สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จักรยานเก็บพลังงานสำหรับห้องออกกำลังกาย

BIKE GENERATOR



นายนิรุตต์ อนันตเดชศักดิ์

นายบูชิต ตั้งสุจริต

นายปฐมพงษ์ อรุณแสง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119181
วัน,เดือน,ปี - 6 ส.ค. 2554

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BIKE GENERATOR

MR. NIRUT ANANTADAJSAK

MR. BUCHIT TANGSUDJARIT

MR. PRATHOMPONG ARUNSANG

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

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง จักรยานเก็บพลังงานสำหรับห้องออกกำลังกาย

BIKE GENERATOR

ผู้จัดทำ นายนิรุตต์ อนันตเดชศักดิ์ 50010831

นายบูชิต ตั้งสุจริต 50010867

นายปฐมพงษ์ อรุณแสง 50010883

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นนทวัฒน์ จุลเดชะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จักรยานเก็บพลังงานสำหรับห้องออกกำลังกาย

โดย

นายนิรุตต์ อนันตเดชศักดิ์ 50010831

นายบูชิต ตั้งสุจริต 50010867

นายปฐมพงษ์ อรุณแสง 50010883

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นนทวัฒน์ จุลเดชะ

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอเกี่ยวกับขั้นตอนออกแบบวงจร Boost Converter เพื่อใช้เป็นวงจรทบระดับแรงดัน และการสร้างสัญญาณพัลส์ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ แทนการใช้ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ ซึ่งวงจร Boost Converter มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปเป็น Load ทางไฟฟ้าของเจนเนอเรเตอร์ที่ใช้แรงถีบต้นกำลังจากการทำงานของจักรยานเก็บพลังงานสำหรับห้องออกกำลังกาย ซึ่งวงจร Boost Converter สามารถปรับปริมาณการดึงกระแสไฟฟ้าของเจนเนอเรเตอร์โดยการปรับค่า Duty Cycle จากสวิตซ์ ที่เขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ กระแสที่ถูกปรับจะส่งผลต่อแรงต้นของการถีบจักรยาน หากมีการปรับเพิ่มค่า Duty Cycle ก็จะทำให้ใช้แรงต้นของการถีบจักรยานมากขึ้น โดยที่วงจร Boost Converter ที่สร้างขึ้นมาจะมีการทดสอบขับโหลด ปรับค่าโหลด ควบคุมค่ากระแส แรงดัน ในวงจร และทำการปรับปรุงให้ใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BIKE GENERATOR

By

Mr.Buchit Tangsudjarit

Mr.Nirut Anantadajsak

Mr.Prathompong Arunsang

Thesis Advisor

Ass. Prof. Dr.Nontawat Chuladaycha

Academic Year 2010

Abstract

This thesis illustrates the procedure of the Boost Converter and generate pulse signal from Micro Controller instead of using Function Generator. The Boost Converter circuit aim to use as a load in electricity of generator which is used as drive of the bicycle in fitness centre. The Boost converter circuit can be able to adapt the pull current of generator by adjusting the switch of Duty Cycle, which written from micro controller program. From riding a bicycle, the current which has been adjusted will be changed to spinning force if Duty Cycle is increased will force more spin. The invented Boost Converter circuit will test drive load adjust the load control Current and Voltage and improve to access practical.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตากรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นนทวัฒน์ จุลเดชะ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นในการทำงาน และอบรมสั่งสอนให้รู้จักวิธีการทำงานที่เป็นระบบ มีการวางแผน ศึกษาหาข้อมูลตลอดจนความเอาใจใส่สอบถามถึงความก้าวหน้าของการทำงาน และปัญหาในการทำงาน ทำให้กลุ่มผู้จัดทำมีแรงบันดาลใจในการทำงาน ทางกลุ่มผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณภาควิชาแมคคาทรอนิกส์ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ตลอดจนสถานที่ในการทำงาน รวมทั้งเจ้าหน้าที่ต่างๆ ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับสำเร็จได้

ขอขอบพระคุณ พี่ๆนักศึกษาปริญญาโทที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ รวมถึง การเอาใจใส่ในความคืบหน้าของการทำงาน

ขอบคุณเพื่อนๆ ทั้งสามกลุ่มที่เหลือ ที่ช่วยกันฝ่าฝันอุปสรรคการทำงานมาด้วยกัน และช่วยแนะนำ รวมถึงการช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจให้กลุ่มผู้จัดทำเรื่อยมาและ ช่วยเหลือในการสร้างวงจร ชุมนุมอิเล็คทรอนิกส์ ที่เอื้อเฟื้อห้อง Lab

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบุคคลที่ไม่ได้กล่าวถึงในตอนต้น ที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนกลุ่มผู้จัดทำเรื่อยมา

คณะผู้จัดทำ

นายนิรุตต์ อนันตเดชศักดิ์

นายบูชิต ตั้งสุจริต

นายปฐมพงษ์ อรุณแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**I**
กิตติกรรมประกาศ	**III**
สารบัญ	**IV**
สารบัญภาพ	**VIII**
สารบัญตาราง	**XII**
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 มอเตอร์ไฟฟ้า (MOTOR)	4
2.1.1 ความหมายของมอเตอร์และการจำแนกชนิดของมอเตอร์	4
2.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	5
2.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบ PWM (Pulse Width Modulation)	7
2.2.1 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง	7
2.2.2 วิธีการมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ (PWM)	7
2.3 โปรแกรม MP LAB C Compiler	8
2.3.1 คุณสมบัติ MP LAB C Compiler	9
2.4 วงจรทบระดับแรงดันไฟฟ้า (Boost Converter)	9
2.4.1 เงื่อนไขการทำงานของวงจร Boost Converter	9
2.4.2 หลักการทำงานของวงจร Boost Converter	10
2.4.3 การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดของวงจร Boost Converter	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.4 ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก	17
2.5 มอสเฟต (Mosfet)	17
2.5.1 ดีมอสเฟต (D-MOSFET)	17
2.5.2 อีมอสเฟต (E-MOSFET)	19
2.6 ไดโอด (Diode)	21
2.6.1 การต่อ diode	21
2.6.2 รายละเอียดเกี่ยวกับตัว diode	22
2.6.3 การตรวจสอบ diode	23
2.7 ตัวเก็บประจุ (CAPACITOR)	24
2.7.1 ส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ	24
2.7.2 การทำงานของตัวเก็บประจุ	24
2.7.3 ค่าความจุของตัวเก็บประจุ	26
2.7.4 การประจุและคายประจุ	27
2.7.5 อัตราทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ	27
2.7.6 ชนิดของตัวเก็บประจุ	28
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	30
3.1 การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของมอเตอร์	30
3.1.1 การหาค่าความต้านทาน R	30
3.1.2 การหาค่า Time Constance (τ)	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การเลือกใช้ Mosfet และ Diode	32
3.3 การเลือกใช้ตัวเก็บประจุ	32
3.4 การสร้างวงจร Boost Converter	33
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	34
4.1 ทดสอบการทำงานของ IC HEF4104BP	34
4.2 ทดสอบการทำงานของ MOSFET	35
4.3 เขียนโปรแกรมสร้างสัญญาณพัลส์	36
4.4 การปรับความเร็วมอเตอร์ด้วยสวิตช์ปรับ Duty Cycle	37
4.5 ทดสอบการทำงานของ วงจร Boost Converter	38
4.6 ผลการทดลองเมื่อทำการเพิ่มตัวเก็บประจุทั้งด้านทางเข้า (C1, C2) และ ด้านทางออก (C3, C4)	40
4.7 ผลการทดลองเมื่อทำการเปลี่ยน Mosfet	44
4.8 ทดสอบการทำงานของวงจร Boost Converter เมื่อปรับโหลด (R)	44
4.9 กราฟแสดงผลค่าแรงดันที่ขา Drain และขา Source ของมอสเฟตเมื่อทำ การทดสอบประสิทธิภาพของ Generator แบบเต็มกำลัง (24 Vdc)	46
4.10 การทดลองวัดกระแสในวงจร จากการปรับค่าโหลด	51
4.11 การทดลองการปรับ Duty Cycle และวัดกระแสในวงจร	52
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	54
5.1 สรุปผลการทดลอง	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.1 สรุปผลการทดลองการทดสอบการทำงานของ IC HEF4104BP 54

5.1.2 สรุปผลการทดลองการทดสอบการทำงานของ MOSFET 54

5.1.3 สรุปผลการทดลองการสร้างสัญญาณพัลส์จาก Dspic 30F4011 54

5.1.4 สรุปผลการทดลองการควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยสวิตซ์ปรับค่า Duty Cycle 54

5.1.5 สรุปผลการทดลองวงจร BoostConverter 55

5.1.6 สรุปผลการทดลองวงจร Boost Converter เมื่อทำการต่อตัวเก็บประจุ C 55

5.1.7 สรุปผลการทดลองวงจร Boost Converter เมื่อทำการเปลี่ยน Mosfet 55

5.1.8 สรุปผลการทดลองวงจร Boost Converter ขณะต่อโหลดปรับค่าได้ 55

5.1.9 การทดลองการปรับค่า Duty Cycle เพื่อศึกษาความเร็วของมอเตอร์ 56

5.1.10 สรุปผลการทดลองวงจร Boost Converter ที่ขณะขับโหลดปรับค่าได้ 56

5.1.11 สรุปผลการทดลองวงจร Boost Converter ที่ขณะปรับค่า Duty Cycle และขับโหลดคงที่ 56

5.2 สรุปผลโครงงานและข้อเสนอแนะ 57

ภาคผนวก 58

ภาคผนวก ก รูปวงจรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 59

ภาคผนวก ข Datasheet dsPIC 61

ภาคผนวก ค Datasheet IC HEF4104BN 69

ภาคผนวก ง Datasheet MOSFET IRFP250N 73

ภาคผนวก จ Datasheet Diode RHRP15120 81

เอกสารอ้างอิง 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆ และค่าดิวตี้ไซเคิล ของช่วงพัลส์ที่มีความถี่คงที่	8
2.2 วงจร Boost Converter	10
2.3 วงจรสวิตช์นำกระแส	10
2.4 แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ	12
2.5 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ	12
2.6 วงจรเมื่อสวิตช์หยุดนำกระแส	12
2.7 โครงสร้างของ D-MOSFET N – Channel	18
2.8 โครงสร้างของ D-MOSFET P – Channel	18
2.9 โครงสร้าง EMOSFET N – Channel	19
2.10 โครงสร้างของ EMOSFET P – Channel	19
2.11 แสดงสัญลักษณ์ และโครงสร้าง diode	21
2.12 การต่อวงจร diode	21
2.13 แสดงรายละเอียดของ diode เบอร์ต่างๆ	22
2.14 diode ปกติเข็มขึ้น1ครั้ง เข็มไม่ขึ้น 1 ครั้ง	23
2.15 diode ชอร์ตเข็มจะขึ้นทั้ง 2 ครั้ง	23
2.16 diode ขาดเข็มจะไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง	23
2.17 แสดงส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.18 แสดงตัวเก็บประจุทำการเก็บประจุแรงดันไฟฟ้า	25
2.19 แสดงตัวเก็บประจุทำการคายประจุแรงดันไฟฟ้า	25
2.20 แสดงบอกค่าความจุและอัตราทนแรงดันไฟฟ้า	27
2.21 แสดงการต่อตัวเป็นประจุแบบอนุกรม	28
2.22 แสดงการต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน	29
3.1 แสดงวงจรมอเตอร์กระแสตรง	30
3.2 กราฟกระแส ที่อ่านได้จากการป้อน Unit Step	31
3.3 แสดงลายทองแดง Boost Converterในโปรแกรม	33
4.1 ทดลองการทำงานของ IC HEF4194BP	34
4.2 ทดสอบการทำงานของ Mosfet	35
4.3 โปรแกรมสามารถปรับค่า Duty Cycleให้เพิ่มขึ้นได้	36
4.4 โปรแกรมสามารถปรับค่า Duty Cycle ให้ลดลงได้	36
4.5 วงจรสวิตช์ปรับค่า Duty Cycle	37
4.6 แสดงวงจรรวมของมอเตอร์และวงจร Boost Converter	38
4.7 กราฟแสดงค่าสัญญาณพัลส์ขนาด 12 V (บน)	
กราฟแสดงผลการทดลองโดยที่ยังไม่ต่อตัวเก็บประจุ C1 (ล่าง)	38
4.8 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1 = 1uF	39
4.9 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1 = 10uF	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1 = 100uF	40
4.11 วงจรรวมของมอเตอร์และ Boost Converter เมื่อใส่ตัวเก็บประจุ C1,C2,C3 และ C4	40
4.12 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1 และ C2= 1uF ไม่มี C3 และ C4	41
4.13 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1 และ C2 = 10uF ไม่มี C3 และ C4	41
4.14 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ เมื่อ C1 และ C2 = 100uF ไม่มี C3 และ C4	42
4.15 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1 ,C2 ,C3และ C4 = 10uF	42
4.16 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1 ,C2 ,C3และ C4= 100uF	43
4.17 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1, C2, C3 และ C4 = 100uF และปรับค่า Duty Cycle โดยใช้สวิชต์	43
4.18 กราฟแสดงสัญญาณที่ขา Drain และ Source (ล่าง)	44
4.19 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อปรับค่า R = 4 ohm (ล่าง)	45
4.20 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อปรับค่า R = 8 ohm (ล่าง)	45
4.21 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อปรับค่า R =12 ohm (ล่าง)	46
4.22 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อปรับค่า R =16 ohm (ล่าง)	46
4.23 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อปรับค่า Duty cycle 10 %	47
4.24 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อปรับค่า Duty cycle 20 %	47

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.25 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อปรับค่า Duty cycle 30 %	48
4.26 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อปรับค่า Duty cycle 40 %	48
4.27 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อปรับค่า Duty cycle 50 %	49
4.28 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อปรับค่า Duty cycle 60 %	49
4.29 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อปรับค่า Duty cycle 70 %	50
4.30 กราฟแสดงผลการทดลองเมื่อปรับค่า Duty cycle 80 %	50
4.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Duty Cycle กับค่าแรงดันไฟฟ้าขา Drain และขา Source	51
4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสในวงจร และค่าโหลดที่ต่อเข้ากับวงจร	52
4.33 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Duty Cycle และ กระแสในวงจร	53
ก.1	59
ก.2	59
ก.3	60
ก.4	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 อัตราขยายแรงดันของวงจร Boost Converter เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่า D 14

3.1 แสดงค่าที่ได้จากการทดลองเพื่อหาค่าความต้านทานของมอเตอร์ 30

4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Duty Cycle กับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขา Drain และขา Source ของ Mosfet 51

4.2 แสดงค่าโหลด กระแสของวงจร และแรงดันด้านขาเข้า 52

4.3 แสดงค่า Duty Cycle กระแสในวงจร และแรงดันด้านขาเข้า 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1. 1 ความเป็นมาและความสำคัญ

จักรยานสำหรับห้องออกกำลังกายกำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ซึ่ง ณ ปัจจุบัน บุคคลทั่วไป มีสถานที่และเวลาไม่มากในการออกกำลังกายกลางแจ้ง จึงต้องพึ่งสถานที่ออกกำลังกายในสถานให้บริการต่างๆ เช่น ห้องออกกำลังกายในห้างสรรพสินค้า ฟิตเนสคลับ เป็นต้น ภายในห้องออกกำลังกาย มีอุปกรณ์หลายชนิดให้เลือกใช้บริการ มีทั้งลู่วิ่งไฟฟ้า ชุดบาร์เบล จักรยานออกกำลังกาย เครื่องบริหารกล้ามเนื้อ และอื่นๆ สาเหตุที่เลือกใช้จักรยานออกกำลังกาย เพราะว่าเป็นอุปกรณ์ที่สามารถมองเห็นภาพของการหมุน ความเร็วในการปั่นได้อย่างชัดเจน และมีจำนวนมากในสถานที่ให้บริการ เริ่มต้นจากการปั่นเพียงแค่หนึ่งคนต่อหนึ่งเครื่อง เพิ่มเป็นหลายๆ เครื่องต่อหนึ่งห้องฟิตเนส และเพิ่มเป็นหลายๆ ห้องฟิตเนสในแต่ละวัน จึงทำให้เกิดแนวคิด การสร้างพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทางเลือกที่เป็นพลังงานสะอาด และนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาไปประจุในแบตเตอรี่ เนื่องจากทุกครั้งที่มีการออกกำลังกายโดยการปั่น จะมีพลังงานเกิดขึ้นและเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นจึงเล็งเห็นตรงจุดนี้ว่า ควรนำพลังงานที่ได้มาไปใช้ให้เกิดประโยชน์ด้วยการทำตามแนวคิดที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น

ในการออกกำลังกายเพื่อต้องการให้ระบบต่างๆ ในร่างกายมีความแข็งแรง ควรจะบริหารร่างกายในลักษณะที่เป็นแอโรบิค (Aerobic exercise) 30 นาทีต่อวันเป็นอย่างต่ำ อย่างน้อย 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งในปัจจุบันผู้คนจำนวนไม่น้อยนิยมที่จะออกกำลังกายในห้องออกกำลังกาย เพราะสะดวกและหาสถานที่ได้ง่าย ซึ่งในห้องออกกำลังกายนั้น ก็มีอุปกรณ์ออกกำลังกายที่หลากหลายสามารถเลือกได้แล้วแต่ความต้องการ

จักรยาน เป็นอุปกรณ์ที่ได้รับความนิยม ซึ่งการออกกำลังกายประเภทนี้ เป็นการออกกำลังกายที่เป็นจังหวะ ไม่หนักต่อไขข้อต่าง และให้ประโยชน์ได้ดี ในแง่ทางวิศวกรรม การเคลื่อนที่ไปบนจักรยาน เป็นการเคลื่อนที่ที่มีประสิทธิภาพสูงวิธีหนึ่ง คือ ใช้แรงไม่มาก แต่ไปได้ระยะไกล ถ้าเทียบกับแรงที่ออกไปเท่าๆกัน และสามารถปรับความฝืดได้ตามสภาพของผู้ออกกำลังกาย ในการปั่นจักรยานออกกำลังกายแต่ละครั้งจะมีพลังงานเกิดขึ้น แต่กลับเป็นพลังงานสูญเปล่า ดังนั้นจึงเห็นว่าพลังงานที่เกิดขึ้นนั้น น่าจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ หรือทำเป็นพลังงานทดแทนที่สามารถที่จะนำมาหมุนเวียนกลับไปใช้ได้ เป็นการลดภาวะโลกร้อน เพราะขณะนี้ประเทศไทยนั้นได้มีการรณรงค์ นโยบายการประหยัดและอนุรักษ์พลังงาน เช่น การรณรงค์ประหยัดน้ำมัน ประหยัดน้ำประหยัดไฟ รวมไปถึงการประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ใช้อนุรักษ์พลังงานอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร Power Electronics ที่ผู้จัดทำได้ใช้ ได้แก่ วงจร Boost Converter ซึ่งเป็นวงจรที่มีคุณสมบัติทบแรงดันไฟฟ้าโดยให้ แรงดันทางด้านออกสูงกว่าแรงดันทางด้านเข้า ซึ่งวงจรนี้สามารถควบคุมกระแสหรือความเร็วมอเตอร์ และสามารถปรับกระแส แรงดันเพื่อเพิ่มหรือลดแรงบิดของมอเตอร์ได้จากการปรับช่วงการเปิด – ปิด ของสวิตช์ในวงจร

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 การศึกษาวิธีการสร้างสัญญาณ PWM จาก dsPIC เพื่อนำไปใช้ขับมอเตอร์ แทนการใช้ฟังก์ชันเจนเรเตอร์

1.2.2 ศึกษาการทำงานของ Mosfet และ Diode

1.2.3 ศึกษาการทำงานของวงจร Boost Converter ออกแบบและสร้างวงจร Boost Converter

1.2.4 วิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์ของวงจร Boost Converter

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ นำเสนอเกี่ยวกับทฤษฎี และการสร้างวงจร Boost Converter ซึ่งเป็นวงจรทบระดับแรงดัน วิธีการออกแบบการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งคุณสมบัติของมอเตอร์ที่ใช้งานเป็นมอเตอร์กระแสตรง มีกำลังไฟฟ้าขนาด 300 W ความถี่ 20 kHz แรงดันไฟฟ้าที่ทางขาเข้า 0-24 V โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างสัญญาณ PWM ขึ้นมาควบคุม และสามารถปรับแรงดันไฟฟ้าที่ทางขาออก ด้วยวิธีการปรับ Duty Cycle โดยเลือกใช้อุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์ชนิด Mosfet ซึ่งประกอบไปด้วยเนื้อหา 5 บท ดังต่อไปนี้

1.3.1 บทที่ 1 บทนำ

ประกอบไปด้วย ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา และขอบเขตของการศึกษาของปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ประกอบด้วยทฤษฎีพื้นฐาน และหลักการทำงานของ DC มอเตอร์, Mosfet, Diode, ตัวเก็บประจุ,โปรแกรม MP LAB ที่ใช้ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ (dsPIC) และวงจร Boost converter

1.3.3 บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง

แสดงการออกแบบของอุปกรณ์ในวงจร Boost converter และการออกแบบระบบควบคุมของระบบทั้งหมด

1.3.4 บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

1.3.5 บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้า (MOTOR)

2.1.1 ความหมายของมอเตอร์และการจำแนกชนิดของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้า (MOTOR) หมายถึง เครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล มีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิดดังนี้

1.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือเรียกว่า เอ.ซี มอเตอร์ (A.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสลับแบ่งออกได้ดังนี้

1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่า ซิงเกลเฟสมอเตอร์

- สปลิทเฟส มอเตอร์ (Split-Phase motor)
- คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)
- รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion-type motor)
- ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์(Universal motor)
- เช็ดเดดโพล มอเตอร์(Shaded-pole motor)

1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 2 เฟส หรือเรียกว่า ทูเฟสมอเตอร์ (A.C. Two phase Motor)

1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส หรือเรียกว่า ทีเฟสมอเตอร์ (A.C. Three phase Motor)

2.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) หรือเรียกว่าดี.ซี มอเตอร์ (D.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกได้ดังนี้

2.1 มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีส์มอเตอร์(Series Motor)

2.2 มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์(Shunt Motor)

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์(Compound Motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งใน โรงงานอุตสาหกรรม เพราะมีคุณสมบัติที่เด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะ หรือให้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้น ในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ

ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนดังนี้

1) สเตเตอร์ (Stator) หรือที่เรียกว่าส่วนที่อยู่กับที่ ประกอบด้วย

เฟรมหรือโยค (Frame Or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆให้แข็งแรงทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนา ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด

1. แกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรม ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุด จะมีผลทำให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากเป็นการทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน (Torque)

2. ขดลวดสนามแม่เหล็ก(Field Coil) จะพันอยู่รอบๆแกนขั้วแม่เหล็กขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น และเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

2) ตัวหมุน (Rotor) ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

- แกนเพลา (Shaft)
- แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)

- ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding)

หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง (Motor Action)

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อมีแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) เพื่อสร้างขั้วเหนือ-ใต้ จะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็ก จะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกัน และทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้ สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่าการนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง

ข้อดีและข้อเสียระหว่างมอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR) และกระแสสลับ (AC MOTOR)

ข้อดีของ DC motor คือ

1. การควบคุมแรงบิดหรือความเร็วทำได้ง่ายและดีมาก
2. มีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ว
3. การปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงกว้าง

ข้อเสียของ DC motor คือ

1. การบำรุงรักษาสูงมากเนื่องจากมีส่วนสึกหรอของแปรงถ่าน
2. ราคาแพงมากเมื่อเทียบกับ AC motor ที่มีขนาดกำลังแรงม้าเท่ากัน
3. มีขนาดใหญ่กว่า AC motor ที่ขนาดแรงม้าเท่ากัน
4. หาแหล่งจ่ายที่เป็นไฟกระแสตรงได้ยาก
5. ไม่สามารถนำไปใช้ในที่มีสารไวไฟได้

ข้อดีของ AC motor คือ

1. ราคาถูกกว่า DC motor ที่ขนาดพิกัดกำลังเท่ากัน
2. มีลักษณะโครงสร้างง่าย ไม่ซับซ้อน และเล็กกว่า DC motor ที่พิกัดเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การบำรุงรักษาน้อยมาก แข็งแรงทนทาน
4. ใช้ในสถานที่ที่มีสารไวไฟ หรือสารเคมีได้
5. มีประสิทธิภาพสูงกว่า DC motor
6. หาซื้อได้ง่าย เป็นที่นิยม

ข้อเสียของ AC motor คือ

1. การควบคุมความเร็วทำได้ยากมาก จะต้องใช้อุปกรณ์ทาง power electronics มาควบคุม คือ inverter ซึ่งค่อนข้างจะมีราคาสูงมาก

2.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบ PWM (Pulse Width Modulation)

2.2.1 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐานทั่วไปเช่นการควบคุมด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานปรับค่าโดยต่ออนุกรมกับมอเตอร์ หรือใช้วิธีการการควบคุมโดยการเปลี่ยนค่าของระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แต่การควบคุมในวิธีดังกล่าว ถึงแม้ว่าจะควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้คงที่ได้ แต่ที่ความเร็วต่ำจะส่งผลให้แรงบิดต่ำไปด้วย ดังนั้นเราจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมโดยการจ่ายกระแสไฟให้กับมอเตอร์เป็นช่วงๆ โดยอาศัยกระแสไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ให้เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง ซึ่งเราเรียกว่าวิธีการของการมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation)

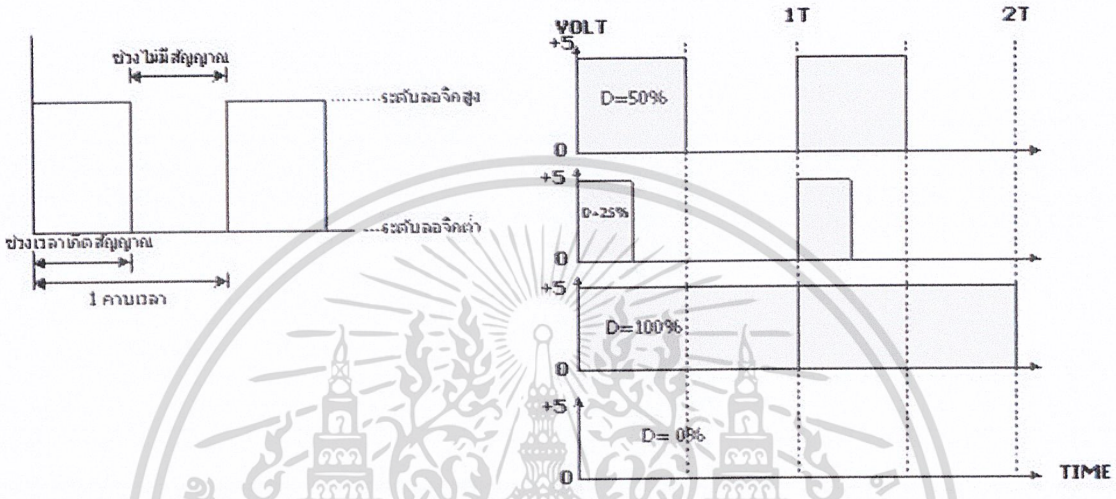
2.2.2 วิธีการมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ (PWM)

Pulse width modulation (PWM) คือ เทคนิคสำหรับควบคุมวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์โดยใช้สัญญาณเอาท์พุตแบบดิจิตอลของไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม การมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation) จะเป็นการปรับเปลี่ยนที่สัดส่วน และความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยความถี่ของสัญญาณพัลส์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ค่าของดิวตี้ไซเคิล (duty cycle) นั้นเอง ซึ่งค่าของดิวตี้ไซเคิล คือช่วงความกว้างของพัลส์ที่มีสถานะลอจิกสูง โดยคิดสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นจากความกว้างของพัลส์ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับเท่ากับ 50% ก็หมายถึงใน 1 รูปสัญญาณพัลส์จะมีช่วงของสัญญาณที่เป็นสถานะลอจิกสูงอยู่ครึ่งหนึ่ง และสถานะลอจิกต่ำอยู่อีกครึ่งหนึ่ง และในทำนองเดียวกันถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่ามาก หมายความว่าความกว้างของพัลส์ที่เป็นสถานะลอจิกสูงจะมีความกว้างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้น หากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 100% ก็หมายความว่าจะไม่มีสถานะลอจิกต่ำเลย ซึ่งค่าดิวตี้ไซเคิล สามารถ จะหาได้จากค่าความสัมพันธ์ดังนี้

ค่าดิวตี้ไซเคิล = (ช่วงของสัญญาณพัลส์/คาบเวลาทั้งหมดของสัญญาณ) X100



รูปที่ 2.1 แสดงความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆ และค่าดิวตี้ไซเคิล ของช่วงพัลส์ที่มีความถี่คงที่

2.3 โปรแกรม MP LAB C Compiler

โปรแกรม MPLAB C Compiler (หรือ MPLAB C30) เป็น C คอมไพเลอร์ตามข้อกำหนดของ ANSI C สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC DSCs จากไมโรชิพ (Microship Inc) ขนาด 16 บิต ประกอบไปด้วย dsPIC30F, dsPIC24F โดยที่ MPLAB C จะทำงานร่วมกับ MP LAB C จะทำงานร่วมกับ MPLAB Integrated Development Environment (MPLAB IDE) จากไมโครชิพ และรองรับการดีบักโปรแกรมในระดับซอร์สโค้ด (source level debugging) กับ MPLAB REAL ICE^{TM} Emulator, MPLAB ICD 2 In-Circuit Debugger และ MPLAB SIM Simulator. ซึ่งในที่นี้ได้โปรแกรมตัวนี้ กับไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC เพื่อสร้างสัญญาณ PWM และสามารถที่จะปรับค่า Duty Cycle เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้ แทนการใช้ function generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 คุณสมบัติ MPLAB C Compiler

1. เป็นไปตามมาตรฐาน ANSI C ที่ประกอบไปด้วยไลบรารีมาตรฐาน เช่น ไลบรารีคณิตศาสตร์, หน่วยความจำ, การแปลงข้อมูล เป็นต้น

2. รองรับการสร้างโค้ดในรูปแบบโมดูล เพื่อให้สามารถนำโค้ดกลับมาใช้ได้ใหม่

3. สามารถออปติไมซ์โค้ดได้มากกว่า 30% ทำให้โค้ดโปรแกรมมีขนาดเล็ก

4. สนับสนุนการเขียนโค้ดโปรแกรมแบบ In-line assembly คือสามารถแทรกคำสั่งภาษาแอสแซมบลีลงไปในโค้ดภาษา C ได้ตามรูปแบบที่คอมไพเลอร์กำหนดไว้ เมื่อต้องการควบคุมชุดคำสั่งด้วยภาษาแอสแซมบลีโดยตรง

5. มีไลบรารีสำหรับโมดูลต่างๆ ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC เพื่อความรวดเร็วในการพัฒนาโปรแกรม

6. แยกหน่วยความจำโค้ดและข้อมูลออกจากกันฝนตำแหน่งที่เฉพาะเจาะจงในหน่วยความจำหลัก (แอดเดรสหน่วยความจำจริง (absolute addresses))

7. สนับสนุนรีจิสเตอร์แอกคูมิวเลเตอร์ (accumulator register) และมีฟังก์ชัน DSP ที่เขียนด้วยภาษาแอสแซมบลี ซึ่งสามารถเรียกใช้ผ่านทางภาษา C ได้โดยตรงทำให้ทำงานได้อย่างรวดเร็วเทียบเท่ากับภาษาแอสแซมบลี

2.4 วงจรทบระดับแรงดันไฟฟ้า (Boost Converter)

วงจร Boost Converter คือวงจรที่ทำการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกจะสูงกว่าแรงดันทางด้านขาเข้า

2.4.1 เงื่อนไขการทำงานของวงจร Boost Converter

การวิเคราะห์การทำงานของวงจร Boost Converter ในช่วงสภาวะอยู่ตัว จะมีการกำหนดเงื่อนไขในการทำงาน ดังนี้

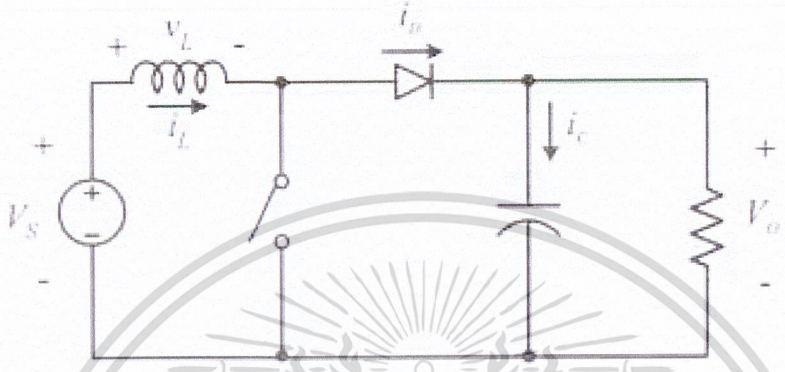
1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละคาบ จะมีค่าเท่ากันและมีค่าเป็นบวกเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์

3. ตัวเก็บประจุต้องมีขนาดใหญ่เพื่อทำให้แรงดันขาออกมีค่าคงที่

4. กำลังไฟฟ้าขาเข้า เท่ากับกำลังไฟฟ้าด้านขาออก โดยกำหนดให้อุปกรณ์ทุกตัวเป็นอุดมคติ

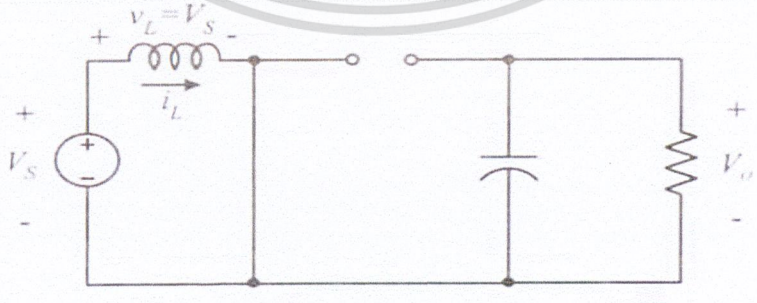


รูปที่ 2.2 วงจร Boost Converter

2.4.2 หลักการทำงานของวงจร Boost Converter

หลักการทำงานของวงจร Boost Converter เพื่อให้แรงดันด้านขาออกมีค่าตามต้องการจะเริ่มต้นที่ข้อกำหนด คือ แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์ และสามารถหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้โดยวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมด

1) ขณะสวิตช์นำกระแส



รูปที่ 2.3 วงจรสวิตช์นำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป เมื่อสวิตช์นำกระแส กระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำผ่านสวิตช์ ซึ่งทำให้ตัวเหนี่ยวนำประจุพลังงานไฟฟ้า ขณะเดียวกันไดโอดจะถูกไบอัสย้อนกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้ จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์ จะได้สมการของแรงดันไฟฟ้าดังนี้

$$-V_s + \mathrm{v_L} = 0 \tag{2.1}$$

$$\mathrm{v_L} = V_s = L\frac{di_L}{dt} \tag{2.2}$$

$$L\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s}{L} \tag{2.3}$$

ขณะที่สวิตช์นำกระแส $dt = DT$ เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสคงที่ อาจจะถือว่าการเพิ่มของกระแสไฟฟ้าเป็นเชิงเส้น ทำให้สามารถคำนวณได้จาก

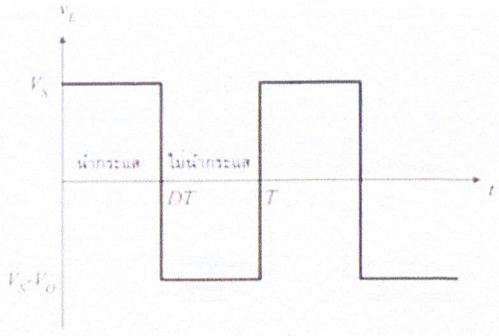
$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} \tag{2.4}$$

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_s}{L} \tag{2.5}$$

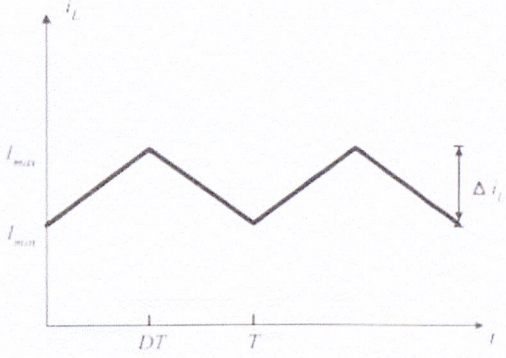
$$\Delta i_{L,on} = \frac{V_s DT}{L} \tag{2.6}$$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

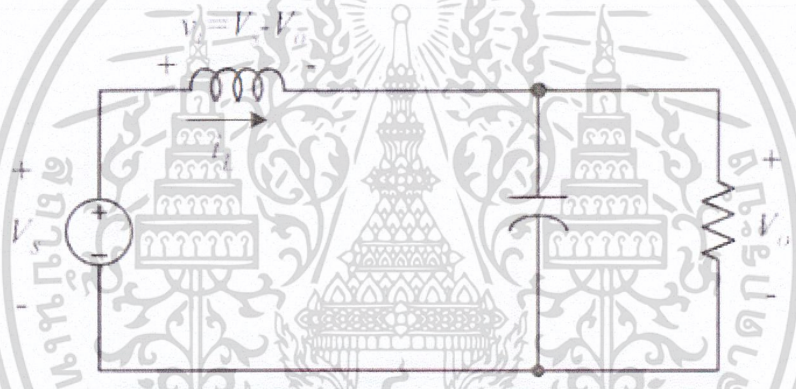


รูปที่ 2.4 แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ



รูปที่ 2.5 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ

2) ขณะสวิตช์หยุดนำกระแส



รูปที่ 2.6 วงจรเมื่อสวิตช์หยุดนำกระแส

เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส ตัวเหนี่ยวนำจะคืนพลังงาน ผ่านทางไดโอดและโหลด ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง สมมติแรงดันไฟฟ้าด้านขาออกมีค่าคงที่ จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์จะได้สมการของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำดังนี้

$$-V_s + v_L + V_o = 0 \tag{2.7}$$

$$v_L = V_s - V_o \tag{2.8}$$

$$v_L = L\frac{di_L}{dt} \tag{2.9}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L} \tag{2.10}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะสวิตช์หยุดนำกระแส $dt = (1- D)T$ อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำคงที่ และถือว่าการลดลงของกระแสเป็นเชิงเส้น สามารถคำนวณได้จาก

$$\Delta i_{L,off} = \left(\frac{V_S - V_O}{L}\right)(1 - D)T \tag{2.11}$$

ที่สภาวะอยู่ตัว การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ มีค่าเท่ากับศูนย์

$$\Delta i_{L,on} + \Delta i_{L,off} = 0 \tag{2.12}$$

$$\left(\frac{V_S}{L}\right)DT + \frac{(V_S - V_O)(1 - D)T}{L} = 0 \tag{2.13}$$

$$V_S D + (V_S - V_O)(1 - D) = 0$$

$$V_S D + V_S - V_S D - V_O + V_O D = 0$$

$$V_S - V_O(1 - D) = 0$$

$$\frac{V_O}{V_S} = \frac{1}{(1 - D)} \tag{2.14}$$

จากสมการ $\frac{V_O}{V_S} = \frac{1}{(1-D)}$ สามารถนำไปหาอัตราขยายแรงดันระหว่างแรงดันขาเข้ากับแรงดันด้านขาออก ซึ่งจะเห็นได้ว่าการปรับแรงดันด้านขาออกขึ้นอยู่กับการปรับค่า D (Duty Cycle) โดยหากปรับค่า D เป็นค่าต่างจะได้อัตราการขยายแรงดันขาออกได้ดังแสดงในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 อัตราขยายแรงดันของวงจร Boost Converter เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่า D

Duty Ratio (D)	อัตราการขยายแรงดัน (Vo/Vs)
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*
0.9	*10*
1.0	Infinity

เมื่อค่า D เพิ่มขึ้น ค่าอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นแบบไม่เป็นเชิงเส้น ในทางปฏิบัตินิยมปรับอัตราการขยายแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 4 เท่า ทั้งนี้เพื่อให้วงจรมีความเสถียรภาพ โดยอัตราการขยายแรงดันไฟฟ้าขั้นต่ำสุด คือ 1 หรือแรงดันไฟฟ้าด้านออกเท่ากันกับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าในทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัติแรงดันไฟฟ้าด้านออกจะน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าเล็กน้อย เนื่องจากมีแรงดันตกคร่อมไดโอดและตัวอุปกรณ์สวิตช์

2.4.3 การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดของวงจร Boost Converter

สมมติการสูญเสียภายในวงจร Boost Converter มีค่าเท่ากับศูนย์ กำลังไฟฟ้าที่ออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงจะเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่โหลดได้รับ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_s = P_o = \frac{V_o^2}{R}$$

(2.15)

$$P_s = V_s I_s = V_s I_L$$

(2.16)

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

(2.17)

เมื่อ

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

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

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

(2.18)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสูงสุดและต่ำสุด หาได้จากค่าเฉลี่ยและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในช่วงขณะสวิตช์นำกระแส

$$\Delta i_{L,on} = \frac{V_s DT}{L}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสูงสุดและต่ำสุด คือ

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

$$I_{L,max} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} + \frac{1}{2}\left(\frac{V_s DT}{L}\right) \quad (2.19)$$

$$I_{L,min} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{1}{2}\left(\frac{V_s DT}{L}\right) \quad (2.20)$$

สมมติให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเป็นแบบต่อเนื่องและมีค่าเป็นบวก ดังนั้นจะหาค่าตัวเหนี่ยวนำที่เล็กสุด ที่ทำให้วงจร Boost Converter ทำงานได้ในขอบเขตระหว่างโหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ได้จากการกำหนดให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าเป็นศูนย์ ดังสมการที่ (2.21)

$$I_{L,max} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{1}{2}\left(\frac{V_s DT}{L}\right) = 0 \quad (2.21)$$

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

$$L_{min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (2.22)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4.4 ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก

การเลือกตัวเก็บประจุขนาดใหญ่จะสามารถทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านขาออกมีค่าคงที่ หรือสัญญาณมีความเรียบมากขึ้น แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถเลือกตัวเก็บประจุขนาดใหญ่มากๆ ได้ เนื่องจากมีราคาแพงและต้องใช้พื้นที่มาก จึงต้องเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดเหมาะสม โดยที่ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออกอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยใช้สมการ

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf} \tag{2.23}$$

เมื่อต้องการจะลดอัตราระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก จะทำได้โดย

1. การลดค่า D ให้เข้าใกล้ศูนย์
2. เพิ่มค่าโหลด
3. เพิ่มค่าของตัวเก็บประจุ
4. เพิ่มค่าความถี่ในการสวิตช์ให้สูงขึ้น

2.5 มอสเฟต (MOSFET)

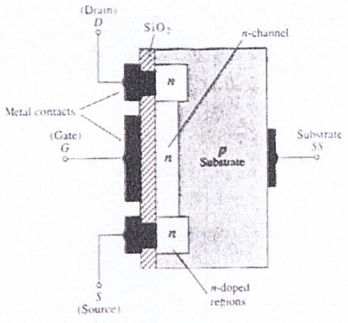
MOSFET จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ดีพลีชั่น (Depletion) และ เอนฮานซ์เมนต์ (Enhancement) แต่ละประเภทยังแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบแชนแนล n และ แบบแชนแนล p

2.5.1 ดีมอสเฟต (D-MOSFET) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบ N – Channel และแบบ P – Channel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

119181

D-MOSFET N – Channel

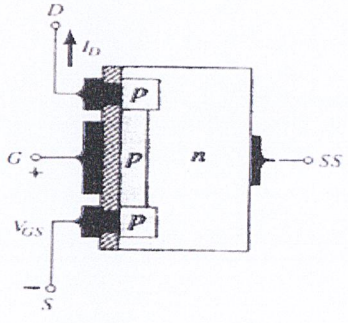


รูปที่ 2.7 โครงสร้างของ D-MOSFET N – Channel

D-MOSFET แบบแชนแนล n ประกอบขึ้นจากแผ่นผลึกฐาน p (p-substrate) ที่เป็นสารกึ่งตัวนำทำจากซิลิกอนขั้ว D และขั้ว S ต่อกับบริเวณที่มีการกระตุ้นหรือโดปให้เป็นบริเวณสารกึ่งตัวนำ n (n-doped region) ทั้งสองส่วนนี้จะเชื่อมกับ N – Channel สำหรับขั้ว G จะต่อกับวัสดุผิวนอกที่เป็นโลหะโดยมีซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) กั้น N – Channel กับขั้ว G (ซิลิคอนไดออกไซด์เป็นฉนวนประเภทไดอิเลคทริค) เมื่อมีสนามไฟฟ้าจ่ายเข้ามาที่ชั้นของ SiO_2 ก็จะสร้างสนามไฟฟ้าต้านและสร้างชั้นฉนวนขึ้นภายในตัวเองเพื่อกั้นขั้วเกทกับ Channel แสดงว่า ไม่มีการต่อโดยตรงระหว่างขั้ว G กับแชนแนลของ MOSFET ชั้นที่เป็นฉนวน SiO_2 จะทำให้ Z_i มีค่าสูงตามความต้องการได้ นอกจากนี้บางครั้งจะต่อแผ่นผลึกจากฐานเข้ากับแหล่งจ่ายจึงมีขั้วเพิ่มขึ้นมาเรียกว่า ขั้วผลึกฐาน SS (Substrat : SS) ทำให้มีขั้วเพิ่มเป็น 4 ขั้ว

D-MOSFET P – Channel

โครงสร้างของ D-MOSFET P – Channel มีลักษณะตรงข้ามกับรูปของ D-MOSFET N – Channel คือประกอบด้วยแผ่นผลึกฐาน N และ P – Channel ดังรูป

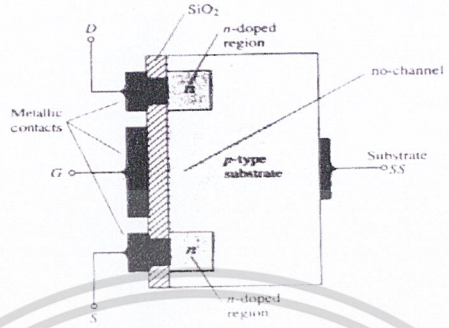


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 โครงสร้างของ D-MOSFET P – Channel

2.5.2 อีมอสเฟต (EMOSFET) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ N – Channel และ P – Channel

EMOSFET N – Channel

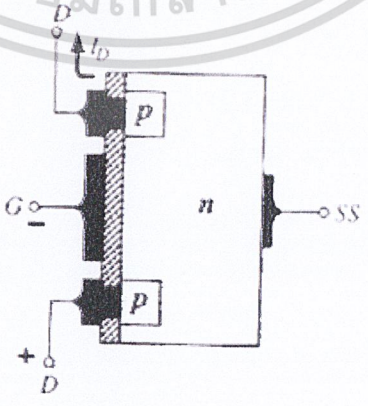


รูปที่ 2.9 โครงสร้าง EMOSFET N – Channel

EMOSFET N – Channel ประกอบขึ้นจากแผ่นผลึกฐาน p ที่เป็นสารกึ่งตัวนำทำจากซิลิคอน ขั้ว D และขั้ว S ต่อกับ บริเวณที่มีการกระตุ้น n โดยผ่านวัสดุผิวนอกที่เป็นโลหะนอกจากนี้บางครั้งจะต่อแผ่นผลึกฐาน p เข้ากับแหล่งจ่ายจึง มีขั้ว SS เพิ่มขึ้นมาคล้ายกับดี MOSFET จะเห็นได้ว่าไม่มีเส้นทางเชื่อมหรือไม่มีแชนแนล (no-channel) ระหว่างบริเวณที่มีการกระตุ้น n ทั้ง 2 แห่ง ซึ่งคือความแตกต่างเบื้องต้นระหว่างโครงสร้างของ EMOSFET และ D-MOSFET

EMOSFET P – Channel

โครงสร้างของ EMOSFET P – Channel มีลักษณะตรงข้ามกับแบบ N – Channel



รูปที่ 2.10 โครงสร้างของ EMOSFET P – Channel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง ขั้ว D และขั้ว S ต่อกับผลึกฐาน n และบริเวณที่มีการกระตุ้น p (p-doped regions) แต่ขั้วของแรงดันและทิศทาง กระแสตรงข้ามกับ N – Channel

การตรวจสอบ EMOSFET ด้วยมัลติมิเตอร์

โดยทั่วไป EMOSFET จะมีไดโอดต่ออยู่ภายในระหว่างขา D กับขา S

กรณี N - Channel

1. จากโครงสร้าง ถ้าเราวัด ค่าความต้านทาน ระหว่างขา D กับ S จะต้องได้ ค่าความต้านทานสูงมาก ไม่ว่าจะสลับสายวัดอย่างไร (ถ้าได้ความต้านทานค่าต่ำแสดงว่าชำรุด) แต่ถ้าวัด EMOSFET เช่นเบอร์ BS 170 (เป็น N – Channel) จะมีไดโอดต่ออยู่ภายในระหว่างขา D กับขา S ถ้านำสายบวกแตะขา S และสายลบแตะขา D จะได้ ความต้านทานมากถ้าสลับสายวัดจะได้ ความต้านทานต่ำ เหมือนกับการวัดไดโอด

2. สำหรับขา G ถ้านำสายบวกแตะขา G สายลบแตะขา D หรือ S จะได้ค่า ความต้านทานมาก ถ้าสลับสายวัดจะได้ ความต้านทานสูงมาก (เพราะว่ามี SiO_2 กั้นระหว่างขา G กับ D และ S) และถ้าทำงานสลับสายวัดคือ สายลบแตะขา G สายบอกแตะ ขา D หรือ S ก็จะได้ความต้านทานสูงเช่นกัน (จากข้อ 2 นี้ ถ้าได้ ความต้านทานต่ำแสดงว่าชำรุด)

3. การทดสอบสภาพของ EMOSFET N – Channel ว่าปกติหรือไม่ให้ทำตามลำดับขั้นดังนี้

3.1 นำสายลัดวงจรที่ขาทั้ง 3 แล้วปลดสายออก

3.2 นำสายบวกแตะขา G สายลบแตะขา S (เป็นการประจุไฟฟ้าให้กับขา G กับ S หรือป้อน VGSแล้วปลดออก

3.3 นำสายบวกแตะขา G สายลบแตะขา S จะพบว่า ได้ค่าความต้านทานต่ำ (แสดงว่า EMOSFETนำกระแส)

กรณี P – Channel

สำหรับ EMOSFET P – Channel ก็จะใช้หลักการวัดเช่นเดียวกันกับ EMOSFET N – Channel

1. หลักการเหมือน EMOSFET N – Channel แต่ไดโอดที่ต่ออยู่ภายในจะต่อตรงกันข้ามกัน
2. จะได้ผลการวัดเหมือนกับ EMOSFET N – Channel
3. การทดสอบสภาพของ EMOSFET N – Channel ว่าปกติหรือไม่ให้ทำตามลำดับขั้นดังนี้

3.1 นำสายลัดวงจรที่ขา ทั้ง 3 แล้วปลดสายออก

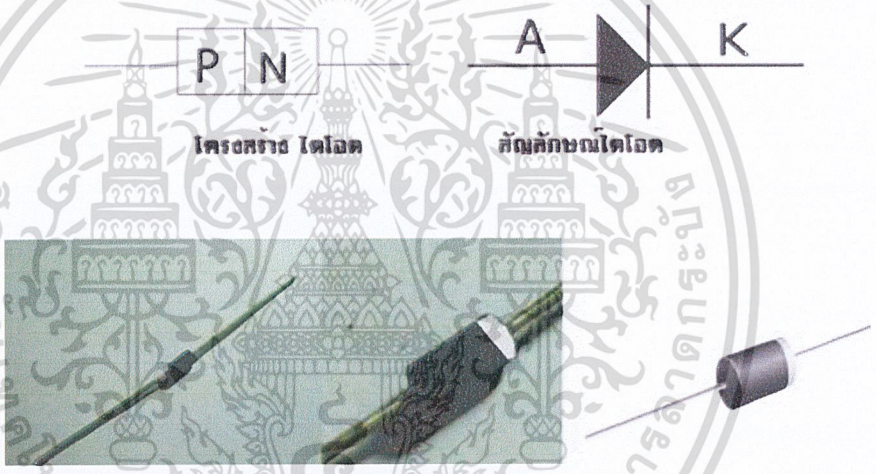
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 นำสายลบแตะขา G สายบวกแตะขา S (เป็นการประจุไฟฟ้าให้กับขา G กับ S หรือป้อน VGS แล้วปลดออก

3.3 นำสายลบแตะขา D สายบวกแตะขา S จะพบว่า ได้ค่าความต้านทานต่ำ (แสดงว่า EMOSFET นำกระแส)

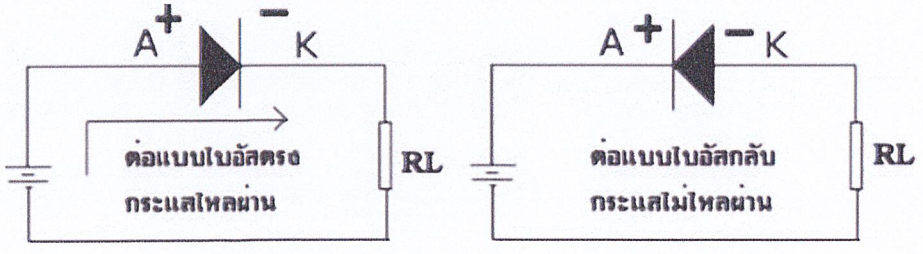
2.6 ไดโอด (Diode)

Diode เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ทำหน้าที่ยอมให้กระแสไหลผ่านตัว diode ได้ทิศทางเดียวเท่านั้น diode ผลิตจากสารกึ่งตัวนำ P และ N นำมาต่อกัน diode โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 ขา คือ ขา A (Anode) และ ขา K (Cathode) จากรูป ที่ตัว diode จะแสดงขีดสีขาวซึ่งแสดงสัญลักษณ์ของขา K



รูปที่ 2.11 แสดงสัญลักษณ์ และโครงสร้าง diode

2.6.1 การต่อ diode



รูปที่ 2.12 การต่อวงจร diode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

diode นั้นจะมีการต่อวงจรได้ 2 แบบดังนี้ คือ

1.การต่อแบบไบอัสตรง คือ จะมีกระแสไหลผ่านตัว diode

2.การต่อแบบไบอัสกลับ คือ กระแสจะไม่ไหลผ่านตัว diode ถือว่า diode เปิดวงจร และมีค่าความต้านทานสูงมาก

2.6.2 รายละเอียดเกี่ยวกับตัว diode

diode โดยทั่วไปจะบอกรายละเอียดว่าตัวมันนั้นสามารถรับกระแส และแรงดันได้มากน้อยต่างกัน ตัวอย่าง เช่น

เบอร์	แรงดัน (V)	กระแส(A)
1N4001	50	1
1N4002	100	1
1N4004	400	1
1N4007	1000	1
1N5402	200	3
1N5406	600	3

รูปที่ 2.13 แสดงรายละเอียดของ diode เบอร์ต่างๆ

แรงดัน คือ ตัว diode เองรับแรงดันสูงสุดได้ที่เท่าไร เช่น 1N4001 สามารถรับแรงดันสูงสุด 50V หากมากกว่านี้จะเกิดความเสียหาย

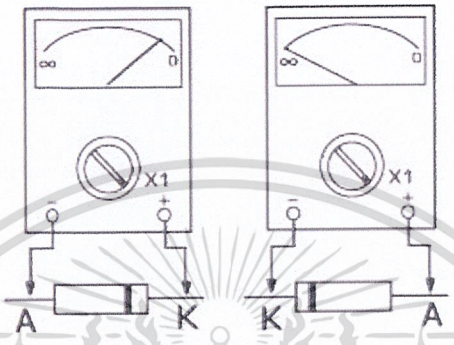
กระแสคือ ตัว diode สามารถทนกระแสได้ที่กี่แอมแปร์ เช่น 1N4001 - 1N4007 สามารถให้กระแสไหลผ่านตัวมันได้สูงสุด 1A หากมากกว่านี้จะเกิดความเสียหาย

ดังนั้น การเลือกใช้งานต้องคำนึงถึง แรงดันและกระแสที่ตัวมันเองได้ แต่ก็สามารถใช้ diode ที่มีแรงดัน และกระแส สูงกว่าตัวมันได้

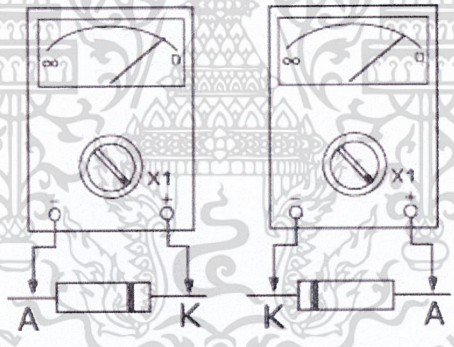
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การตรวจสอบ diode

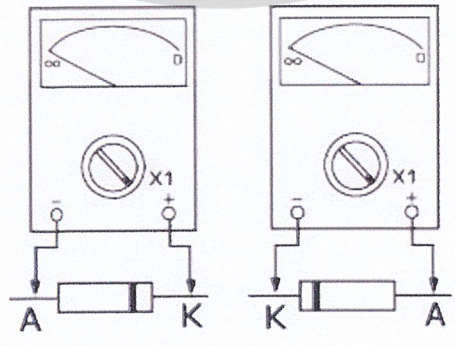
การตรวจสอบโดยใช้มัลติมิเตอร์ ซึ่งสามารถตรวจสอบ diode ปกติ diode ซอร์ต และ diode ขาดได้ โดยเราต้องตั้งย่านวัดของมัลติมิเตอร์ไปที่ X1 ก่อน แล้วทำการวัดโดยการสลับสายการวัด ผลที่ได้คือ



รูปที่ 2.14 diode ปกติเข็มขึ้น1ครั้ง เข็มไม่ขึ้น 1 ครั้ง



รูปที่ 2.15 diode ซอร์ตเข็มจะขึ้นทั้ง 2 ครั้ง



รูปที่ 2.16 diode ขาดเข็มจะไม่ขึ้นทั้ง 2 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

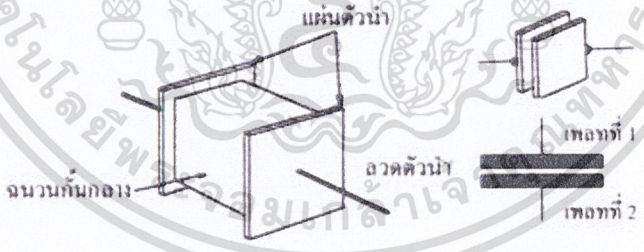
2.7 ตัวเก็บประจุ (CAPACITOR)

ตัวเก็บประจุ เรียกว่า คาปาซิเตอร์ เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์อีกชนิดหนึ่ง สามารถเก็บสะสมประจุไว้ได้ และสามารถคายประจุที่เก็บสะสมออกมาได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นตัวเก็บประจุจึงทำหน้าที่เก็บประจุและคายประจุ ในวงจรไฟฟ้าหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ค่าความจุหมายถึงคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าที่สามารถเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าไว้ในรูปของสนามไฟฟ้าและสามารถที่จะคายพลังงานนี้ได้ในเวลาต่อมา คุณสมบัติทางไฟฟ้าของตัวเก็บประจุคือ ต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟที่ตกคร่อมตัวมัน เช่น ถ้ามีแรงดันไฟตกคร่อมตัวเก็บประจุเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นทันทีทันใด ตัวเก็บประจุจะทำให้แรงดันไฟตกคร่อมตัวมันลดลงอย่างช้า ๆ จนถึงจุดอิ่มตัวจึงจะหยุดการเปลี่ยนแปลงและในกรณีแรงดันไฟลดลงอย่างทันทีทันใด ตัวเก็บประจุก็หน่วงแรงดันไฟให้ลดลงช้า ๆ จนถึงจุดต่ำสุดจึงจะหยุดการหน่วงแรงดันไฟ

2.7.1 ส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ

1. แผ่นตัวนำ 2 แผ่น ที่แยกออกจากกัน เรียกว่า เพลท (PLATE)

2. ฉนวนกั้นระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง ฉนวนกั้นนี้เรียกว่า ไดอิเล็กทริค (DIELECTRIC) ซึ่งอาจจะเป็นอากาศ พลาสติก กระดาษ ยาง ไมก้า เซรามิค ฯลฯ สายไฟหรือลวดตัวนำที่ต่อออกจากแผ่นตัวนำทั้งสอง

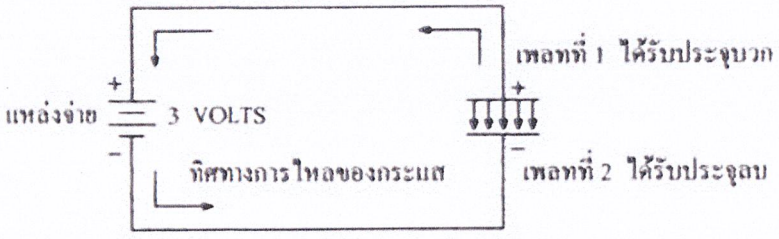


รูปที่ 2.17 แสดงส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ

2.7.2 การทำงานของตัวเก็บประจุ

เมื่อนำแผ่นตัวนำ 2 แผ่นวางไว้ใกล้ ๆ กัน และต่อสายตัวนำไปยังขั้วของแบตเตอรี่โดยต่อขั้วบวก (+) เข้ากับแผ่นที่ 1 ขั้วลบ (-) เข้ากับแผ่นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงตัวเก็บประจุทำการเก็บประจุแรงดันไฟฟ้า

อิเล็กตรอนจากขั้วลบของแบตเตอรี่ จะถูกส่งไปยังแผ่นตัวนำแผ่นที่ 2 เกิดขั้วลบขึ้นที่แผ่นตัวนำแผ่นที่ 2 ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าสถิตย์ผ่านแผ่นกั้นหรือไดอิเล็กทริค ทำให้แผ่นตัวนำแผ่นที่ 1 มีประจุบวกเกิดขึ้นช่วงนี้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนยังมีอยู่ทำให้แรงดันไฟระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งแรงดันไฟระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสองมีค่าเท่ากับแบตเตอรี่ อิเล็กตรอนจึงหยุดไหลซึ่งแสดงว่าตัวเก็บประจุทำการเก็บประจุ (CHARGE) เต็มที่แล้ว ถ้าเรานำเอาแบตเตอรี่ออกไปจากตัวเก็บประจุพลังงานก็ยังคงถูกเก็บไว้ในลักษณะของสนามไฟฟ้า แต่ถ้าทิ้งไว้นานก็จะหมดไปเนื่องจากการรั่วไหลของอิเล็กตรอนไปยังอากาศภายนอก

ในช่วงที่ตัวเก็บประจุยังมีพลังงานเนื่องจากการประจุถ้านำลวดตัวนำหรือตัวต้านทานมาต่อระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง พลังงานที่ถูกเก็บไว้ในลักษณะของสนามไฟฟ้าจะถูกส่งกลับออกมา ทำให้อิเล็กตรอนไหลจากแผ่นตัวนำที่ 1 ไปยังแผ่นตัวนำที่ 2 ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า การคายประจุ (DISCHARGE) ของตัวเก็บประจุ



รูปที่ 2.19 แสดงตัวเก็บประจุทำการคายประจุแรงดันไฟฟ้า

การคายประจุของตัวเก็บประจุจะเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานที่นำมาต่อที่ปลายทั้งสองของตัวเก็บประจุและทิศทางของอิเล็กตรอน ในจังหวะการคายประจุจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางของอิเล็กตรอนในจังหวะการคายประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 ค่าความจุของตัวเก็บประจุ

ค่าความจุของตัวเก็บประจุเรียกว่าค่าความจุไฟฟ้า (CAPACITANCE) เป็นตัววัดว่าตัวเก็บประจุสามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้ดีอย่างไร ซึ่งกล่าวได้ว่า ตัวเก็บประจุแปรผันได้โดยตรงกับจำนวนประจุ (ประจุมีหน่วยนับเป็น คูลอมป์) ที่ถูกเก็บไว้ในตัวเก็บประจุต่อแรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ ที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ ความจริงแล้วประจุที่ถูกเก็บอยู่ในตัวเก็บประจุจะเป็นศูนย์ เพราะแผ่นตัวนำทั้งสองมีประจุต่างกัน ปริมาณเท่ากัน ซึ่งประจุที่ได้สะสมอยู่ในตัวประจุ หมายถึง ประจุที่ถูกเก็บไว้ที่แผ่นบวกหรือแผ่นลบเท่านั้น ตัวอย่างเช่นตัวเก็บประจุ 2 ตัว แต่ละตัวป้อนด้วยแรงดัน 100 โวลต์ ปรากฏว่าตัวหนึ่งเก็บประจุได้ 5 คูลอมป์ อีกตัวหนึ่งเก็บประจุได้ 2 คูลอมป์ ดังนั้นตัวเก็บประจุที่เก็บประจุได้ 5 คูลอมป์จะมีค่าความจุไฟฟ้ามากกว่าตัวเก็บประจุที่เก็บประจุไว้ 2 คูลอมป์ หรือถ้าตัวเก็บประจุ 2 ตัวเก็บประจุได้เท่ากัน แต่ตัวหนึ่งต้องการแรงดันไฟตกคร่อม 100 โวลต์ อีกตัวหนึ่งต้องการแรงดันไฟตกคร่อม 50 โวลต์ ตัวที่ต้องการแรงดันไฟตกคร่อมน้อยกว่าจะมีค่าความจุไฟฟ้ามากกว่าค่าของตัวเก็บประจุเรียกว่าค่าความจุ กำหนดให้มีหน่วยเป็นไมโครฟารัด (MICRO FARAD) นอกจากบอกค่าความจุแล้วตัวเก็บประจุยังบอกขนาดทนแรงดันไฟตรงไว้ด้วย ขนาดทนแรงดันไฟตรงของตัวเก็บประจุ จะพิมพ์บอกไว้บนตัวเก็บประจุ บางบริษัทจะบอกค่าความจุและขนาดทนแรงดันไฟตรงเป็นรหัส ค่าความจุของตัวเก็บประจุมีช่วงกว้างมากคือเริ่มจาก 0.0000001 ถึง 10,000 ไมโครฟารัด ดังนั้นจึงมีการกำหนดหน่วยเป็น พิกโกฟารัด (PICO FARAD) และหน่วยเป็นนาโนฟารัด (NANO FARAD)

การเทียบหน่วยเรียกค่าความจุ

1 ฟารัด (F)	=	1,000,000	ไมโครฟารัด (mF)
1 ไมโครฟารัด (mF)	=	1,000,000	พิกโกฟารัด (pF)
หรือ 1 ไมโครฟารัด (mF)	=	1,000	นาโนฟารัด (nF)

ค่าความจุที่เรียกว่าเป็นพิกโกฟารัด จะแบ่งค่าที่ 1,000 PF หรือ 0.001 mF ถ้าค่าต่ำกว่าค่านี้จะเรียกเป็นพิกโกฟารัดหรือ พีเอฟ เช่น ค่า 500 PF จะไม่เรียกเป็น 0.005 mF หรือค่า 0.047 mF จะไม่นิยมเรียกเป็น 47,000 PF เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 การประจุและคายประจุ

เมื่อต่อแรงดันไฟตรงให้กับตัวเก็บประจุ การประจุจะเกิดขึ้นเร็วมากถ้าไม่มีตัวต้านทานต่ออนุกรมอยู่ในวงจรประตู ตัวเก็บประจุจะประจุเต็มเกือบจะทันทีที่ต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงการต่อตัวต้านทานเข้าไปในวงจรประจุ จะทำให้เวลาในการประจุยืดออกไป ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสองจึงเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้ คือ

$$T = R \times C$$

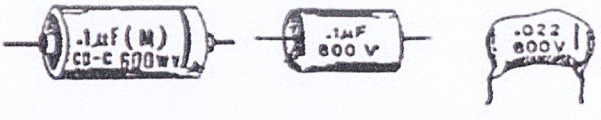
T คือเวลาในการประจุเป็นวินาที

R คือค่าความต้านทานเป็นโอห์ม

C คือค่าความจุที่ถูกประจุเป็นฟารัด

2.7.5 อัตราทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนอกจากจะบอกค่าความจุแล้ว ยังบอกอัตราทนแรงดันไฟสูงสุดที่ตัวเก็บประจุตัวนั้นทนได้ เป็นการบอกถึงค่าความสามารถในการทนแรงดันไฟของตัวเก็บประจุ เพราะถ้าหากว่ามีแรงดันไฟตกคร่อมที่แผ่นตัวนำทั้งสอง ของตัวเก็บประจุมากเกินไป จะทำให้ไดอิเล็กทริคเสียหายและเกิดการอาร์ค (ARK) ขึ้นระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง เป็นผลทำให้ตัวเก็บประจุเกิดการเสียหาย ซึ่งอาจจะเป็นผลให้อุปกรณ์ข้างเคียงอื่น ๆ ภายในวงจรได้รับความเสียหายไปด้วย อัตราทนแรงดันไฟของตัวเก็บประจุ จะบอกเป็นแรงดันไฟตรงและเขียนสั้น ๆ เป็น V หรือ WV



รูปที่ 2.20 แสดงบอกค่าความจุและอัตราทนแรงดันไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.6 ชนิดของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุที่ใช้อยู่ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีหลายชนิด นิยมเรียกชื่อและเขียนย่อว่า C แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ตัวเก็บประจุค่าคงที่ เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้กันมาก โดยผู้ผลิตทำค่าคงที่ไม่สามารถจะเปลี่ยนค่าได้อีก มีหลายแบบหลายขนาด แตกต่างกันทั้งโครงสร้างไดอิเล็กทริค ค่าความจุและอัตราทนแรงดันไฟ การเลือกตัวเก็บประจุมาใช้ในวงจร ต้องคำนึงถึงค่าความจุและอัตราทนแรงดันไฟเป็นสำคัญ นอกจากนี้ความเข้าใจทฤษฎีและการใช้งานจากประสบการณ์ จะทำให้เลือกตัวเก็บประจุใช้งานได้อย่างเหมาะสม ตัวเก็บประจุค่าคงที่นิยมเรียกตามไดอิเล็กทริค

2. ตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนค่าได้

ในทางปฏิบัติ การต่อตัวเก็บประจุใช้งานนิยมต่อ 2 แบบ คือ

1. แบบอนุกรม
2. แบบขนาน

การต่อแบบอนุกรม



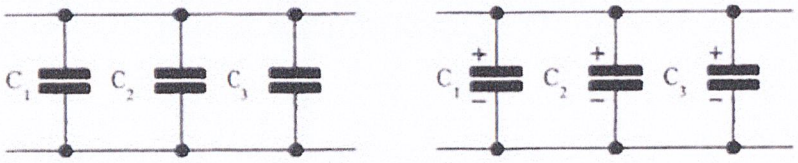
รูปที่ 2.21 แสดงการต่อตัวเป็นประจุแบบอนุกรม

ผลการต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม คือ

1. ค่าความจุลดลง
2. อัตราทนแรงดันไฟทนได้เท่ากับอัตราทนแรงดันไฟของตัวเก็บประจุแต่ละตัวรวมกันการคำนวณหาค่าความจุของตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อแบบขนาน



รูปที่ 2.22 แสดงการต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน

ผลการต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน คือ

1. ค่าความจุเพิ่มขึ้นเท่ากับความจุของตัวเก็บประจุแต่ละตัวรวมกัน
2. อัตราทนแรงดันไฟเท่ากับตัวที่อัตราทนแรงดันไฟต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

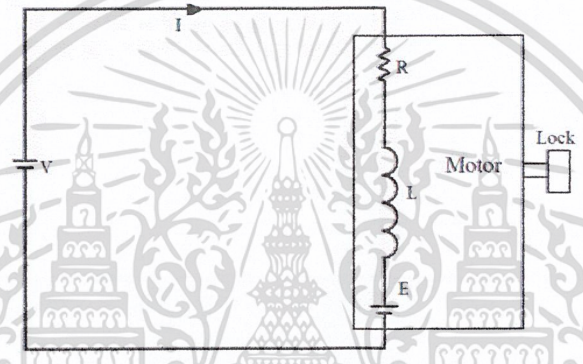
บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

3.1 คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆของมอเตอร์

3.1.1 การหาค่าความต้านทาน R

ป้อนแรงดันให้กับมอเตอร์ โดยที่ล็อคมอเตอร์ไว้ไม่ให้มอเตอร์หมุน



รูปที่ 3.1 แสดงวงจรมอเตอร์กระแสตรง

$$V = IR$$

$$R = \frac{V}{I}$$

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าที่ได้จากการทดลองเพื่อหาค่าความต้านทานของมอเตอร์

V(V)	I(A)	$R = \frac{V}{I}(\Omega)$
1	1.6	0.63
2	3.3	0.61
3	5.6	0.54
4	7.6	0.53
5	9.3	0.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะได้ค่าเฉลี่ยของความต้านทาน คือ 0.57โอห์ม

3.1.2 หาค่า Time Constance (τ)

จากกราฟกระแส ที่อ่านได้จากกราฟ Unit stepแล้วอ่านค่าคงที่ 63%



รูปที่ 3.2 กราฟกระแส ที่อ่านได้จากการป้อน Unit Step

ผลที่ได้จากกราฟ

การอ่านค่าครั้งที่ 1 τ = 723 µs

การอ่านค่าครั้งที่ 2 τ = 762 µs

เพราะฉะนั้นค่าเฉลี่ยที่ได้ คือ 742.5 µs

การหาค่าขดลวดเหนี่ยวนำ *(L)*

จากสมการ $\tau = \frac{L}{R}$

$$L = \tau R$$

แทนค่าจะได้ $L = (742.5)(0.58\Omega)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L = 430.65H$$

จากนั้นเราได้ทำการนำมอเตอร์ไปวัดค่า L จากเครื่องวัด ได้ค่า

$$L = 458.47H$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณ

3.2 การเลือกใช้ Mosfet และ Diode

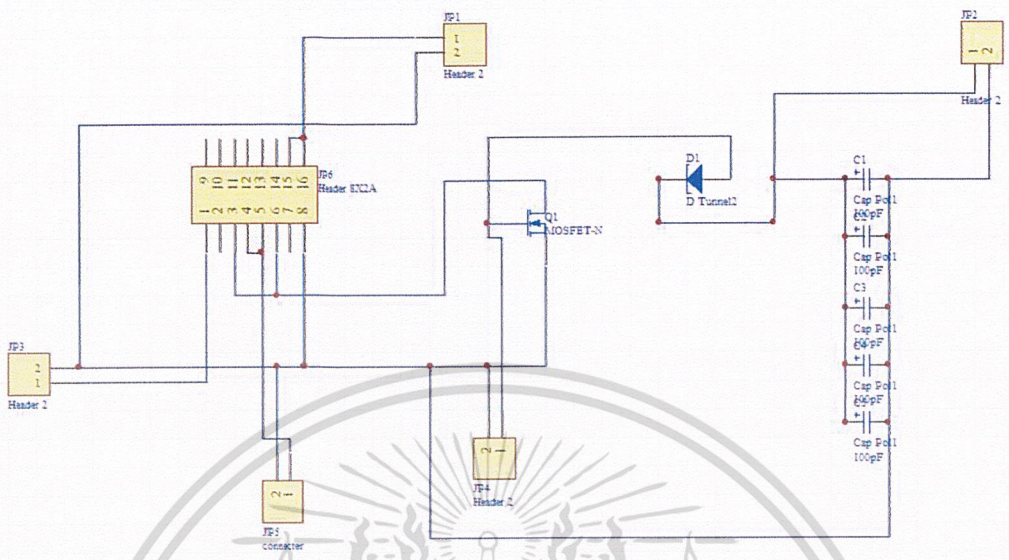
เนื่องจากวงจร Boost converterเป็นวงจรที่มีกระแส และแรงดันที่มาก จึงต้องเลือก Mosfet ที่สามารถทนแรงดันและกระแสได้สูง ทางกลุ่มผู้จัดทำได้เลือกใช้ Mosfet เบอร์ IRFZ34N และ Diodeเบอร์ MUR3020WT ซึ่งทนกระแส และแรงดันได้ 29A 55V และ 30A 200V ตามลำดับ แต่เมื่อทำการทดลองแล้วได้พบปัญหาว่าแรงดันตกคร่อม Mosfet มีค่ามากเกินไปจนเกรงว่า Mosfet จะเสียหายได้ ทางกลุ่มผู้จัดทำได้ทำการเปลี่ยน Mosfet และ Diode เป็น เบอร์ IRFP250N และเบอร์ RHR15120 ที่สามารถทนกระแส และแรงดันได้ 30A 200V และ 30A 1200V ตามลำดับ

3.3 การเลือกใช้ตัวเก็บประจุ

เลือกใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่าสูง เพื่อที่จะรักษาแรงดันขาออกให้คงที่และช่วยกรองความถี่ที่แฝงมากับแรงดันไฟตรงออกไป และจะช่วยลดค่าความต้านทานแฝงในตัวเก็บประจุได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การสร้างวงจร Boost Converter



รูปที่ 3.3 แสดงวงจร Boost Converter ในโปรแกรม

ใช้โปรแกรม Altium Design ในการออกแบบลายวงจร ดังรูปที่ 3.3

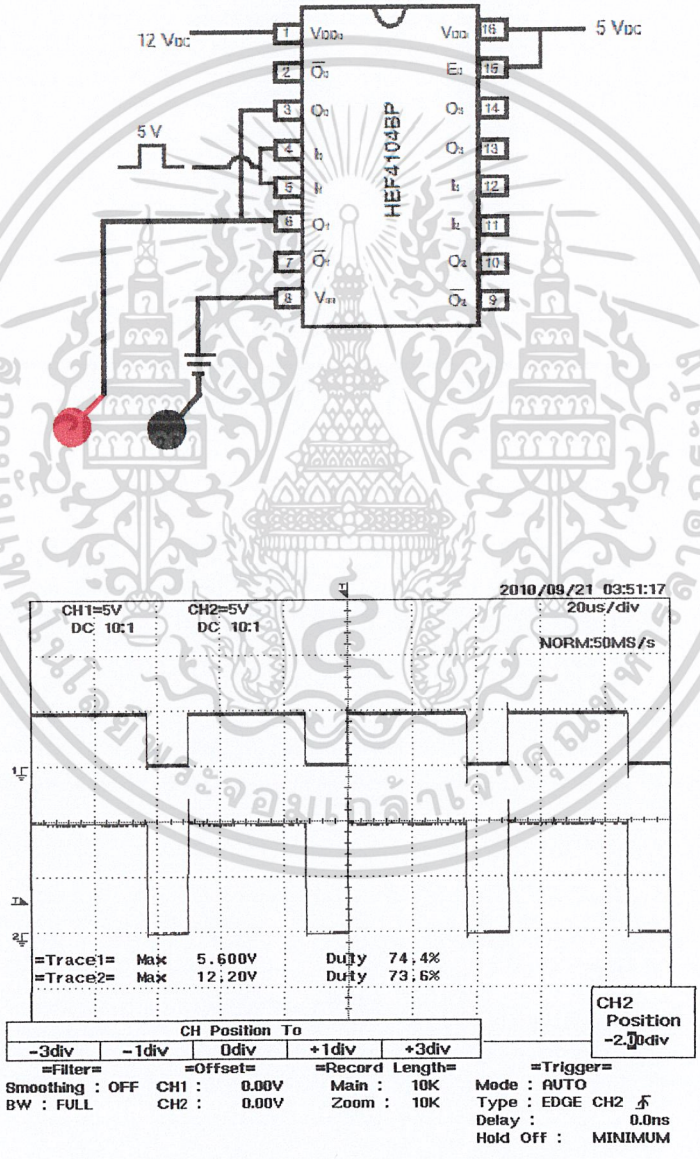
จากนั้นทางกลุ่มผู้จัดทำได้ทำการสร้างแผ่นลายวงจรเอง โดยใช้ห้อง Lab ของชุมนุมอิเล็คทรอนิกส์ในการสร้าง และขอคำปรึกษาจาเพื่อนนักศึกษาภาควิชาอิเล็คทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

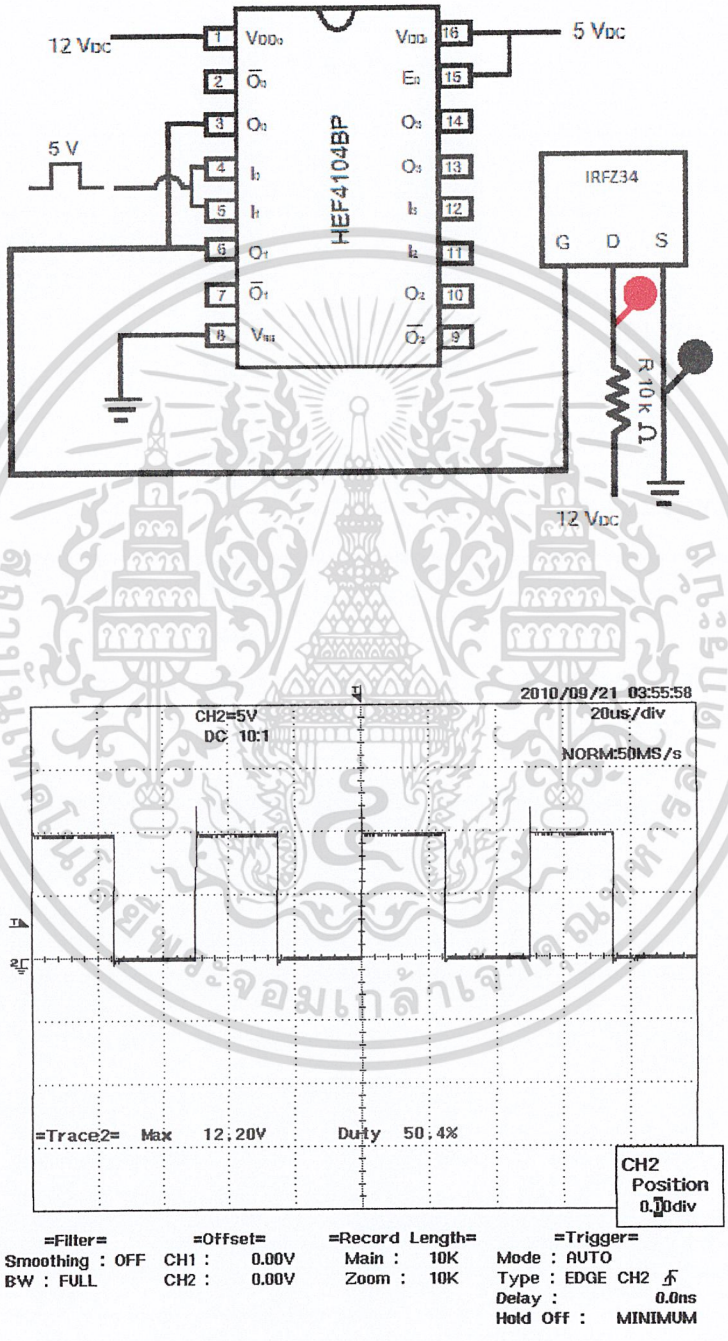
4.1 การทดลองการทดสอบการทำงานของ IC HEF4104BP



รูปที่ 4.1 ทดลองการทำงานของ IC HEF4194BP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

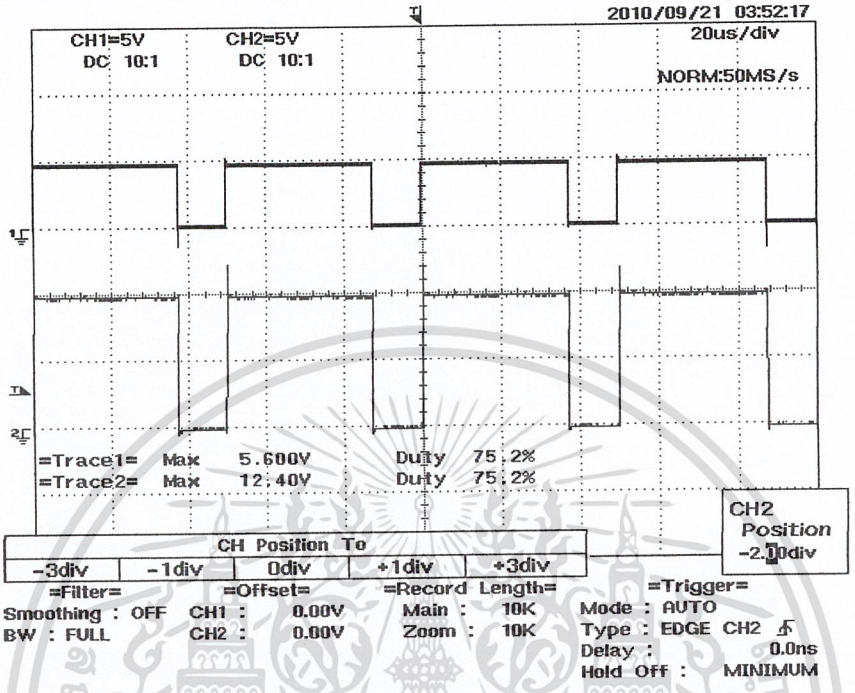
4.2 การทดลองการทดสอบการทำงานของ MOSFET



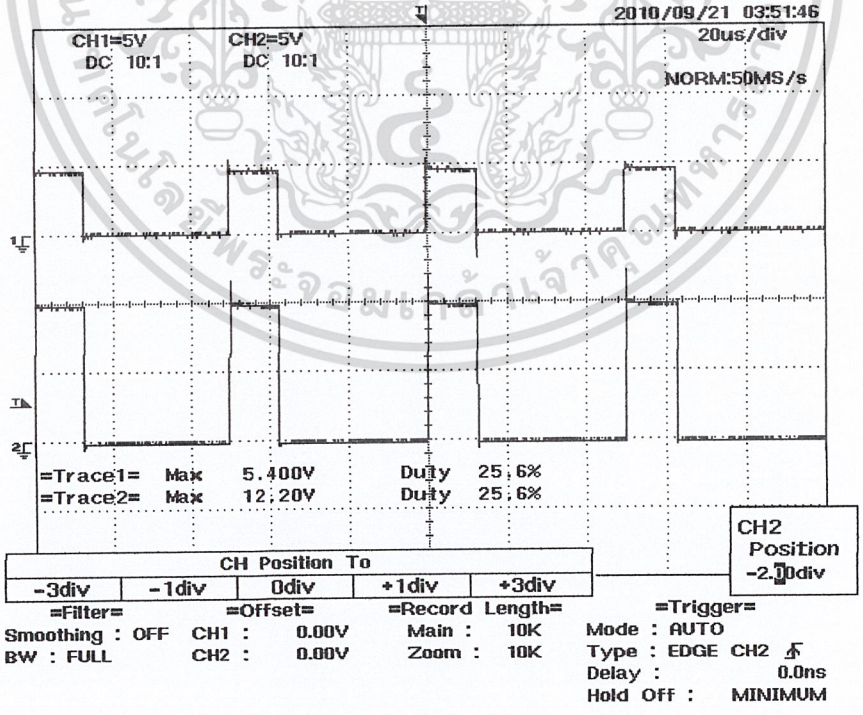
รูปที่ 4.2 ทดสอบการทำงานของ Mosfet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองการเขียนโปรแกรม สร้างสัญญาณพัลส์



รูปที่ 4.3 โปรแกรมสามารถปรับค่า Duty Cycle ให้เพิ่มขึ้นได้



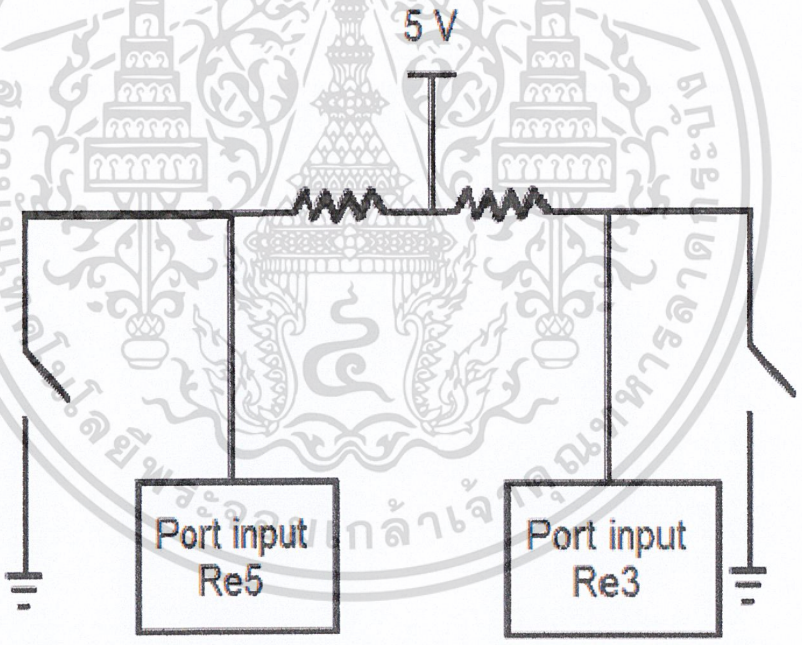
รูปที่ 4.4 โปรแกรมสามารถปรับค่า Duty Cycle ให้ลดลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองการปรับความเร็วมอเตอร์ด้วย สวิตซ์ปรับ Duty cycle

จากรูปได้ใช้มอเตอร์แทนคนในการปั่นจักรยาน โดยต่อเข้ากับเจนเนอเรเตอร์ เมื่อจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์ เจนเนอเรเตอร์จะสร้างแรงบิดในทิศทางสวนทางกับมอเตอร์ และเจนเนอเรเตอร์จะเป็นตัวจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับวงจร Boost Converter ซึ่งแรงบิดจะมีค่าแปรผันตรงกับกระแส จะทำให้เมื่อมีแรงบิดมากจะทำให้มีกระแสไฟฟ้ามากขึ้น เช่นเดียวกับการปั่นจักรยานที่ต้องออกแรงมากขึ้น เปรียบเสมือนการปั่นจักรยานขึ้นเนิน

ค่ากระแสในวงจรสามารถปรับได้จากค่า Duty Cycle ถ้าปรับค่า Duty Cycle ให้มากขึ้น ค่ากระแสก็จะมีมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าให้ค่า Duty Cycle น้อยลง ค่ากระแสที่ได้ก็จะมีค่าลดลง การปรับ Duty Cycle นี้เป็นการควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ PWM นั่นคือการปรับช่วงการทำงานของสวิทซ์ ซึ่งคือ Mosfet นั่นเอง

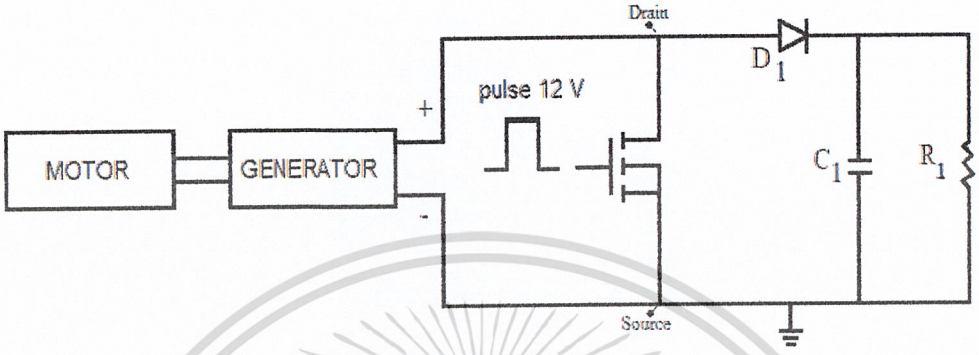


รูปที่ 4.5 วงจรสวิตช์ปรับค่า Duty Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

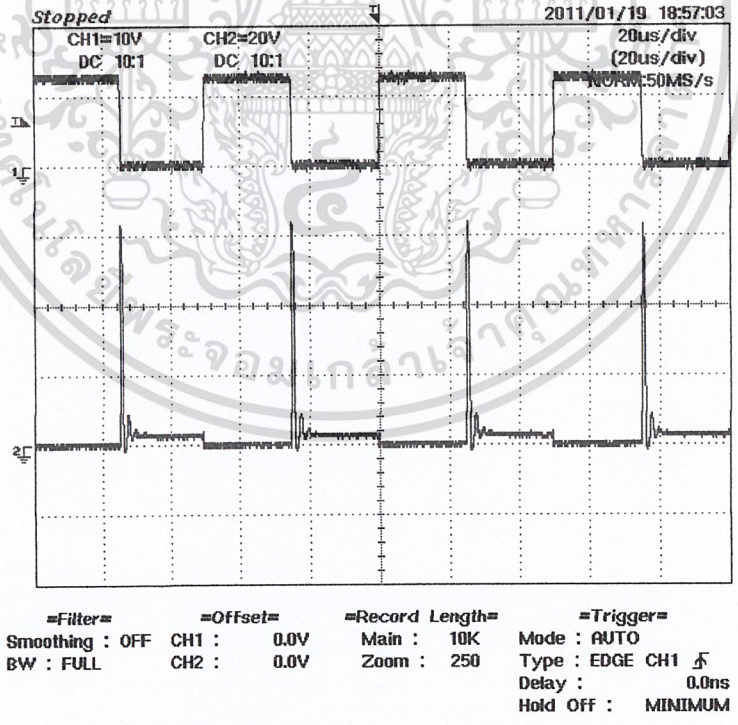
4.5 การทดลองทดสอบการทำงานของ วงจร Boost Converter

ทดลองต่อวงจร Boost Converter ลงโฟโตบอร์ด ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงวงจรรวมของมอเตอร์และวงจร Boost Converter

ซึ่งได้ทำการวัดสัญญาณแรงดันคร่อมขา Drain และขา Source ของมอสเฟต ได้สัญญาณออกมาดังรูปที่ 4.7 - 4.10, 4.12 - 4.18

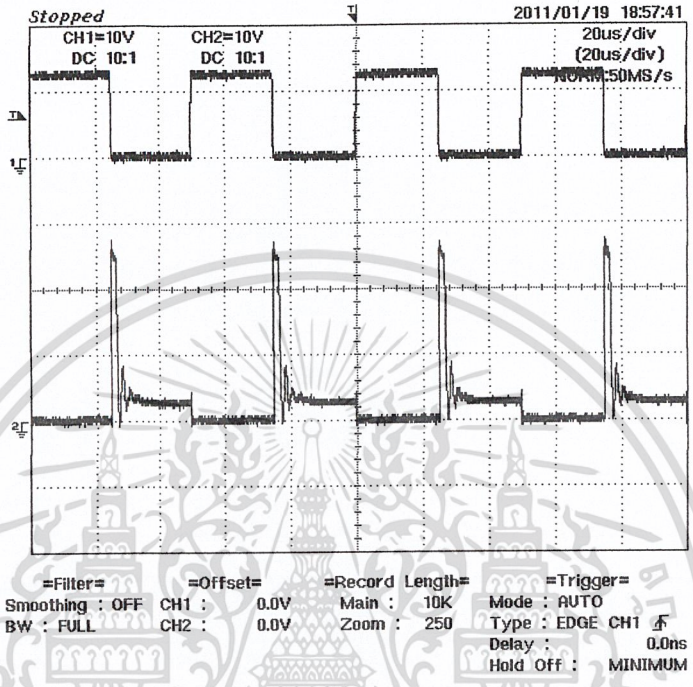


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าสัญญาณพัลส์ขนาด 12 V (บน)
กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลองโดยที่ยังไม่ต่อตัวเก็บประจุ C1 (ล่าง)

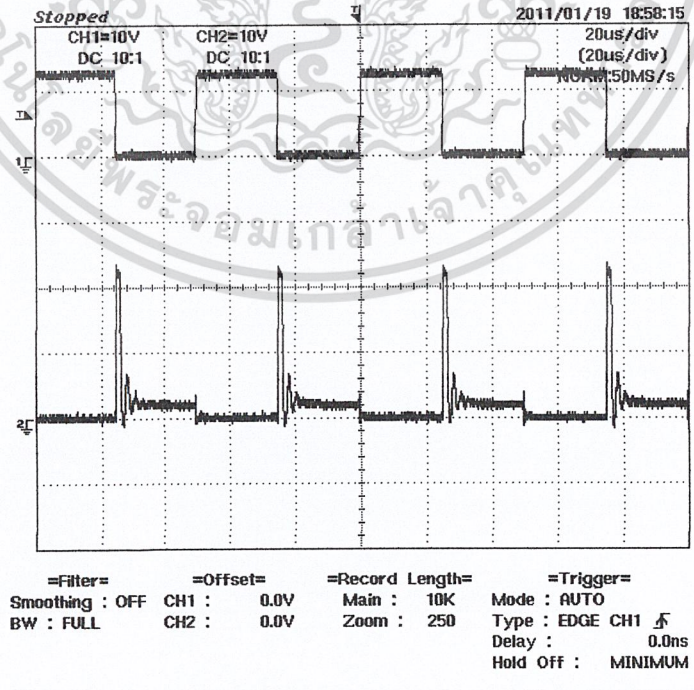
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองเมื่อทำการเพิ่มตัวเก็บประจุ C1

จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.8

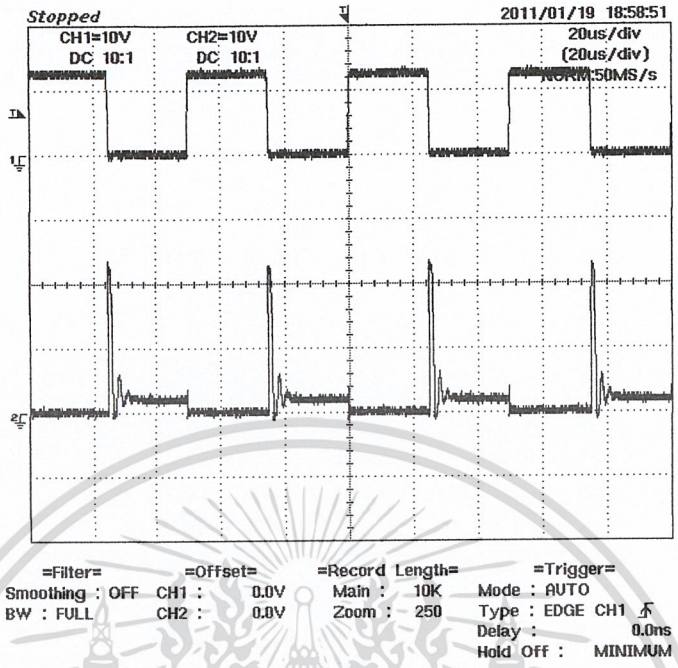


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1 = 1uF



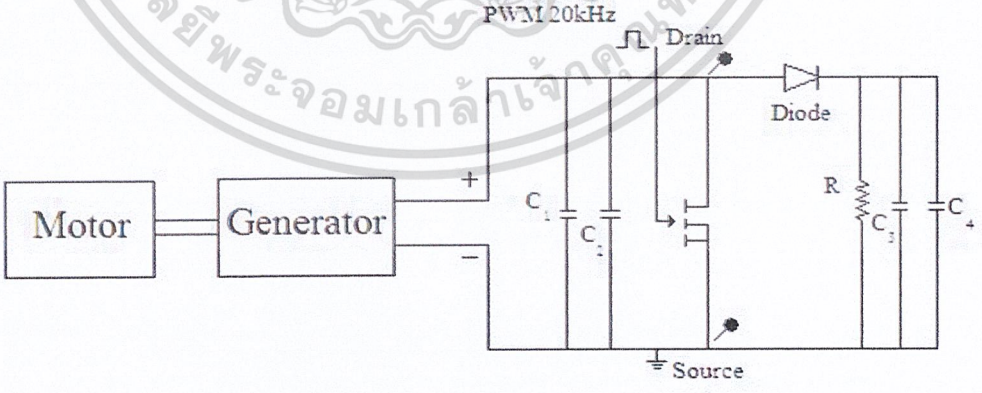
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1 = 10uF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



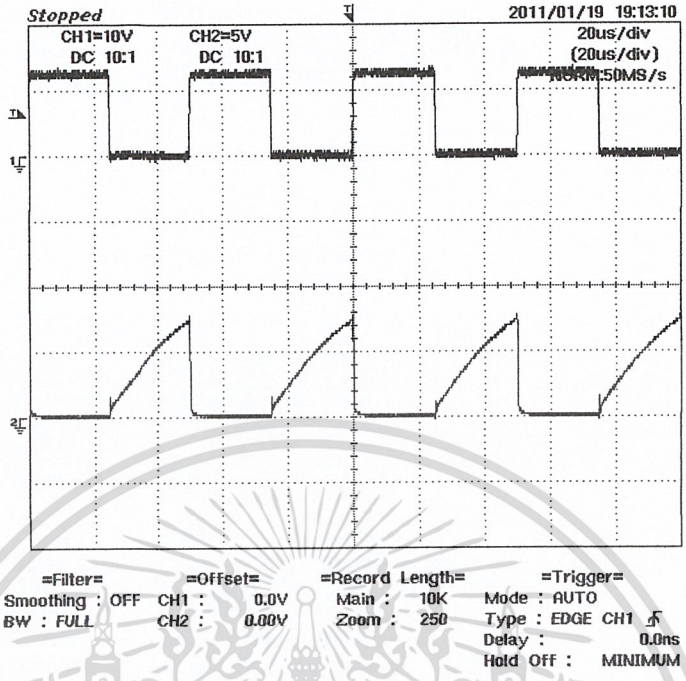
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1 = 100uF

4.6 การทดลองเมื่อทำการเพิ่มตัวเก็บประจุทั้งด้านทางเข้า (C1, C2) และด้านทางออก (C3, C4)

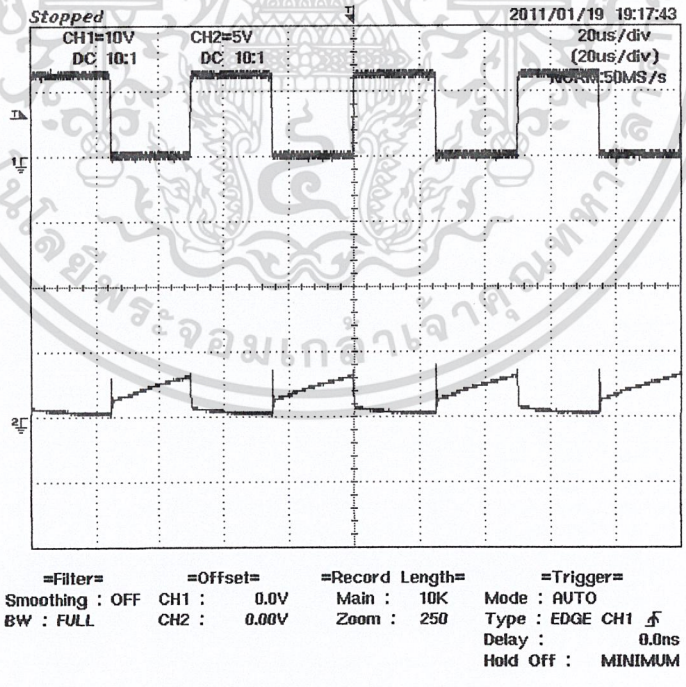


รูปที่ 4.11 วงจรรวมของมอเตอร์และ Boost Converter เมื่อใส่ตัวเก็บประจุ C1,C2,C3 และ C4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

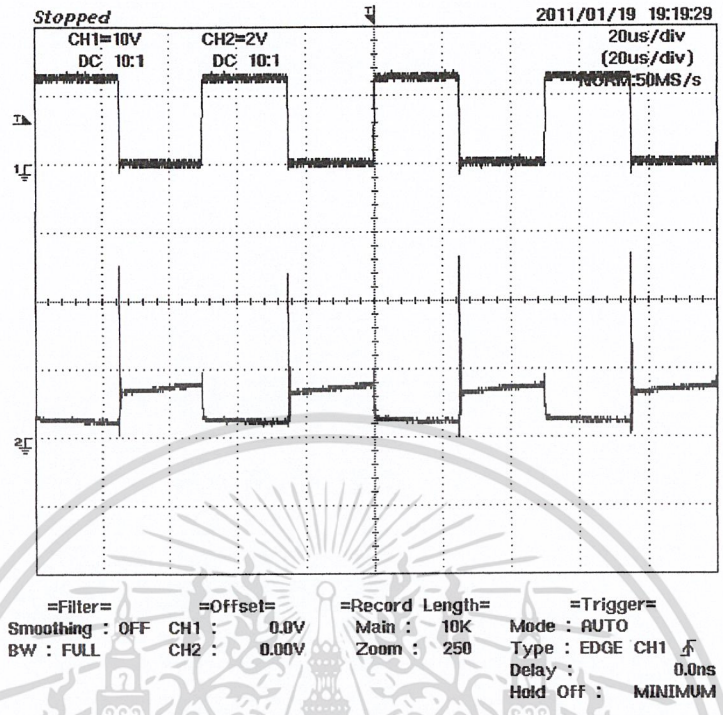


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1 และ C2= 1uF ไม่มี C3 และ C4

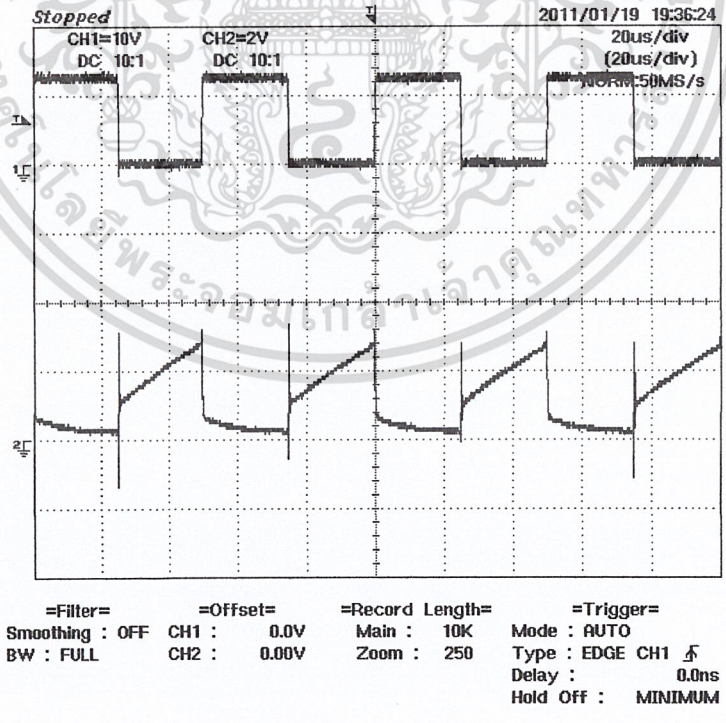


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1 และ C2 = 10uF ไม่มี C3 และ C4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

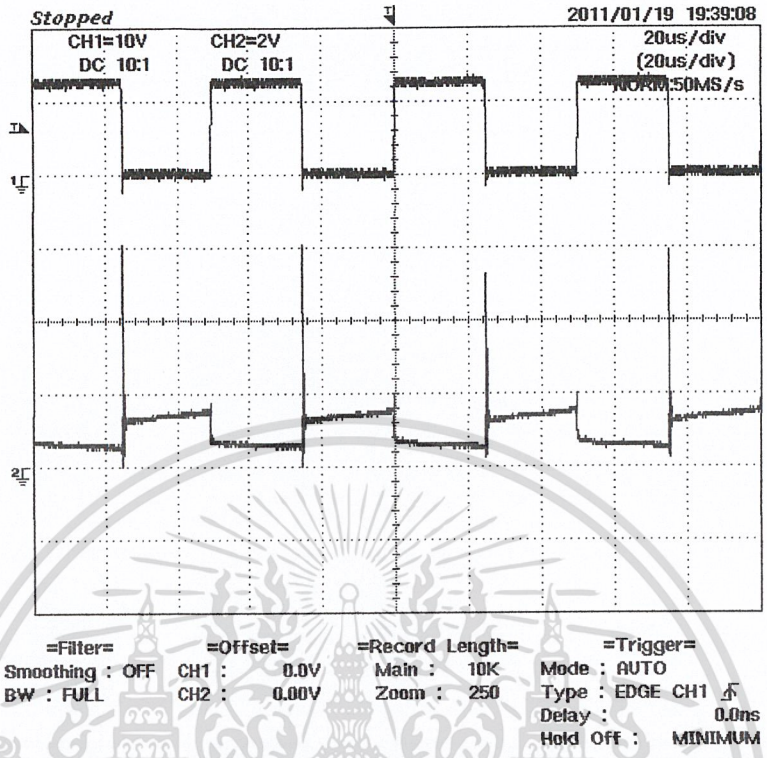


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ เมื่อ C1 และ C2 = 100uF ไม่มี C3 และ C4

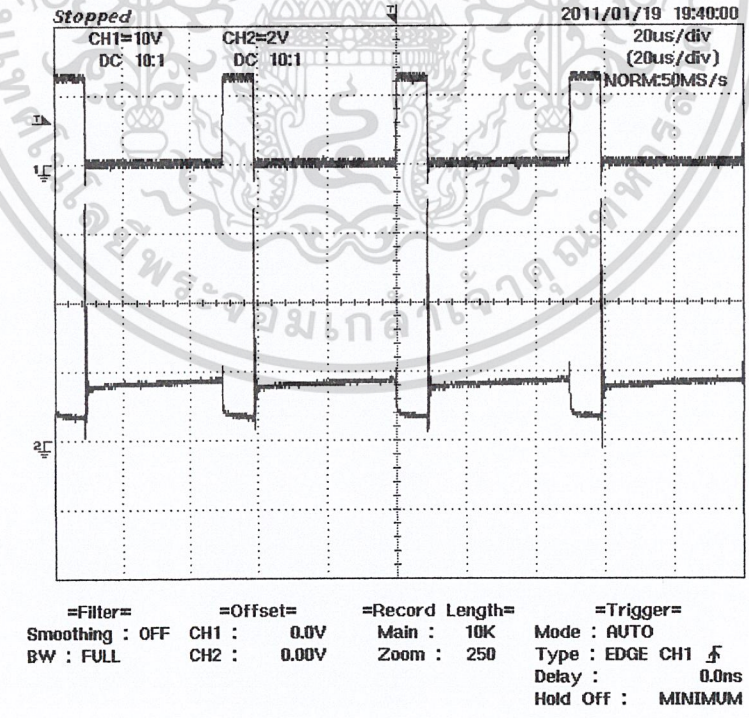


รูปที่ 4.15 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1 ,C2 ,C3และ C4 = 10uF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



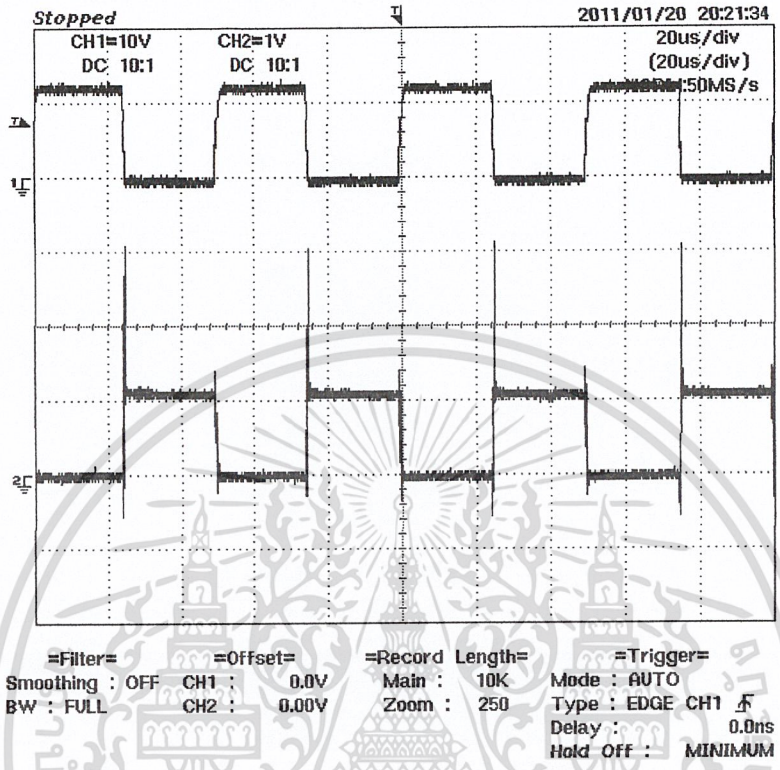
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1 ,C2 ,C3และ C4= 100uF



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อทดลอง โดยเลือกใช้ C1, C2, C3 และ C4 = 100uF และปรับค่า Duty Cycle โดยใช้สวิชต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การทดลองวงจร Boost Converter เมื่อทำการเปลี่ยน MOSFET

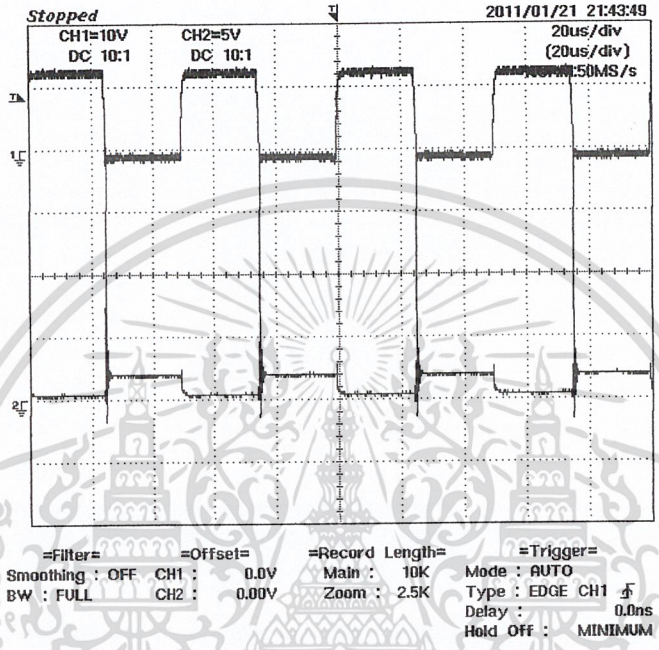


รูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขา Drain และ Source

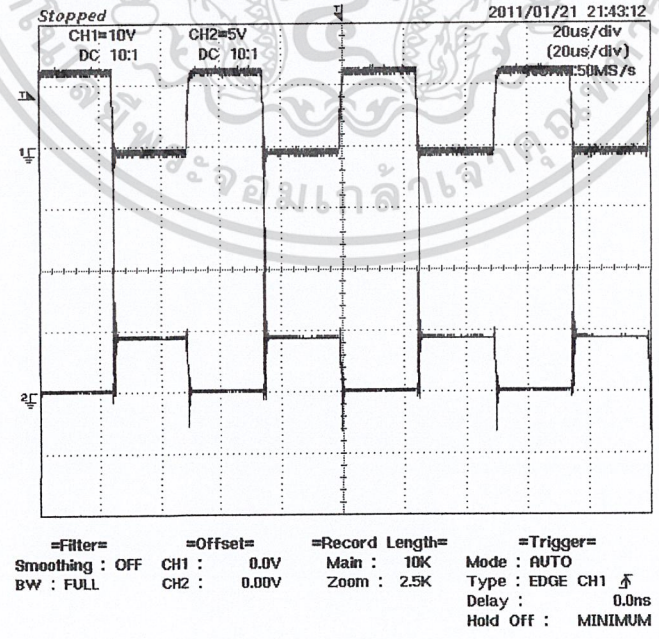
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 การทดลองทดสอบการทำงานของวงจร Boost Converter เมื่อปรับโหลด (R)

ทำการวัดสัญญาณแรงดันคร่อมขา Drain และขา Source ของมอสเฟต และปรับค่า load จะได้สัญญาณออกมาดังรูปที่ 4.19 – 4.22

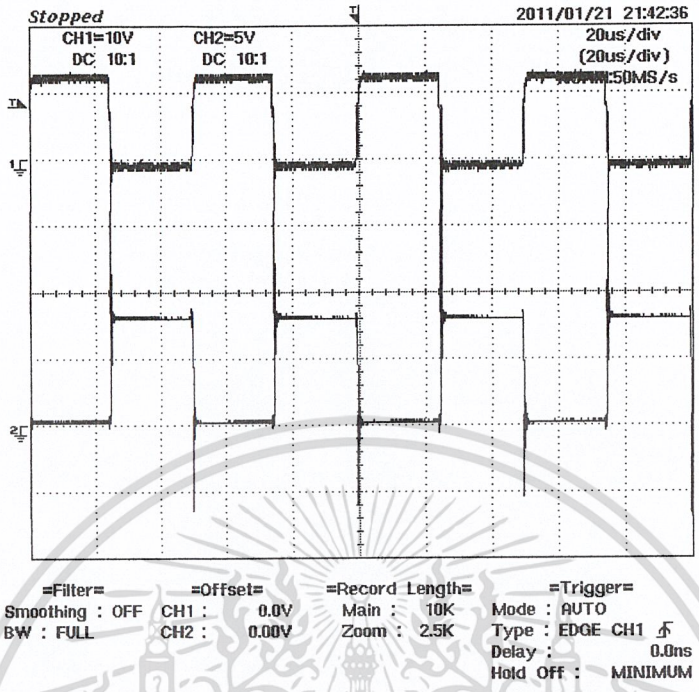


รูปที่ 4.19 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อปรับค่า R = 4 ohm

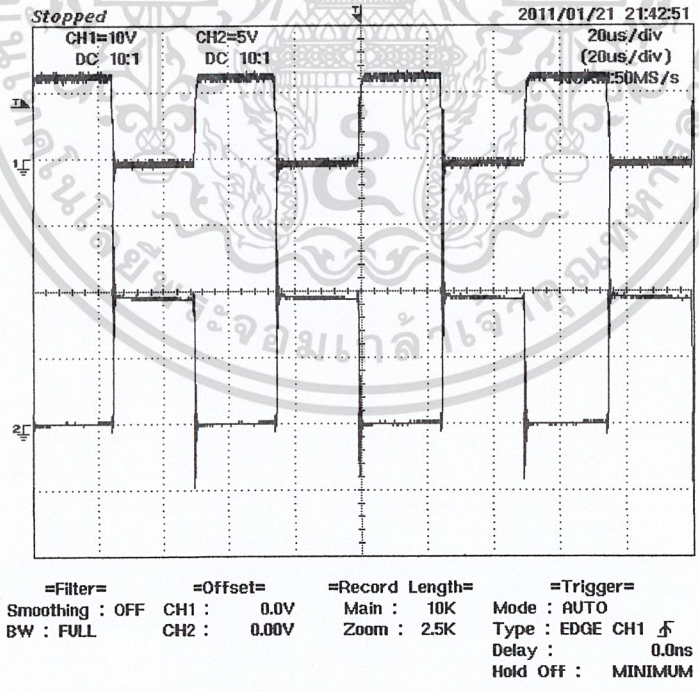


รูปที่ 4.20 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อปรับค่า R = 8 ohm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อปรับค่า R =12 ohm

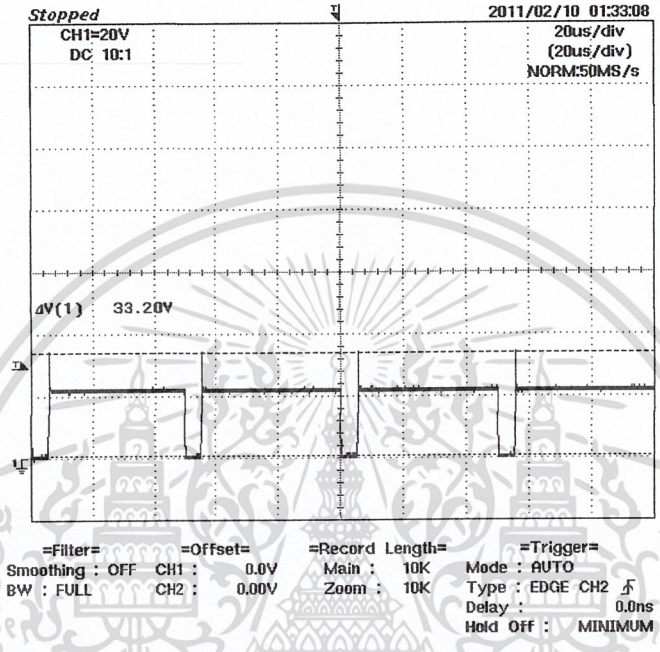


รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อปรับค่า R =16 ohm

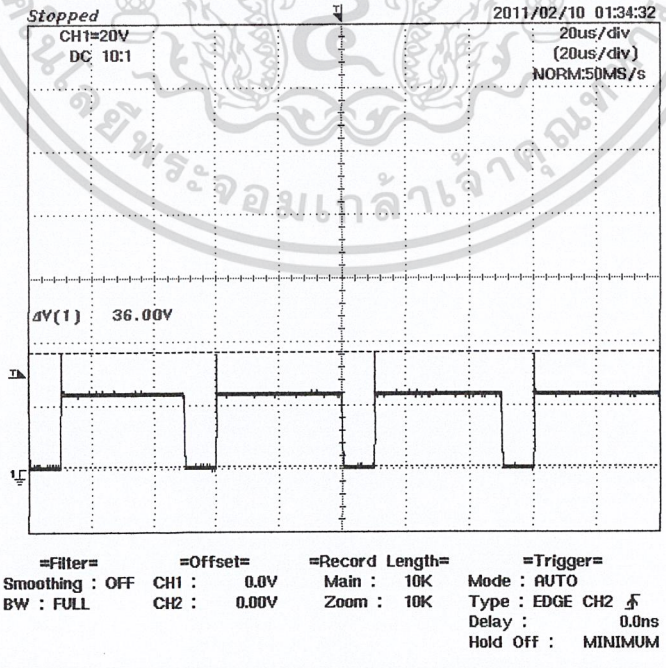
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 การทดลองการปรับค่า Duty Cycle เพื่อศึกษาความเร็วของมอเตอร์ (24 Vdc)

ทำการวัดสัญญาณแรงดันคร่อมขา Drain และขา Source ของมอสเฟต และปรับค่า Duty Cycle จะได้ สัญญาณออกมาดังรูปที่ 4.23 – 4.30

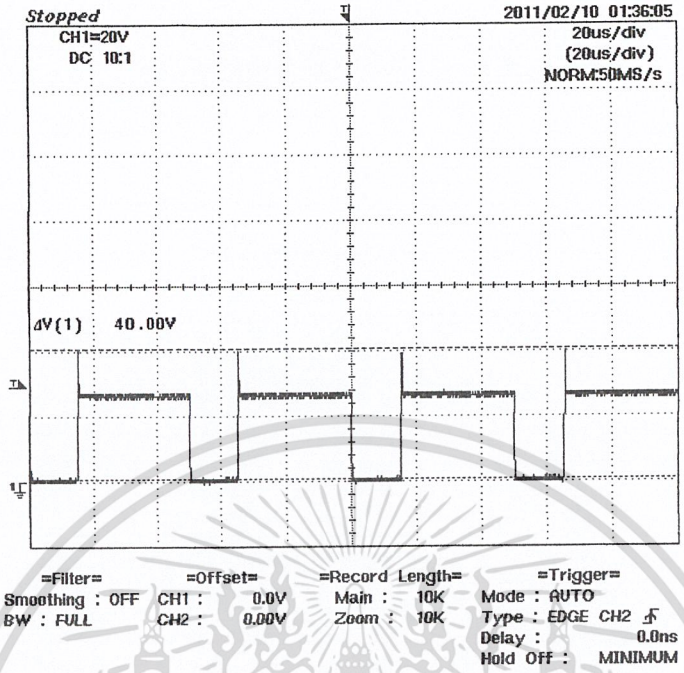


รูปที่ 4.23 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อปรับค่า Duty cycle 10 %

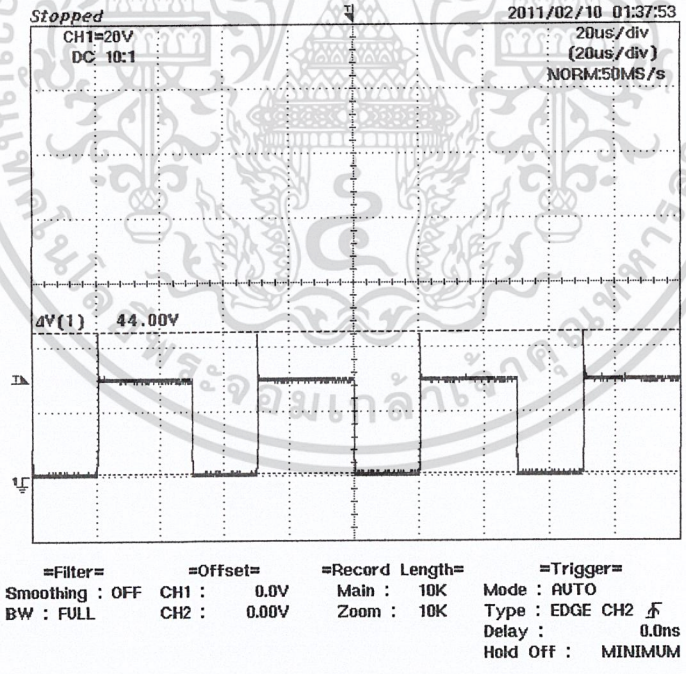


รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อปรับค่า Duty cycle 20 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

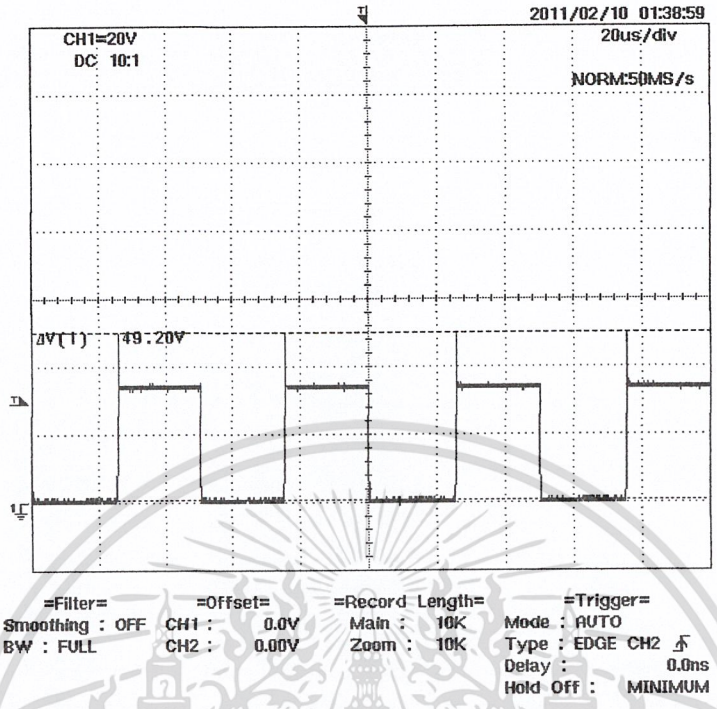


รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อปรับค่า Duty cycle 30 %

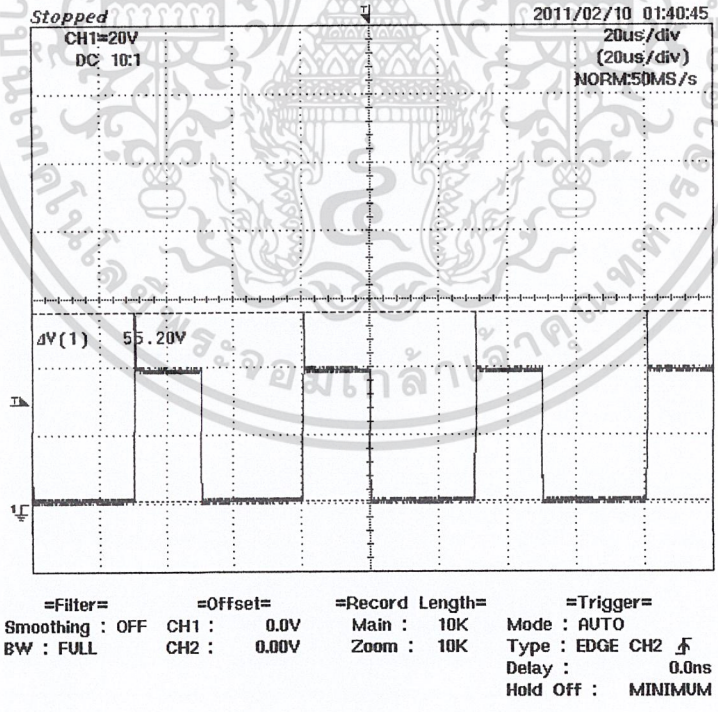


รูปที่ 4.26 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อปรับค่า Duty cycle 40 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

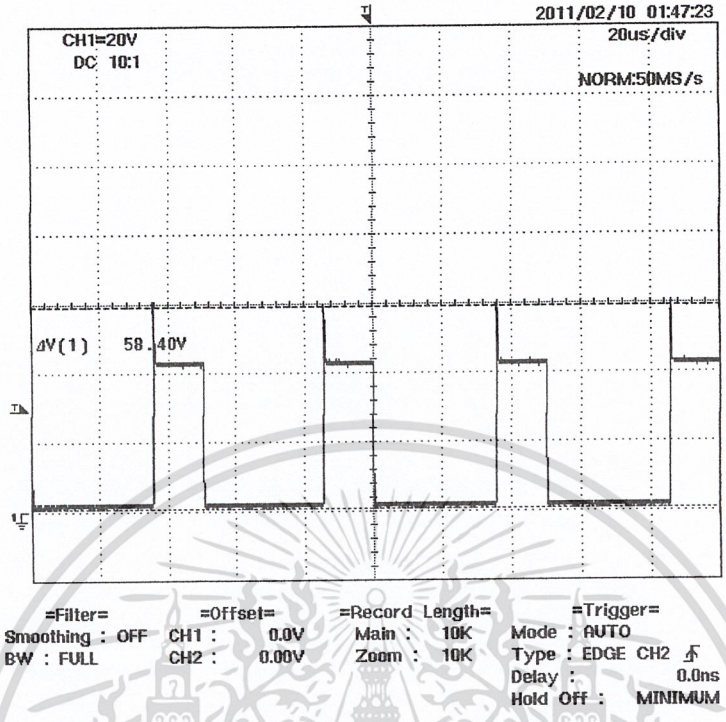


รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อปรับค่า Duty cycle 50 %

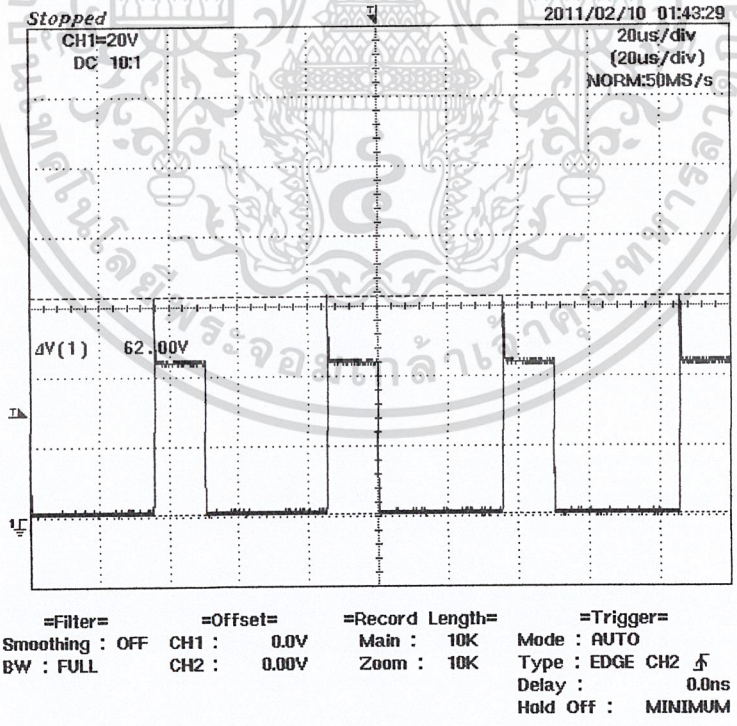


รูปที่ 4.28 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อปรับค่า Duty cycle 60 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อปรับค่า Duty cycle 70 %

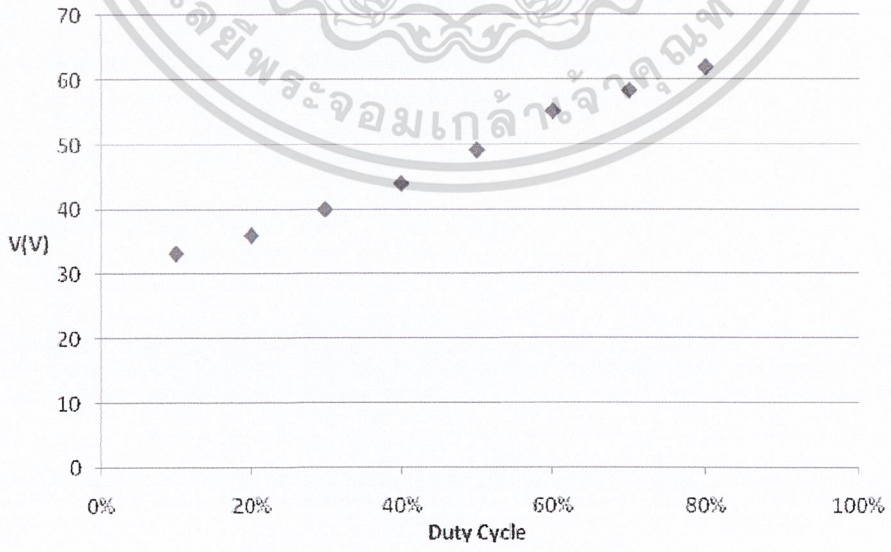


รูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อปรับค่า Duty cycle 80 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Duty Cycle กับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขา Drain และขา Source ของมอสเฟต

Duty Cycle (%)	V(V)
10 %	33.20
20 %	36.00
30 %	40.00
40 %	44.00
50 %	49.20
60 %	55.20
70 %	58.40
80 %	62.00



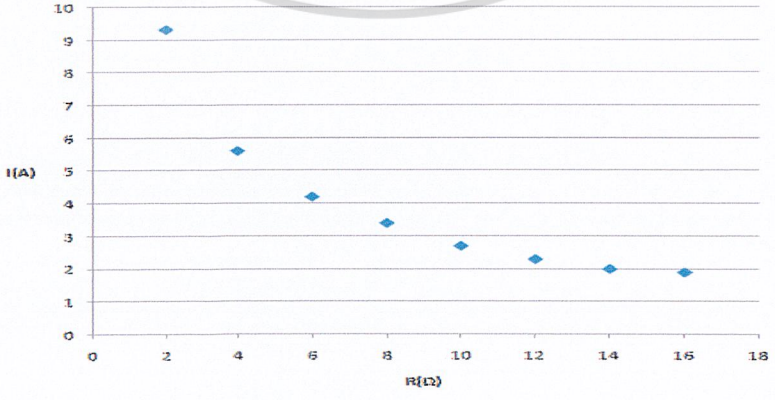
รูปที่ 4.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Duty Cycle กับค่าแรงดันไฟฟ้าขา Drain และขา Source

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 การทดลองวัดกระแสในวงจร จากการปรับค่าโหลด

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าโหลด กระแสของวงจร และแรงดันขาเข้า

Load (Ω)	I (A)	V in(V)
16	1.9	18
14	2.0	17.9
12	2.3	17.6
10	2.7	17.2
8	3.4	16.5
6	4.2	15.7
4	5.6	14.3
2	9.3	11



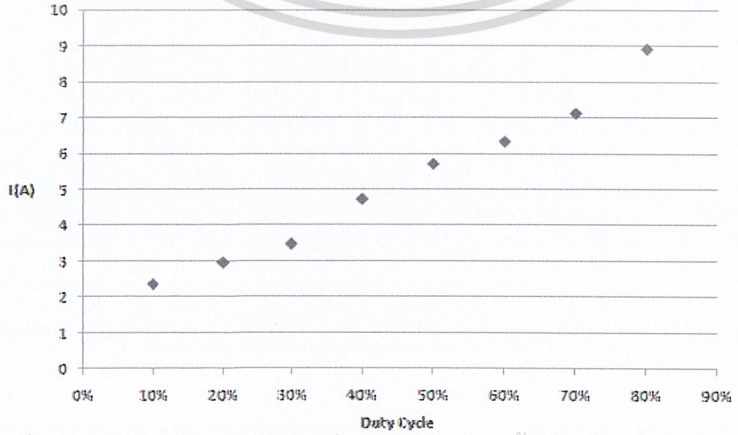
รูปที่ 4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสในวงจร และค่าโหลดที่ต่อเข้ากับวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 การทดลองการปรับ Duty Cycle และวัดกระแสในวงจร

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า Duty Cycle กระแสในวงจร และแรงดันขาเข้า

Duty Cycle (%)	I (A)	V in(V)
10	2.35	17.80
20	2.90	17.50
30	3.47	17.10
40	4.74	16.50
50	5.77	15.90
60	6.34	14.80
70	7.12	12.80
80	8.9	10.30



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Duty Cycle และกระแสในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สรุปผลการทดลองการทดสอบการทำงานของ IC HEF4104BP

ทดลองโดยการต่อ IC HEF4104BP โดยป้อนไฟเลี้ยง 12 โวลต์ เข้าที่ขา 1 และ 5 โวลต์ เข้าที่ขา 15, 16 แล้วต่อกราวด์ที่ขา 8 จากนั้นป้อนสัญญาณพัลส์ 5 โวลล์ จากคอนโทรลเลอร์เข้าที่ขา 4, 5 แล้ววัดสัญญาณด้านขาออกที่ออกจากขา 3, 6 ได้กราฟสัญญาณดังรูปที่ 4.1

5.1.2 สรุปผลการทดลองการทดสอบการทำงานของ MOSFET

จากการทดลองที่ 4.1 นำสัญญาณทางขาออกที่ได้ไปต่อเข้ากับขาเกต ของ Mosfet IRFZ34 จ่ายไฟเลี้ยง 12 โวลต์ ผ่านตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม เข้าขา Drain แล้วต่อกราวด์เข้าขา Source จากนั้นวัดแรงดันตกคร่อมขา Drain และขา Source ได้กราฟสัญญาณดังรูปที่ 4.2 สังเกตได้ว่า Mosfet ทำงานได้ปกติ

5.1.3 สรุปผลการทดลองการสร้างสัญญาณพัลส์จาก Dspic 30F4011

ทำการวัดสัญญาณจากขา RE2 และขา Ground เมื่อทำการกดสวิตซ์ A กราฟสัญญาณพัลส์มีการเปลี่ยนแปลงโดยช่วงระยะเวลาที่สวิตซ์ ON มีค่าเพิ่มขึ้นหมายความว่าค่า Duty Cycle มีค่าเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.3 เช่นเดียวกับการกดสวิตซ์ B กราฟสัญญาณพัลส์มีการเปลี่ยนแปลงโดยช่วงระยะเวลาที่สวิตซ์ ON มีค่าลดลงหมายความว่าค่า Duty Cycle มีค่าลดลง ดังรูปที่ 4.4

5.1.4 สรุปผลการทดลองการควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยสวิตซ์ปรับค่า Duty Cycle

จากการทดลองที่ 4.3 เมื่อทำการต่อวงจรสวิตซ์เข้ากับ Generator แล้วทำการขับ Generator โดยใช้ Motor แทนการปั่น เมื่อทำการเพิ่ม Duty Cycle Motor มีการหมุนช้าลงอย่างเห็นได้ชัด เช่นเดียวกับ การลด Duty Cycle Motor ก็มีการหมุนที่เพิ่มขึ้นเหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5 สรุปผลการทดลองวงจร BoostConverter

ในส่วนการทดลองในส่วนของวงจร Boost Converter นี้ เราได้ทำการทดลองวัด ค่าสัญญาณแรงดันที่ ขา Drain และ Source โดยที่ยังไม่ได้ ต่อ ตัวเก็บประจุ C1 ปรากฏว่า สัญญาณแรงดันที่คร่อม Mosfet ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีค่าสัญญาณที่ไม่เรียบ และมีช่วงสัญญาณที่ขึ้นไปสูงมากในช่วงหนึ่ง ดังกราฟรูปที่ 4.7 ซึ่งช่วงกราฟสัญญาณที่ขึ้นมาสูงนี้ อาจจะส่งผลทำให้ Mosfet เสียหายได้ เพราะว่า Mosfet IRFZ540N สามารถทนแรงดันได้เพียง 50 Vเท่านั้น

5.1.6 สรุปผลการทดลองวงจร Boost Converter เมื่อทำการต่อตัวเก็บประจุ C

จากนั้นได้ทำการทดลองต่อตัวเก็บประจุ C1 เพิ่มเข้าไป แล้วทำการเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุให้เพิ่มขึ้นมากเรื่อยๆตามลำดับดังรูปที่ 4.6 ปรากฏว่า รูปสัญญาณไม่ได้เปลี่ยนแปลงจากเดิม

หลังจากการทำการทดลองเพิ่มค่าตัวเก็บประจุ C1 แล้ว รูปสัญญาณแรงดันที่ได้ยังไม่เป็นที่น่าพอใจของผู้ทำการทดลอง ผู้ทำการทดลองจึงได้ทำการทดลองเพิ่มตัวเก็บประจุโดยต่อแบบขนานทั้งด้านเข้าและด้านออก ดังรูปที่ 4.11 ซึ่งทำให้รูปสัญญาณแรงดันมีค่าเปลี่ยนไปในหลายๆแบบ แต่ก็ยังไม่ได้ผลการทดลองอย่างที่ผู้ทดลองต้องการ

5.1.7 สรุปผลการทดลองวงจร Boost Converter เมื่อทำการเปลี่ยน Mosfet

เนื่องจากผลการทดลองยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ผู้ทำการทดลองจึงทำการเปลี่ยน Mosfet เป็นเบอร์ IRFP250N ที่สามารถทนแรงดันได้สูงกว่า 200V และทำการวัดสัญญาณแรงดันที่ขา Drain และ ขา Source ได้รูปสัญญาณดังรูปที่ 4.18 ซึ่งได้รูปสัญญาณที่น่าพอใจ ได้รูปที่มีสัญญาณรบกวนน้อยลงและ ค่าสัญญาณมีความเสถียรมากขึ้น

5.1.8 สรุปผลการทดลองวงจร Boost Converter ขณะต่อโหลดปรับค่าได้

จากนั้นได้ทำการทดสอบวงจร และทำการต่อเข้าโหลดปรับค่าได้ 16 Ω และทำการวัดสัญญาณที่ Mosfet ขณะปรับโหลดที่ค่าต่างๆ ดังรูปที่ 4.19 - 4.22 ปรากฏว่าสัญญาณแรงดันมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าโหลดที่ปรับขึ้นตามลำดับ และ Motor ที่ใช้หมุน Generator มีการหมุนช้าลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.9 การทดลองการปรับค่า Duty Cycle เพื่อศึกษาความเร็วของมอเตอร์ (24 Vdc)

เมื่อเราได้ทดลองวงจรแล้ว เราก็ทำการทดสอบประสิทธิภาพของ Generator โดยการป้อนแรงดันเข้า Motor แบบเต็มกำลัง (24 V) และทำการปรับค่า Duty Cycle ที่ค่าน้อยๆ เพื่อจะทดสอบว่าสัญญาณที่คร่อมตัว Mosfet นั้นมีค่าสัญญาณที่ขึ้นสูงสุดที่เท่าไร แต่เนื่องจาก แผงวงจรที่ได้ทำขึ้นมามีขนาดความกว้างของเส้นทองแดงน้อยเกินไป จึงทำให้แผงวงจรร้อนและเสียหาย ทางผู้ทดลองจึงได้ทำแผงวงจรขึ้นมาใหม่โดยเพิ่มขนาดของเส้นทองแดงให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และทำการทดลองวัดค่าสัญญาณแรงดันคร่อมตัว Mosfet แล้วทำการเพิ่มค่า Duty Cycle ดังรูปที่ 4.23 ถึงรูปที่ 4.30 ซึ่งค่าสัญญาณที่เพิ่มขึ้นก็จะเพิ่มตามการปรับ Duty Cycle โดยดูค่าจาก ตาราง

5.1.10 สรุปผลการทดลองวงจร Boost Converter ที่ขณะขับโหลดปรับค่าได้

จากผลการทดลองกลุ่มผู้จัดได้ทำการต่อวงจรเข้ากับโหลดปรับค่าได้ และทำการจ่ายแรงดันเข้า Motor Duty Cycle 20% และทำการปรับโหลดที่ค่าต่างกัน จากนั้นทำการวัด กระแสที่ออกมาจาก Generator และแรงดันที่ขาเข้าจากนั้นทำการบันทึกข้อมูลและวาดกราฟข้อมูล ดังรูปที่ 4.32 สรุปได้ว่าเมื่อปรับค่าโหลดให้เพิ่มมากขึ้นกระแสที่ได้จาก Generator มีค่าลดลง แรงดันที่ขาเข้ามีค่าเพิ่มขึ้น Motor มีการหมุนที่เร็วขึ้น ดังนั้นโหลดมีผลต่อการควบคุมกระแสในวงจร

5.1.11 สรุปผลการทดลองวงจร Boost Converter ที่ขณะปรับค่า Duty Cycle และขับโหลดคงที่

จากการทดลองที่ 4.10 กลุ่มผู้ทำการทดลองได้ทดลองขับโหลดที่คงที่ และทำการปรับค่า Duty Cycle เพื่อที่จะศึกษา ค่ากระแสที่เพิ่มขึ้นรูปที่ 4.33 และศึกษาความเร็วของมอเตอร์ที่เปลี่ยนไปเพื่อเปรียบเทียบกับการปรับโหลดเพียงอย่างเดียว สรุปได้ว่าการปรับค่า Duty Cycle ให้เพิ่มขึ้นจะทำให้กระแสมีการเพิ่มค่ามากขึ้นกว่าการปรับโหลด แต่ท่าจะปรับกระแสให้มากที่สุดต้องทำการปรับทั้งโหลดให้น้อยลง และปรับค่า Duty Cycle ให้มากขึ้น ก็จะทำให้ Generator ทำงานหนัก และมอเตอร์ก็จะหมุนได้ช้าลงอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 สรุปผลโครงงานและข้อเสนอแนะ

การทดลองทั้งหมดนี้จะสามารถนำไปประยุกต์ และทดแทนระบบปรับความยากในการปั่นของจักรยานฟิตเนสเก่าๆ ที่จะมีปัญหา คือ เมื่อใช้ไปนานๆ แล้วจะเกิดเสียงดัง วงจร BOOST COVERTER นี้ จะสามารถปรับความยากในการปั่นได้ด้วยการปรับค่า Duty Cycle ในระบบ โดยใช้หลักการในการดึงกระแสจาก Generatorให้มากขึ้น เพื่อที่ผู้ใช้จะออกแรงปั่นมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำแรงดันขาออกของวงจร ไปต่อยอดในส่วยการชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

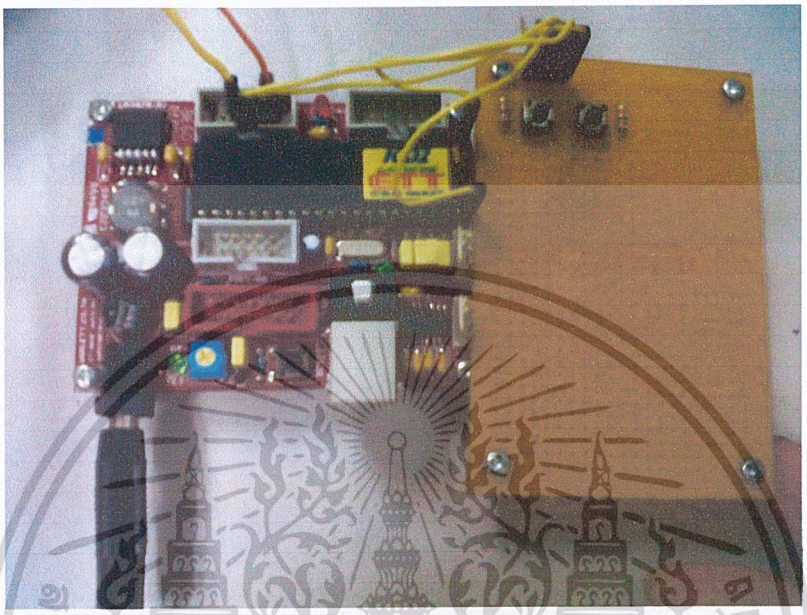
ภาคผนวก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

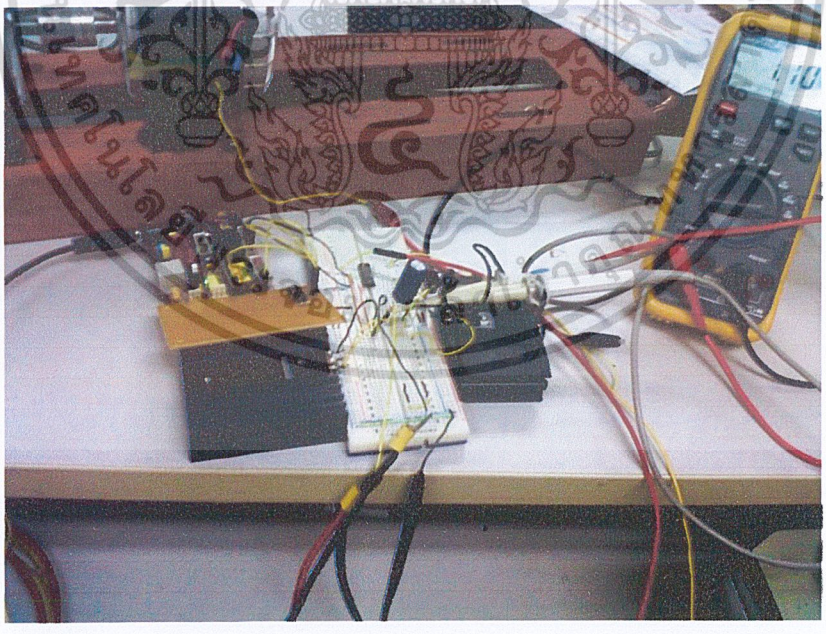
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

รูปวงจรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

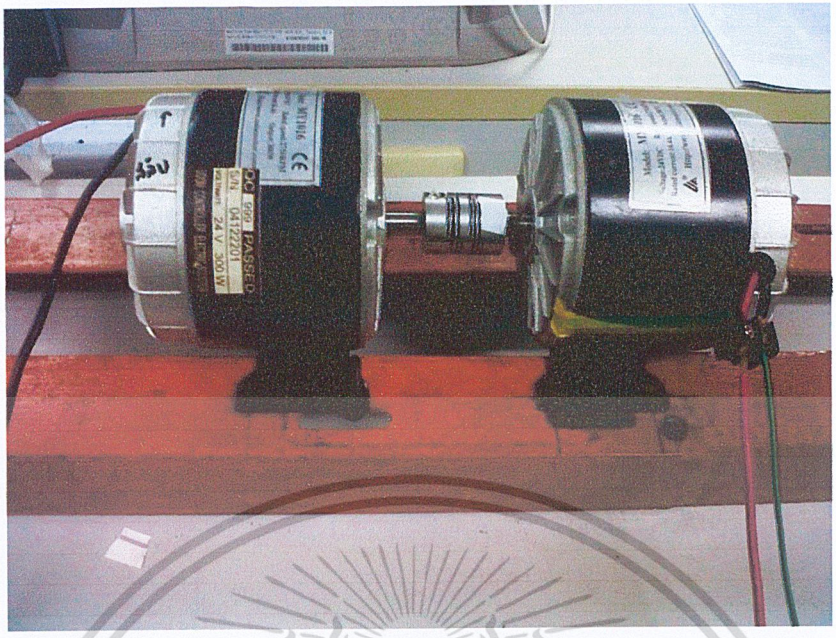


รูปที่ ก.1

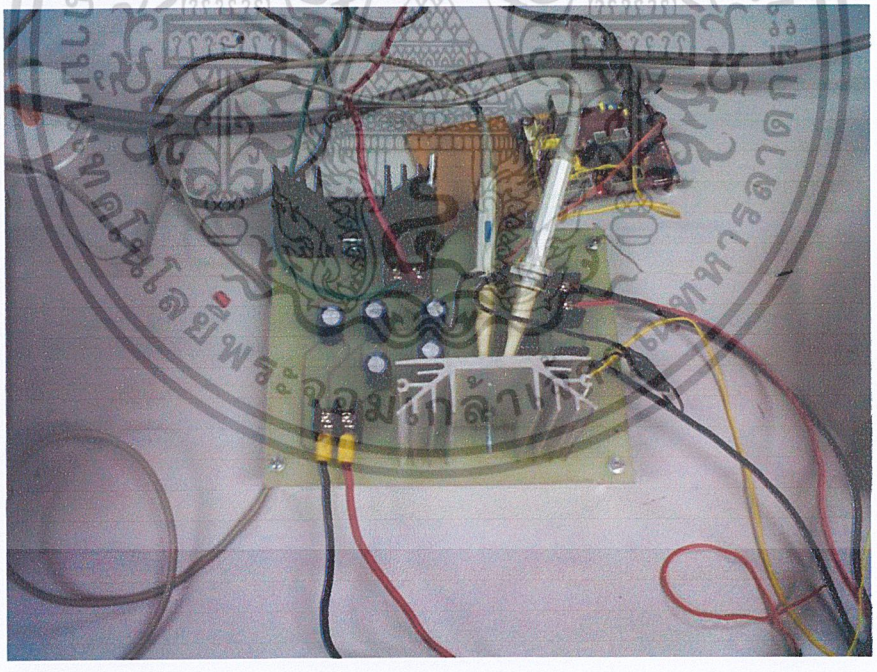


รูปที่ ก.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3



รูปที่ ก.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

Datasheet dsPIC

8.0 I/O PORTS

Note: This data sheet summarizes features of this group of dsPIC30F devices and is not intended to be a complete reference source. For more information on the CPU, peripherals, register descriptions and general device functionality, refer to the *dsPIC30F Family Reference Manual* (DS70046). For more information on the device instruction set and programming, refer to the *"dsPIC30F/33F Programmer's Reference Manual"* (DS70157).

All of the device pins (except VDD, VSS, MCLR and OSC1/CLKI) are shared between the peripherals and the parallel I/O ports.

All I/O input ports feature Schmitt Trigger inputs for improved noise immunity.

8.1 Parallel I/O (PIO) Ports

When a peripheral is enabled and the peripheral is actively driving an associated pin, the use of the pin as a general purpose output pin is disabled. The I/O pin may be read, but the output driver for the Parallel Port bit will be disabled. If a peripheral is enabled, but the peripheral is not actively driving a pin, that pin may be driven by a port.

All port pins have three registers directly associated with the operation of the port pin. The Data Direction register (TRISx) determines whether the pin is an input or an output. If the Data Direction register bit is a '1', then the pin is an input. All port pins are defined as inputs after a Reset. Reads from the latch (LATx), read the latch. Writes to the latch, write the latch (LATx). Reads from the port (PORTx), read the port pins and writes to the port pins, write the latch (LATx).

Any bit and its associated data and control registers that are not valid for a particular device will be disabled. That means the corresponding LATx and TRISx registers and the port pin will read as zeros.

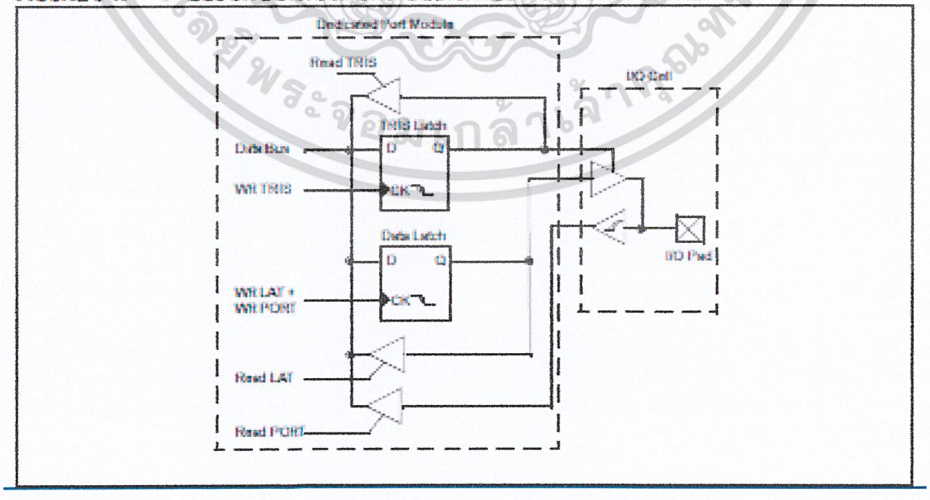
When a pin is shared with another peripheral or function that is defined as an input only, it is nevertheless regarded as a dedicated port because there is no other competing source of outputs. An example is the INT4 pin.

The format of the registers for PORTx are shown in Table 8-1.

The TRISx (Data Direction) register controls the direction of the pins. The LATx register supplies data to the outputs and is readable/writable. Reading the PORTx register yields the state of the input pins, while writing to the PORTx register modifies the contents of the LATx register.

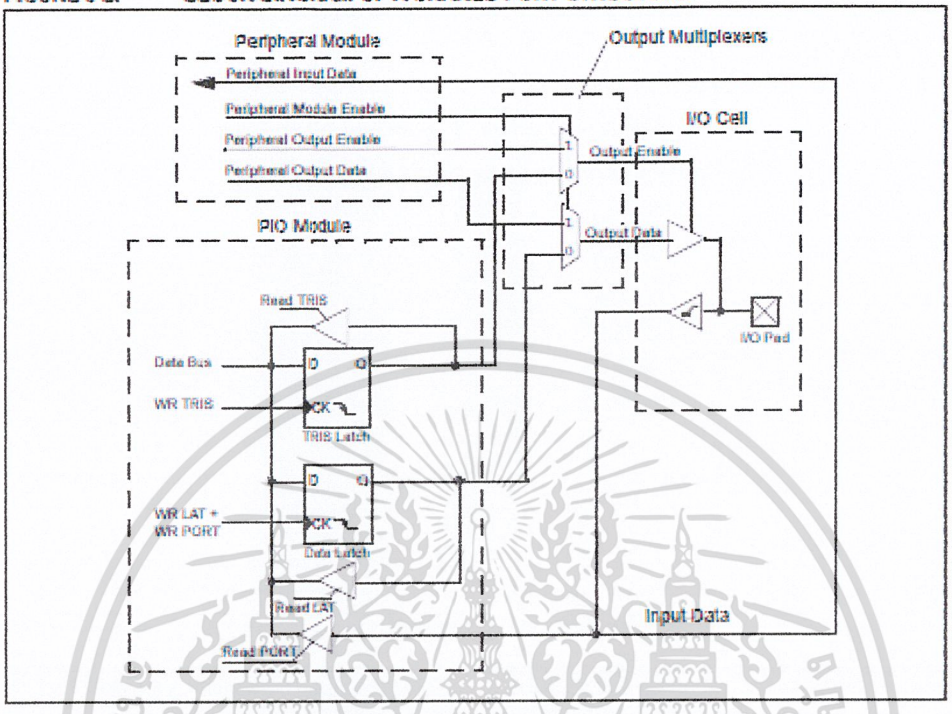
A parallel I/O (PIO) port that shares a pin with a peripheral is, in general, subservient to the peripheral. The peripheral's output buffer data and control signals are provided to a pair of multiplexers. The multiplexers select whether the peripheral or the associated port has ownership of the output data and control signals of the I/O pad cell. Figure 8-2 shows how ports are shared with other peripherals and the associated I/O cell (pad) to which they are connected. Table 8-1 and Table 8-2 show the formats of the registers for the shared ports, PORTB through PORTG.

FIGURE 8-1: BLOCK DIAGRAM OF A DEDICATED PORT STRUCTURE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 8-2: BLOCK DIAGRAM OF A SHARED PORT STRUCTURE



8.2 Configuring Analog Port Pins

The use of the ADPCFG and TRIS registers control the operation of the A/D port pins. The port pins that are desired as analog inputs must have their corresponding TRIS bit set (input). If the TRIS bit is cleared (output), the digital output level (V_{OH} or V_{OL}) will be converted.

When reading the PORT register, all pins configured as analog input channels will read as cleared (a low level).

Pins configured as digital inputs will not convert an analog input. Analog levels on any pin that is defined as a digital input (including the ANx pins), may cause the input buffer to consume current that exceeds the device specifications.

8.2.1 I/O PORT WRITE/READ TIMING

One instruction cycle is required between a port direction change or port write operation and a read operation of the same port. Typically this instruction would be a NOP.

EXAMPLE 8-1: PORT WRITE/READ EXAMPLE

```
MOV  0xFF00, W0  ; Configure PORTB<15:8>
                 ; as inputs
MOV  W0, TRISB   ; and PORTB<7:0> as outputs
NOP              ; Delay 1 cycle
BTSS PORTB, #13  ; Next Instruction
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© 2008 Microchip Technology Inc.

TABLE 8-1: dsPIC30F4011 PORT REGISTER MAP(1)

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
TRISB	02C8	—	—	—	—	—	—	—	TRISB8	TRISB7	TRISB6	TRISB5	TRISB4	TRISB3	TRISB2	TRISB1	TRISB0	0000 0001 1111 1111
PORTB	02C8	—	—	—	—	—	—	—	RB8	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	0000 0000 0000 0000
LATB	02CA	—	—	—	—	—	—	—	LATB8	LATB7	LATB6	LATB5	LATB4	LATB3	LATB2	LATB1	LATB0	0000 0000 0000 0000
TRISC	02CC	TRISC15	TRISC14	TRISC13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1110 0000 0000 0000
PORTC	02CE	RC15	RC14	RC13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0000 0000 0000 0000
LATC	02D0	LATC15	LATC14	LATC13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0000 0000 0000 0000
TRISD	02D2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	TRISD3	TRISD2	TRISD1	TRISD0	0000 0000 0000 1111
PORTD	02D4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	RD3	RD2	RD1	RD0	0000 0000 0000 0000
LATD	02D6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	LATD3	LATD2	LATD1	LATD0	0000 0000 0000 0000
TRISE	02D8	—	—	—	—	—	—	—	TRISE8	—	—	TRISE5	TRISE4	TRISE3	TRISE2	TRISE1	TRISE0	0000 0001 0011 1111
PORTE	02DA	—	—	—	—	—	—	—	RE8	—	—	RE5	RE4	RE3	RE2	RE1	RE0	0000 0000 0000 0000
LATE	02DC	—	—	—	—	—	—	—	LATE8	—	—	LATE5	LATE4	LATE3	LATE2	LATE1	LATE0	0000 0000 0000 0000
TRISF	02DE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	TRISF6	TRISF5	TRISF4	TRISF3	TRISF2	TRISF1	TRISF0	0000 0000 0111 1111
PORTF	02E0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	RF6	RF5	RF4	RF3	RF2	RF1	RF0	0000 0000 0000 0000
LATF	02E2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	LATF6	LATF5	LATF4	LATF3	LATF2	LATF1	LATF0	0000 0000 0000 0000

Legend: — = unimplemented bit, read as '0'

Note 1: Refer to the "dsPIC30F Family Reference Manual" (DS70046B) for descriptions of register bit fields.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 8-2: dsPIC30F4012 PORT REGISTER MAP[1]

SFR Name	Addr.	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
TRISB	02C8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	TRISB5	TRISB4	TRISB3	TRISB2	TRISB1	TRISB0	0000 0000 0011 1111
PORTB	02C8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	0000 0000 0000 0000
LATB	02C8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	LATB5	LATB4	LATB3	LATB2	LATB1	LATB0	0000 0000 0000 0000
TRISC	02CC	TRISC15	TRISC14	TRISC13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1110 0000 0000 0000
PORTC	02CE	RC15	RC14	RC13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0000 0000 0000 0000
LATC	02D0	LATC15	LATC14	LATC13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0000 0000 0000 0000
TRISD	02D2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	TRISD1	TRISD0	0000 0000 0000 0011
PORTD	02D4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	RD1	RD0	0000 0000 0000 0000
LATD	02D6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	LATD1	LATD0	0000 0000 0000 0000
TRISE	02D8	—	—	—	—	—	—	—	TRISE8	—	—	TRISE5	TRISE4	TRISE3	TRISE2	TRISE1	TRISE0	0000 0001 0011 1111
PORTE	02DA	—	—	—	—	—	—	—	RE8	—	—	RE5	RE4	RE3	RE2	RE1	RE0	0000 0000 0000 0000
LATE	02DC	—	—	—	—	—	—	—	LATE8	—	—	LATE5	LATE4	LATE3	LATE2	LATE1	LATE0	0000 0000 0000 0000
TRISF	02EE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	TRISF3	TRISF2	—	—	0000 0000 0000 1100
PORTF	02E0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	RF3	RF2	—	—	0000 0000 0000 0000
LATF	02E2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	LATF3	LATF2	—	—	0000 0000 0000 0000

Legend: — = unimplemented bit, read as '0'

Note 1: Refer to the "dsPIC30F Family Reference Manual" (DS70046E) for descriptions of register bit fields.

© 2009 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 Input Change Notification Module

The input change notification module provides the dsPIC30F devices the ability to generate interrupt requests to the processor in response to a change of state on selected input pins. This module is capable of detecting input change of states, even in Sleep mode, when the clocks are disabled. There are 10 external signals (CN0 through CN7, CN17 and CN18) that may be selected (enabled) for generating an interrupt request on a change of state.

Please refer to the pin diagrams for CN pin locations.

TABLE 8-3: INPUT CHANGE NOTIFICATION REGISTER MAP (BITS 7-0)(1)

SFR Name	Addr.	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset State
CNEN1	00C0	CN7IE	CN6IE	CN5IE	CN4IE	CN3IE	CN2IE	CN1IE	CN0IE	0000 0000 0000 0000
CNEN2	00C2	—	—	—	—	—	CN18IE(2)	CN17IE(2)	—	0000 0000 0000 0000
CNPU1	00C4	CN7PUE	CN6PUE	CN5PUE	CN4PUE	CN3PUE	CN2PUE	CN1PUE	CN0PUE	0000 0000 0000 0000
CNPU2	00C6	—	—	—	—	—	CN18PUE(2)	CN17PUE(2)	—	0000 0000 0000 0000

Legend: u = uninitialized bit, — = unimplemented bit, read as '0'

Note 1: Refer to the "*dsPIC30F Family Reference Manual*" (DS70046) for descriptions of register bit fields.

2: These bits are not available on dsPIC30F4012 devices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15.0 MOTOR CONTROL PWM MODULE

Note:	This data sheet summarizes features of this group of dsPIC30F devices and is not intended to be a complete reference source. For more information on the CPU, peripherals, register descriptions and general device functionality, refer to the *dsPIC30F Family Reference Manual* (DS70046). For more information on the device instruction set and programming, refer to the *"dsPIC30F/33F Programmer's Reference Manual"* (DS70157).

This module simplifies the task of generating multiple, synchronized Pulse-Width Modulated (PWM) outputs. In particular, the following power and motion control applications are supported by the PWM module:

- Three-Phase AC Induction Motor
- Switched Reluctance (SR) Motor
- Brushless DC (BLDC) Motor
- Uninterruptible Power Supply (UPS)

The PWM module has the following features:

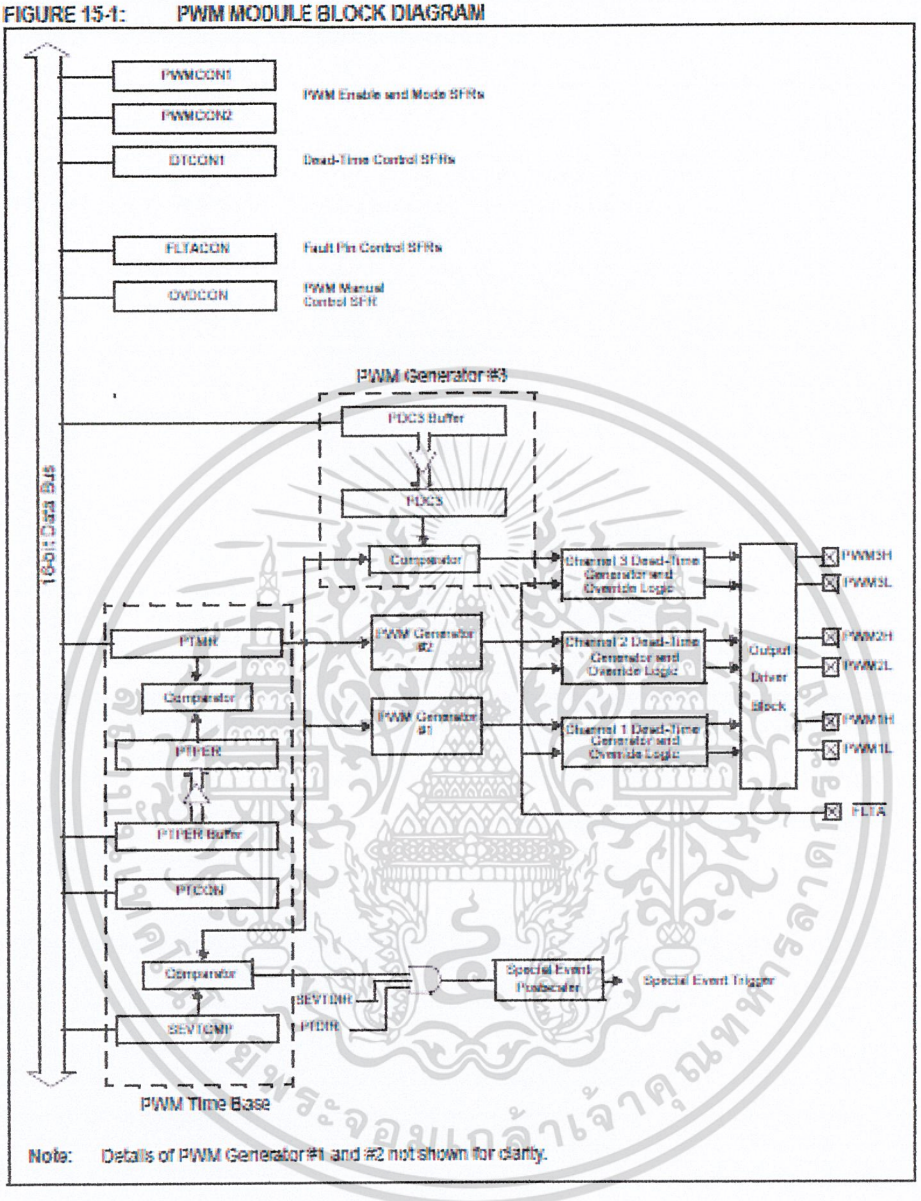
- 6 PWM I/O pins with 3 duty cycle generators
- Up to 16-bit resolution
- 'On-the-Fly' PWM frequency changes
- Edge and Center-Aligned Output modes
- Single Pulse Generation mode
- Interrupt support for asymmetrical updates in Center-Aligned mode
- Output override control for Electrically Commutative Motor (ECM) operation
- 'Special Event' comparator for scheduling other peripheral events
- Fault pins to optionally drive each of the PWM output pins to a defined state

This module contains 3 duty cycle generators, numbered 1 through 3. The module has 6 PWM output pins, numbered PWM1H/PWM1L through PWM3H/PWM3L. The six I/O pins are grouped into high/low numbered pairs, denoted by the suffix H or L, respectively. For complementary loads, the low PWM pins are always the complement of the corresponding high I/O pin.

The PWM module allows several modes of operation which are beneficial for specific power control applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 15-1: PWM MODULE BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15.1 PWM Time Base

The PWM time base is provided by a 15-bit timer with a prescaler and postscaler. The time base is accessible via the PTMR SFR. PTMR<15> is a read-only status bit, PTDIR, that indicates the present count direction of the PWM time base. If PTDIR is cleared, PTMR is counting upwards. If PTDIR is set, PTMR is counting downwards. The PWM time base is configured via the PTCON SFR. The time base is enabled/disabled by setting/clearing the PTEN bit in the PTCON SFR. PTMR is not cleared when the PTEN bit is cleared in software.

The PTPER SFR sets the counting period for PTMR. The user must write a 15-bit value to PTPER<14:0>. When the value in PTMR<14:0> matches the value in PTPER<14:0>, the time base will either reset to '0', or reverse the count direction on the next occurring clock cycle. The action taken depends on the operating mode of the time base.

Note:	If the Period register is set to 0x0000, the timer will stop counting, and the interrupt and special event trigger will not be generated even if the special event value is also 0x0000. The module will not update the Period register if it is already at 0x0000; therefore, the user must disable the module in order to update the Period register.

The PWM time base can be configured for four different modes of operation:

- Free-Running mode
- Single-Shot mode
- Continuous Up/Down Count mode
- Continuous Up/Down Count mode with interrupts for double updates

These four modes are selected by the PTMOD<1:0> bits in the PTCON SFR. The Continuous Up/Down Count modes support center-aligned PWM generation. The Single-Shot mode allows the PWM module to support pulse control of certain Electronically Commutative Motors (ECMs).

The interrupt signals generated by the PWM time base depend on the mode selection bits (PTMOD<1:0>) and the postscaler bits (PTOPS<3:0>) in the PTCON SFR.

15.1.1 FREE-RUNNING MODE

In the Free-Running mode, the PWM time base counts upwards until the value in the Time Base Period register (PTPER) is matched. The PTMR register is reset on the following input clock edge and the time base will continue to count upwards as long as the PTEN bit remains set.

When the PWM time base is in the Free-Running mode (PTMOD<1:0> = 00), an interrupt event is generated each time a match with the PTPER register occurs and the PTMR register is reset to zero. The postscaler selection bits may be used in this mode of the timer to reduce the frequency of the interrupt events.

15.1.2 SINGLE-SHOT MODE

In the Single-Shot mode, the PWM time base begins counting upwards when the PTEN bit is set. When the value in the PTMR register matches the PTPER register, the PTMR register will be reset on the following input clock edge and the PTEN bit will be cleared by the hardware to halt the time base.

When the PWM time base is in the Single-Shot mode (PTMOD<1:0> = 01), an interrupt event is generated when a match with the PTPER register occurs, the PTMR register is reset to zero on the following input clock edge and the PTEN bit is cleared. The postscaler selection bits have no effect in this mode of the timer.

15.1.3 CONTINUOUS UP/DOWN COUNT MODES

In the Continuous Up/Down Count modes, the PWM time base counts upwards until the value in the PTPER register is matched. The timer will begin counting downwards on the following input clock edge. The PTDIR bit in the PTMR SFR is read-only and indicates the counting direction. The PTDIR bit is set when the timer counts downwards.

In the Continuous Up/Down Count mode (PTMOD<1:0> = 10), an interrupt event is generated each time the value of the PTMR register becomes zero and the PWM time base begins to count upwards. The postscaler selection bits may be used in this mode of the timer to reduce the frequency of the interrupt events.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

Datasheet IC HEF4104BN

Quadruple low to high voltage translator with 3-state outputs — **HEF4104B MSI**

DESCRIPTION

The HEF4104B quadruple low voltage to high voltage translator with 3-state outputs provides the capability of interfacing low voltage circuits to high voltage circuits, such as low voltage LOCMOS and TTL to high voltage LOCMOS. It has four data inputs (I_0 to I_3), an active HIGH output enable input (EO), four data outputs (O_0 to O_3) and their complements ($\overline{O}_0$ to $\overline{O}_3$).

With EO HIGH, O_0 to O_3 and $\overline{O}_0$ to $\overline{O}_3$ are in the low impedance ON-state, either HIGH or LOW as determined by I_0 to I_3; with EO LOW, O_0 to O_3 and $\overline{O}_0$ to $\overline{O}_3$ are in the high impedance OFF-state.

The device uses a common negative supply (V_{SS}) and separate positive supplies for inputs (V_{DDI}) and outputs (V_{DDO}). V_{DDI} must always be less than or equal to V_{DDO}, even during power turn-on and turn-off. For the permissible operating range of V_{DDI} and V_{DDO} see graph Fig.4.

Each input protection circuit is terminated between V_{DDO} and V_{SS}. This allows the input signals to be driven from any potential between V_{DDO} and V_{SS}, without regard to current limiting. When driving from potentials greater than V_{DDO} or less than V_{SS}, the current at each input must be limited to 10 mA.

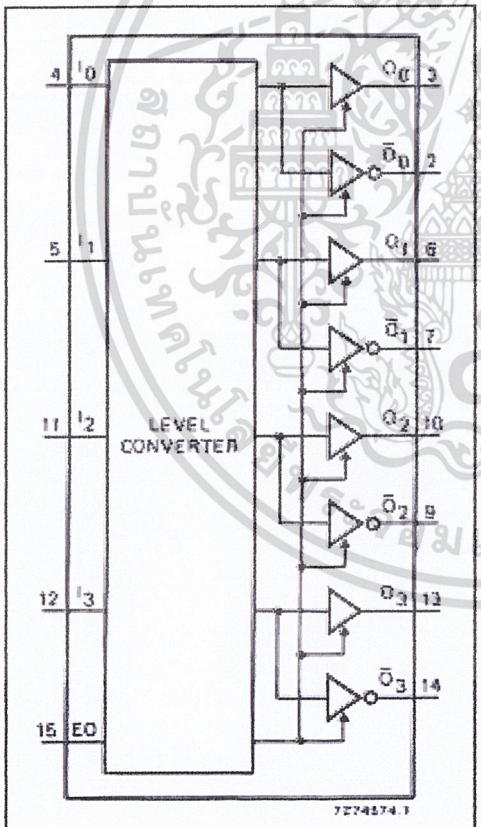


Fig.1 Functional diagram.

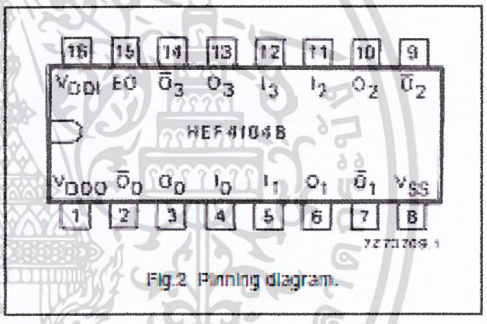


Fig.2 Pinning diagram.

HEF4104BP(N): 16-lead DIL; plastic (SOT38-1)

HEF4104BD(F): 16-lead DIL; ceramic (cerdip) (SOT74)

HEF4104BT(D): 16-lead SO; plastic (SOT109-1)

( ): Package Designator North America

PINNING

I_0 to I_3	data inputs
EO	output enable input
O_0 to O_3	data outputs
$\overline{O}_0$ to $\overline{O}_3$	complementary data outputs

FAMILY DATA, I_{DD} LIMITS category MSI

See Family Specifications

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

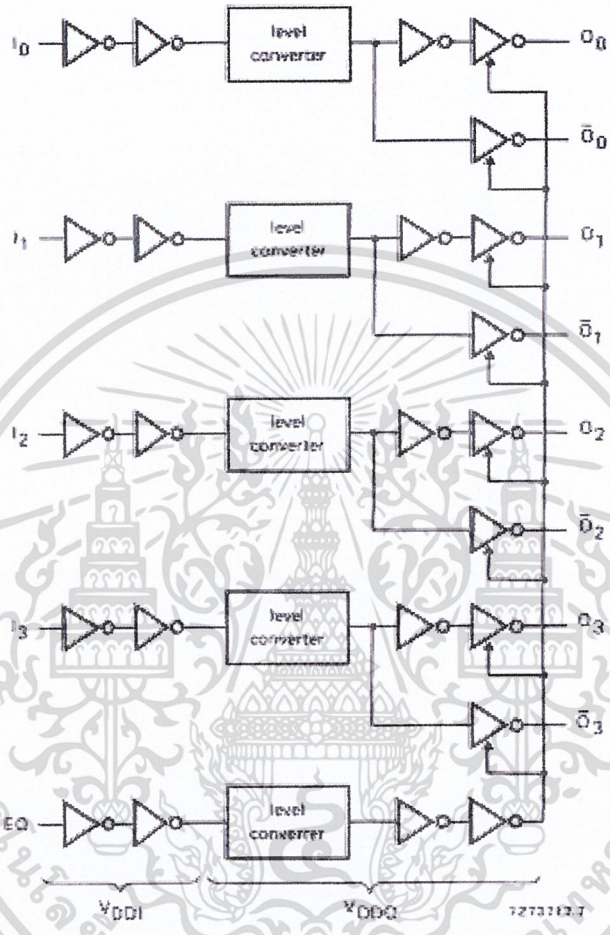


Fig.3 Logic diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC CHARACTERISTICS

V_{SS} = 0 V; T_{amb} = 25 °C; C_L = 50 pF; input transition times ≤ 20 ns

	V_{DD} V	SYMBOL	TYP.	MAX.		TYPICAL EXTRAPOLATION FORMULA
Propagation delays						
$I_n \rightarrow O_n, \overline{O}_n$	5		170	340	ns	143 ns + (0,55 ns/pF) C_L
HIGH to LOW	10	t_{PHL}	80	160	ns	69 ns + (0,23 ns/pF) C_L
	15		65	135	ns	57 ns + (0,16 ns/pF) C_L
	5		170	340	ns	143 ns + (0,55 ns/pF) C_L
LOW to HIGH	10	t_{PLH}	80	160	ns	69 ns + (0,23 ns/pF) C_L
	15		70	140	ns	62 ns + (0,16 ns/pF) C_L
Output transition times	5		60	120	ns	10 ns + (1,0 ns/pF) C_L
HIGH to LOW	10	t_{THL}	30	60	ns	9 ns + (0,42 ns/pF) C_L
	15		20	40	ns	6 ns + (0,28 ns/pF) C_L
	5		60	120	ns	10 ns + (1,0 ns/pF) C_L
LOW to HIGH	10	t_{TLH}	30	60	ns	9 ns + (0,42 ns/pF) C_L
	15		20	40	ns	6 ns + (0,28 ns/pF) C_L
3-state propagation delays						
Output disable times						
$EO \rightarrow O_n, \overline{O}_n$	5		70	135	ns	
HIGH	10	t_{PHZ}	55	110	ns	
	15		60	120	ns	
	5		70	135	ns	
LOW	10	t_{PLZ}	55	105	ns	
	15		55	110	ns	
Output enable times						
$EO \rightarrow O_n, \overline{O}_n$	5		195	395	ns	
HIGH	10	t_{PZH}	95	195	ns	
	15		80	165	ns	
	5		195	395	ns	
LOW	10	t_{PZL}	95	190	ns	
	15		80	160	ns	

	V_{DD} V	TYPICAL FORMULA FOR P (µW)	
Dynamic power dissipation per package (P)	5	$3\,000\ f_i + \Sigma\ (f_o C_L) \times V_{DD}^2$	where f_i = input freq. (MHz) f_o = output freq. (MHz) C_L = load capacitance (pF) $\Sigma\ (f_o C_L)$ = sum of outputs V_{DD} = supply voltage (V)
	10	$12\,200\ f_i + \Sigma\ (f_o C_L) \times V_{DD}^2$	
	15	$31\,000\ f_i + \Sigma\ (f_o C_L) \times V_{DD}^2$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

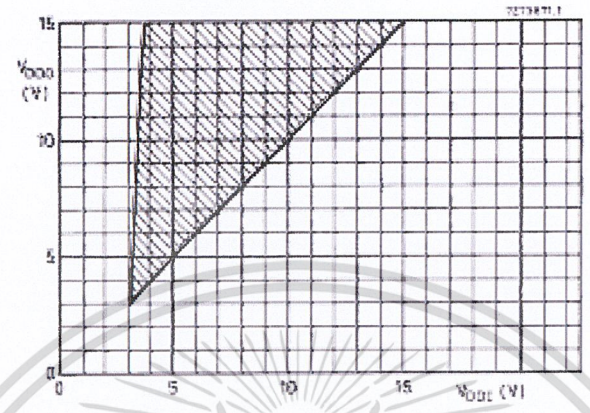


Fig.4 V_{DDO} as a function of V_{DDI}; the shaded area shows the permissible operating range.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

Datasheet MOSFET IRFP250N

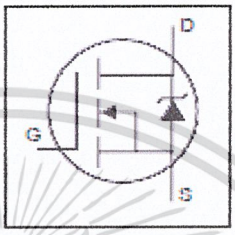
International
IOR Rectifier

PD - 94008

IRFP250N

HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements



V_{DSS} = 200V

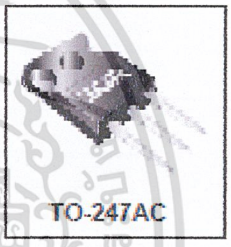
$R_{DS(on)}$ = 0.075Ω

I_D = 30A

Description

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

The TO-247 package is preferred for commercial-industrial applications where higher power levels preclude the use of TO-220 devices. The TO-247 is similar but superior to the earlier TO-218 package because of its isolated mounting hole.



TO-247AC

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
I_D @ T_C = 25°C	Continuous Drain Current, V_{GS} @ 10V	30	A
I_D @ T_C = 100°C	Continuous Drain Current, V_{GS} @ 10V	21	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	120	
P_D @T_C = 25°C	Power Dissipation	214	W
	Linear Derating Factor	1.4	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy②	315	mJ
I_{AR}	Avalanche Current①	30	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy①	21	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	6.6	V/ns
T_J T_{STG}	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +175	°C
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting torque, 6-32 or M3 srew	10 lbf•in (1.1N•m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	0.7	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.24	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	40	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRFP250N

International
IOR Rectifier

Electrical Characteristics @ T_J = 25°C (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	200	—	—	V	V_{GS} = 0V, I_D = 250µA
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.26	—	V/°C	Reference to 25°C, I_D = 1mA
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.075	Ω	V_{GS} = 10V, I_D = 18A ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250µA
g_{fs}	Forward Transconductance	17	—	—	S	V_{DS} = 50V, I_D = 18A ④
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	µA	V_{DS} = 200V, V_{GS} = 0V
		—	—	250		V_{DS} = 160V, V_{GS} = 0V, T_J = 150°C
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	V_{GS} = 20V
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		V_{GS} = -20V
Q_g	Total Gate Charge	—	—	123	nC	I_D = 18A
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	21		V_{DS} = 160V
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	57		V_{GS} = 10V, See Fig. 6 and 13 ④
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	14	—	ns	V_{DD} = 100V
t_r	Rise Time	—	43	—		I_D = 18A
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	41	—		R_G = 3.9Ω
t_f	Fall Time	—	33	—		R_D = 5.5Ω, See Fig. 10 ④
L_D	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	7.5	—		
C_{iss}	Input Capacitance	—	2159	—	pF	V_{GS} = 0V
C_{oss}	Output Capacitance	—	315	—		V_{DS} = 25V
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	—	83	—		f = 1.0MHz, See Fig. 5

Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	30	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	120		
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.3	V	T_J = 25°C, I_S = 18A, V_{GS} = 0V ④
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	186	279	ns	T_J = 25°C, I_F = 18A
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	1.3	2.0	µC	di/dt = 100A/µs ④
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S+L_D)				

Notes:

① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See Fig. 11)

② Starting T_J = 25°C, L = 1.9mH R_G = 25Ω, I_{AS} = 18A. (See Figure 12)

③ I_{SD} ≤ 18A, di/dt ≤ 374A/µs, V_{DD} ≤ $V_{(BR)DSS}$, T_J ≤ 175°C

④ Pulse width ≤ 300µs; duty cycle ≤ 2%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

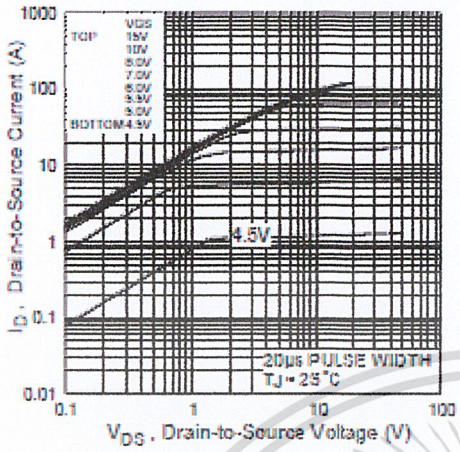


Fig 1. Typical Output Characteristics

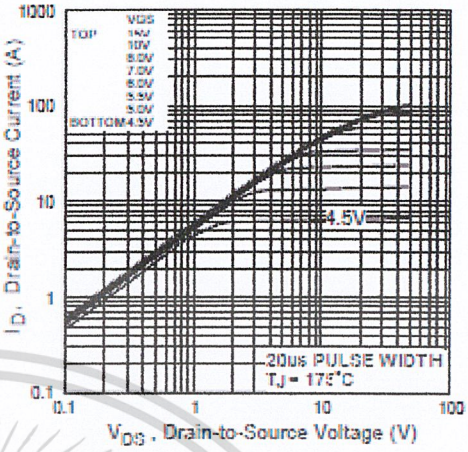


Fig 2. Typical Output Characteristics

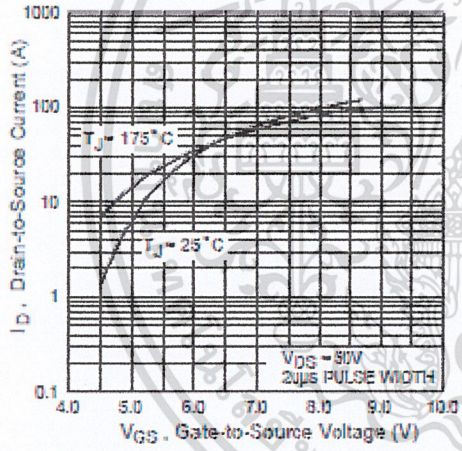


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

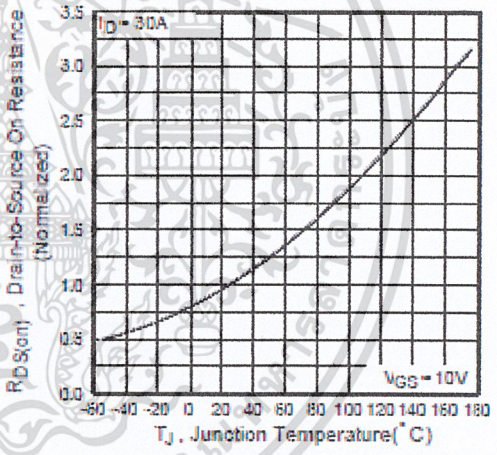


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

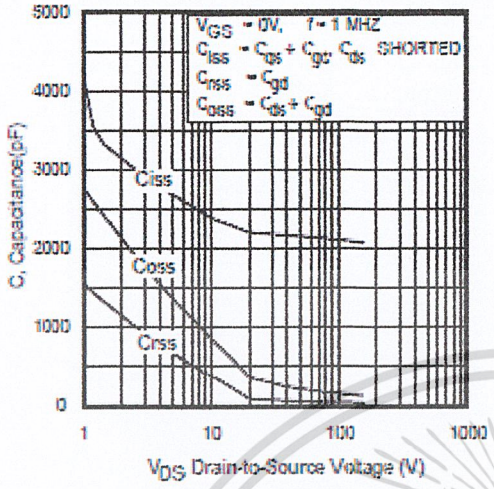


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

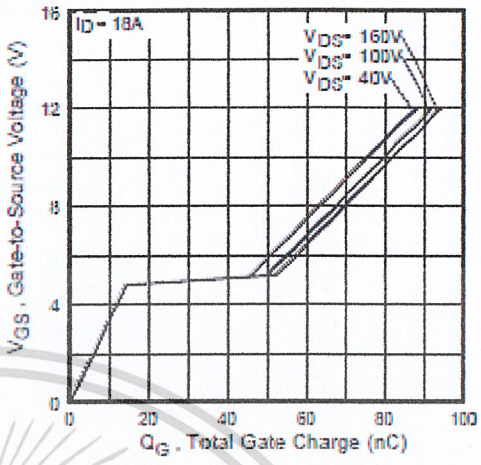


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

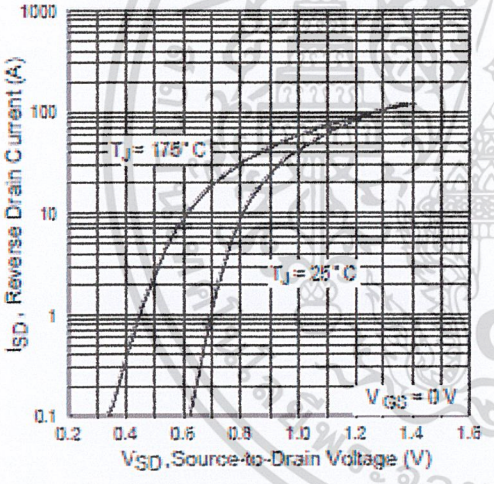


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

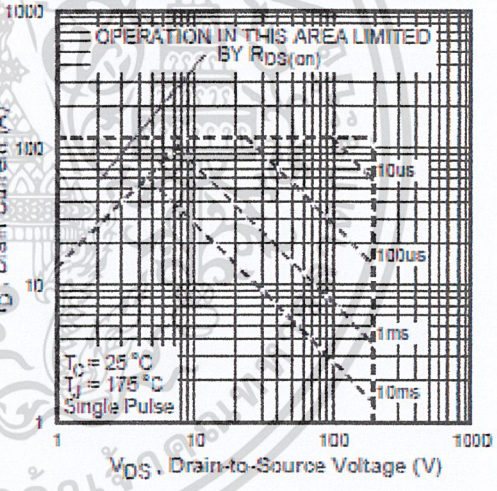


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

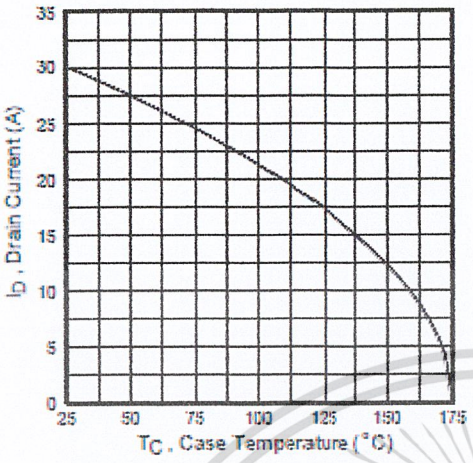


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

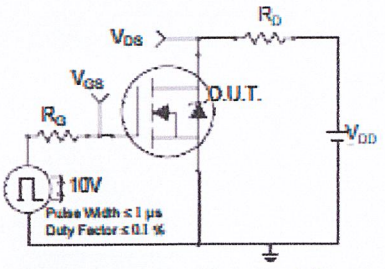


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

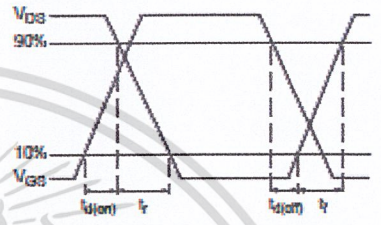


Fig 10b. Switching Time Waveforms

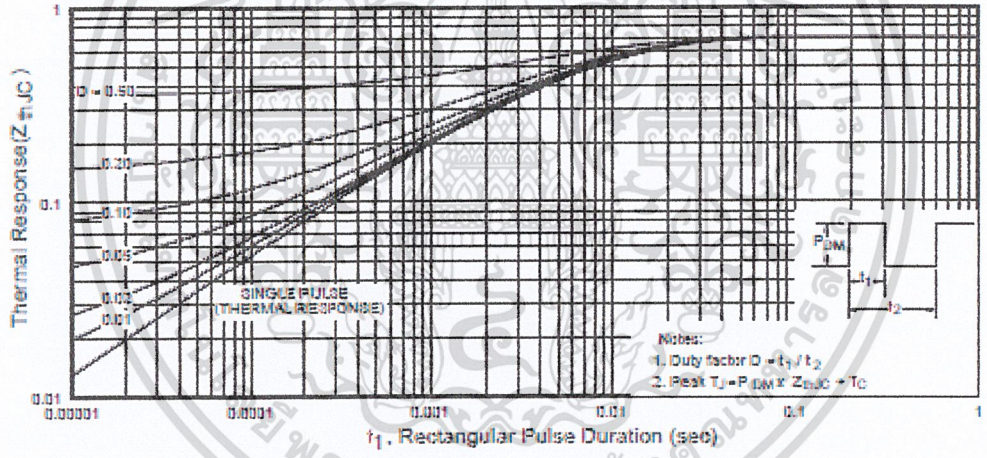


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

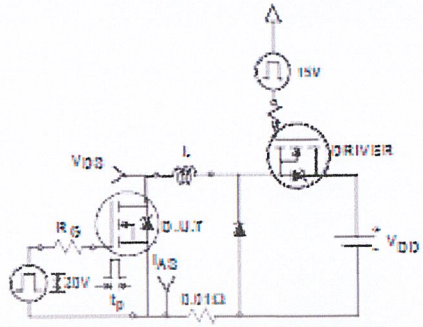


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

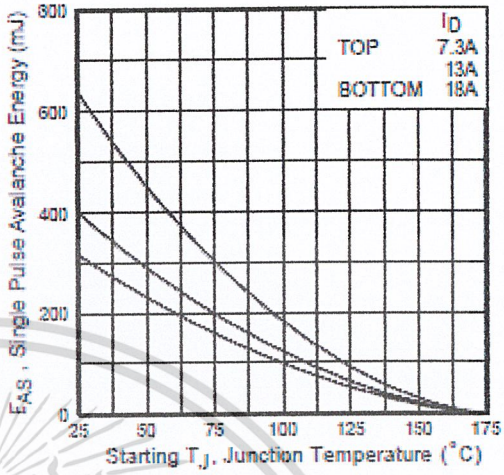


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

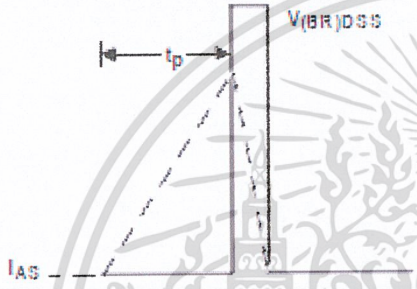


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

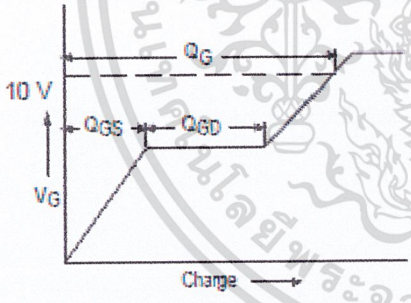


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

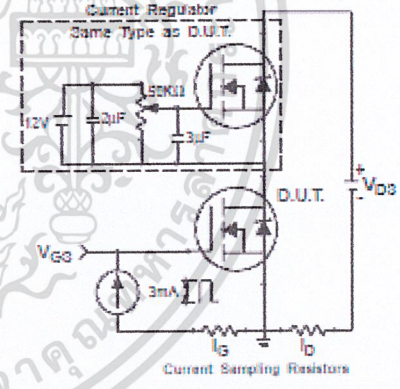


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

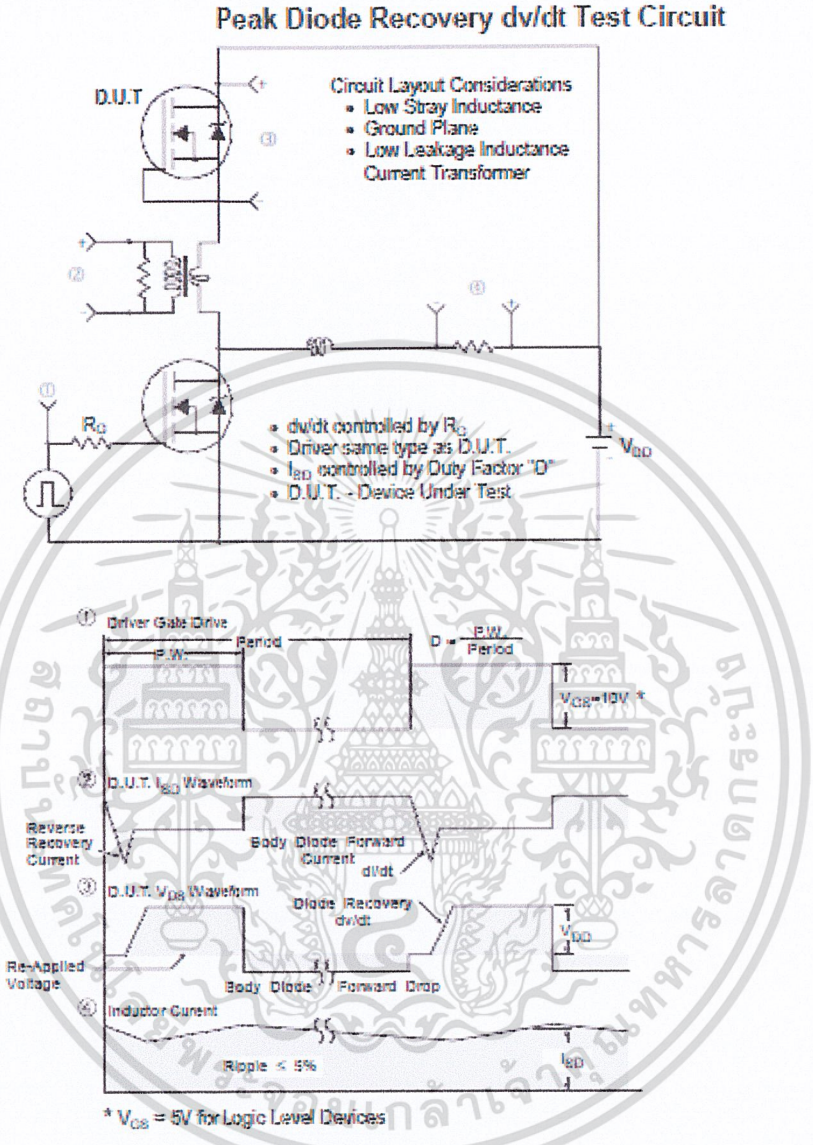


Fig 14. For N-Channel HEXFETS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

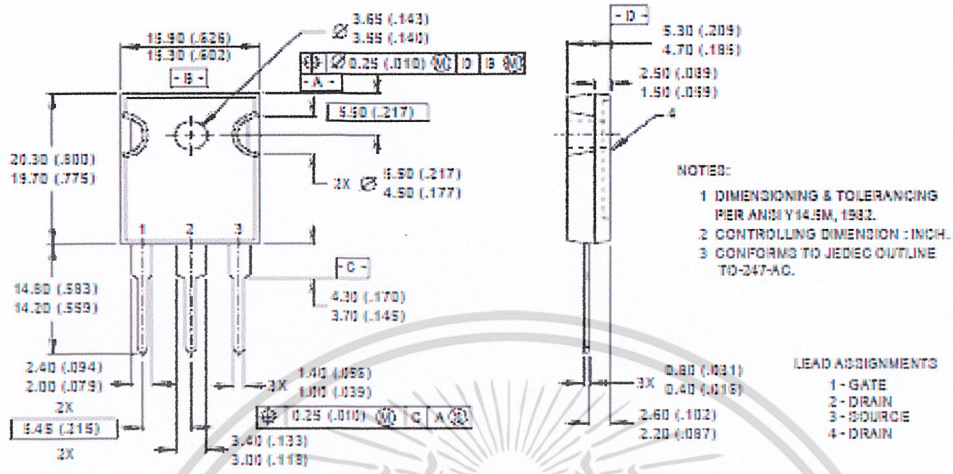
IRFP250N

International
IOR Rectifier

Package Outline

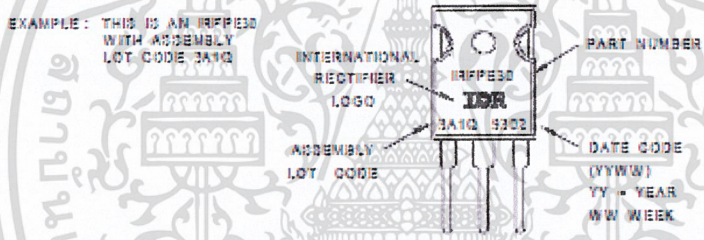
TO-247AC Outline

Dimensions are shown in millimeters (inches)



Part Marking Information

TO-247AC



International
IOR Rectifier

IR WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245, USA Tel: (310) 252-7105
IR EUROPEAN REGIONAL CENTRE: 439/445 Godstone Rd. Whyteleafe, Surrey CR3 0BL, UK Tel: ++ 44 (0)20 8645 8000
IR CANADA: 15 Lincoln Court, Brampton, Ontario L6T3Z2, Tel: (905) 453 2200
IR GERMANY: Saalburgstrasse 157, 61350 Bad Homburg Tel: ++ 49 (0) 6172 96590
IR ITALY: Via Liguria 49, 10071 Borgaro, Torino Tel: ++ 39 011 451 0111
IR JAPAN: K&H Bldg., 2F, 30-4 Nishi-Ikebukuro 3-Chome, Toshima-Ku, Tokyo 171 Tel: 81 (0)3 3983 0086
IR SOUTHEAST ASIA: 1 Kim Seng Promenade, Great World City West Tower, 13-11, Singapore 237994 Tel: ++ 65 (0)838 4630
IR TAIWAN: 16 Fl. Suite D. 207, Sec. 2, Tun Hwa South Road, Taipei, 10673 Tel: 886-(0)2 2377 9936

Data and specifications subject to change without notice. 10/00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

Datasheet Diode RHRP15120

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR®

RHRP15120

Data Sheet *January 2002*

15A, 1200V Hyperfast Diode

The RHRP15120 is a hyperfast diode with soft recovery characteristics (t_{rr} < 65ns). It has half the recovery time of ultrafast diodes and is of silicon nitride passivated ion-implanted epitaxial planar construction.

This device is intended for use as a freewheeling/clamping diode and rectifier in a variety of switching power supplies and other power switching applications. Its low stored charge and hyperfast soft recovery minimize ringing and electrical noise in many power switching circuits, thus reducing power loss in the switching transistors.

Formerly developmental type TA49056.

Features

- Hyperfast with Soft Recovery . . . . . <65ns
- Operating Temperature . . . . . 175°C
- Reverse Voltage 1200V
- Avalanche Energy Rated
- Planar Construction

Applications

- Switching Power Supplies
- Power Switching Circuits
- General Purpose

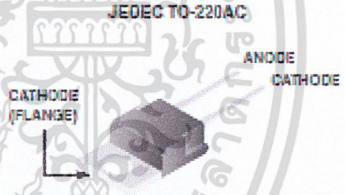
Ordering Information

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
RHRP15120	TO-220AC	RHR15120

NOTE: When ordering, use the entire part number.

Packaging

JEDEC TO-220AC



Symbol



Absolute Maximum Ratings T_C = 25°C, Unless Otherwise Specified

		RHRP15120	UNITS
Peak Repetitive Reverse Voltage	V_{RRM}	1200	V
Working Peak Reverse Voltage	V_{RWM}	1200	V
DC Blocking Voltage	V_R	1200	V
Average Rectified Forward Current (T_C = 140°C)	$I_{F(AV)}$	15	A
Repetitive Peak Surge Current (Square Wave, 20kHz)	I_{FRM}	30	A
Nonrepetitive Peak Surge Current (Halfwave, 1 Phase, 60Hz)	I_{FSM}	200	A
Maximum Power Dissipation	P_D	100	W
Avalanche Energy (See Figures 10 and 11)	E_{AVL}	20	mJ
Operating and Storage Temperature	T_{STG}, T_J	-65 to 175	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RHRP15120

Electrical Specifications $T_C = 25^oC$, Unless Otherwise Specified

SYMBOL	TEST CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_F	$I_F = 15A$	-	-	3.2	V
	$I_F = 15A, T_C = 150^oC$	-	-	2.6	V
I_R	$V_R = 1200V$	-	-	100	μA
	$V_R = 1200V, T_C = 150^oC$	-	-	500	μA
t_{rr}	$I_F = 1A, dI_F/dt = 100A/\mu s$	-	-	65	ns
	$I_F = 15A, dI_F/dt = 100A/\mu s$	-	-	75	ns
t_a	$I_F = 15A, dI_F/dt = 100A/\mu s$	-	36	-	ns
t_b	$I_F = 15A, dI_F/dt = 100A/\mu s$	-	28	-	ns
Q_{RR}	$I_F = 15A, dI_F/dt = 100A/\mu s$	-	150	-	nC
C_J	$V_R = 10V, I_F = 0A$	-	55	-	pF
$R_{\theta JC}$		-	-	1.5	$^oC/W$

DEFINITIONS

V_F = Instantaneous forward voltage (pw = 300μs, D = 2%).

I_R = Instantaneous reverse current.

t_{rr} = Reverse recovery time (See Figure 9), summation of $t_a + t_b$.

t_a = Time to reach peak reverse current (See Figure 9).

t_b = Time from peak I_{RM} to projected zero crossing of I_{RM} based on a straight line from peak I_{RM} through 25% of I_{RM} (See Figure 9).

Q_{RR} = Reverse recovery charge.

C_J = Junction capacitance.

$R_{\theta JC}$ = Thermal resistance junction to case.

pw = pulse width.

D = duty cycle.

Typical Performance Curves

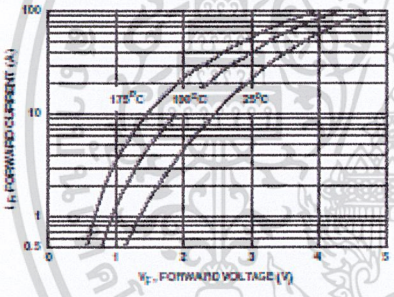


FIGURE 1. FORWARD CURRENT vs FORWARD VOLTAGE

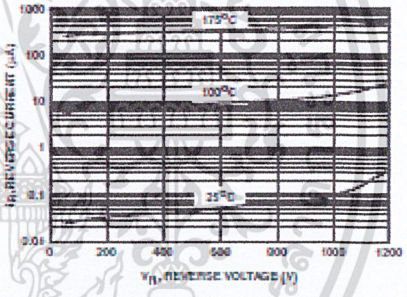


FIGURE 2. REVERSE CURRENT vs REVERSE VOLTAGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Curves (Continued)

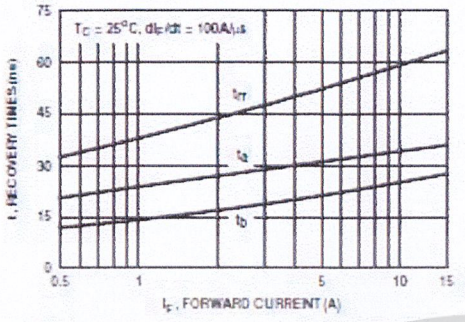


FIGURE 3. t_{rr}, t_a AND t_b CURVES vs FORWARD CURRENT

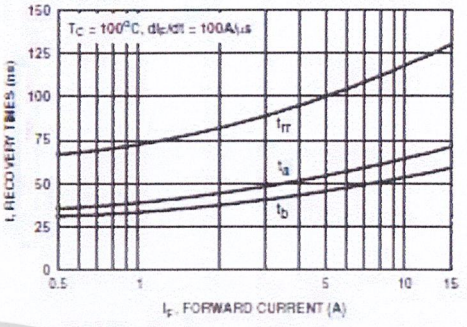


FIGURE 4. t_{rr}, t_a AND t_b CURVES vs FORWARD CURRENT

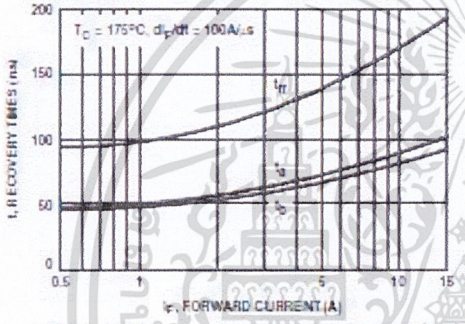


FIGURE 5. t_{rr}, t_a AND t_b CURVES vs FORWARD CURRENT

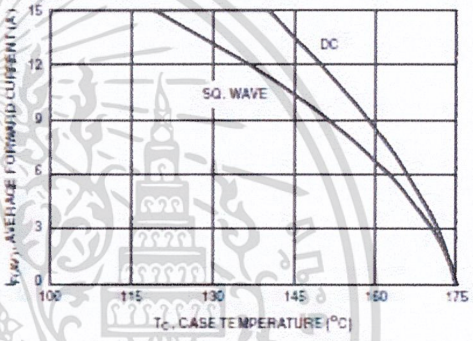


FIGURE 6. CURRENT DERATING CURVE

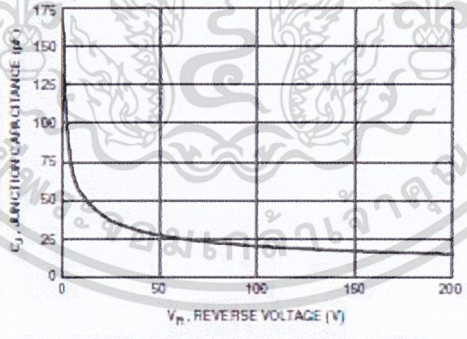


FIGURE 7. JUNCTION CAPACITANCE vs REVERSE VOLTAGE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits and Waveforms

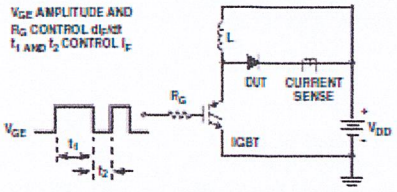


FIGURE 8. t_{rr} TEST CIRCUIT

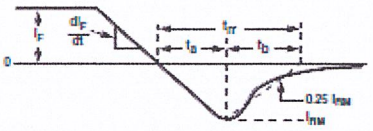


FIGURE 9. t_{rr} WAVEFORMS AND DEFINITIONS

I_{MAX} = 1A
L = 40mH
R < 0.1Ω
$E_{AVL} = 1/2LI^2 [V_{R(AVL)}/(V_{R(AVL)} - V_{DD})]$
Q_1 = IGBT (BV_{CES} > DUT $V_{R(AVL)}$)

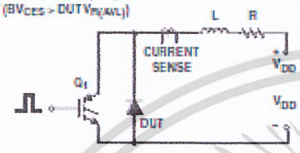


FIGURE 10. AVALANCHE ENERGY TEST CIRCUIT

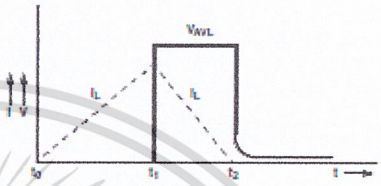


FIGURE 11. AVALANCHE CURRENT AND VOLTAGE WAVEFORMS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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™	STAR*POWER™	
CoolFET™	FRFET™	PACMAN™	Stealth™	
CROSSVOLT™	GlobalOptoisolator™	POP™	SuperSOT™-3	
DenseTrench™	GTO™	Power247™	SuperSOT™-6	
DOME™	HiSeC™	PowerTrench®	SuperSOT™-8	
EcoSPARK™	ISOPLANAR™	QFET™	SyncFET™	
E²CMOS™	LittleFET™	QS™	TinyLogic™	
EnSigna™	MicroFET™	QT Optoelectronics™	TruTranslation™	
FACT™	MicroPak™	Quiet Series™	UHC™	
FACT Quiet Series™	MICROWIRE™	SILENT SWITCHER®	UltraFET®	

STAR*POWER 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] รศ.ดร.วีรเชษฐ์ ขันเงิน, วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์. **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พริ้นติ้ง. 2551

[2] อ.บัณฑิต จารภูติ. **คู่มือการใช้งาน Protel DXP [Altium Designer]**. กรุงเทพมหานคร : บริษัท เอช.เอ็น กรุ๊ป จำกัด. 2550

[3] ผศ,มนตรี สุวรรณภิงคาร. **เทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี งานเอกสารและการพิมพ์. 2541

[4] ธนันต์ ศรีสกุล. **การวิเคราะห์วงจรและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยโปรแกรม Pspice**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์วิตตี้กรุ๊ป. 2550

[5] ประจิน พลังสันติกุล. **การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F ด้วยคอมไพเลอร์ (MPLAB C30).** กรุงเทพมหานคร : แอพซอฟต์เทค. 2551

[6] นางสาวเกษมาพร ทับทิมหิน, นางสาวรัตนา ลาบุตร, นางสาวรุจิภา กิจโป้. **"การประยุกต์ใช้งานวงจร BOOST CONVERTER."** ปริญญานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2552

[7] e-tech. **"ความรู้เกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้า."** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://202.129.59.73/tn/motor10-52/index.htm. 2554

[8] Adisak chinawong. **"มอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR)."** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.technicnan.ac.th/nan_ntc/adisak51/page21.html. 2553

[9] สุวัฒน์ หนูคีรี. **"มอสเฟต (MOSFET)."** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum/index.php?topic=902.0. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้