครงงานชุดนี้ การจำลองวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ลงในโปรแกรม Pspice จะกำหนดให้ใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (V2) 12 โวลต์, ตัวต้านทาน (R1) 50 โอห์ม, ตัวเก็บประจุ (C2) 200 ไมโครฟารัด, ตัวเหนี่ยวนำ (L1) 100 ไมโครเฮนรี่, ไดโอด (D1) เบอร์ D1N4004, มอสเฟต (M1) เบอร์ IRFP450 และแหล่งจ่ายสัญญาณพัลส์ (V1) นำมาต่อกันเป็นวงจรดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 วงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ออกแบบโดยโปรแกรม Pspice

ผลการทดสอบรูปสัญญาณแรงดันที่ได้จากการวิเคราะห์ในโปรแกรม Pspice จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับแรงดันที่ได้ตามทฤษฎีและแรงดันที่ได้จากการทดสอบจริง โดยจะให้แรงดันอินพุต (V_s) มีค่า 12 โวลต์ (เนื่องจากใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงขนาด 12 โวลต์) การคำนวณหาแรงดันเอาต์พุต (V_o) ตามทฤษฎีจะหาได้จาก

$$V_o = \frac{V_s}{1 - D} \quad (3.1)$$

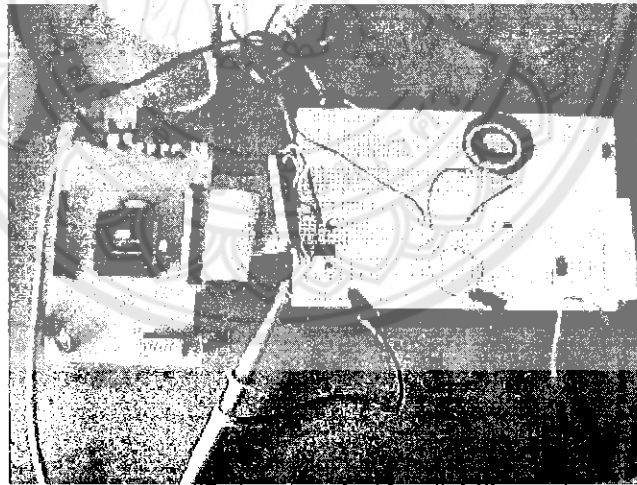
3.2 การทดสอบวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

การสร้างและทดสอบวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์จะต้องใช้อุปกรณ์ชนิดต่างๆ ได้แก่

ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51ED2	1 ชุด
มอสเฟต เบอร์ IRFP 450	1 ตัว
ไดโอด เบอร์ D1N4004	1 ตัว
ตัวต้านทานขนาด 50 โอห์ม	1 ตัว
ตัวเก็บประจุขนาด 200 ไมโครฟารัด	1 ตัว
ตัวเหนี่ยวนำขนาด 100 ไมโครเฮนรี่	1 ตัว

สำหรับรายละเอียดของอุปกรณ์ดังกล่าวจะแสดงในส่วนของภาคผนวก

ในการทดสอบจริง ขั้นแรกจะต้องต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้า (Power Supply) เข้ากับวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้จ่ายแรงดันขนาด 12 โวลต์เข้าสู่ระบบ แรงดันดังกล่าวจะถูกกำหนดให้เป็นแรงดันอินพุต (Input Voltage) ขึ้นต่อไปจะต้องต่อชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ของ AT89C51ED2 เข้ากับวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ดังรูปที่ 3.2 โดยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ควบคุมความถี่และค่าความถี่ไซน์เคลที่ป้อนเข้าสู่ระบบ เป็นผลให้สามารถควบคุมค่าความถี่ไซน์เคลได้โดยใช้โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีกำหนดค่าดังกล่าว



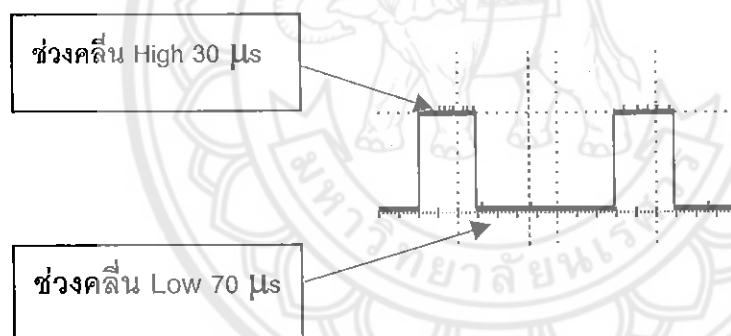
รูปที่ 3.2 การต่อชุดไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

การวัดค่าแรงดันเอาต์พุตและค่าความถี่ไซน์เคล ทำได้โดยการใช้โวลต์มิเตอร์ทำการวัดแรงดันเอาต์พุตที่บริเวณโหลด (Load) และใช้ออสซิลโลสโคปทำการวัดค่าความถี่ไซน์เคลบริเวณเพอร์ทที่ กำหนดให้เป็นเอาต์พุต (กำหนดได้โดยใช้โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี) ดังรูปที่ 3.3



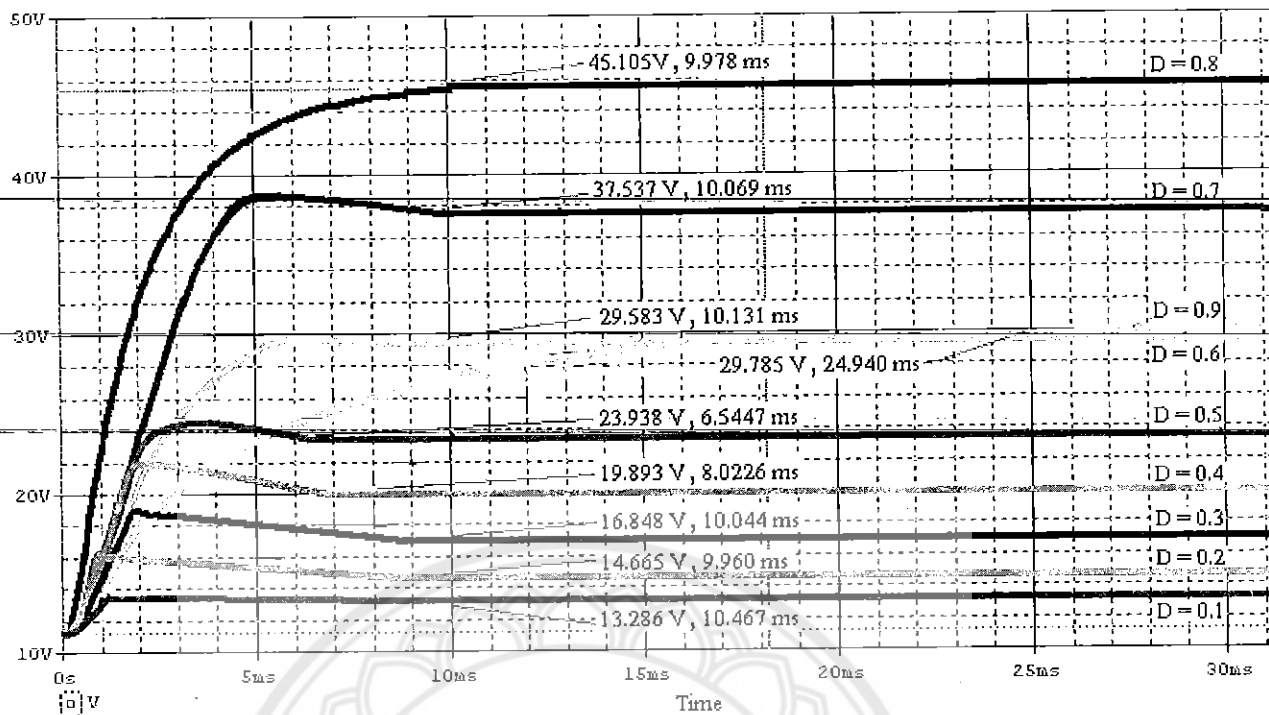
รูปที่ 3.3 การวัดค่าแรงดันเอาต์พุตและค่าควิตซ์ไคเคลของระบบ

ในการหาค่าควิตซ์ไคเคลจากสัญญาณพัลส์นั้น จะดูได้จากช่วงคาบของคลื่น โดยค่าดังกล่าวจะได้มาจากช่วงที่สัญญาณเป็น High ใน 1 คาบ ตัวอย่างเช่น สัญญาณ 1 คาบใช้เวลา 100 ไมโครวินาทีที่มีค่าควิตซ์ไคเคล 30 เปอร์เซ็นต์ สัญญาณพัลส์จะอยู่ในช่วง High ประมาณ 30 ไมโครวินาที และจะอยู่ในช่วง Low ประมาณ 70 ไมโครวินาที ต่อสัญญาณ 1 คาบ ดังรูปที่ 3.4



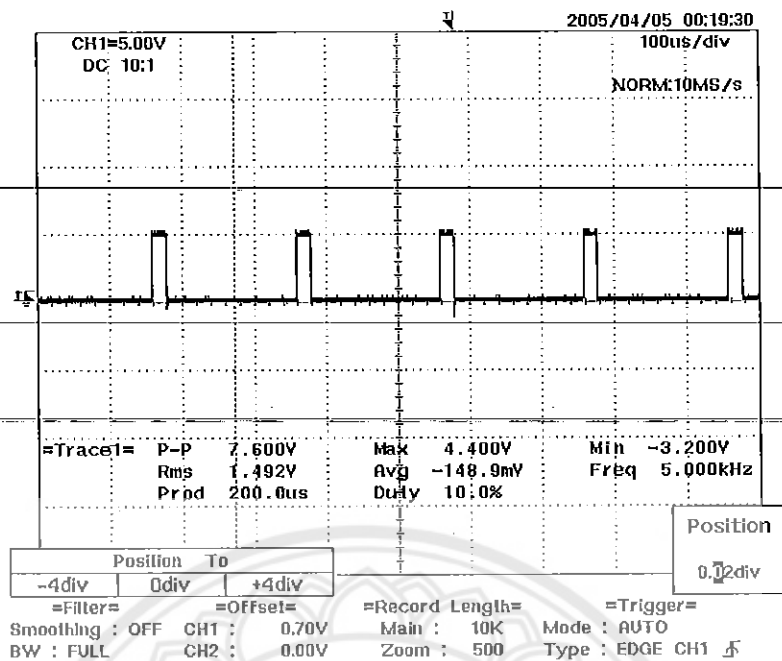
รูปที่ 3.4 รูปแบบของสัญญาณพัลส์ที่ค่าควิตซ์ไคเคล 30 เปอร์เซ็นต์

เมื่อทำการทดสอบวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์โดยการป้อนสัญญาณพัลส์ที่ค่าควิตซ์ไคเคลต่างๆ และทำการค่าแรงดันเอาต์พุตแล้ว จะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 3.5 – 3.23 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าแรงดันที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice กับค่าที่ได้จากการทดลองจริง

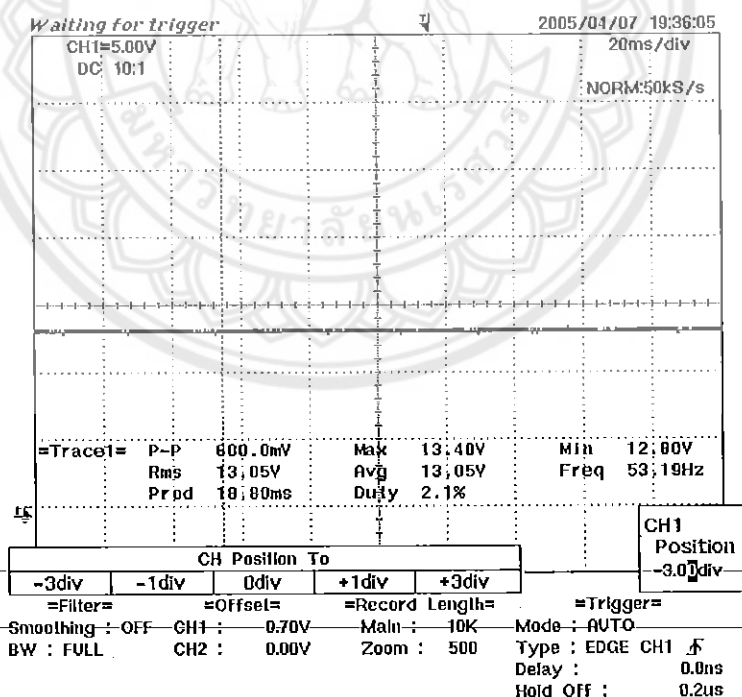


รูปที่ 3.5 กราฟแสดงแรงดันเอาต์พุตจากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice ที่ค่าดิวตี้ไซเคิลตั้งแต่ 0.1 – 0.9

จากรูปที่ 3.5 จะแสดงให้เห็นค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากการจำลองด้วย โปรแกรม Pspice ที่ค่าดิวตี้ไซเคิลตั้งแต่ 0.1 – 0.9 จากกราฟดังกล่าวจะเห็นได้ว่าแรงดันเอาต์พุตจะอยู่ในรูปผลตอบสนองชั่วขณะ (Transient) ค่าแรงดันที่แท้จริงจะหาได้จากช่วงเวลาที่แรงดันเริ่มคงที่ อาทิเช่น ที่ค่าดิวตี้ไซเคิล 0.1 จะได้ค่าแรงดันเอาต์พุต 13.286 โวลต์ และอยู่ในสภาวะคงตัวที่ 10.467 มิลลิวินาที หรือที่ค่าดิวตี้ไซเคิล 0.2 จะได้ค่าแรงดันเอาต์พุต 14.665 โวลต์ และอยู่ในสภาวะคงตัวที่ 9.960 มิลลิวินาที เป็นต้น

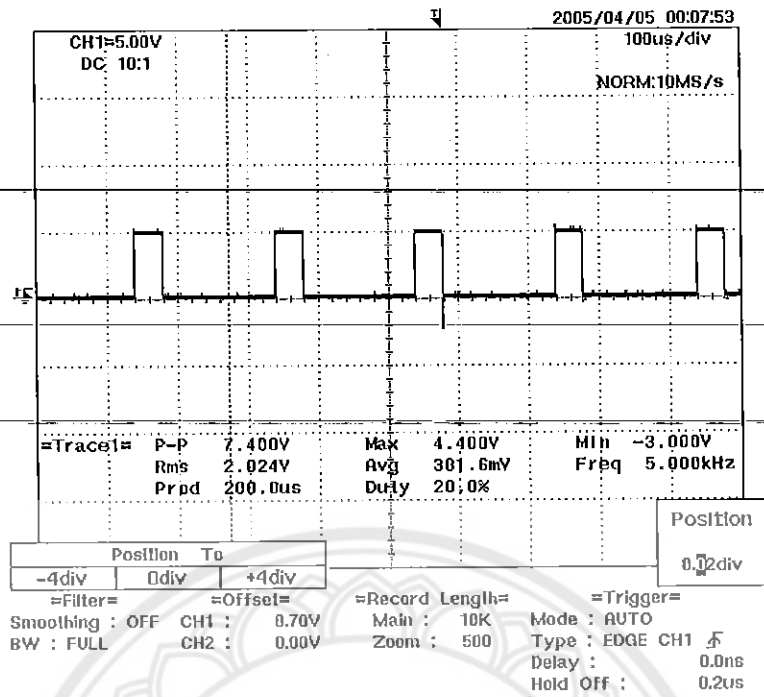


รูปที่ 3.6 สัญญาณที่ขาเกตเทียบกับขาอินพุต ที่ควิตซ์ไชเกิล 10 เปอร์เซนต์

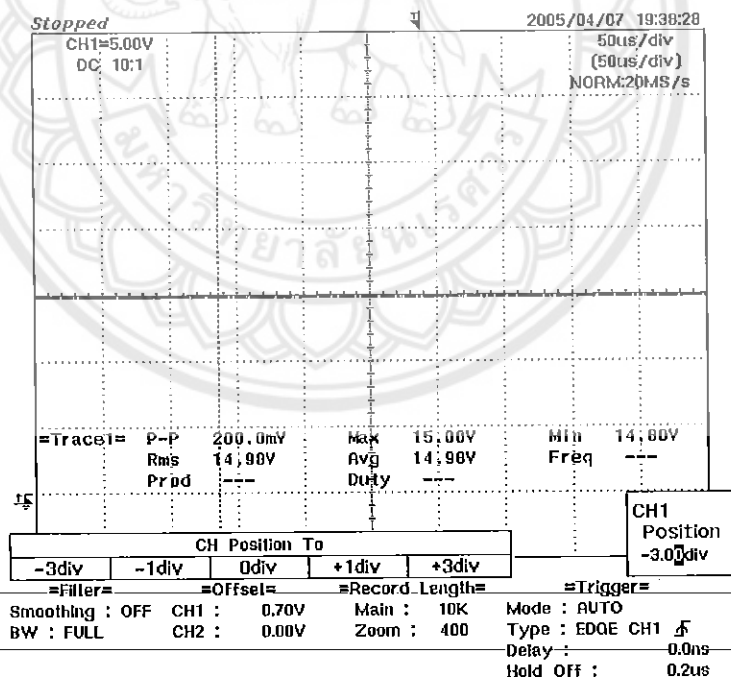


รูปที่ 3.7 แรงดันเอาต์พุต ที่ควิตซ์ไชเกิล 10 เปอร์เซนต์

จากรูปที่ 3.6 เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ที่ค่าควิตซ์ไชเกิล 10 เปอร์เซนต์ จะได้แรงดันเอาต์พุต 13.05 โวลต์ โดยสัญญาณที่ได้จะแสดงดังในรูปที่ 3.7

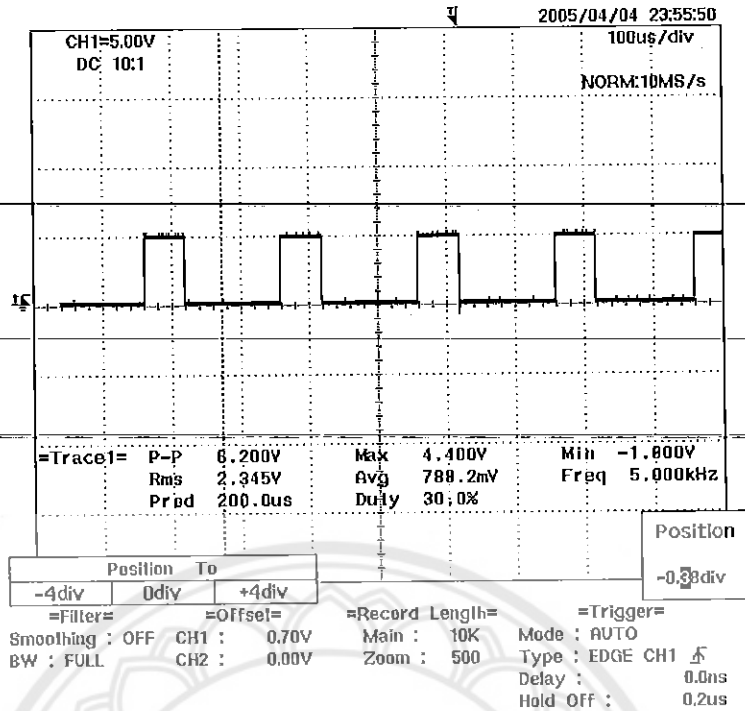


รูปที่ 3.8 สัญญาณที่ขมกตเทียบกับขาฮอร์ส ที่คิวตี้ไซเคิล 20 เปอร์เซนต์

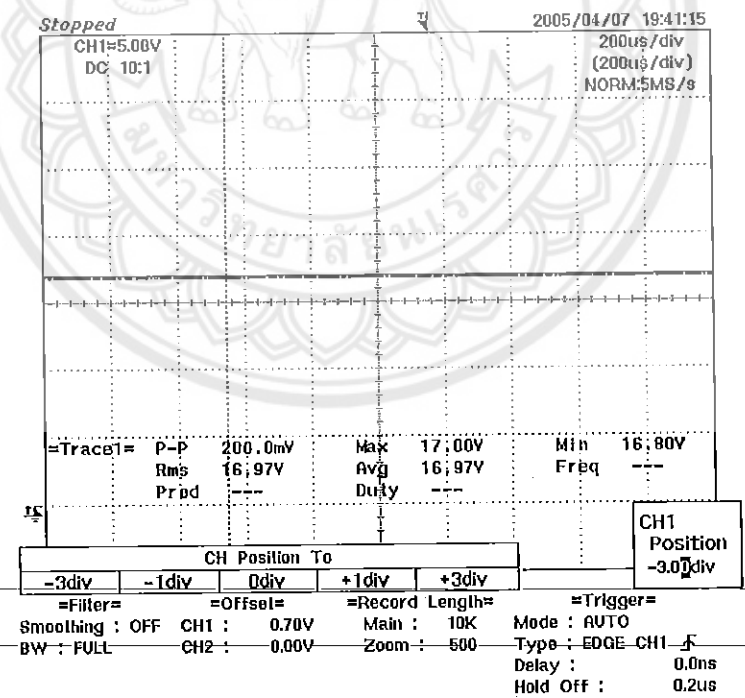


รูปที่ 3.9 แรงดันเอาต์พุต ที่คิวตี้ไซเคิล 20 เปอร์เซนต์

จากรูปที่ 3.8 เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ที่ค่าคิวตี้ไซเคิล 20 เปอร์เซนต์ จะได้แรงดันเอาต์พุตคือ 14.98 โวลต์ โดยสัญญาณที่ได้จะแสดงดังในรูปที่ 3.9

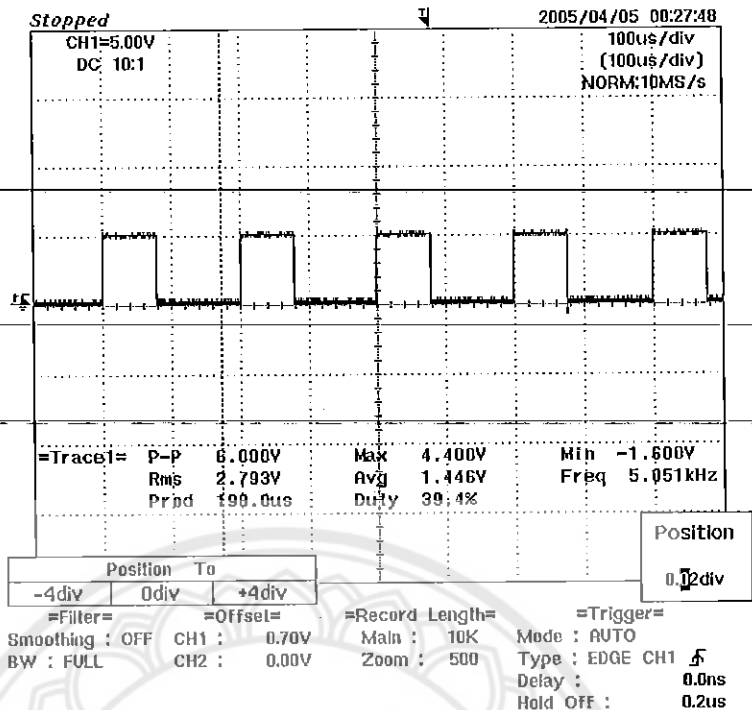


รูปที่ 3.10 สัญญาณที่ขาเกตเทียบกับขาอินพุต ที่ควิตซ์ไซเคิล 30 เปอร์เซ็นต์

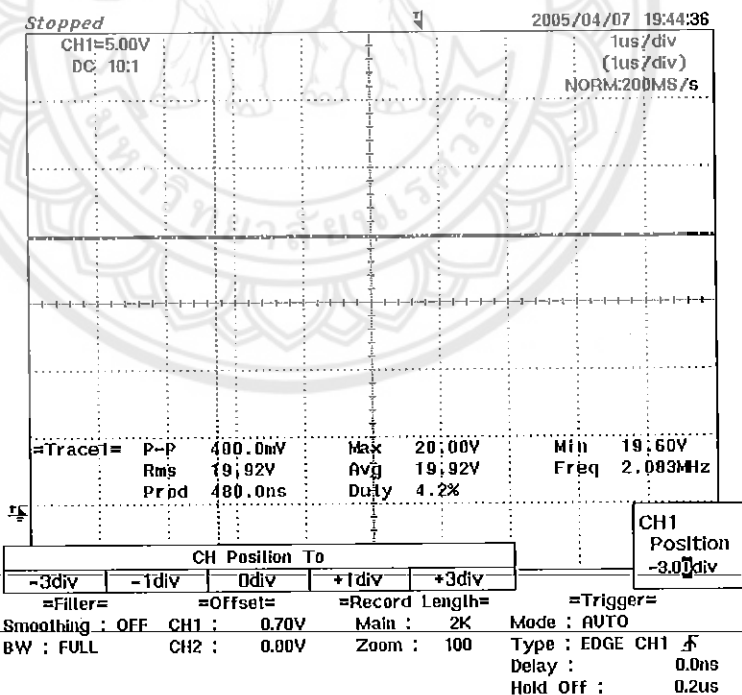


รูปที่ 3.11 แรงดันเอาต์พุต ที่ควิตซ์ไซเคิล 30 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 3.10 เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ที่ค่าควิตซ์ไซเคิล 30 เปอร์เซ็นต์ จะได้แรงดันเอาต์พุต คือ 16.97 โวลต์ โดยสัญญาณที่ได้จะแสดงดังในรูปที่ 3.11

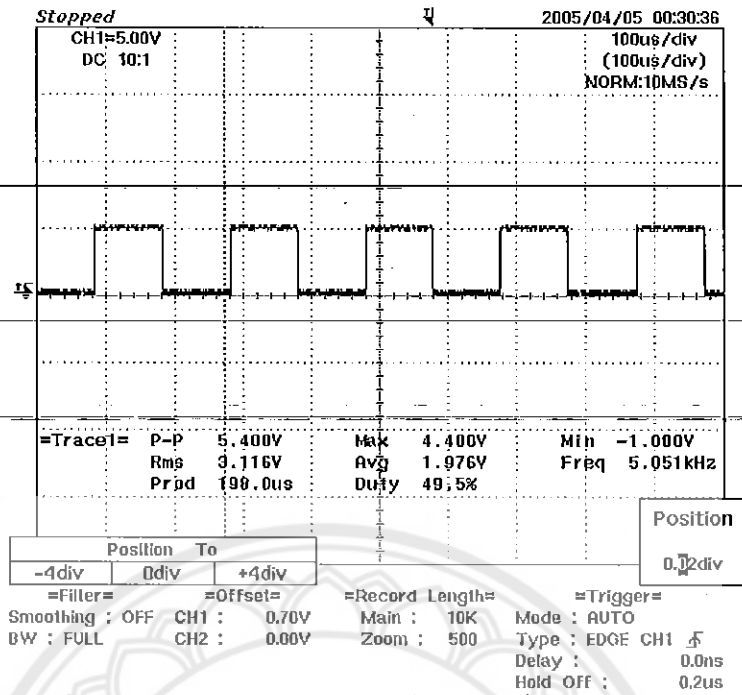


รูปที่ 3.12 สัญญาณที่ขากเกตเทียบกับขาซอร์ส ที่ควิต์ไซเคิล 40 เปอร์เซนต์

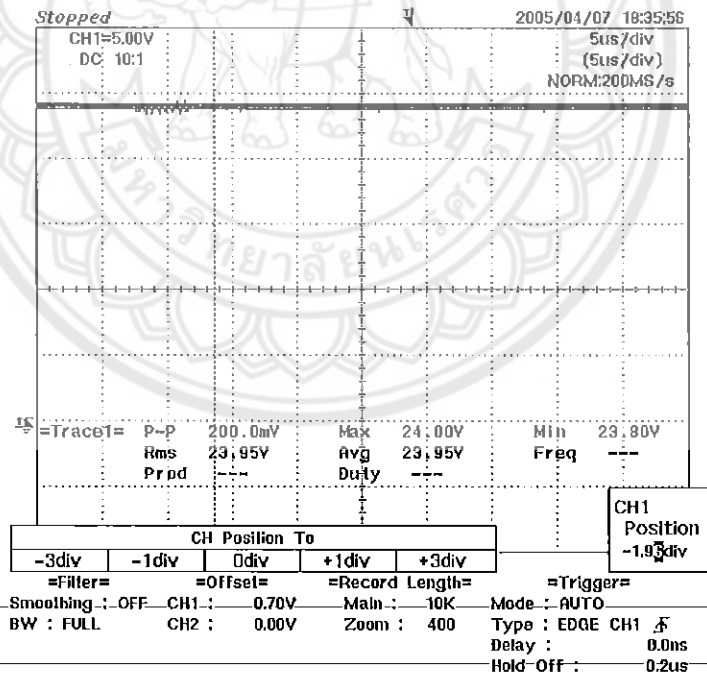


รูปที่ 3.13 แรงดันเอาต์พุต ที่ควิต์ไซเคิล 40 เปอร์เซนต์

จากรูปที่ 3.12 เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ที่ค่าควิต์ไซเคิล 40 เปอร์เซนต์ จะได้แรงดันเอาต์พุต คือ 19.92 โวลต์ โดยสัญญาณที่ได้จะแสดงดังในรูปที่ 3.13

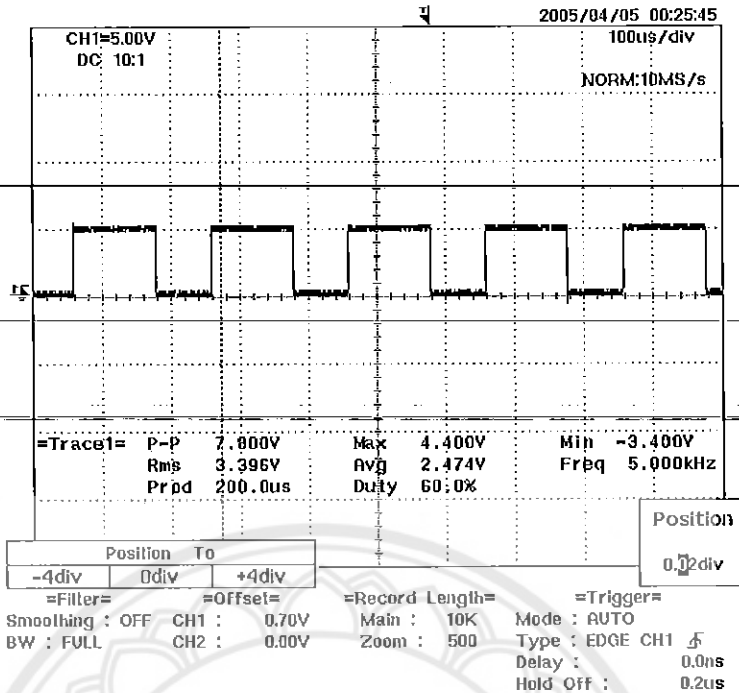


รูปที่ 3.14 สัญญาณที่ขาเกตเทียบกับขาอินพุต ที่ความถี่ไซเคิล 50 เฮอร์เซ็นต์

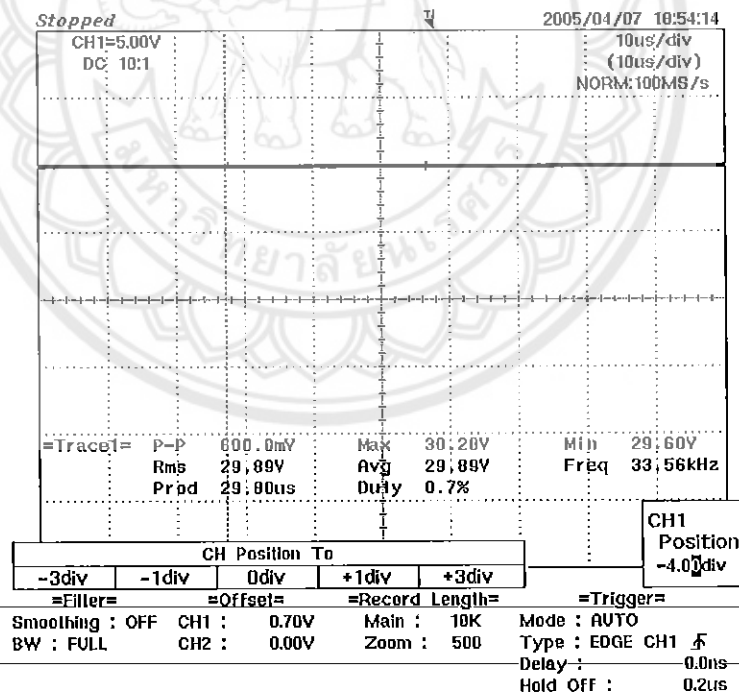


รูปที่ 3.15 แรงดันเอาต์พุต ที่ความถี่ไซเคิล 50 เฮอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 3.14 เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ที่ค่าความถี่ไซเคิล 50 เฮอร์เซ็นต์ จะได้แรงดันเอาต์พุตคือ 23.95 โวลต์ โดยสัญญาณที่ได้จะแสดงดังในรูปที่ 3.15



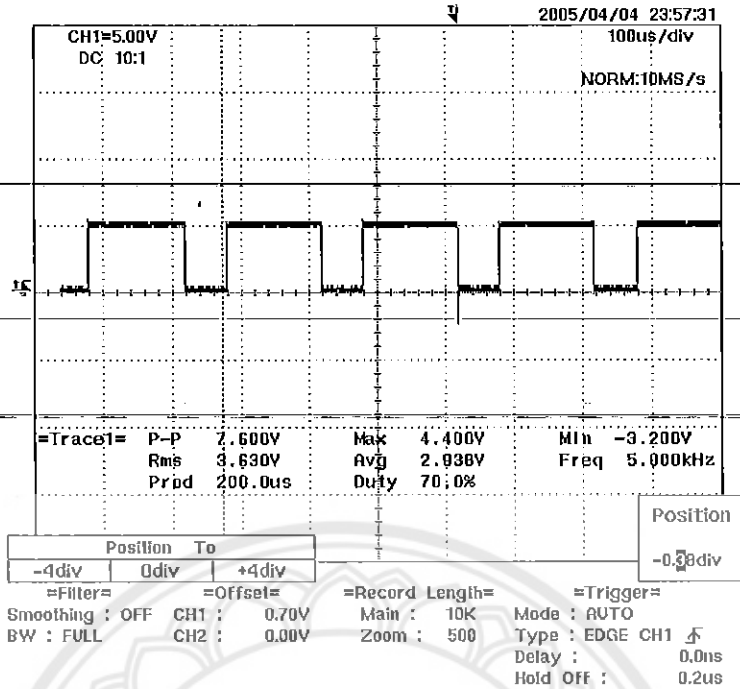
รูปที่ 3.16 สัญญาณที่ขาเกตเทียบกับขาอินพุต ที่ความถี่ 60 เฮอร์เซ็นต์



รูปที่ 3.17 แรงดันเอาต์พุต ที่ความถี่ 60 เฮอร์เซ็นต์

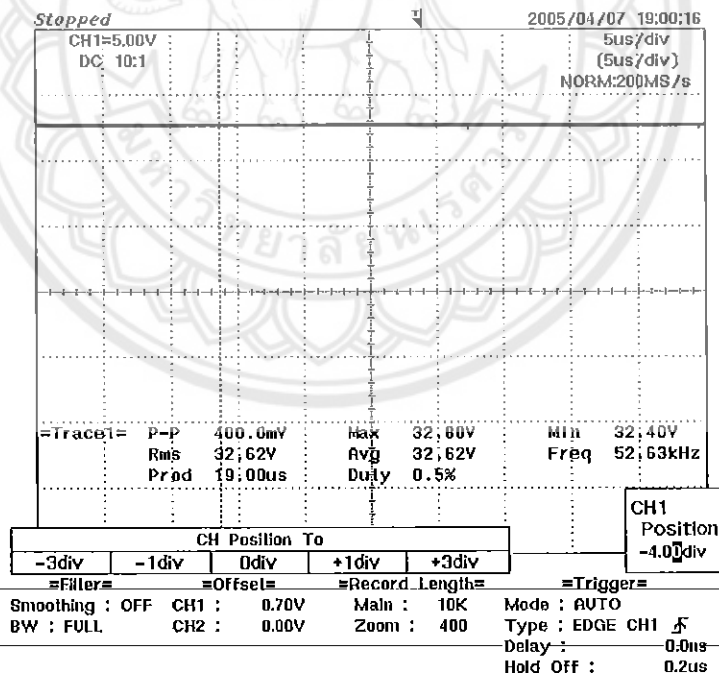
จากรูปที่ 3.16 เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ที่ค่าความถี่ 60 เฮอร์เซ็นต์ จะได้แรงดันเอาต์พุต คือ 29.89 โวลต์ โดยสัญญาณที่ได้จะแสดงดังในรูปที่ 3.17

15025588



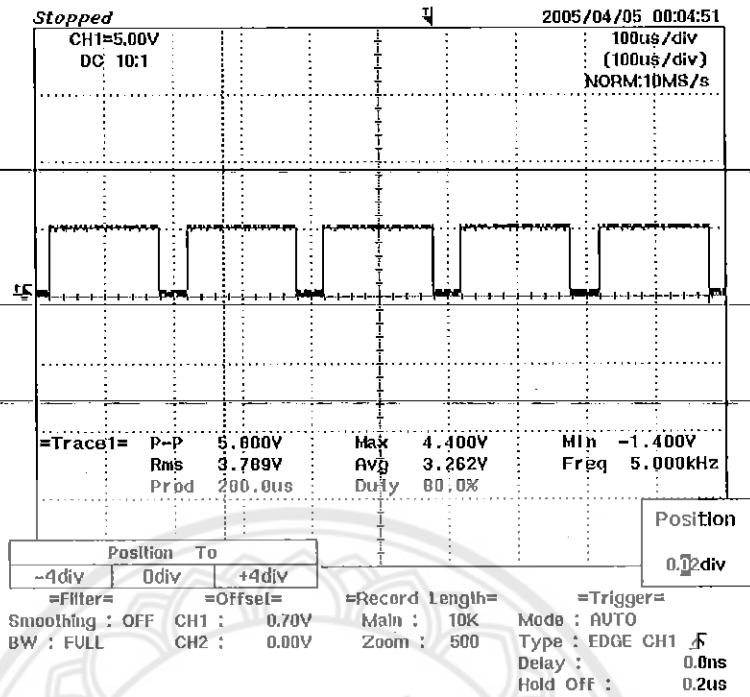
รศ.
ทศ.46
9547
2:2

รูปที่ 3.18 สัญญาณที่ขาเกตเทียบกับขาซอร์ส ที่ควิตซ์ไซเคิล 70 เปอร์เซ็นต์

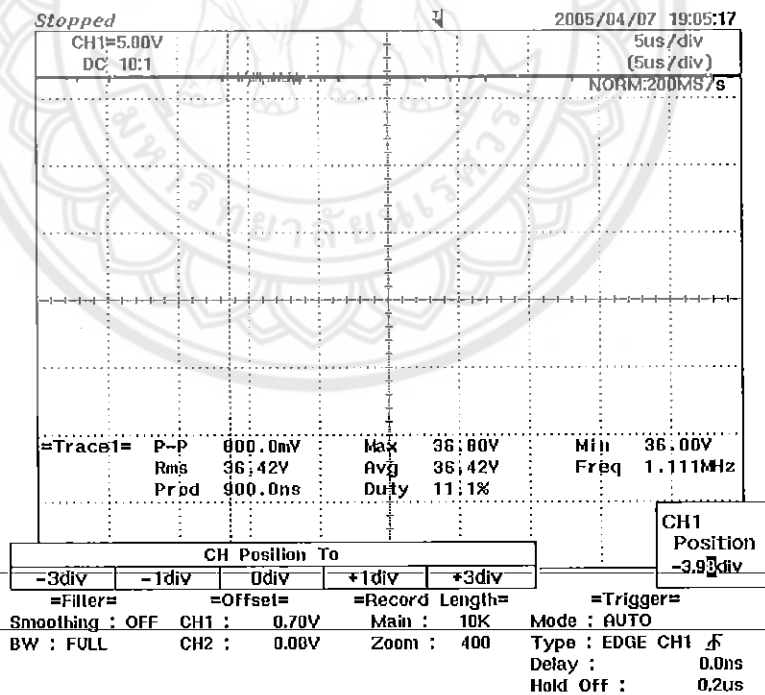


รูปที่ 3.19 แรงดันเอาต์พุต ที่ควิตซ์ไซเคิล 70 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 3.18 เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ที่ค่าควิตซ์ไซเคิล 70 เปอร์เซ็นต์ จะได้แรงดันเอาต์พุต คือ 32.62 โวลต์ โดยสัญญาณที่ได้จะแสดงดังในรูปที่ 3.19

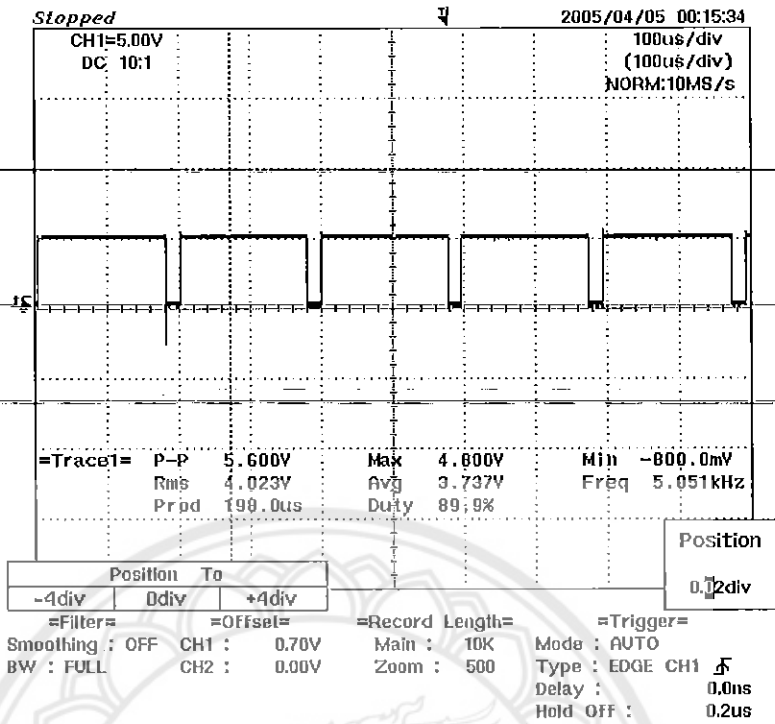


รูปที่ 3.20 สัญญาณที่ขาเกตเทียบกับขาอินพุต ที่ควิตซ์ไซเคิล 80 เปอร์เซนต์

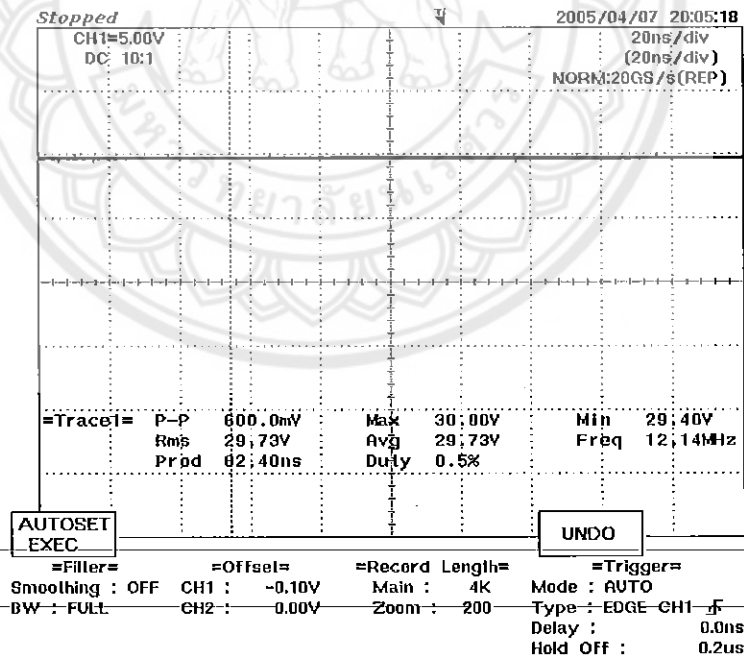


รูปที่ 3.21 แรงดันเอาต์พุต ที่ควิตซ์ไซเคิล 80 เปอร์เซนต์

จากรูปที่ 3.20 เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ที่ค่าควิตซ์ไซเคิล 80 เปอร์เซนต์ จะได้แรงดันเอาต์พุต คือ 36.42 โวลต์ โดยสัญญาณที่ได้จะแสดงดังในรูปที่ 3.21

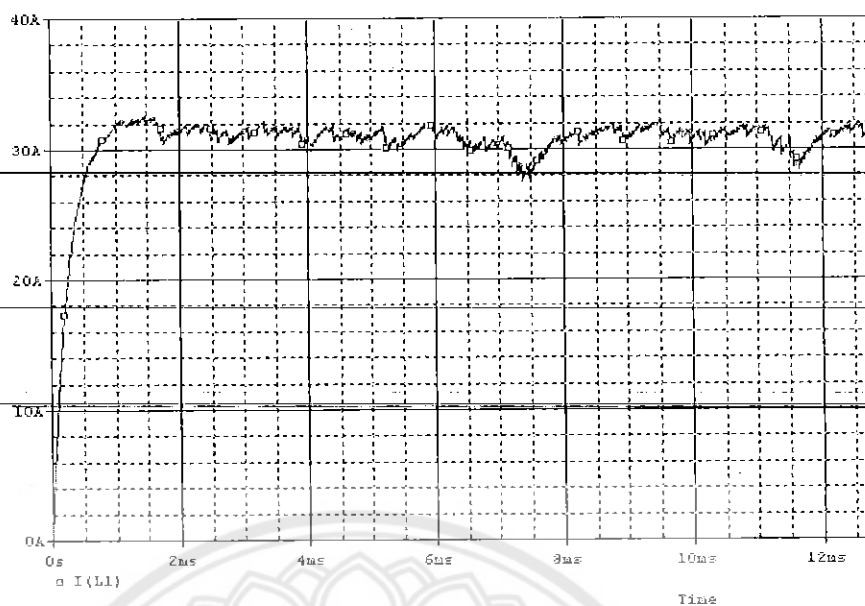


รูปที่ 3.22 สัญญาณที่ขาเกตเทียบกับขาซอร์ส ที่ควิต์ไซเคิล 90 เปอร์เซ็นต์

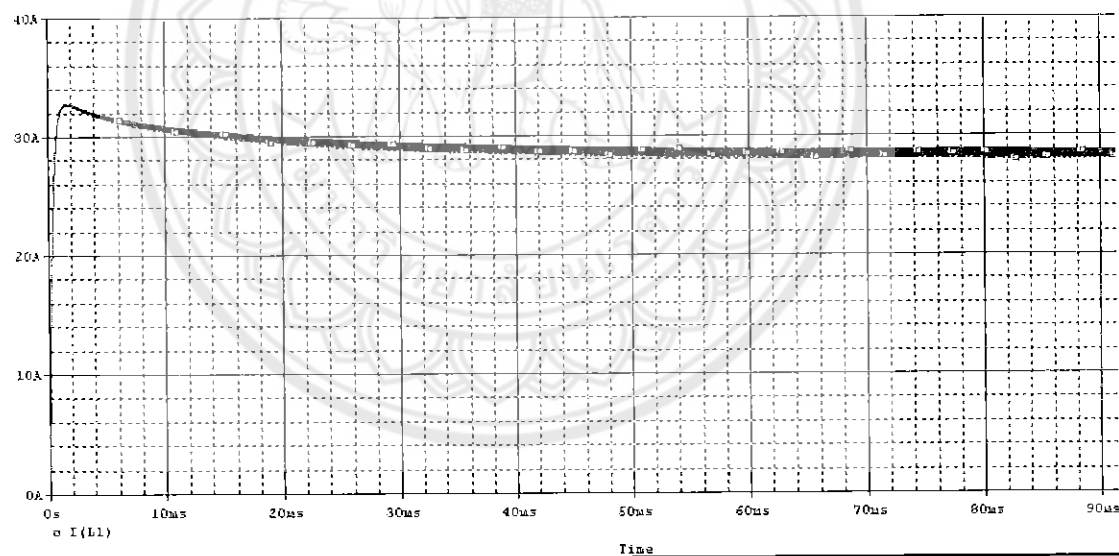


รูปที่ 3.23 แรงดันเอาต์พุต ที่ควิต์ไซเคิล 90 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 3.22 เมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ที่ค่าควิต์ไซเคิล 90 เปอร์เซ็นต์ จะได้แรงดันเอาต์พุตคือ 29.73 โวลต์ โดยสัญญาณที่ได้จะแสดงดังในรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.24 กระแสที่ได้จากการจำลองด้วย Pspice ที่ดิวตี้ไซเคิล 90 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 3.25 กระแสที่ได้จากการจำลองด้วย Pspice ที่ดิวตี้ไซเคิล 80 เปอร์เซ็นต์

จากรูปที่ 3.24 และ 3.25 จะแสดงให้เห็นการจำลองค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำที่ดิวตี้ไซเคิล 90 เปอร์เซ็นต์และ 80 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ากระแสทั้งสองกรณีนี้มีความต่อเนื่องกัน แต่ค่ากระแสที่ดิวตี้ไซเคิล 90 เปอร์เซ็นต์นั้น ระบบจะไม่มีประสิทธิภาพทำให้ไม่สามารถนำมาใช้งานได้

3.3 การวิเคราะห์แรงดันเอาต์พุตตามทฤษฎีกับแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมPspice และการทดสอบจริง

เมื่อนำแรงดันที่ได้ตามทฤษฎี, แรงดันจากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice และแรงดันที่ได้จากการทดสอบจริงมาเปรียบเทียบกันจะพบว่า ในช่วงแรกที่ค่าตัวโฆเคลืออยู่ระหว่าง 0.1 – 0.6 ค่าที่ได้จากทั้ง 3 กรณีจะใกล้เคียงกันมาก แต่ช่วงค่าตัวโฆเคลือตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไปจะพบว่า ค่าแรงดันจากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice และแรงดันที่ได้จากการทดสอบจริง จะไม่เพิ่มขึ้นมากและเมื่อถึงจุดหนึ่งก็จะมีค่าลดลง ซึ่งตรงกันข้ามกับตามทฤษฎี

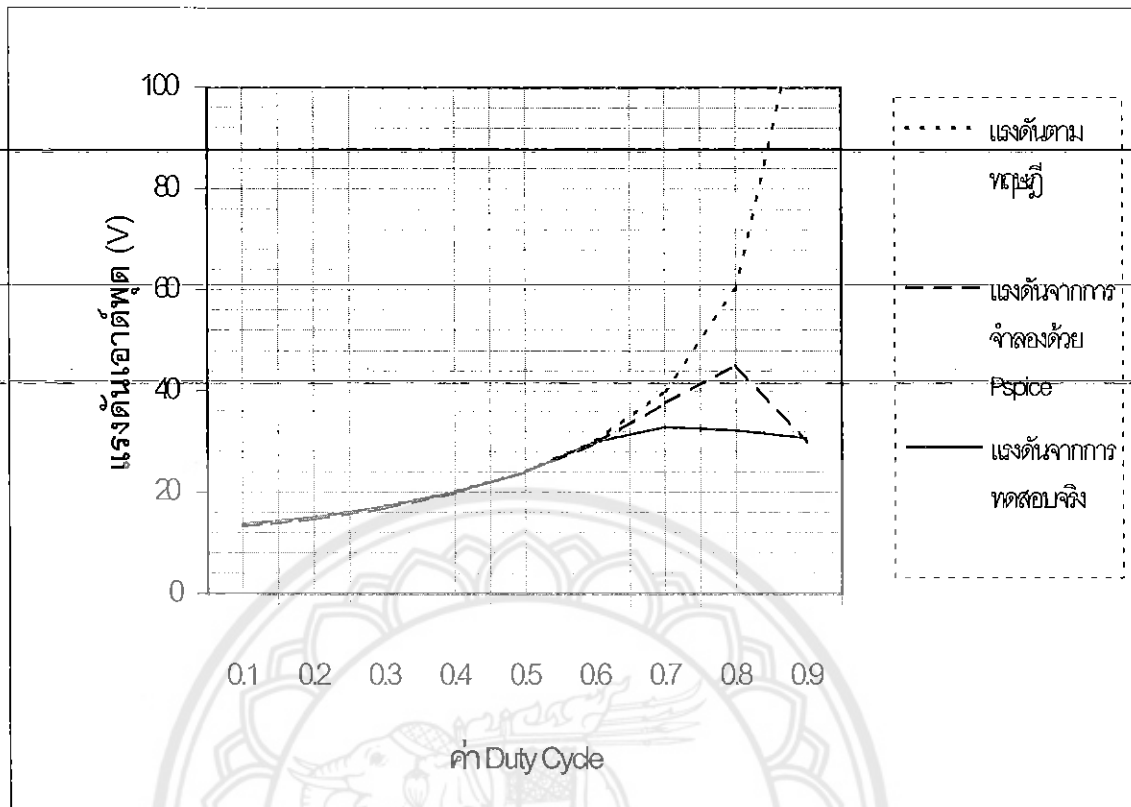
ทั้งนี้เป็นผลมาจากกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจะไม่ต่อเนื่อง ทำให้อัตราการขยายแรงดันลดลง จนเมื่อถึงจุดหนึ่งแรงดันก็จะไม่เสถียรในที่สุด

นอกจากนี้ค่าแรงดันเอาต์พุตสูงสุดจากการทดสอบจริง จะมีค่าน้อยกว่าค่าแรงดันสูงสุดจากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice ซึ่งมีแรงดันเอาต์พุตสูงสุดอยู่ที่ 45.105 โวลต์ เนื่องจากแรงดันเอาต์พุตจากการทดสอบจริงจะมีค่าการสูญเสียแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไดโอด, ตัวขั้วสัญญาณและตัวอุปกรณ์สวิตช์ เช่นเดียวกับกรณีแรก เป็นผลให้มีแรงดันเอาต์พุตสูงสุดอยู่ที่ 32.84 โวลต์ เท่านั้น

การคำนวณแรงดันที่ได้ตามทฤษฎี, แรงดันจากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice และแรงดันที่ได้จากการทดสอบจริง จะได้ผลดังตารางนี้

ตารางที่ 3.1 ตารางเปรียบเทียบแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากทฤษฎี, การจำลองโปรแกรม Pspice และการทดสอบจริง

แรงดันอินพุต (V)	ค่าตัวโฆเคลือ (D)	แรงดันเอาต์พุต (V) ตามทฤษฎี	แรงดันเอาต์พุต (V) จากโปรแกรม Pspice	แรงดันเอาต์พุต (V) จากการทดสอบจริง
12	0.1	13.20	13.286	13.67
12	0.2	15.00	14.665	14.97
12	0.3	17.16	16.848	17.13
12	0.4	20.04	19.893	20.02
12	0.5	24.00	23.938	23.94
12	0.6	30.00	29.583	29.83
12	0.7	39.96	37.537	32.84
12	0.8	60.00	45.105	32.18
12	0.9	120.00	29.785	30.58



รูปที่ 3.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากทฤษฎี, การจำลอง โปรแกรม Pspice และการทดสอบจริง

จากกราฟที่ 3.26 ในช่วงค่าดิวตี้ไซเคิลที่ 0.1 – 0.6 แรงดันเอาต์พุตทั้ง 3 กรณีจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก แต่ในช่วงค่าดิวตี้ไซเคิลที่ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป ค่าแรงดันเอาต์พุตจากการทดสอบจริงและการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice จะมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยก่อนที่จะลดลงเมื่ออยู่ในช่วงค่าดิวตี้ไซเคิลประมาณ 0.8 ซึ่งแตกต่างจากทฤษฎีที่แรงดันสูงขึ้นอย่างมาก ทั้งนี้เป็นผลมาจากกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำไม่มีความต่อเนื่อง ดังนั้นจากการทดสอบวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์จะพบว่าเมื่อป้อนแรงดันเอาต์พุตขนาด 12 โวลต์ พร้อมป้อนสัญญาณพัลส์เข้าไปในระบบแล้ว จะเห็นได้ว่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice จะมีค่าใกล้เคียงกับแรงดันเอาต์พุตจากการทดสอบจริงคือ เมื่อเพิ่มค่าดิวตี้ไซเคิลถึงจุดๆ หนึ่ง แรงดันเอาต์พุตจะไม่เพิ่มขึ้นแต่มีค่าลดลง ซึ่งแตกต่างจากแรงดันเอาต์พุตตามทฤษฎีซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามทฤษฎี

บทที่ 4

สรุปผล และวิเคราะห์

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลที่ได้จากการทำโครงการนี้ พร้อมเสนอแนะแนวทางในการนำโครงการนี้ไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพให้มากยิ่งขึ้นได้ในอนาคต

4.1 สรุปผล

ในโครงการนี้เป็นการออกแบบวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost converter) เพื่อควบคุมแรงดันเอาต์พุตด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวส่งจ่ายค่าสัญญาณให้กับวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ตำแหน่งค่าความถี่ที่แตกต่างกัน เพื่อให้เป็นไปตามทฤษฎีได้อย่างถูกต้อง ซึ่งในโครงการนี้ก็จะเป็นไปตามทฤษฎีโดยเปรียบเทียบจากค่าที่ได้จากการจำลองวงจรในโปรแกรม Pspice และค่าที่ได้จากการทดสอบจริง

จากการทดลองพบว่ากราฟที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดสอบจริงมาก โครงการนี้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการควบคุมแรงดันที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ต่อไป

4.2 ปัญหาที่พบ

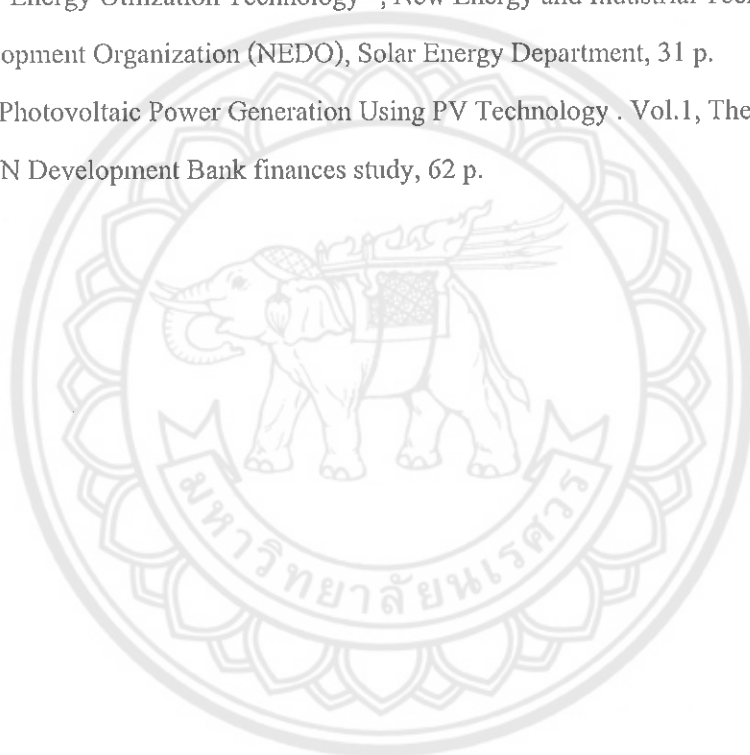
- 4.2.1 ปัญหาเรื่องการมีสัญญาณรบกวนต่างๆ เข้ามาเล็กน้อยในการแปลงแรงดันที่จะไปจ่ายให้กับมอเตอร์
- 4.2.2 ปัญหาในเรื่องกระแสในวงจรยังมีค่าน้อยเกินไปและยังมีปัญหาเรื่องการสูญเสียแรงดันตกคร่อมไดโอดกับตัวขยายสัญญาณของวงจร

4.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

- 4.2.2 ต้องมีการติดตั้งวงจรควบคุมอัตโนมัติเพิ่มเติม เพื่อควบคุมแรงดันให้เสถียรภาพยิ่งขึ้น
- 4.2.3 เพิ่มขีดความสามารถในการจ่ายกระแสให้เพิ่มมากขึ้น
- 4.2.4 สามารถนำวงจรดังกล่าวไปพัฒนาร่วมกับโซลาร์เซลล์ได้จริง

เอกสารอ้างอิง

-
- [1] รศ.ดร. วีระเชษฐ์ ชันเงิน, อิเล็กทรอนิกส์กำลัง, พิมพ์ครั้งที่2, กรุงเทพฯ, หจก. จี.เจ. พรินติ้ง, 2547
-
- [2] MUHAMMAD H.RASHID, POWER ELECTRONICS, NEW JERSEY: PRINTICE, 1997
- [3] สุระพล เขียวมนตรี, อิเล็กทรอนิกส์กำลัง, พิมพ์ครั้งที่1, กรุงเทพฯ, 2545
-
- [4] <http://www.thaiengineering.com>
- [5] “Solar Energy Utilization Technology” , New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), Solar Energy Department, 31 p.
- [6] Solar Photovoltaic Power Generation Using PV Technology . Vol.1, The Technology, ASIAN Development Bank finances study, 62 p.
-
-



ภาคผนวก

โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่ใช้งานสัญญาณให้วงจรมุสค์คอมพิวเตอร์

```
ORG 0000H
MOV TMOD,#01H
START: SETB P2.1
        ACALL DELAY1
        CLR P2.1
        ACALL DELAY2
        SJMP START
DELAY1: CLR TF0
        CLR TR0
        MOV TH0,#0FFH
        MOV TL0,#0FCH
        SETB TR0
WAIT:   JNB TF0,WAIT
        RET
DELAY2: CLR TF1
        CLR TR1
        MOV TH1,#0FFH
        MOV TL1,#0FAH
        SETB TR1
WAIT:   JNB TF1,WAIT
        RET
END
```



November 2001

IRFP450B

IRFP450B

500V N-Channel MOSFET

General Description

These N-Channel enhancement mode power field effect transistors are produced using Fairchild's proprietary, planar, DMOS technology.

This advanced technology has been especially tailored to minimize on-state resistance, provide superior switching performance, and withstand high energy pulse in the avalanche and commutation mode. These devices are well suited for high efficiency switch mode power supplies, power factor correction and electronic lamp ballasts based on half bridge.

Features

- 14A, 500V, $R_{DS(on)} = 0.39\Omega$ @ $V_{GS} = 10V$
- Low gate charge (typical 87 nC)
- Low C_{rss} (typical 60 pF)
- Fast switching
- 100% avalanche tested
- Improved dv/dt capability



Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	IRFP450B	Units
V_{DS}	Drain-Source Voltage	500	V
I_D	Drain Current	- Continuous ($T_C = 25^\circ\text{C}$)	14
		- Continuous ($T_C = 100^\circ\text{C}$)	8.8
I_{DM}	Drain Current - Pulsed (Note 1)	56	A
V_{GS}	Gate-Source Voltage	± 30	V
E_{AS}	Single Pulsed Avalanche Energy (Note 2)	990	mJ
I_{AR}	Avalanche Current (Note 1)	14	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy (Note 1)	20.5	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt (Note 3)	5.5	V/ns
P_D	Power Dissipation ($T_C = 25^\circ\text{C}$)		205
		- Derate above 25°C	1.64
T_J, T_{STG}	Operating and Storage Temperature Range	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
T_L	Maximum lead temperature for soldering purposes, $1/8"$ from case for 5 seconds	300	$^\circ\text{C}$

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Typ	Max	Units
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance, Junction-to-Case	--	0.61	$^\circ\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta CS}$	Thermal Resistance, Case-to-Sink	0.24	--	$^\circ\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	--	40	$^\circ\text{C}/\text{W}$

Electrical Characteristics <small>T_C = 25°C unless otherwise noted</small>						
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Off Characteristics						
BV _{DSS}	Drain-Source Breakdown Voltage	V _{GS} = 0 V, I _D = 250 μA	500	--	--	V
ΔBV _{DSS} / ΔT _J	Breakdown Voltage Temperature Coefficient	I _D = 250 μA, Referenced to 25°C	--	0.55	--	V/°C
I _{DSS}	Zero Gate Voltage Drain Current	V _{DS} = 500 V, V _{GS} = 0 V	--	--	10	μA
		V _{DS} = 400 V, T _C = 125°C	--	--	100	μA
I _{GSSF}	Gate-Body Leakage Current, Forward	V _{GS} = 30 V, V _{DS} = 0 V	--	--	100	nA
I _{GSSR}	Gate-Body Leakage Current, Reverse	V _{GS} = -30 V, V _{DS} = 0 V	--	--	-100	nA
On Characteristics						
V _{GS(th)}	Gate Threshold Voltage	V _{DS} = V _{GS} , I _D = 250 μA	2.0	--	4.0	V
R _{DS(on)}	Static Drain-Source On-Resistance	V _{GS} = 10 V, I _D = 7.0 A	--	0.31	0.39	Ω
g _{FS}	Forward Transconductance	V _{DS} = 40 V, I _D = 7.0 A (Note 4)	--	14	--	S
Dynamic Characteristics						
C _{iss}	Input Capacitance	V _{DS} = 25 V, V _{GS} = 0 V, f = 1.0 MHz	--	2900	3800	pF
C _{oss}	Output Capacitance		--	260	340	pF
C _{rss}	Reverse Transfer Capacitance		--	60	80	pF
Switching Characteristics						
t _{d(on)}	Turn-On Delay Time	V _{DD} = 250 V, I _D = 14 A, R _θ = 25 Ω (Note 4, 5)	--	45	100	ns
t _r	Turn-On Rise Time		--	130	270	ns
t _{d(off)}	Turn-Off Delay Time		--	260	530	ns
t _f	Turn-Off Fall Time		--	125	260	ns
Q _g	Total Gate Charge	V _{DS} = 400 V, I _D = 14 A, V _{GS} = 10 V (Note 4, 5)	--	87	113	nC
Q _{gs}	Gate-Source Charge		--	13	--	nC
Q _{gd}	Gate-Drain Charge		--	39	--	nC
Drain-Source Diode Characteristics and Maximum Ratings						
I _S	Maximum Continuous Drain-Source Diode Forward Current		--	--	14	A
I _{SM}	Maximum Pulsed Drain-Source Diode Forward Current		--	--	56	A
V _{SD}	Drain-Source Diode Forward Voltage	V _{GS} = 0 V, I _S = 14 A	--	--	1.4	V
t _{rr}	Reverse Recovery Time	V _{GS} = 0 V, I _S = 14 A,	--	495	--	ns
Q _{rr}	Reverse Recovery Charge	dI _F / dt = 100 A/μs (Note 4)	--	7.05	--	μC
Notes: 1. Repetitive Rating: Pulse width limited by maximum junction temperature 2. L = 9.1mH, I _{AS} = 14A, V _{pp} = 50V, R _θ = 25 Ω, Starting T _J = 25°C 3. I _{AS} = 14A, dI/dt = 300A/μs, V _{DD} = 100V, Starting T _J = 25°C 4. Pulse Test: Pulse width = 300μs, Duty cycle = 2% 5. Essentially independent of operating temperature						

Typical Characteristics

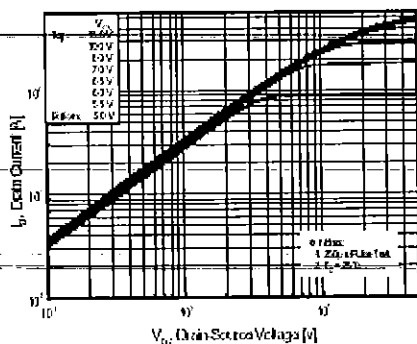


Figure 1. On-Region Characteristics

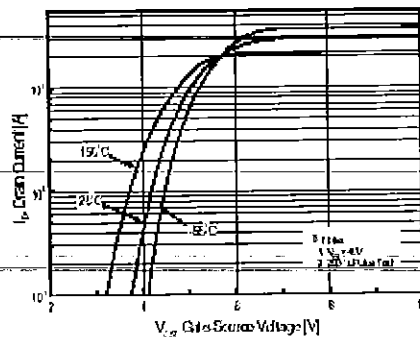


Figure 2. Transfer Characteristics

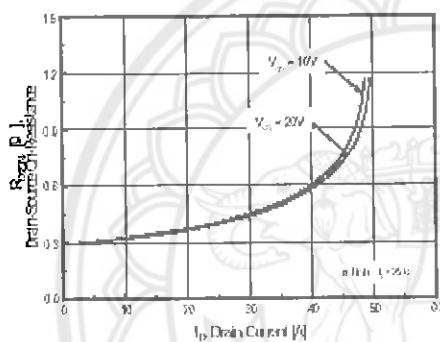


Figure 3. On-Resistance Variation vs Drain Current and Gate Voltage

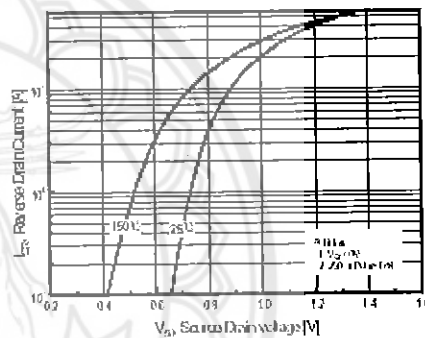


Figure 4. Body Diode Forward Voltage Variation with Source Current and Temperature

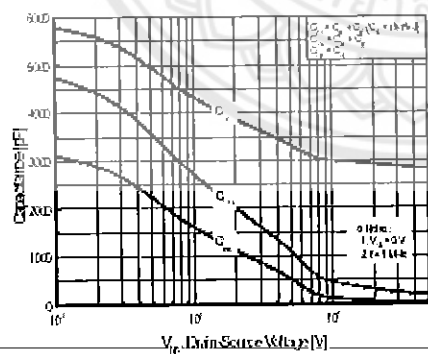


Figure 5. Capacitance Characteristics

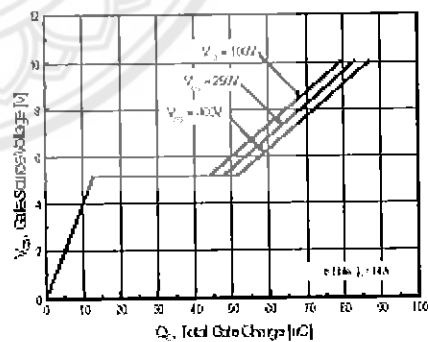


Figure 6. Gate Charge Characteristics

Typical Characteristics (Continued)

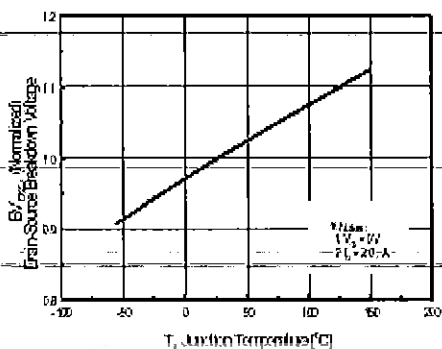


Figure 7. Breakdown Voltage Variation vs Temperature

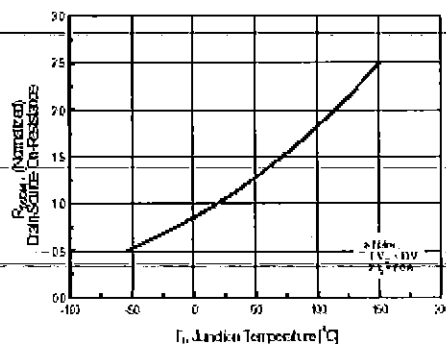


Figure 8. On-Resistance Variation vs Temperature

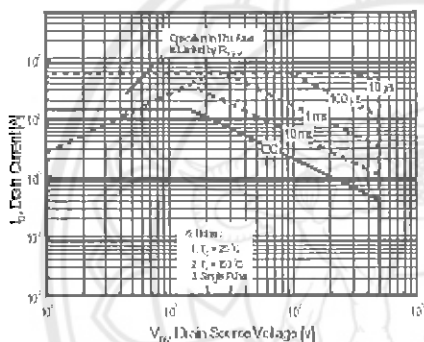


Figure 9. Maximum Safe Operating Area

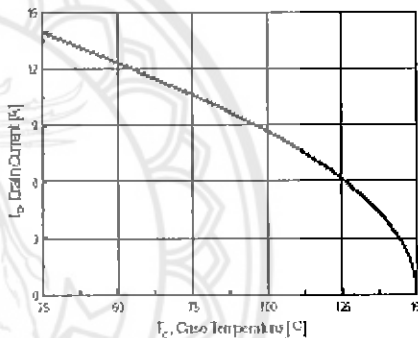


Figure 10. Maximum Drain Current vs Case Temperature

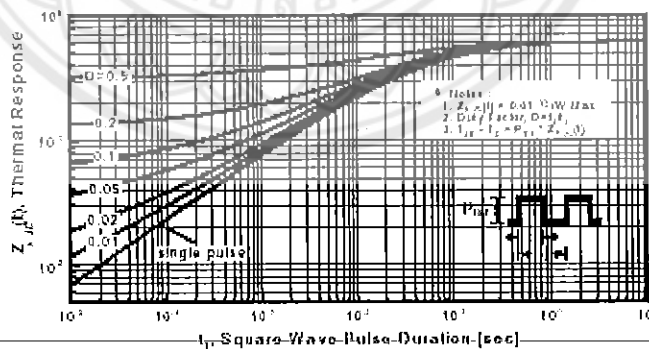
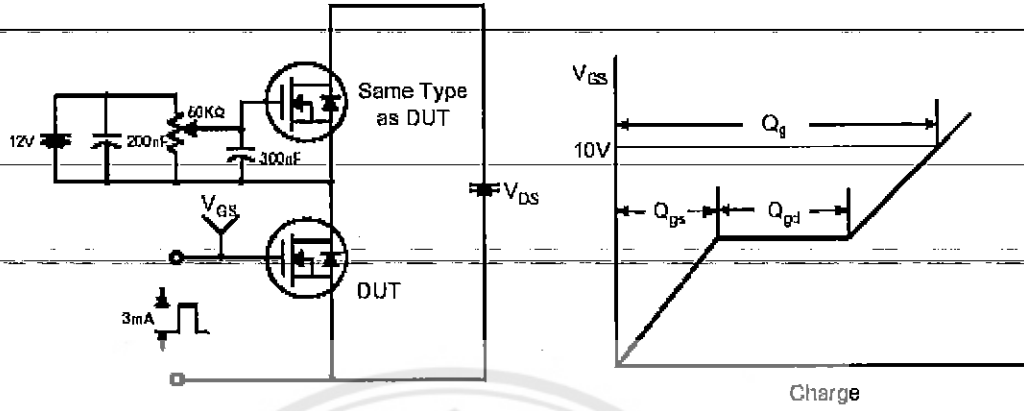
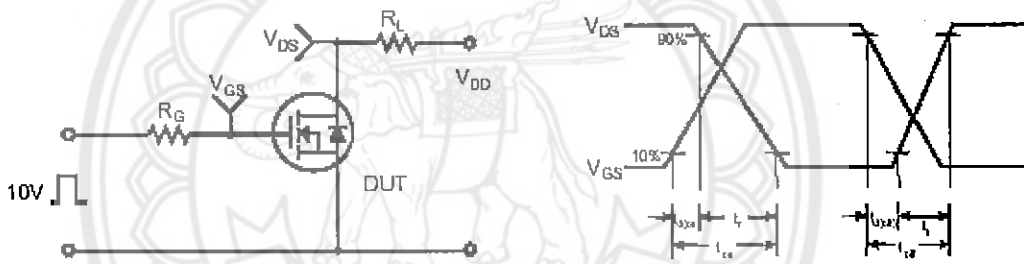


Figure 11. Transient Thermal Response Curve

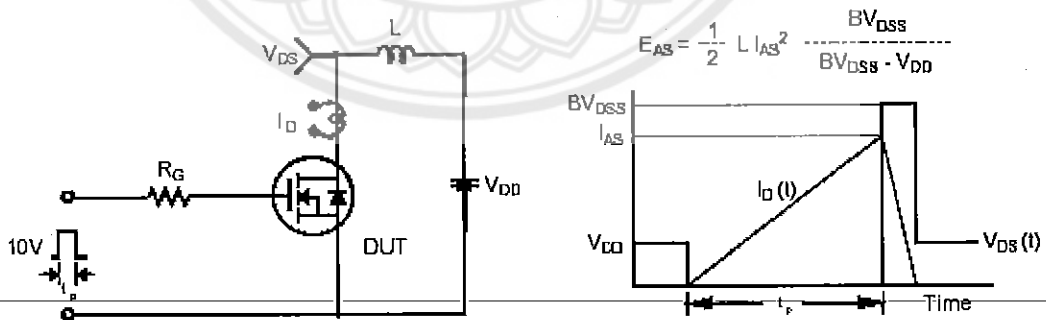
Gate Charge Test Circuit & Waveform



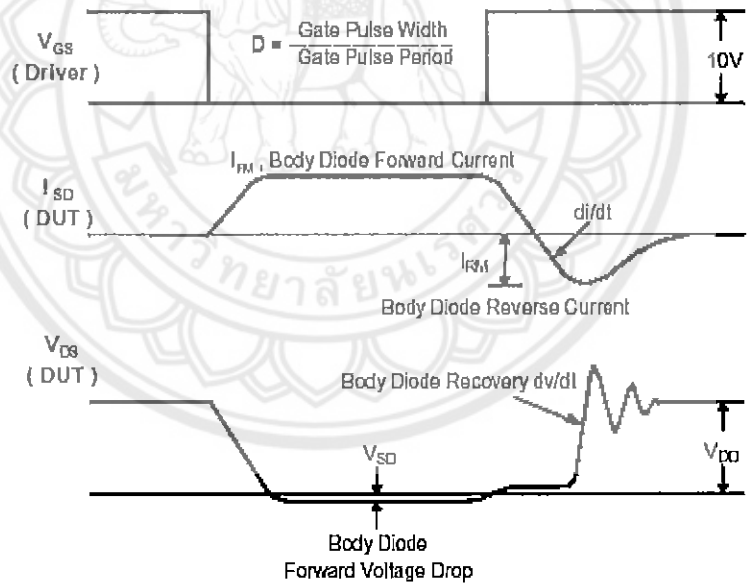
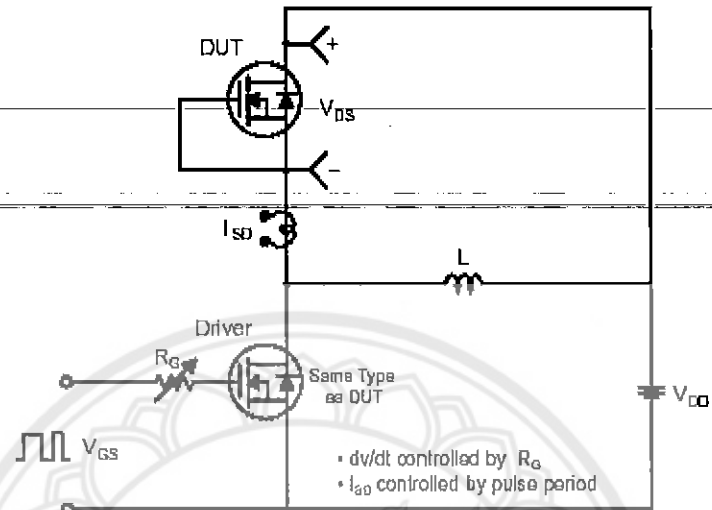
Resistive Switching Test Circuit & Waveforms



Unclamped Inductive Switching Test Circuit & Waveforms

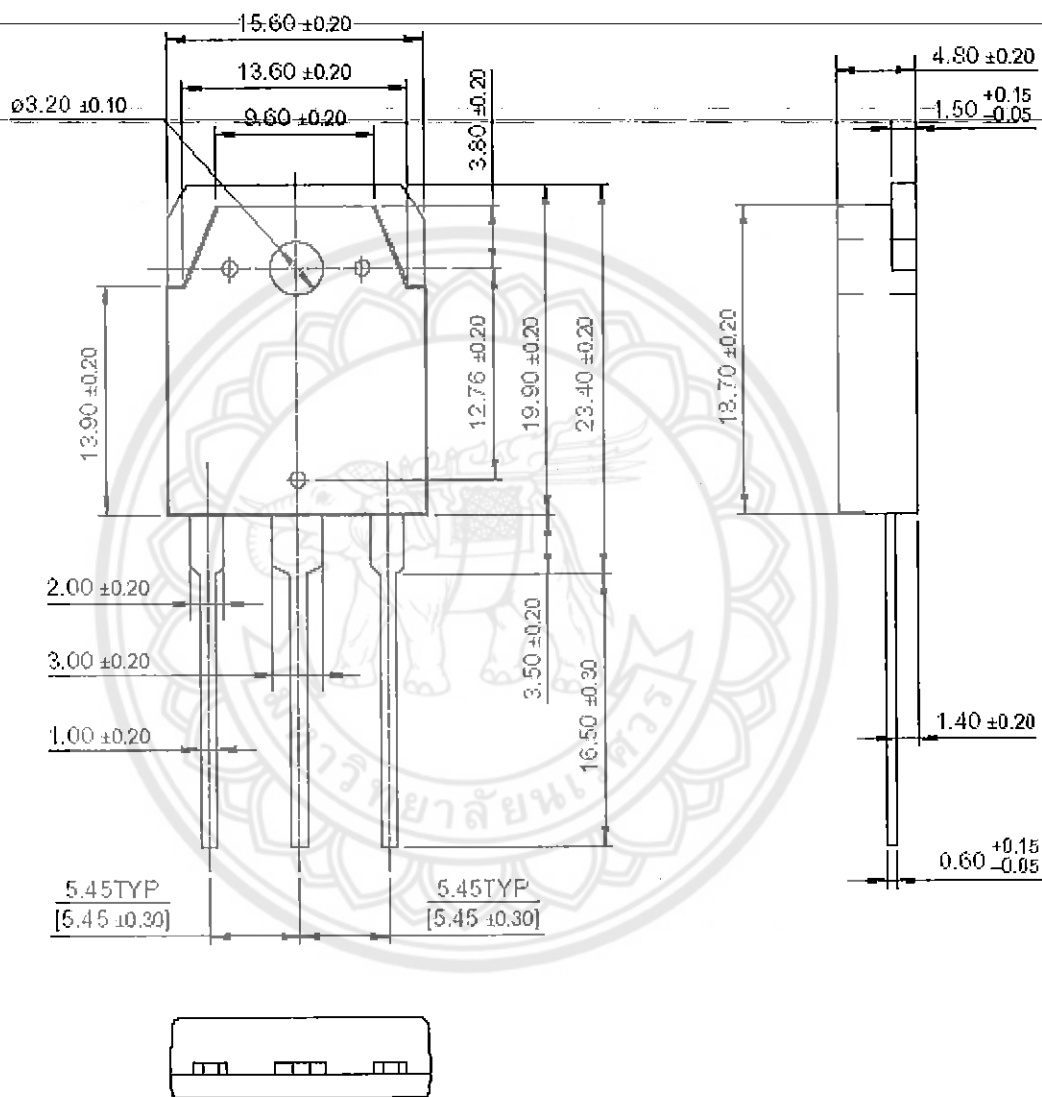


Peak Diode Recovery dv/dt Test Circuit & Waveforms



Package Dimensions

TO-3P



Dimensions in Millimeters

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™	FAST®	OPTOLOGIC™	SMART START™	VCX™
Bottomless™	FASTr™	OPTOPLANAR™	STARPOWER™	
CoolFET™	FRFET™	PACMAN™	Stealth™	
CROSSVOLT™	Global Optoisolator™	POP™	SuperSOT™-3	
DenseTrench™	GTO™	Power247™	SuperSOT™-6	
DOME™	HiSeC™	PowerTrench®	SuperSOT™-8	
EcoSPARK™	ISOPLANAR™	QFET™	SyncFET™	
E ² CMOS™	LittleFET™	QS™	TruTranslation™	
EnSigna™	MicroFET™	QT Optoelectronics™	TinyLogic™	
FACT™	MicroPak™	Quiet Series™	UHC™	
FACT Quiet Series™	MICROWIRE™	SILENT SWITCHER®	UltraFET®	

STARPOWER is used under license

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

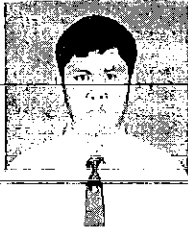
1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

ประวัติผู้เขียนโครงการ



ชื่อ นายพงศวิทย์ พรหมสุวรรณ

ภูมิลำเนา 441/6 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม

- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : u44362325@hotmail.com



ชื่อ นายทวี วงศ์สิงห์

ภูมิลำเนา 190 ม.4 ต.หัวขลาน อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา

ประวัติการศึกษา

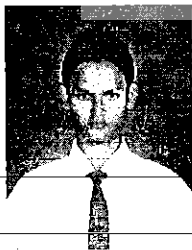
- จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนงำเมืองวิทยาคม

- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : vengwk@thaimail.com



ชื่อ นายเอนก สังข์ป้อม

ภูมิลำเนา 167 ม.9 ต.ป่ากุมเกาะ อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนท่าชัยวิทยา

- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Anake_Sungpom@hotmail.com