สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีอินดักเตอร์
A MAGNETIC-LESS MULTILEVEL DC-DC CONVERTER

โดย

นาย ทวิช เตี่ยไพบูลย์
นาย ธวัช ฉายเหมือนวงศ์
นาย สุวัฒน์ อมราภิบาลสุข
นาย อภิวัฒน์ ทวยเจริญ
นาย อภิชาติ ดีมาก

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.วิริยะ พิเชษฐจำเริญ
ดร.สมภพ ผลไม้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62086
วัน,เดือน,ปี 31 ก.ค. 2549

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีอินดักเตอร์
A MAGNETIC-LESS MULTILEVEL DC-DC CONVERTER

ผู้จัดทำ

1. นาย	ทวิช	เตี่ยไพบูลย์	รหัสประจำตัว	45015098
2. นาย	ธวัช	ฉายเหมือนวงศ์	รหัสประจำตัว	45015101
3. นาย	สุวัฒน์	อมราภิบาลสุข	รหัสประจำตัว	45015128
4. นาย	อภิวัฒน์	ทวยเจริญ	รหัสประจำตัว	45015132
5. นาย	อภิชาติ	ดีมาก	รหัสประจำตัว	45015177

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.วิริยะ พิเชษฐจำเริญ

อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.สมภพ ผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์	3
1.5 วิธีการดำเนินงาน	3
1.6 หลักการทำงานเบื้องต้น	3
บทที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้พื้นฐานของมอสเฟท	5
2.1.1 มอสเฟทกำลัง	5
2.1.2 โครงสร้างของมอสเฟท	5
2.1.3 การไบอัส	7
2.1.4 วงจรขับมอสเฟท	9
2.1.4.1 วงจรนำขับแบบง่าย	9
2.1.4.2 วงจรนำขับมอสเฟทด้วยซีมอส (CMOS)	9
2.1.4.3 การนำขับที่มีการแยกโดด	10
2.2 การเชื่อมต่อด้วยแสง	10
2.3 ลอจิกเกทและพีชคณิตบูลีน	11
2.3.1 อินเวอร์เตอร์ (Inverters)	11
2.3.2 แอนด์เกท (AND Gates)	13
2.3.3 นอร์เกท (NOR Gates)	14
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์	16
2.5 แบตเตอรี่	17
2.5.1 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 หลักการทำงานและการออกแบบ	19
3.1 บทนำ	19
3.2 การจำลองเส้นทางการเดินของกระแสในช่วงที่มอสเฟททำงานในสภาวะต่างๆ	23
3.3 การประยุกต์นำไปใช้งานของ ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีอินดักเตอร์	26
3.4 วงจร ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีอินดักเตอร์ ที่ จำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรม MATLAB	28
3.5 หลักการออกแบบวงจรควบคุม	30
3.5.1 วงจรสร้างสัญญาณรูปคลื่นพัลส์	30
3.5.2 วงจรเดดไทม์ (Dead Time)	33
3.5.3 วงจรสร้างการแยกโดดโดยใช้ออปโตคัปเปอร์	34
3.5.4 วงจรขับมอสเฟท	34
3.5.5 ชุดวงจรขับมอสเฟท	35
3.5.6 ชุดวงจรกำลัง	36
3.6 ชุดวงจรรวมดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีอินดักเตอร์	37
บทที่ 4 ผลการทดลอง	38
4.1 ผลการทดลองโดยโปรแกรม Matlab	38
4.2 ผลการทดลอง	42
4.2.1 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ เดดไทม์รูปคลื่นสัญญาณด้านสูงและ รูปคลื่นสัญญาณด้านต่ำ	42
4.2.2 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ออกจากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์	44
4.2.3 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุท	46
4.2.4 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุทและเอาท์พุท	48
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์โครงงาน	50
5.1 สรุปโครงงาน	50
5.2 บทวิจารณ์โครงงาน	50
5.3 ข้อดีและข้อเสียของ ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีมีอินดักเตอร์	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.4 ปัญหาและอุปสรรค และแนวทางแก้ไข	51
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2 -1 แสงดงความจริงของอินเวอร์เตอร์ 11
ตารางที่ 2-2 แสงดงความจริงของแอนด์เกท 13
ตารางที่ 2-3 แสงดงความจริงของนอร์เกท 14
ตารางที่ 4-1 แสดงการเปรียบเทียบค่าอินพุท 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1-1 แสดงถึงโครงงาน ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของรถยนต์ระบบไฮบริดจ์ 2
รูปที่ 2-1 รูปร่างลักษณะของมอสเฟทกำลัง 5
รูปที่ 2-2 ดีพลีชันมอสเฟท ชนิดเอ็น-แชนเนล 6
รูปที่ 2-3 ดีพลีชันมอสเฟท ชนิดพี-แชนเนล 6
รูปที่ 2-4 เอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟท ชนิดเอ็น-แชนเนล 6
รูปที่ 2-5 เอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟท ชนิดพี-แชนเนล 7
รูปที่ 2-6 การไบอัส เอ็น-แชนเนล ดีพลีชันมอสเฟท 7
รูปที่ 2-7 การไบอัส พี -แชนเนล ดีพลีชันมอสเฟท 8
รูปที่ 2-8 การไบอัส พี-แชนเนล เอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟท 8
รูปที่ 2-9 การไบอัส เอ็น-แชนเนล เอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟท 8
รูปที่ 2-10 แสดงวงจรขับนำแบบง่ายที่ใช้ทรานซิสเตอร์ในการนำขับมอสเฟท 9
รูปที่ 2-11 การขับมอสเฟทนำกระแสด้วยซีมอส 9
รูปที่ 2-12วงจรขับมอสเฟทโดยใช้ ออปโตคัปเปลอร์ 10
รูปที่ 2-13 ภายในออปโตคัปเปอร์ 10
รูปที่ 2-14 อินเวอร์เตอร์ 11
รูปที่ 2-15 อินเวอร์เตอร์เมื่ออินพุทมีค่าต่างๆ 12
รูปที่ 2-16 แสดงรายละเอียดภายในของไอซีเบอร์ 7404 12
รูปที่ 2-17 นอนอินเวอร์ติ้งบัฟเฟอร์ 12
รูปที่ 2-18 แอนด์เกท 2 อินพุท 13
รูปที่ 2-19 แอนด์เกท เมื่อสัญญาณอินพุทมีค่าต่างๆ 13
รูปที่ 2-20 แสดงรายละเอียดภายในของไอซีเบอร์ 7408 14
รูปที่ 2-21 นอร์เกท 2 อินพุท 14
รูปที่ 2-22 นอร์เกท เมื่อสัญญาณอินพุทมีค่าต่างๆ 15
รูปที่ 2-23 แสดงรายละเอียดภายในของ 7402 15
รูปที่ 2-24 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 16
รูปที่ 3-1 ระบบ 2 แหล่งจ่าย 42/14 โวลต์ 19
รูปที่ 3-2 ระบบแหล่งจ่ายเดียว 42/14 โวลต์ 19
รูปที่ 3-3 การปรับลดระดับแรงดันลงมาโดยใช้วงจร ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ การใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำกระแสไฟฟ้าสูงทำให้มอสเฟท แต่ละตัวต้องรับแรงดัน 14 โวลต์ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3-4 สวิทช์ชิ่ง สเตท 1 (Switching state I) : (S1p,S2p,S4p) = (1.0.0) 20
รูปที่ 3-5 สวิทช์ชิ่ง สเตท 2(Switching state II) : (S1p,S2p,S4p) = (0.1.0) 21
รูปที่ 3-6 สวิทช์ชิ่ง สเตท 3 (Switching state III) : (S1p,S2p,S4p) = (0.0.1) 21
รูปที่ 3-7 แสดงการไหลของแรงดันไฟฟ้าไปกลับ 2 ทิศทาง 22
รูปที่ 3-8 จำลองทิศทางเดินของกระแสในช่วงจ่ายพัลส์ควบคุมช่วงแรก 23
รูปที่ 3-9 จำลองทิศทางเดินของกระแสในช่วงจ่ายพัลส์ควบคุมช่วงที่ 2 24
รูปที่ 3-10 จำลองทิศทางเดินของกระแสในช่วงจ่ายพัลส์ควบคุมช่วงที่ 3 25
รูปที่ 3-11 แสดงการสมมติการทำงานในช่วงเริ่มสตาร์ท 26
รูปที่ 3-12 แสดงการทำงานในช่วงเครื่องยนต์ทำงานแล้ว 27
รูปที่ 3-13 รูปวงจรที่จำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรม MATLAB 28
รูปที่ 3-14 รูปขยายวงจรขับมอสเฟท 2 ตัว 29
รูปที่ 3-15 รูปขยายวงจรสัญญาณพัลส์ที่ใช้ ขับมอสเฟท 2 ตัว 29
รูปที่ 3-16 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ 32
รูปที่ 3-17 วงจรการต่อไมโครคอนโทรเลอร์ 32
รูปที่ 3-18 แสดงวงจรเดดไทม์ 33
รูปที่ 3-19 แสดงลักษณะรูปคลื่นเดดไทม์ 33
รูปที่ 3-20 การออกแบบวงจรแยกโดดโดยใช้ 6N136 34
รูปที่ 3-21 การออกแบบวงจรขับมอสเฟท 2 ตัวต่ออนุกรมกันโดยใช้ IR2110 34
รูปที่ 3-22 แสดงการรวมวงจรขับมอสเฟท 35
รูปที่ 3-23 แสดงการออกแบบชุดวงจรขับมอสเฟท 35
รูปที่ 3-24 แสดงการออกแบบชุดวงจรกำลัง 36
รูปที่ 3-25 แสดงส่วนประกอบที่ใช้ในการทดลอง 37
รูปที่ 4-1 สัญญาณที่ได้จาก scope 1 คือแรงดันตกคร่อม c1 38
รูปที่ 4-2 สัญญาณที่ได้จาก scope 2 คือแรงดันตกคร่อม c2 38
รูปที่ 4-3 สัญญาณที่ได้จาก scope 3 คือแรงดันตกคร่อม c3 39
รูปที่ 4-4 สัญญาณที่ได้จาก scope 4 คือแรงดันตกคร่อมรวมระหว่าง c2,c3 39
รูปที่ 4-5 สัญญาณที่ได้จาก scope 5 คือแรงดันตกคร่อม c5 40
รูปที่ 4-6 สัญญาณที่ได้จาก scope 6 คือแรงดันตกคร่อม c6 40
รูปที่ 4-7 สัญญาณที่ได้จาก scope 7 คือแรงดันตกคร่อม c7 40
รูปที่ 4-8 สัญญาณที่ได้จาก scope 8 คือแรงดันตกคร่อมรวมระหว่าง c4,c5,c6 41
รูปที่ 4-9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเดดไทม์ 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4-10 แสดงรูปคลื่นสัญญาณด้านสูง 42
รูปที่ 4-11 แสดงรูปคลื่นสัญญาณด้านต่ำ 43
รูปที่ 4-12 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ออกจากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ในย่านความถี่ 1 kHz 44
รูปที่ 4-13 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ออกจากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ในย่านความถี่ 3 kHz 44
รูปที่ 4-14 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ออกจากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ในย่านความถี่ 10 kHz 45
รูปที่ 4-15 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุทในย่านความถี่ 1 kHz 46
รูปที่ 4-16 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุทในย่านความถี่ 3 kHz 46
รูปที่ 4-17 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุทในย่านความถี่ 10 kHz 47
รูปที่ 4-18 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทในย่านความถี่ 1 kHz 48
รูปที่ 4-19 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทในย่านความถี่ 3 kHz 48
รูปที่ 4-20 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทในย่านความถี่ 10 kHz 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีอินดักเตอร์

นาย ทวิช เตี่ยไพบูลย์ 45015098
นาย ธวัช ฉายเหมือนวงศ์ 45015101
นาย สุวัฒน์ อมราภิบาลสุข 45015128
นายอภิวัฒน์ ทวยเจริญ 45015132
นายอภิชาติ ดีมาก 45015177
รศ.ดร.วิริยะ พิเชษฐจำเริญ อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.สมภพ ผลไม้ อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงระบบไฟฟ้ารถยนต์นั้นมีวิธีการโดยใช้อัลเทอร์เนเตอร์ เอาท์พุทสูง และการเปลี่ยนมาใช้ระบบไฟฟ้า 42 โวลต์ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการแก้ปัญหาด้านเทคนิค ทำให้เพิ่มกำลังไฟฟ้าตามความต้องการของผู้ซื้อรถยนต์ในอนาคต

การพัฒนาให้รถยนต์สามารถใช้พลังงานในการขับเคลื่อนได้ จากระบบเชื้อเพลิงละระบบไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ในรถยนต์แบบไฮบริดจ์ทำให้ความต้องการการใช้พลังงานในรถยนต์ยิ่งสูงมากขึ้นสำหรับรถยนต์ไฮบริดจ์แบบไมล์ดนั้นพลังงานไฟฟ้าจะไม่ถูกใช้ในการขับเคลื่อนโดยตรงแต่จะใช้ไปเพื่อจ่ายให้กับระบบไฟฟ้าในขณะรถยนต์จอดรอสัญญาณเท่านั้น ซึ่งในขณะนั้นเครื่องยนต์ของรถยนต์จะถูกดับไปเพื่อลดการปลดปล่อยอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ

อนาคตอันใกล้นี้คาดว่าระบบไฟฟ้าในรถยนต์จะเปลี่ยนมาเป็นมาเป็นระบบ 42โวลต์ทั้งหมด แต่ในช่วงการเปลี่ยนแปลงนี้ คาดว่าระบบไฟฟ้า 14 โวลต์ในปัจจุบันจะยังคงได้รับการใช้งานควบคู่กันไปกับระบบ 42 โวลต์ ทำให้โหลดในรถยนต์นั้นมีทั้งระบบ 14 โวลต์และ 42 โวลต์ปนกัน

โครงงานนี้นำเสนอ ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีอินดักเตอร์เพื่อทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานระหว่างระบบไฟฟ้าทั้งสองในรถยนต์โดยเริ่มทำการศึกษาจากการจำลองการทำงานของวงจรบนคอมพิวเตอร์ จากนั้นจึงได้ทดลองสร้างเครื่องต้นแบบขึ้นเพื่อใช้ศึกษาและทดลองเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Magnetic-Less Multilevel DC-DC Converter

Tawit	Tiapibool	45015098
Thawat	Chaimueanwong	45015101
Suwat	Ammarapibalsook	45015128
Apiwat	Thuaychareon	45015132
Apichat	Deemark	45015177
Asso.Prof.Dr.Viriya	Pichetchumroen	Advisor
Dr.Sompob	Polmai	Advisor

ABSTRACT

car electric system has begun to change by using. high power alternator and 42-V electric system. This is due to the increased electric power demand in the present and future cars.

The development of hybrid drive system that can utilize energy from either fuel or electric systems rises the demand for electric energy in cars. In mild hybrid car the electric energy is not supplied to the drive engine , instead it is used to supply the electric load in the car during idle stop. To reduce exhaust gas emission.

In the near future, all of the cars will change to 42-V system , but during the transition state the conventional 14-V system will co-exist with the new 42-V system for economic reason. So there will be mixed of 14-V and 42-V loads in the same car for a while.

This project proposes a multilevel DC-DC converter without an inductor for energy thansfering between the two system. The study begins with computer simulation of the proposed circuit. Then a prototype system is built for experimental verification. The results of the experiment is analysed for furture development.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและร่วมมือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน อันดับแรกจากบุคคลทั้ง 2 ท่าน ที่จะต้องกล่าวถึงเพราะมีส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ รศ.ดร.วิริยะ พิเชษฐจำเริญ และ ดร.สมภพ ผลไม้ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ ให้คำแนะนำต่างๆ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุกด้านเป็นพระคุณที่หาเปรียบมิได้ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

และท้ายที่สุดนี้ต้องขอขอพระคุณ พี่ทัต และพี่ๆนักศึกษาปริญญาโท พี่เทพ ที่ให้ยืมทั้งสโคปและคำแนะนำที่ดี พี่หนุ่ย พี่กร ที่ให้คำปรึกษาช่วยเหลือตลอดเวลา พี่ต้น ที่มาดูเกี่ยวกับวงจรและให้คำปรึกษารวมทั้งพี่ๆ ห้องสโตร พี่ตัวเล็ก ที่ให้ยืมอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในยามที่จำเป็นเสมอ และเพื่อนๆร่วมห้องโปรเจคที่น่ารักกันทุกๆคน ที่ให้ทั้งคำแนะนำและเสียงหัวเราะยามที่เครียดเสมอ ขอบพระคุณมากครับ

นาย ทวิช เตี่ยไพบูลย์
นาย ธวัช ฉายเหมือนวงศ์
นาย สุวัฒน์ อมราภิบาลสุข
นาย อภิวัฒน์ ทวยเจริญ
นาย อภิชาติ ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ
Introduction

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

อนาคตอันใกล้นี้คาดว่าระบบไฟฟ้าในรถยนต์จะเปลี่ยนมาเป็นมาเป็นระบบ 42โวลต์ทั้งหมด แต่ในช่วงการเปลี่ยนแปลงนี้ คาดว่าระบบไฟฟ้า 14 โวลต์ในปัจจุบันจะยังคงได้รับการใช้งานควบคู่กันไปกับระบบ 42 โวลต์ทำให้โหลดในรถยนต์นั้นมีทั้งระบบ 14 โวลต์ และ 42 โวลต์ใช้งานร่วมกันโครงงานนี้นำเสนอ ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีอินดักเตอร์เพื่อทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานระหว่างระบบไฟฟ้าทั้งสองของรถยนต์ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

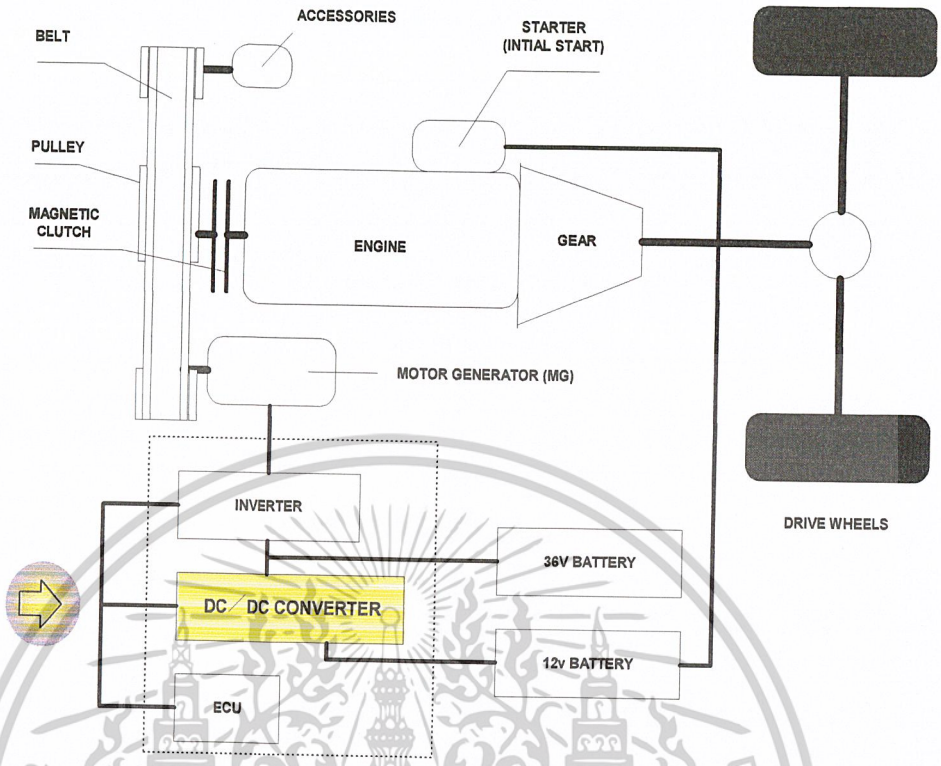
ทิศทางของเทคโนโลยีรถยนต์ในปัจจุบันสามารถสรุปได้ดังนี้

- การประหยัดเชื้อเพลิง
- การลดมลพิษทางอากาศ
- ความปลอดภัยที่สูงขึ้น
- ความสุขสบายและความสะดวกยิ่งขึ้น

มาตรฐานใหม่ที่เรียกว่าระบบไฟฟ้า 42 โวลต์ ใช้แบตเตอรี่ขนาด 36 โวลต์ กับเรกูเรตขนาด 42 โวลต์ ซึ่งจะกลายเป็นมาตรฐานใหม่สำหรับรถยนต์ระบบไฟฟ้า 42 โวลต์ โดยแบตเตอรี่ Lead-acid ที่มีขนาด 36 โวลต์ ให้ความพึงพอใจกับอนาคตในการพัฒนาที่เข้ามาแทนที่ของแบตเตอรี่ Lead-acid และระบบการประจุไฟแบบเดิมประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของการเพิ่มแรงดันเป็น 42 โวลต์ จะช่วยลดขนาดของสายไฟ โดยรถยนต์ขนาดกลางจะมีน้ำหนักของสายถึง 35 กิโลกรัม ในปัจจุบันการไหลของกระแสมีความต้องการแรงดันที่ 13.8 โวลต์ ซึ่งค่อนข้างสูงทีเดียว ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นทำให้ขนาดของ คอนดักเตอร์ (conductor) มีขนาดใหญ่ทำให้ราคาและน้ำหนักเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มแรงดันแล้วลดการไหลของกระแสทำให้ คอนดักเตอร์ จึงมีขนาดเล็กในการนำไปใช้งานยิ่งกว่านั้นในการลดขนาดของ คอนดักเตอร์ แล้วนำมาใช้กับมาตรฐาน 42 โวลต์ ยอมให้มีการพัฒนาบรรจุเครื่อง สตาร์ทกับเจนเนอร์เรเตอร์ (start / generators) รวมเข้าด้วยกัน

โครงงานนี้อธิบายถึง วงจรแรงดันไฟฟ้าแบบคู่ 2 ทิศทาง (42 โวลต์ และ 14 โวลต์) ไม่มีอินดักเตอร์ โดยในวงจร ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์เป็นพื้นฐาน ปรับแรงดันหลายระดับ (multilevel converter) ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์นี้ มีขนาดที่เล็กและน้ำหนักกะทัดรัดและยังให้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยในวงจรแรงดันไฟฟ้าแบบคู่ 2 ทิศทางนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับ ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งภายในรถยนต์อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แสดงถึงโครงงาน ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของรถยนต์ระบบ hybrid

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบในการลดระดับแรงดันลง 3 เท่าคือ จากระดับแรงดัน 36 โวลต์ลงมาเป็นระดับแรงดัน 12โวลต์ ใช้มอสเฟทกำลังและคาปาซิเตอร์ โดยที่ไม่ใช้ตัวเหนี่ยวนำ

1.2.2 สามารถทำให้ระดับแรงดันไหลได้ 2 ทิศทาง โดยที่ระดับแรงดันทั้ง 2 ด้านเป็น 3 เท่ากันอยู่

1.2.3 สามารถนำ ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ ไปประยุกต์ใช้งานได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

เนื่องจากโครงงานนี้เป็นโครงงานแรกและเป็นโครงงานต้นแบบโดยสามารถปรับแรงดันได้หลายระดับและทำให้ระดับแรงดันไปกลับ 2 ทิศทางได้ รวมไปจนถึงการเก็บผลการทดลองในส่วนต่างๆ เพื่อรวบรวมข้อมูลโครงงานไว้สำหรับการพัฒนาและปรับปรุงให้ดีขึ้นในโอกาสต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์

เนื่องจากโครงงานนี้เป็นการสร้างเครื่องต้นแบบของระบบจ่ายไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในรถยนต์เพื่อคืนพลังงาน 2 ทิศทางในขณะรถยนต์หยุด และรถยนต์เคลื่อนที่ โดยสามารถใช้กับแรงดันได้หลายระดับ ด้วยกันที่มาของโครงงานและทฤษฎีต่างๆที่ใช้ในการอธิบายเพื่อให้ผู้ที่ศึกษาหรือผู้ที่สนใจโครงงานนี้เข้าใจได้ง่ายขึ้น และเพื่อให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้นจึงได้อธิบายหลักการทำงานของวงจรส่วนต่างๆ ทั้งวงจรควบคุมและวงจรกำลังไว้ พร้อมกับได้บันทึกค่าจากการจากการได้ทดลองวงจรส่วนต่างๆไว้เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

1.5 วิธีการดำเนินงาน

โครงงานนี้จะเริ่มด้วยศึกษาพื้นฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกันโครงงานนี้ซึ่งก็มีหลายเรื่องด้วยกันคือ ศึกษาว่าทิศทางกระแสไหลผ่านมอสเฟทแต่ละตัวเป็นอย่างไร ศึกษาหาวงจรควบคุมการทำงานของมอสเฟท 2 ตัว โดยการสลับการทำงาน ทีละตัว คือตัวหนึ่งทำงาน อีกตัวต้องหยุดการทำงานนั่นเองควบคู่ไปกับการศึกษาวงจรป้องกันการทำงานพร้อมกันของมอสเฟท 2 ตัว (วงจร dead time) เพื่อทำให้สัญญาณมีระยะเวลาหน่วงออกไป ศึกษาเรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้สัญญาณออกมาเป็น 3 รูปคลื่นสัญญาณ ซึ่งทฤษฎีต่างๆ วงจรการควบคุม และวงจรกำลังการทำงานของโครงงานนี้จะกล่าวไว้ในบทที่ 2, 3 ต่อไป

จากนั้นเอาความรู้ต่างๆที่ได้ศึกษามาออกแบบวงจรควบคุม และวงจรกำลัง โดยการจำลองการทำงานในโปรแกรม Matlab เพื่อดูผลของแรงดันที่ออกมาที่ได้มาว่าเป็นอย่างไรแล้วจึงมาออกแบบแผ่นปริ๊น ซื้ออุปกรณ์มาทำการทดลองและวัดผลการทดลองว่าได้ผลเหมือนหรือต่างจากทฤษฎีที่ได้ศึกษามาเพียงไร

1.6 หลักการทำงานเบื้องต้น

ในโครงงานนี้ใช้หลักการของ ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ โดยที่มีวงจรควบคุมสร้างสัญญาณขับด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สร้างสัญญาณซึ่งมีลักษณะรูปคลื่นสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม โดยจะสร้างสัญญาณพัลส์ออกมาเป็น 3 ช่วงคือแต่ละช่วงจะมีช่วงระยะเวลาห่างกันที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้มอสเฟททำงานพร้อมกัน ซึ่งจะใช้ความถี่ 3 ระดับ คือ 1 กิโลเฮิรตซ์ (kHz), 3 กิโลเฮิรตซ์, 10 กิโลเฮิรตซ์ เพื่อดูประสิทธิภาพของแต่ละช่วงความถี่ว่าดีมากน้อยกว่ากันเพียงไร ซึ่งสัญญาณควบคุมนี้จะไปควบคุมมอสเฟทกำลังในวงจรกำลังให้ทำงานใน 3 สภาวะเพื่อให้ได้ระดับแรงดันออกมาตามที่ต้องการ ซึ่งหลักการทำงานนั้นจะอยู่ในบทที่ 3

ในช่วงสภาวะแรกเราจะให้มอสเฟททางด้านสูง ทำงานซึ่งใช้มอสเฟท 2 ตัวต่ออนุกรม โดยมีลักษณะการต่อแบบต่ำ (low) และแบบสูง (Hight) ทำงานโดยใช้การควบคุมจากรูปคลื่นสัญญาณพัลส์จากไมโครคอนโทรลเลอร์ในช่วงรูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นแรก (Switching State 1) ทำงาน โดยที่มีคาปาซิเตอร์ ต่อคร่อมมอสเฟททั้ง 2 ต่อ อยู่ 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงสภาวะสองนั้น เราจะใช้รูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นสองจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำงานแทนในช่วงรูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นแรก ก็จะทำให้มอสเฟททางด้านสูงซึ่งใช้มอสเฟท 4 ตัวต่ออนุกรมกันอยู่ทำงานแทนมอสเฟททางด้านสูงของรูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นแรกโดยที่มีคาปาซิเตอร์ต่อคร่อมมอสเฟท 4 ตัว อยู่ 2 ตัว

ในช่วงสภาวะสาม นั้นจะมีลักษณะการทำงานเหมือนกับ ในช่วงสภาวะที่หนึ่งและ ในช่วงสภาวะที่สอง รูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นสามจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงาน แทน รูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นแรก และรูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นสองซึ่งจะทำให้ มอสเฟททางด้านสูง ซึ่งใช้มอสเฟท 6 ตัว ต่ออนุกรมกันอยู่ทำงานแทนมอสเฟททางด้านสูง ของรูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นสอง และ รูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นแรกโดยที่มี คาปาซิเตอร์ต่อคร่อมมอสเฟท 6 ต่อ อยู่ 3 ตัว

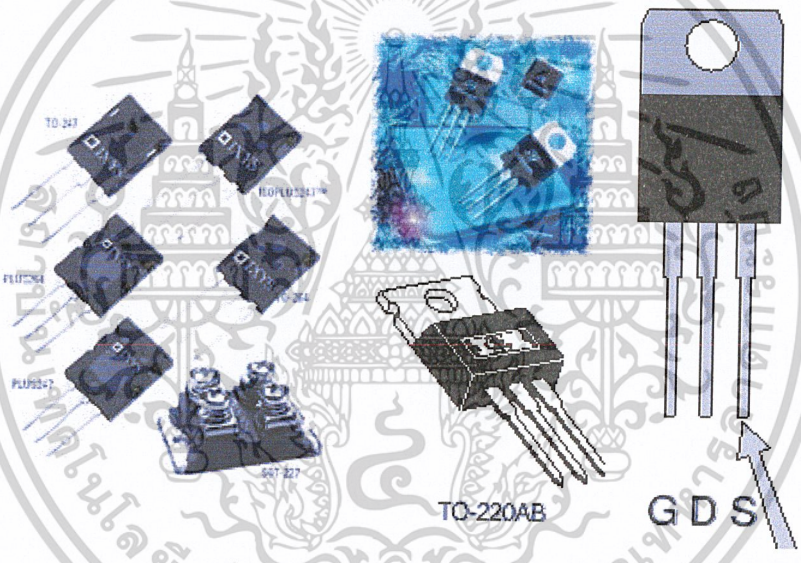
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานของมอสเฟท

2.1.1 มอสเฟทกำลัง

ย่อมาจาก Metal Oxide Semiconductor Field–Effect Transistor (MOSFET) ที่ใช้ในอิเล็กทรอนิกส์กำลัง สามารถทำได้ที่ความถี่สูงตั้งแต่ 50 กิโลเฮิรตซ์ไปจนถึงประมาณ 200 หรือ 400 กิโลเฮิรตซ์ ใช้เวลาในการเปลี่ยนสถานะค่อนข้างสั้นช่วงเวลาการสวิตชิ่งของมอสเฟทกำลังสูงเป็น นาโนวินาที มอสเฟทมีการตอบสนองความถี่สูง



รูปที่ 2-1 รูปร่างลักษณะของมอสเฟทกำลัง

มอสเฟท (MOSFET) ทั่วไปจะมีลักษณะ 3 ขา ซึ่งแต่ละขาจะเรียกว่า เกท (gate) เดรน (drain) และซอร์ส (source) โดยทั่วไปมอสเฟท (MOSFET) มี 2 แบบคือ

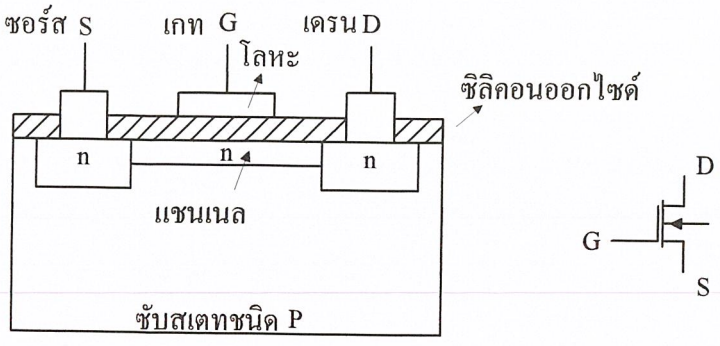
1.มอสเฟทแบบดีพลีชัน (Depletion MOSFET)

2.มอสเฟทแบบเอ็นฮานซ์เมนต์ (Enhancement MOSFET)

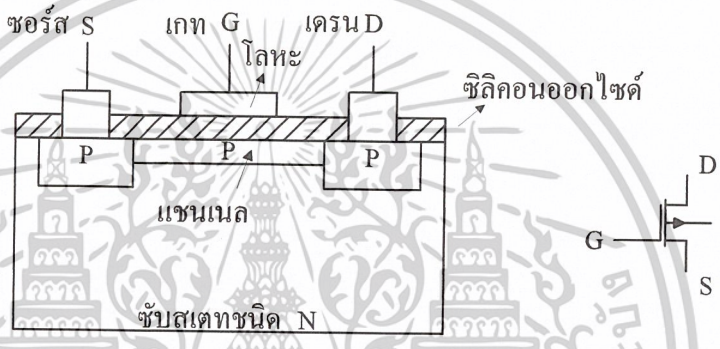
2.1.2 โครงสร้างของมอสเฟท

โครงสร้าง ดีพลีชันมอสเฟทแบบเอ็น-แชนเนล (N-Channel) สร้างขึ้นจากซิลิคอนชนิดพี(p-type) มีการกระตุ้นหรือการโดปให้สารกึ่งตัวนำ ท บริเวณขั้ว เดรน และขั้ว ซอร์ส บริเวณ แชนเนล นั้นมีซิลิคอนไดออกไซด์ (Sio_2) กันระหว่าง แชนเนล กับ เกท ของมอสเฟท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



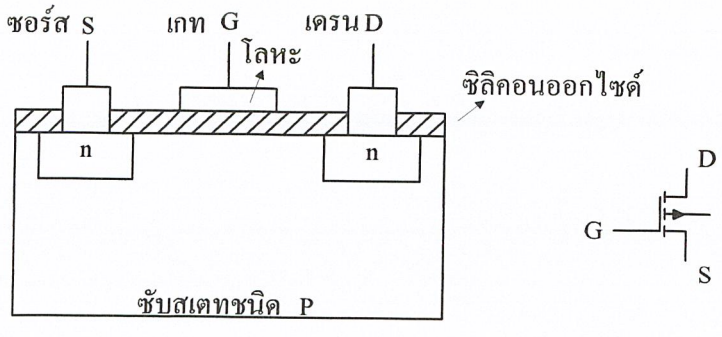
รูปที่ 2-2 ดีพลีชันมอสเฟท ชนิด เอ็น - แชนเนล



รูปที่ 2-3 ดีพลีชันมอสเฟท ชนิด พี - แชนเนล

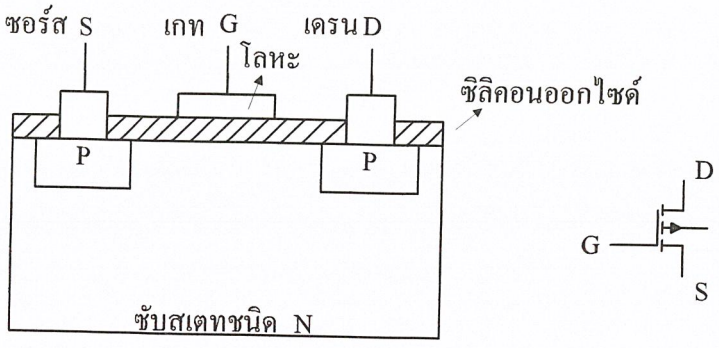
ดีพลีชันมอสเฟท แบบ พี-แชนเนล (P-Channel) มีลักษณะคล้ายกับแบบ เอ็น-แชนเนล แต่สร้างขึ้นจากซิลิคอนชนิดเอ็น (n-type)

โครงสร้างเอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟท แบบ เอ็น-แชนเนล นั้นไม่มีแชนเนลดังรูป สร้างโดยใช้สารซิลิคอน ชนิดพี แล้วทำการโดปด้วยสาร ชนิดเอ็น ปนลงในสาร ชนิดเอ็น บริเวณ แชนเนล นั้นไม่มี ซิลิคอนออกไซด์ ขาเดรน และ ขาซอร์สจะอยู่ในสาร ชนิดเอ็น ส่วนด้านบนสุดของสารซิลิคอนออกไซด์ จะมีแผ่นโลหะวางอยู่



รูปที่ 2-4 เอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟท ชนิด เอ็น - แชนเนล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-5 เอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟท ชนิด พี - แชนเนล

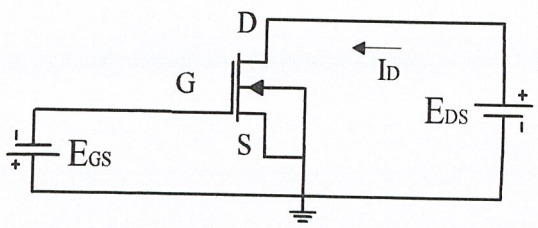
เอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟท แบบ พี-แชนเนล มีลักษณะคล้ายกับแบบ เอ็น-แชนเนล แต่สร้างขึ้นจากซิลิคอนชนิดเอ็น

การป้องกันมอสเฟทขณะเกิดการลัดวงจรนั้นทำได้ยากซึ่งมีปัญหาในเอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟท ในการคายประจุไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Discharge) ภายในตัวมอสเฟทเองซึ่งต้องเก็บรักษาเป็นพิเศษ

2.1.3 การไบอัส

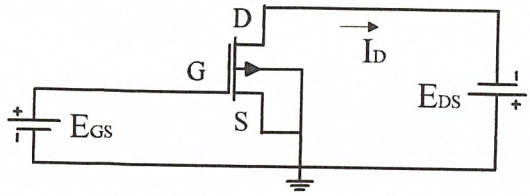
การไบอัส เอ็น-แชนเนล ดีพลีชันมอสเฟททำได้ดังรูป 2-6 ที่ขาเดรนจะได้รับแรงดันเป็นบวกเมื่อเทียบกับซอร์ส คืออิเล็กตรอนใน เอ็น-แชนเนล ยอมให้กระแสไหลผ่านจากเดรนไปซอร์ส (I_D) ซึ่งกระแสเดรนจะถูกควบคุมโดยแรงดันที่ขาเกทกับซอร์ส (E_{GS}) เมื่อแรงดัน (E_{GS}) มีค่าเป็นศูนย์กระแสเดรนจะสามารถไหลได้เพราะพาหะส่วนมากยังอยู่ใน เอ็น-แชนเนล แต่เมื่อแรงดัน (E_{GS}) มีค่าเป็นลบกระแสเดรนจะไหลได้ลดลง เพราะว่าพาหะส่วนมากใน เอ็น-แชนเนล ลดลงถ้าแรงดัน (E_{GS}) ยังเป็นลบเพิ่มขึ้นจะทำให้กระแสเดรนมีค่าเป็นศูนย์

แรงดันไบอัสที่เกทถ้ามีค่าเป็นบวกเมื่อเทียบกับขาซอร์ส จะสามารถใช้ในการเพิ่มกระแสเดรนได้ ส่วนถ้ามีค่าเป็นลบเทียบกับขาซอร์ส จะใช้ในการลดค่ากระแสเดรน เพราะว่าถ้าแรงดันที่เกทเทียบกับซอร์สเป็นลบจะทำให้พาหะส่านมากใน เอ็น-แชนเนล หมดไปแต่ถ้าแรงดันที่ขาเกทเป็นศูนย์กระแสเดรนก็ยังไหลได้ปกติเพราะว่าพาหะส่วนมากยังอยู่ใน เอ็น-แชนเนล อยู่



รูปที่ 2-6 การไบอัส เอ็น -แชนเนล ดีพลีชันมอสเฟท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

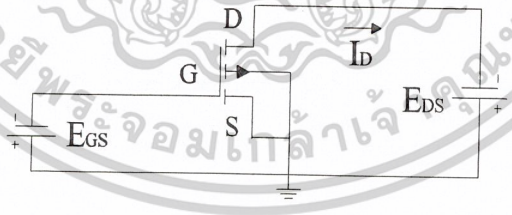


รูปที่ 2-7 การไบอัส พี -แชนเนล ดีพลีชันมอสเฟท

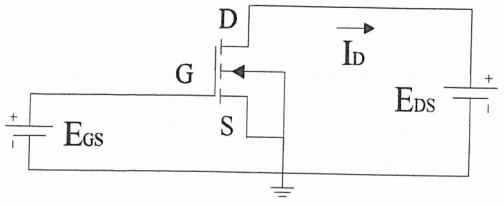
การสร้างและการใช้งานของ พี-แชนเนล ดีพลีชันมอสเฟทมีลักษณะเหมือนกับแบบ เอ็น-แชนเนล แต่จะแตกต่างกันตรงที่พาหะส่วนมากคือโฮล (Hole) โดยขาเดรนจะต่อกับขั้วลบเมื่อเทียบกับเดรนและกระแสจะไหลในทิศตรงกันข้ามกัน แต่แรงดันที่เทียบกับซอร์สยังเหมือนเดิม เป็นบวก หรือ เป็นลบก็ได้

ดีพลีชันมอสเฟท เป็นอุปกรณ์ที่ตอนปกติจะทำงานจะเห็นได้จากกระแสเดรนสามารถที่ไหลได้เมื่อแรงดันเกทกับซอร์สมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งต่างกับ เอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟท เป็นอุปกรณ์ที่ตอนปกติจะไม่ทำงานมันจะทำงานก็ต่อเมื่อป้อนแรงดัน (E_{GS}) ไบอัสเข้าไป

การไบอัส พี-แชนเนล เอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟทจะต้องต่อขาเดรนเข้ากับขั้วลบ และขาซอร์สต่อกับขั้วบวก ถ้ามีการไบอัสแค่แรงดัน (E_{GS}) จะไม่มีกระแสเดรนไหลผ่านได้เหมือนกับดีพลีชันมอสเฟทแล้ว เพราะว่าไม่มีแชนเนลช่วยนำกระแสระหว่างขาเดรนกับขาซอร์ส เมื่อแรงดันที่ขาเกทเป็นลบเมื่อเทียบกับซอร์สโฮลจะเคลื่อนที่เข้าไปที่ขาเกท ทำให้เอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟทแบบ พี-แชนเนล ยอมให้กระแสไหลผ่านได้ จึงทำให้กระแสเดรนไหลมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 2-8 การไบอัส พี-แชนเนล เอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟท



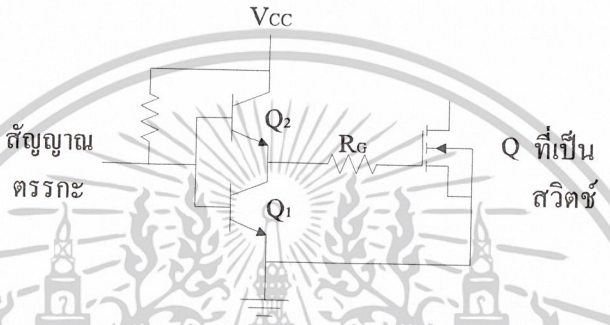
รูปที่ 2-9 การไบอัส เอ็น-แชนเนล เอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 วงจรขับมอสเฟท

2.1.4.1 วงจรนำขับแบบง่าย

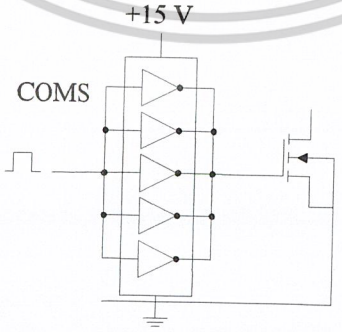
ข้อดีคือวงจรขับนำไม่ต้องจ่ายกระแสไฟตรงให้เกท การทำให้มอสเฟทนำกระแสหรือหยุดนำกระแส หมายถึงการใส่ประจุหรือดึงประจุออกจากเกทเพื่อทำให้การสะสมหรือการคายประจุของเกทเป็นไปอย่างรวดเร็ว กระแสเกทจะต้องเป็นพัลส์ที่มีค่ายอดสูงกำลังสูญเสียของวงจรขับนำเกทมีค่าเท่ากับพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุของเกทคูณด้วยความถี่การสวิตช์และคูณด้วยสอง ยิ่งความถี่การสวิตช์มีค่าสูง วงจรขับเกทยิ่งต้องทนกำลังค่าสูงขึ้นด้วย



รูปที่ 2-10 แสดงวงจรขับนำแบบง่ายที่ใช้ทรานซิสเตอร์ในการนำขับมอสเฟท

2.1.4.2 วงจรนำขับมอสเฟทด้วยซีมอส (CMOS)

สามารถต่อโดยตรงกับไอซีชนิด ซีมอส ได้ไอซี ซีมอส มาตรฐานเช่นตระกูล 14000 จะมีเอาท์พุทเป็นเฟทในลักษณะคอมพลีเมนตาร์ เอ็น-แชนเนล และ พี-แชนเนล อยู่แล้วไอซีตระกูล 14000 สามารถทำงานได้ที่แรงดันไฟเลี้ยงตั้งแต่ 3 โวลต์ถึง 18 โวลต์ โดยทั่วไปแรงดันไฟเลี้ยงที่ 12 โวลต์ถึง 15 โวลต์จะเหมาะสำหรับการขับมอสเฟท การขับมอสเฟทที่ต้องนำกระแสสูงๆนั้นใช้ลักษณะการต่อขนานกันของซีมอส ดังรูปที่ 2-11

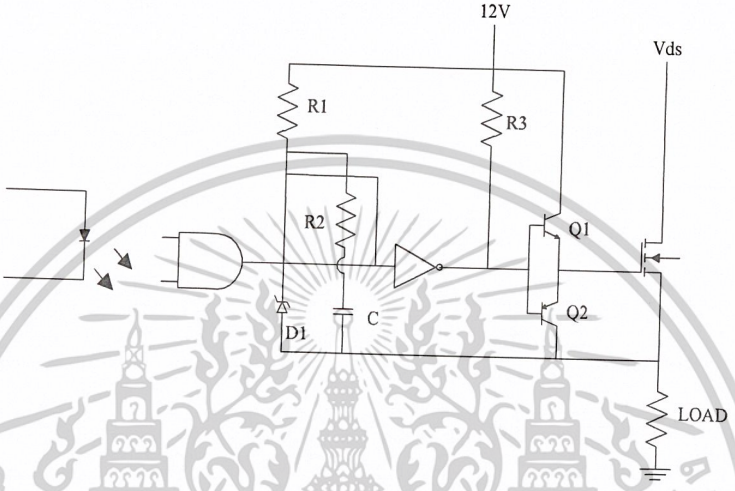


รูปที่ 2-11 การขับมอสเฟทนำกระแสด้วย ซีมอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.3 การนำขับที่มีการแยกโดด

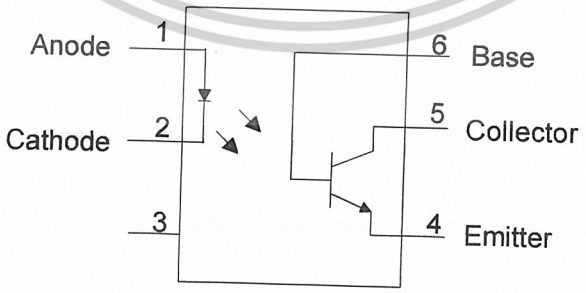
อาจใช้วงจรเชื่อมโยงผ่านแสงเพื่อให้เกิดการแยกโดด มอสเฟทมักจะทำงานที่ความถี่สูงๆเมื่อใช้วงจรเชื่อมโยงผ่านแสงอาจจะเปลี่ยนสถานะได้ช้า วงจรขับนำมอสเฟทที่ใช้หม้อแปลงในการแยกโดดจะมีข้อจำกัดเกี่ยวกับจักรงานสูงๆเนื่องจากมอสเฟทต้องการกระแสในลักษณะที่เป็นพัลส์ไม่ใช้กระแสต่อเนื่องจึงอาจใช้หม้อแปลงส่งผ่านรูปคลื่นที่เป็นพัลส์บวกและลบเฉพาะในช่วงเปลี่ยนสถานะ



รูปที่ 2-12 วงจรขับมอสเฟทโดยใช้ ออปโตคัปเปอร์

2.2 การเชื่อมต่อด้วยแสง (Opto – coupler)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกโดด (isolating) ระหว่างวงจรควบคุมและวงจรกำลังออกจากกันซึ่งสามารถใช้อุปกรณ์ได้อีกชนิดหนึ่งในการแยกโดดวงจรกำลัง และ วงจรควบคุม คือใช้พัลส์ทรานฟอร์เมอร์ (pulse transformer)



รูปที่ 2-13 ภายในออปโตคัปเปอร์

จากรูปที่ 2-13 จะประกอบไปด้วย โฟโต้ไดโอดจะอยู่ทางด้านอินพุทและโฟโต้ทรานซิเตอร์จะอยู่ทางด้านเอาท์พุท ได้นำอุปกรณ์ทั้ง 2 ตัวมารวมอยู่ในโครงสร้างเดียวกันมันจะถูกใช้สำหรับเป็นตัวเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

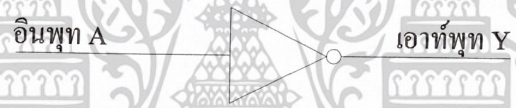
โดยจะนำสัญญาณจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่งในขณะที่จะมีค่าความเป็นฉนวนทางไฟฟ้าสูงโดยอาศัยหลักการทำงานของทรานซิสเตอร์ทำงานในย่านแอคทีฟโดยการควบคุมแสงที่ไดโอดภายในตัวออปโต้ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านไดโอดซึ่งสามารถนำวงจรนี้ไปประยุกต์ใช้ได้ทั้งกับสัญญาณดิจิตอล และสัญญาณอนาลอกได้

2.3 ลอจิกเกทและพีชคณิตบูลีน

ในระบบคอมพิวเตอร์ การประมวลผลต่างๆของคอมพิวเตอร์จะกระทำกับข้อมูลที่ประกอบด้วยบิตต่างๆตัวประมวลผลและหน่วยควบคุมของวงจรจะถูกสร้างจากอุปกรณ์ทางลอจิกพื้นฐานที่เรียกว่าลอจิกเกท (logic gate)

อุปกรณ์สำหรับเกทพื้นฐานทางดิจิตอลได้แก่ แอนด์ (AND), ออร์ (OR), แนนด์ (NAND), นอร์ (NOR), อินเวอร์เตอร์ (Inverters), เอกซ์คลูซีฟ-ออร์, และเอกซ์คลูซีฟ-นอร์ ในที่นี้จะขอกล่าวถึงอินเวอร์เตอร์, แอนด์, นอร์

2.3.1.อินเวอร์เตอร์ (Inverters Gates)



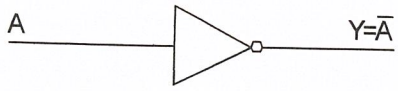
รูปที่ 2-14 อินเวอร์เตอร์

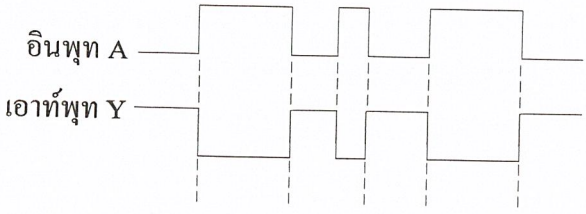
อินพุท	เอาท์พุท
A	Y
0	1
1	0

ตารางที่ 2-1 แสดงความจริงของอินเวอร์เตอร์

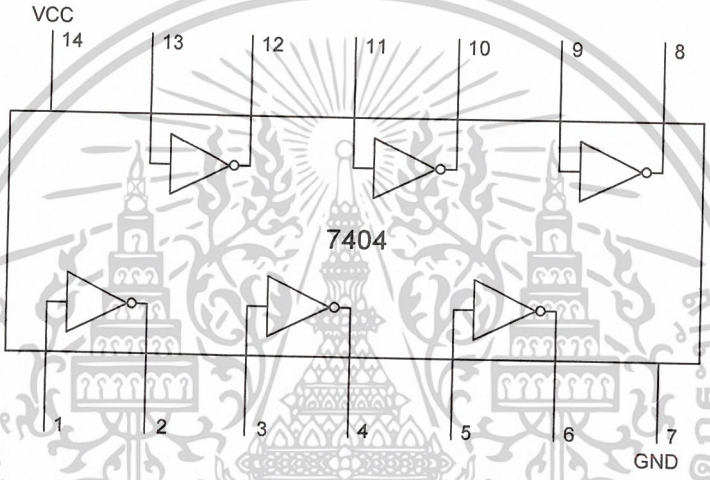
เมื่อเกทที่มีอินพุทเป็น 1 ทางด้านเอาท์พุทจะเป็นตรงกันข้ามของอินพุท เช่นถ้า A = 0 แล้ว Y = 0 ถ้า A =1 แล้ว Y = 0 วงกลมเล็กๆที่เอาท์พุท เรียกว่า บับเบิล (Bubble) จากตารางที่ 2-1 สามารถเขียนเป็นสมการบูลลีนได้ Y = $\bar{A}$ อ่านว่า A อินเวอร์เตอร์ หรือ A (not)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





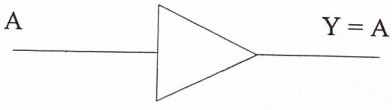
รูปที่ 2-15 อินเวอร์เตอร์เมื่ออินพุทมีค่าต่างๆ



รูปที่ 2-16 แสดงรายละเอียดภายในของไอซีเบอร์ 7404

จากรูปที่ 2-16 เป็นเกทขนาด 14 ขาทั้งตระกูลทีทีแอล (TTL) และ ซีมอส มีการต่ออินเวอร์เตอร์ 6 ตัวใน ไอซี (IC) ตัวเดียวกันและต่อเป็นอิสระ ต้องการไฟเลี้ยง 5 โวลต์

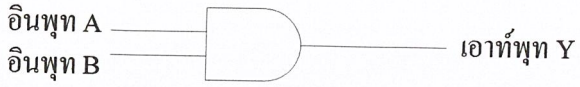
นอกจากนี้ยังมีเกทที่คล้ายกับอินเวอร์เตอร์อีกตัวหนึ่ง แต่เอาท์พุทที่ได้ออกมานั้นจะมีค่าทางลอจิกเหมือนกับค่าอินพุท ในวงจรคอมพิวเตอร์จะใช้เกทประเภทนี้เข้าช่วยในการขับกระแสไฟฟ้า เกทประเภทนี้เรียกว่า นอนอินเวอร์ติ้งบัฟเฟอร์ (noninverting buffer) หรือเรียกสั้นๆว่าบัฟเฟอร์ (buffer)



รูปที่ 2-17 นอนอินเวอร์ติ้งบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.แอนด์เกท (AND Gates)

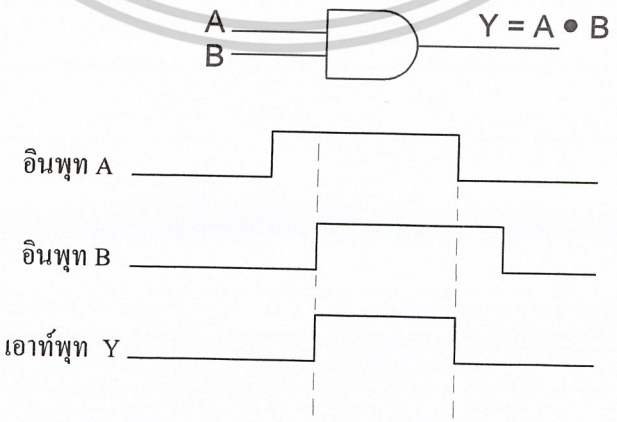


รูปที่ 2-18 แอนด์เกท 2 อินพุท

อินพุท		เอาท์พุท
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

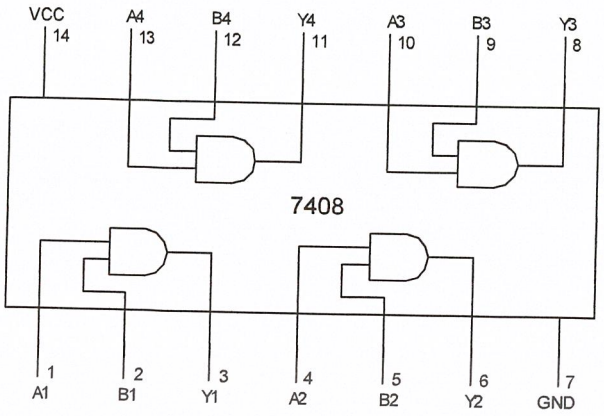
ตารางที่ 2-2 แสดงความจริงของแอนด์เกท

แอนด์เกทมีวงจรเอาท์พุทมีค่าเป็น 1 ก็ต่อเมื่ออินพุทมีค่าเป็น 1 ทั้งหมด ถ้าในกรณีอินพุทใดเป็น 0 จะทำให้ เอาท์พุท มีค่าเป็น 0 ด้วย ดังแสดงใน ตารางความจริงซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการบูลลีนสำหรับเอาท์พุท คือ Y=A•B หรือ AB อ่านว่า A AND B



รูปที่ 2-19 แอนด์เกท เมื่อสัญญาณอินพุทมีค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-20 แสดงรายละเอียดภายในของไอซีเบอร์ 7408

จากรูปที่ 2 -20 เป็นเกทขนาด 14 ขาทั้งตระกูล ทีทีแอล และ ซีมอส ต้องการไฟเลี้ยง 5 โวลต์

2.3.3.นอร์เกท (NOR Gates)

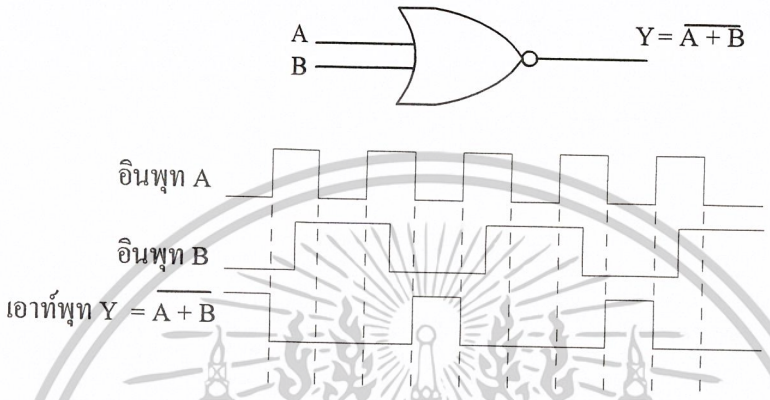
รูปที่ 2-21นอร์เกท 2 อินพุท

อินพุท		เอาท์พุท
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

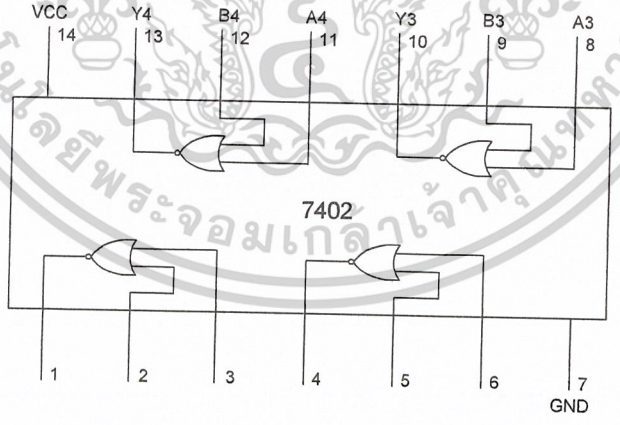
ตารางที่ 2-3 แสดงความจริงของนอร์เกท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอร์เกท มาจากคำว่า ออร์เกท และ อินเวอร์เตอร์ หรือ น๊อต (NOT) สัญญาลักษณ์เป็นออร์เกทที่มีบับเบิล ที่เอาท์พุท ดังรูปที่ 2-21 นอร์เกทมีวงจรเอาท์พุทเป็น 0 เมื่ออินพุทเป็น 1 ตั้งแต่ 1 อินพุทขึ้นไป ดังแสดงในตารางความจริง จากตารางความจริงสามารถเขียนสมการบูลลีนได้ $Y = \overline{A + B}$ และสังเกตได้ว่าเอาท์พุทจะเป็นคอมพลีเมนต์ของเอาท์พุทของออร์เกท



รูปที่ 2-22 นอร์เกท เมื่อสัญญาณอินพุทมีค่าต่างๆ



รูปที่ 2-23 แสดงรายละเอียดภายในของ 7402

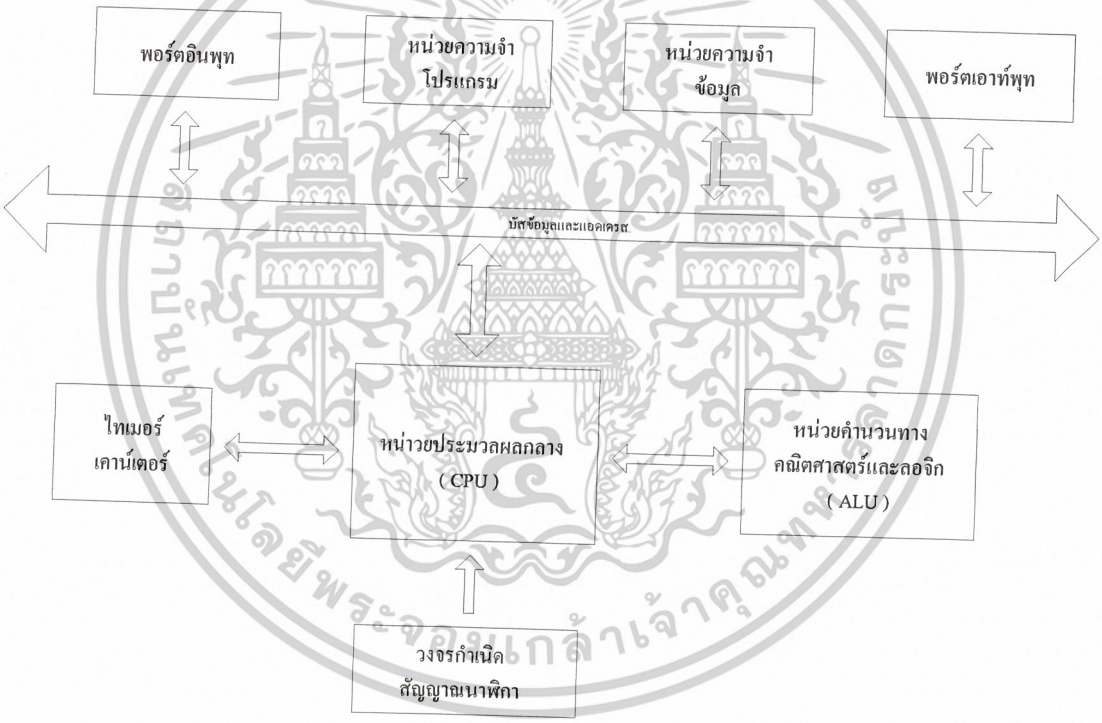
จากรูปที่ 2-23 เป็นเกทขนาด 14 ขาทั้งตระกูล ทีทีแอล และ ซีมอส ต้องการไฟเลี้ยง 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS -51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ที่มีอุปกรณ์สนับสนุนอยู่ภายใน หลายอย่างได้แก่ หน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูลหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม ตัวตั้งเวลา ตัวนับ(Timer/Counter) อุปกรณ์ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Universal Asychronous Receiver Transmitter, UART) เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในนี้เอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยไม่ต้องมีการต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติม

นอกจากนี้หากต้องการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับอุปกรณ์อื่นเพิ่มเติมเช่นไอซี 8255 หรือหน่วยความจำภายนอก เรายังสามารถนำมาเชื่อมต่อเพิ่มเติมเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย



รูปที่ 2-24 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.5 แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บพลังงานไฟฟ้าที่เวลาหนึ่ง เพื่อที่จะนำไปใช้อีกมันไม่ได้เก็บอยู่ในรูปพลังงานไฟฟ้าโดยตรง แต่จะเก็บอยู่ในรูปของพลังงานเคมีแทนด้วยขบวนการทางเคมี และในขบวนทางกับกัน นั้นพลังงานเคมีก็จะเปลี่ยนกลับมาอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า เพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์ทางไฟฟ้าต่างๆ

2.5.1ส่วนประกอบของแบตเตอรี่

2.5.1.1 แผ่นธาตุบวก (Positive Plate) ทำจากตะกั่ว 2 ชนิด คือ ตะกั่วผสมพลวง และตะกั่วบริสุทธิ์ แผ่ธาตุบวกที่ใช้โดยทั่วไปมีอยู่ 2 แบบ คือ แผ่นธาตุบวกชนิดหลอดและแผ่นบวกชนิดแผ่น ซึ่งพลังงานที่ได้จากแบตเตอรี่จะถ่ายออกมาจากแผ่นธาตุบวกซึ่งแผ่นธาตุบวกนั้นจะมีน้อยกว่าแผ่นธาตุลบหนึ่งแผ่นในแต่ละเซลล์

2.5.1.2 แผ่นธาตุลบ (Negative Plate) ทำจากตะกั่ว 2 ชนิด คือ ตะกั่วผสมพลวง และตะกั่วบริสุทธิ์ซึ่งแผ่นธาตุลบจะต้องมีลักษณะเป็นรูพรุนเพื่อให้น้ำกรดเข้าไปทำปฏิกิริยา แผ่นธาตุลบของแบตเตอรี่จะเป็นชนิดแผ่นทั้งนั้น

2.5.1.3 น้ำกรด (Acid Dill) น้ำกรดที่ใส่ลงไปในแบตเตอรี่นั้นต้องเป็นน้ำกรดที่บริสุทธิ์ไม่มีส่วนผสมของแร่ธาตุอื่นๆหรือน้อยที่สุด น้ำกรดที่เหมาะสมต้องมีความถ่วงจำเพาะ 1.240-1.250เท่านั้น น้ำกรดที่ใส่ในแบตเตอรี่นั้นเปรียบเสมือนน้ำยาที่ไปกระตุ้นแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบให้เปลี่ยนแปลงตัวเองเป็นพลังงานไฟฟ้า เรียกว่า น้ำยา อิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte Solution)

2.5.1.4 อิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte) ทำหน้าที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าและเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการประจุไฟฟ้า และการคายประจุไฟฟ้า อิเล็กโตรไลต์ที่ใช้กับแบตเตอรี่นั้นเป็นกรดซัลฟูริกเจือจาง ที่มีความบริสุทธิ์สูงตามความถ่วงจำเพาะ

2.5.1.5 แผ่นใยแก้ว (Strap) ทำหน้าที่เป็นผิวสัมผัสกับแผ่นธาตุบวกชนิดแผ่นเพื่อป้องกันการหลุดร่วงของวัตถุไวต่อปฏิกิริยา สามารถยืดอายุการใช้งานได้นานขึ้นและมีคุณสมบัติต้านทานความสั่นสะเทือนได้ดี

2.5.1.6 แผ่นกั้น (Separator) ใช้สอดใส่ระหว่างธาตุบวกกับแผ่นธาตุลบ เพื่อป้องกันแผ่นธาตุทั้งสองชนิดติดกันสารที่เป็นฉนวนนี้จะต้องไม่ขัดขวางการเคลื่อนที่ของไอออน ขณะเกิดปฏิกิริยาภายในแบตเตอรี่ด้วย

2.5.1.7 เปลือกหม้อ (Container) ใช้เป็นภาชนะสำหรับแผ่นธาตุบวก, แผ่นธาตุลบ, อิเล็กโตรไลต์, แผ่นกั้นและส่วนประกอบอื่นๆ ของแบตเตอรี่ แบ่งออกตามวัสดุที่ทำได้เป็น 4 ชนิด คือ พลาสติก ยาง แก้ว และไม้บุแผ่น ตะกั่ว แต่ปัจจุบันเหลือ 2 ชนิดมีความเหมาะสมในการใช้งานที่ต่างกัน เปลือกหม้อแบบยางจะนิยมใช้กับแบตเตอรี่ที่มีความจุสูงๆส่วนเปลือกหม้อชนิดพลาสติกเหมาะสำหรับการผลิตที่ต้องการจำนวนมาก

แบตเตอรี่ที่ใช้กับรถไฟฟ้า หรือ แบตเตอรี่รถยนต์ จะใช้เปลือกหม้อที่ทำจากพลาสติกอีกชนิดหนึ่งที่ไม่ใช้โปร่งใสแต่เป็นโปร่งแสง ซึ่งมีความทนทานต่อแรงกระแทกสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

62086

2.5.1.8 ฝาหม้อ (Cover) ทำหน้าที่ป้องกันอิเล็กโตรไลต์กระเด็นจากเซลล์ภายในเปลือกหม้อออกสู่ภายนอก ในเวลาเดียวกันก็จะป้องกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมจากภายนอกตกลงไปในแบตเตอรี่

2.5.1.9 จุดที่ใช้ปิดช่องในฝาหม้อแบตเตอรี่ (Plug) ทำไว้เพื่อการเติมอิเล็กโตรไลต์ หรือการเติมน้ำขณะการบำรุงรักษาจุดนี้จะต้องมีช่องสำหรับระบบก๊าซที่เกิดขึ้นภายในแบตเตอรี่ให้ระเหยออกไปได้ ด้วยนอกจากนี้แบตเตอรี่ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ยังมีจุดนิรภัยชนิดพิเศษ เพื่อป้องกันการระเบิด การกระเด็นของน้ำยาอิเล็กโตรไลต์อีกด้วย

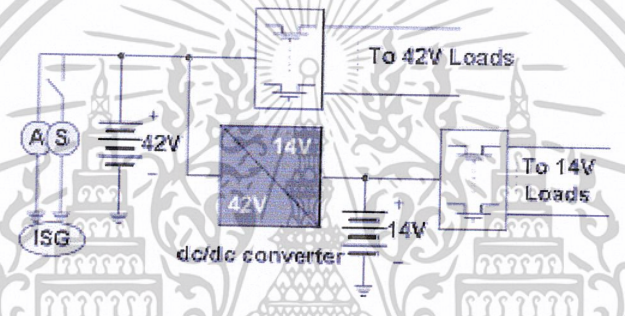
2.5.1.10 ระบบอุปกรณ์ป้องกันก๊าซ (Vent Plug) โดยทั่วไปเมื่อทำการประจุไฟให้แบตเตอรี่ บางส่วนของกระแสที่ใช้งานโดยเฉพาะตอนที่แบตเตอรี่กำลังมีประจุเต็มที่ จะถูกนำไปแยกน้ำจากอิเล็กโตรไลต์ทำให้เกิดก๊าซไฮโตรเจนจากแผ่นลบ และเกิดก๊าซออกซิเจนจากแผ่นบวกลอยขึ้นสู่บรรยากาศภายนอก ทำให้อิเล็กโตรไลต์ในเซลล์ลดระดับลง จึงจำเป็นต้องมีการเติมน้ำลงไปเพื่อรักษาระดับให้คงที่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

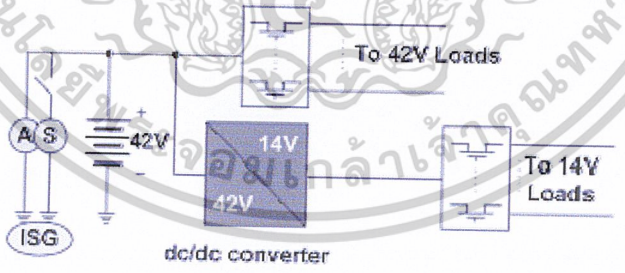
บทที่ 3
หลักการทำงานและการออกแบบ

3.1 บทนำ

วงจรแรงดันไฟฟ้าแบบคู่ 2 ทิศทาง (42 โวลต์และ 14 โวลต์)ไม่มีอินดักเตอร์ โครงงานนี้อธิบายถึงคอนเวอร์เตอร์ ที่มีขนาดและน้ำหนักกะทัดรัด มีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อลดค่าใช้จ่าย โดยในวงจรดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ เป็นพื้นฐานปรับแรงดันหลายระดับทั่วๆไปจะมีความสามารถที่จะให้สมดุลกับแรงดันไฟฟ้าและให้คลื่นรบกวนของแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำ



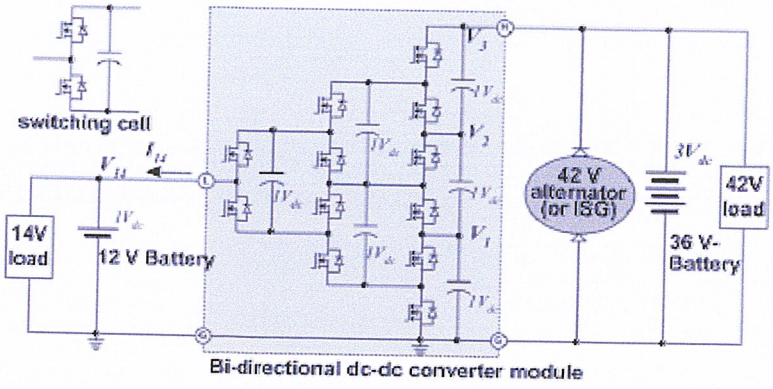
รูปที่ 3-1ระบบ 2 แหล่งจ่าย 42/14 โวลต์



รูปที่ 3-2 ระบบแหล่งจ่ายเดียว 42/14 โวลต์

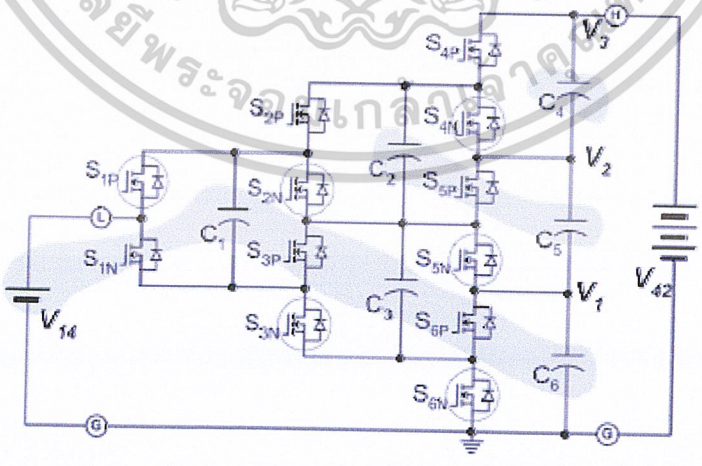
รูปที่ 3-1 และ 3-2 แสดงถึงวงจรที่นิยมใช้กัน 2 อย่างระบบ 2 แหล่งจ่าย และ แหล่งจ่ายเดียว 42/14 โวลต์ วงจรดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ ที่ซึ่งเชื่อมต่อ 42 โวลต์และ 14 โวลต์ มีความจำเป็นใน วงจรแรงดัน 2 ระดับโดยใช้เจนเนอร์เรเตอร์ (dual–voltage integrated starter generator หรือ ISG) หรือใช้อัลเทอร์เนเตอร์ (integrated starter alternator หรือ ISA) ถูกใช้ผลิตแรงดัน 42 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



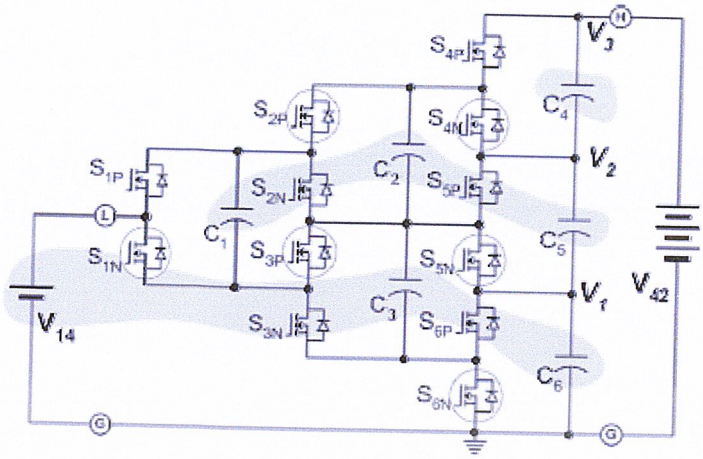
รูปที่ 3-3 การปรับลดระดับแรงดันลงมาโดยใช้วงจร ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ การใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำกระแสไฟฟ้าสูงทำให้มอสเฟท แต่ละตัวต้องรับแรงดัน 14 โวลต์

รูปที่ 3-3 แสดงถึง การปรับลดระดับแรงดันลงมาโดยใช้วงจร ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ การใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำกระแสไฟฟ้าสูงทำให้มอสเฟท แต่ละตัวต้องรับแรงดัน 14โวลต์ ตัว คอนเวอร์เตอร์ ถูกเปรียบเทียบโดยใช้ สวิทช์ 6 ตัว ประกอบด้วยขั้วสวิทช์ 3 ขั้ว คอนเวอร์เตอร์ ไม่ได้ใช้เป็นส่วนประกอบแม่เหล็กและแยกอัตราส่วนและความถี่ก็ไม่เป็นสัญญาณเปรียบเทียบ (pulsewidth modulation หรือ PWM) ใช้วงจรดีซี ทู ดีซี แยกแรงดันไฟฟ้าหลายระดับ แต่ละแรงดันไฟฟ้าของ ตัวเก็บประจุถูกเก็บแรงดันไฟตรง 1 โวลต์ ซึ่งเป็น 1/3 ของแรงดันไฟฟ้าสูงคือ 42 โวลต์ คอนเวอร์เตอร์ทำงานที่สวิทช์ชิ่ง 3 สถานะทำให้เกิดแรงดันเอาท์พุทเท่ากับแรงดันไฟตรง 1โวลต์ เกิดแรงดันไฟฟ้าต่ำขึ้น

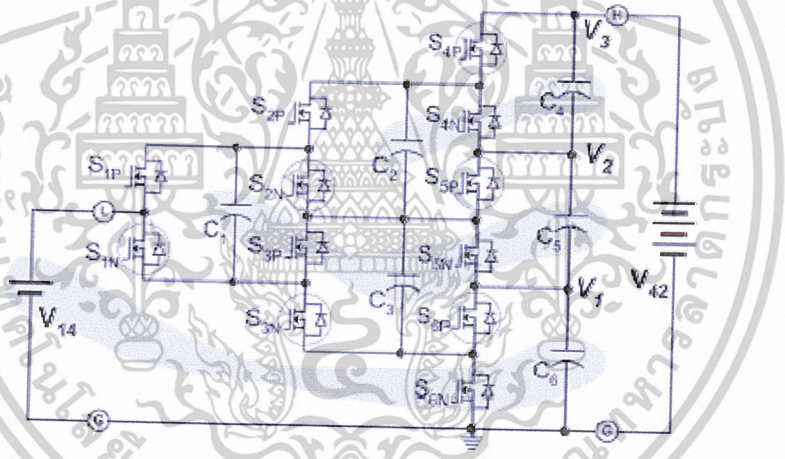


รูปที่ 3-4 สวิทช์ชิ่ง สเตท 1 (Switching state I) : (S1p,S2p,S4p) = (1.0.0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



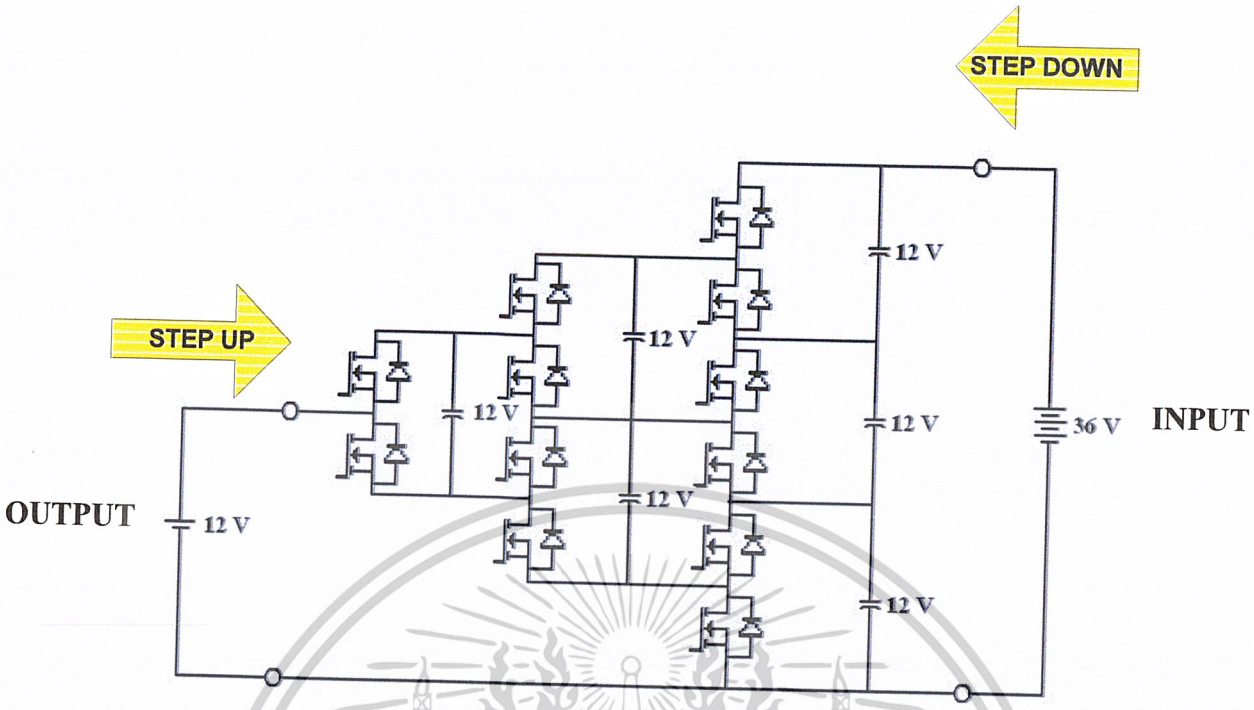
รูปที่ 3-5 สวิทช์ชิ่ง สเตท 2 (Switching state II) : (S1p,S2p,S4p) = (0.1.0)



รูปที่ 3-6 สวิทช์ชิ่ง สเตท 3 (Switching state III) : (S1p,S2p,S4p) = (0.0.1)

รูปที่ 3-4 แสดงถึงสถานะ 3 สถานะสวิทช์ชิ่ง โดยเรียงลำดับเก็บแรงดันไฟฟ้าให้มีความสมดุลในรูปที่ 3-4 คาปาซิเตอร์ C1, C3 และ C6 ถูกปรับประจุให้เท่ากันและต่อกับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ (หรือ 14 โวลต์ทางด้านโหลด) ดังนั้น V14 = Vc1 = Vc3 = Vc6 และ Vc2 = Vc5 โดยปกติ V14 = Vc3 = Vc6 และ Vc1 =Vc2 = Vc5 ในรูปที่ 3-5 และ V14 = Vc6, Vc1 = Vc3 = Vc5 และ Vc2 = Vc4 และในรูปที่ 3-6 หลังจากทำงานไป 1 รอบครบ 3 สถานะนี้แล้ว แรงดันที่คาปาซิเตอร์และแรงดัน เอาท์พุท 12โวลต์ แรงดันไฟฟ้าทั้งหมดนี้จะถูกเก็บให้มีความสมดุลและประจุใน1/3ของ42โวลต์โดยที่ สวิทช์ 2 ตัวที่เชื่อมต่อกันขั้วสวิทช์ถูกต่อเข้าด้วยให้สมบูรณ์ทั้งวงจรในรูปที่ 3-4 ขั้วสวิทช์แต่ละตัว (S1p, S2p, S4p) ถูกใช้บรรยายการทำงานของ สวิทช์ แต่ละสถานะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

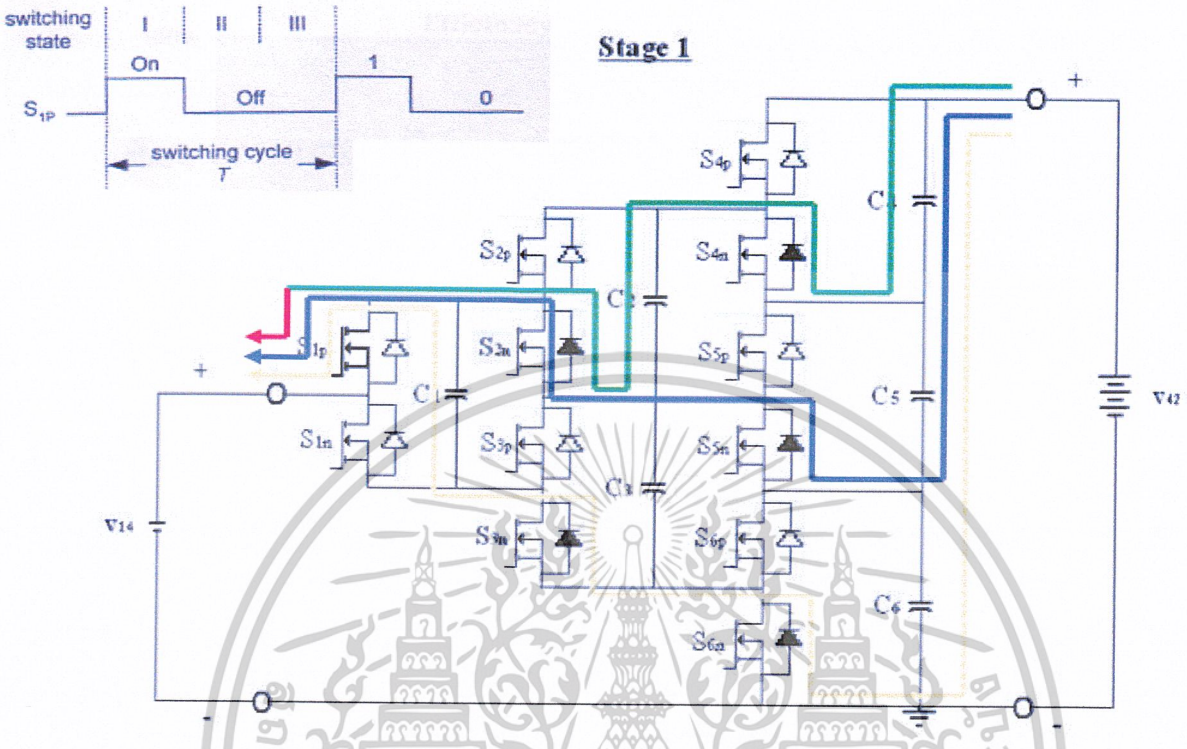


รูปที่ 3-7 แสดงการไหลของแรงดันไฟฟ้าไปกลับ 2 ทิศทาง

รูปที่ 3-7 แสดงการไหลของแรงดันไฟฟ้าไปกลับ 2 ทิศทาง หลักการทำงานของวงจรมี ดังนี้ คือ ถ้าแรงดันด้าน เอาท์พุท มีค่าน้อยกว่า 12 โวลต์ จะทำให้ทิศทางแรงดันด้าน อินพุท จ่ายแรงดันมาให้ทางด้านเอาท์พุท จนกว่าจะมีค่าเท่ากับ 12 โวลต์ หรือ เรียกว่า ลดระดับแรงดันลงมา (STEP DOWN VOLTAGE) ในทางกลับกัน ถ้าแรงดันด้านอินพุทมีค่าน้อยกว่า 36 โวลต์จะทำให้ทิศทางแรงดันด้านเอาท์พุทจ่ายแรงดันมาให้ทางด้านอินพุทจนกว่าจะมีค่าเท่ากับ 36 โวลต์หรือเรียกว่า เพิ่มระดับแรงดันขึ้นไป (STEP UP VOLTAGE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การจำลองเส้นทางการเดินของกระแสในช่วงที่มอสเฟททำงานในสภาวะต่างๆ



รูปที่ 3-8 จำลองทิศทางเดินของกระแสในช่วงจ่ายพัลส์ควบคุมช่วงแรก

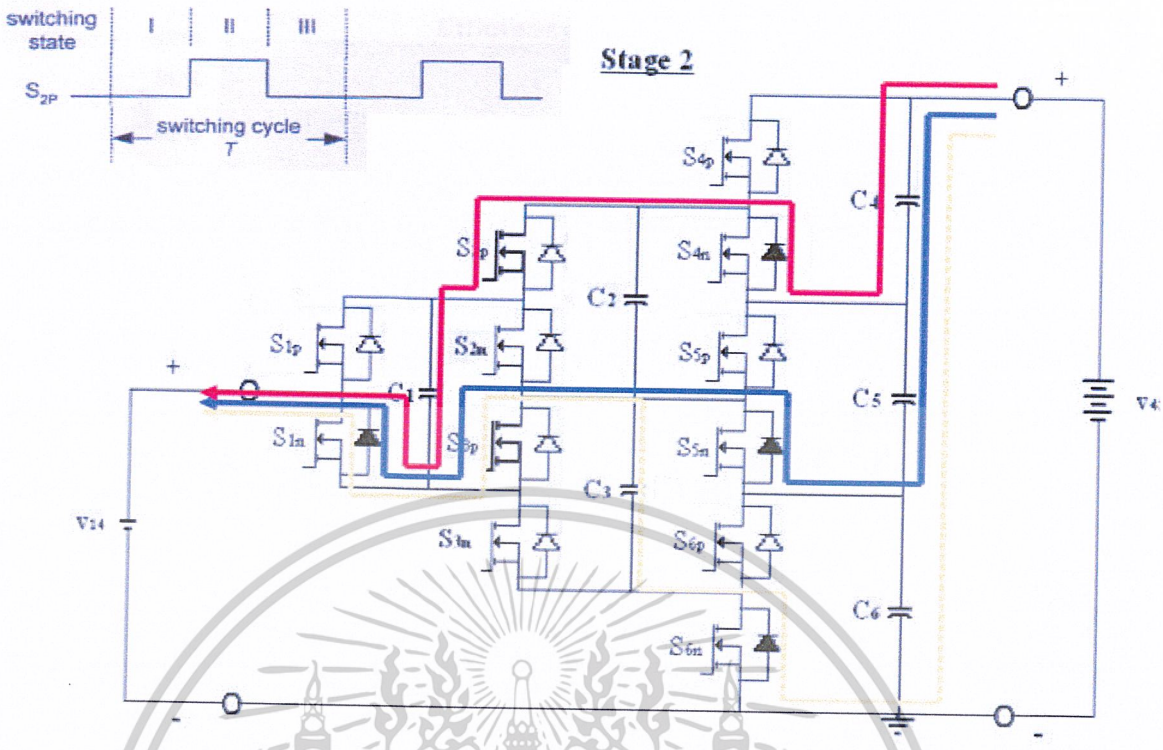
จากรูปที่ 3-8 เราจ่ายพัลส์ ช่วงแรกทริกมอสเฟท Sp1 ให้ทำงานเพียงตัวเดียวโดยเราจ่ายแรงดัน 42 โวลต์ ด้านขวามือสามารถจำลองเส้นทางเดินกระแสในวงจรได้ 3 ทางเส้นทาง

เส้นทางแรกกระแสไหลผ่าน C4 โดยมันจะผ่านไดโอดที่ S4n จะไม่ผ่านมอสเฟทเพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟททำงาน กระแสไหลผ่าน C2 โดยมันจะผ่านไดโอดที่ S2n จะไม่ผ่านมอสเฟทเพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟททำงาน จากนั้นกระแสจะไหลผ่านมอสเฟท S1p เพราะช่วงแรกจากจ่ายพัลซ์ทริกให้มอสเฟท S1p ทำงานเพียงตัวเดียวออกไป 14 โวลต์

เส้นทางสองกระแสไหลผ่าน C4, C5 โดยมันจะผ่านไดโอดที่ S5n จะไม่ผ่านมอสเฟทเพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟททำงาน โดยมันจะผ่านไดโอดที่ S2n จะไม่ผ่านมอสเฟทเพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟททำงาน จากนั้นกระแสจะไหลผ่านมอสเฟท S1p เพราะช่วงแรกจากจ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟท S1p ทำงานเพียงตัวเดียวออกไป 14 โวลต์

เส้นทางสามกระแสไหลผ่าน C4, C5, C6 โดยมันจะผ่านไดโอดที่ S6n จะไม่ผ่านมอสเฟทเพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟททำงาน โดยมันจะผ่านไดโอดที่ S3n จะไม่ผ่านมอสเฟทเพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟททำงาน จากนั้นกระแสไหลผ่าน C2 กระแสจะไหลต่อไปยังมอสเฟท S1p เพราะช่วงแรกจากจ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟท S1p ทำงานเพียงตัวเดียวออกไปแรงดัน 14 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-9 จำลองทิศทางเดินของกระแสในช่วงจ่ายพัลส์ควบคุมช่วงที่ 2

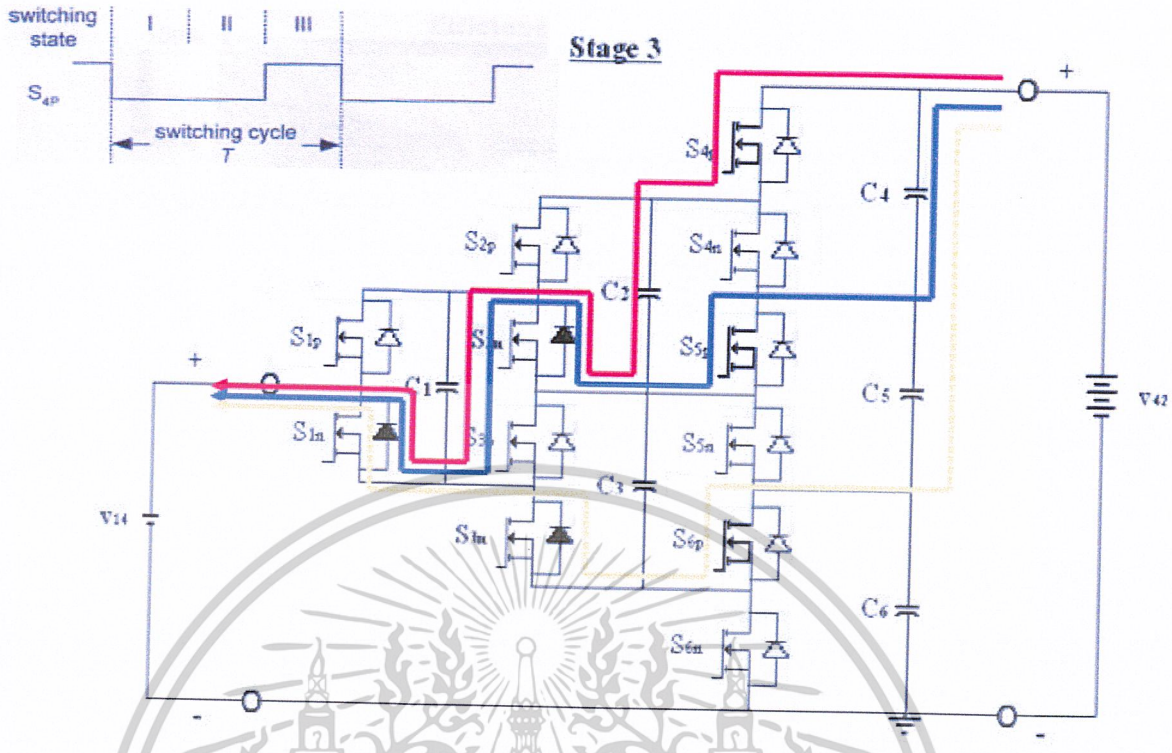
จากรูปที่ 3-9 เราจ่ายพัลส์ช่วงสองทริกมอสเฟท S2p เมื่อ S2p ทำงาน S3p จะทำงานด้วยเพื่อทำให้สมดุลกันโดยเราจ่ายแรงดัน 42 โวลต์ ด้านขวามือเราสามารถจำลองเส้นทางเดินกระแสในวงจรเดินได้ 3 เส้นทาง

เส้นทางแรกกระแสไหลผ่าน C4 โดยมันจะผ่านไดโอดที่ S4n จะไม่ผ่านมอสเฟทเพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟททำงาน กระแสจะไหลผ่าน S2p เพราะช่วงสองจากจ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟท S2p ทำงาน กระแสจะไหลผ่าน C1 โดยมันจะผ่านไดโอดที่ S1n จะไม่ผ่านมอสเฟทเพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟททำงานออกไป 14 โวลต์

เส้นทางสองกระแสไหลผ่าน C4, C5 โดยมันจะผ่านไดโอดที่ S5n จะไม่ผ่านมอสเฟทเพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟททำงานกระแสจะไหลผ่าน S3p เพราะช่วงสองจากที่ทริกพัลส์ให้มอสเฟท S2p ทำงาน S3p จะทำงานด้วยกระแสผ่านไดโอดที่ S1n จะไม่ผ่านมอสเฟทเพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟททำงาน ออกไปยัง 14 โวลต์

เส้นทางสามกระแสไหลผ่าน C4, C5, C6 โดยมันจะผ่านไดโอดที่ S6n จะไม่ผ่านมอสเฟทเพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟท S6n ให้ทำงาน กระแสจะไหลต่อ C3 และมอสเฟท S3p เพราะช่วงสองจากที่ทริกพัลส์ให้มอสเฟท S2p ทำงาน S3p จะทำงานด้วย กระแสจะไหลต่อไปยังไดโอดที่ S1n จะไม่ผ่านมอสเฟทเพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟททำงาน ออกไปยังแรงดัน 14 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-10 จำลองทิศทางเดินของกระแสในช่วงจ่ายพัลส์ควบคุมช่วงที่ 3

จากรูปที่ 3-10 เราจ่ายพัลส์ช่วงที่สามทริกมอสเฟท S4p เมื่อ S4p ทำงาน S5p, S6p จะทำงานด้วยเพื่อทำให้สมดุลกันโดยเราจ่ายแรงดัน 42 โวลต์ ด้านขวามือเราสามารถจำลองเส้นทางเดินกระแสในวงจรเดินได้ 3 เส้นทาง

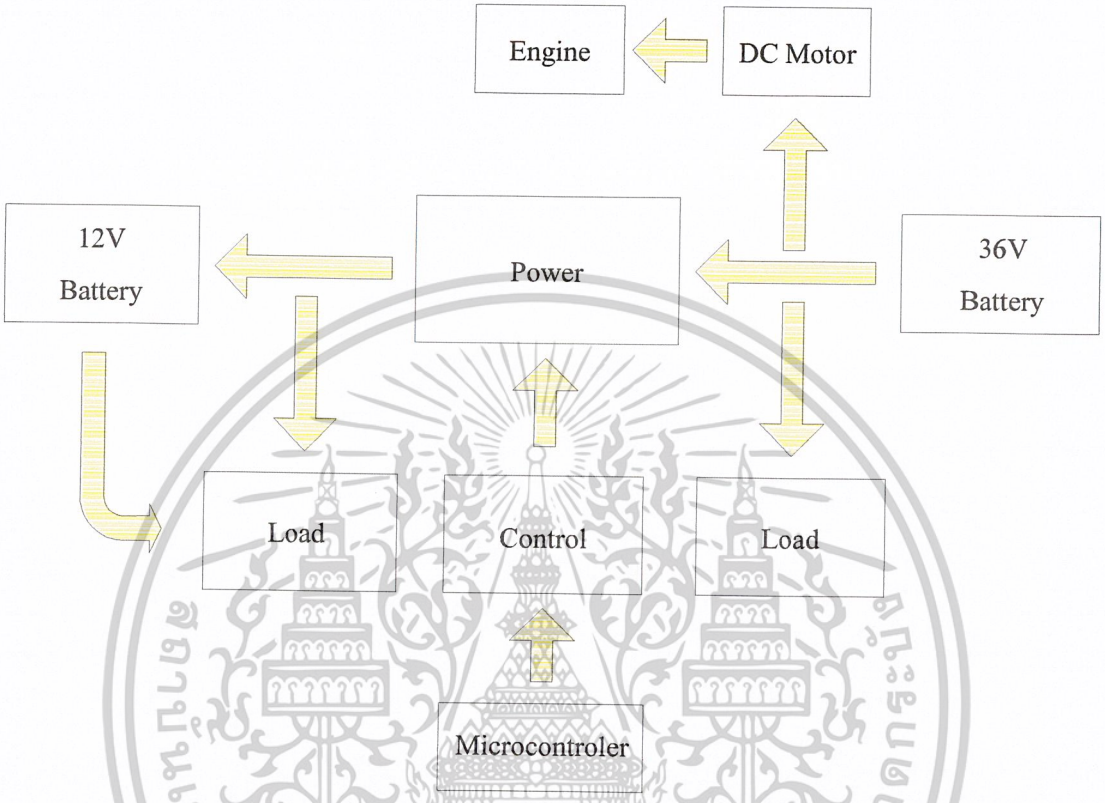
เส้นทางแรกกระแสไหลผ่านมอสเฟท S4p เพราะจ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟท S4p ทำงานไหลผ่านต่อไปยัง C2 ไหลต่อไปยังไดโอดที่ S2n กระแสจะไม่ไหลผ่านมอสเฟท S2n เพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟท S2n ให้ทำงาน ไหลต่อไปยัง C1 ผ่านไปยังไดโอดที่ S1n กระแสจะไม่ไหลผ่านมอสเฟท S1n เพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟท S1n ให้ทำงาน ไหลออกไปยัง 14โวลต์

เส้นทางสองกระแสไหลผ่าน C4 กระแสจะไหลผ่าน S5p เพราะช่วงสามจากที่ทริกพัลส์ให้มอสเฟท S4p ทำงาน S5p จะทำงานด้วยไหลต่อไปยังไดโอดที่ S2n กระแสจะไม่ไหลผ่าน มอสเฟท S2n เพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟท S2n ให้ทำงานไหลต่อไปยัง C1 ผ่านไปยังไดโอดที่ S1n กระแสจะไม่ไหลผ่านมอสเฟท S1n เพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟท S1n ให้ทำงาน ไหลออกไปยัง 14โวลต์

เส้นทางสามกระแสไหลผ่าน C4, C5 กระแสจะไหลผ่าน S6p เพราะช่วงสามจากที่ทริกพัลส์ให้มอสเฟท S4p ทำงาน S6p จะทำงานด้วยไหลผ่านไปยังไดโอดที่ S3n เพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟท S3n ให้ทำงาน ไหลต่อไปยังมอสเฟท S1n เพราะไม่ได้จ่ายพัลส์ทริกให้มอสเฟท S1n ให้ทำงาน ไหลออกไปยังแรงดัน 14โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การประยุกต์นำไปใช้งานของ ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีอินดักเตอร์

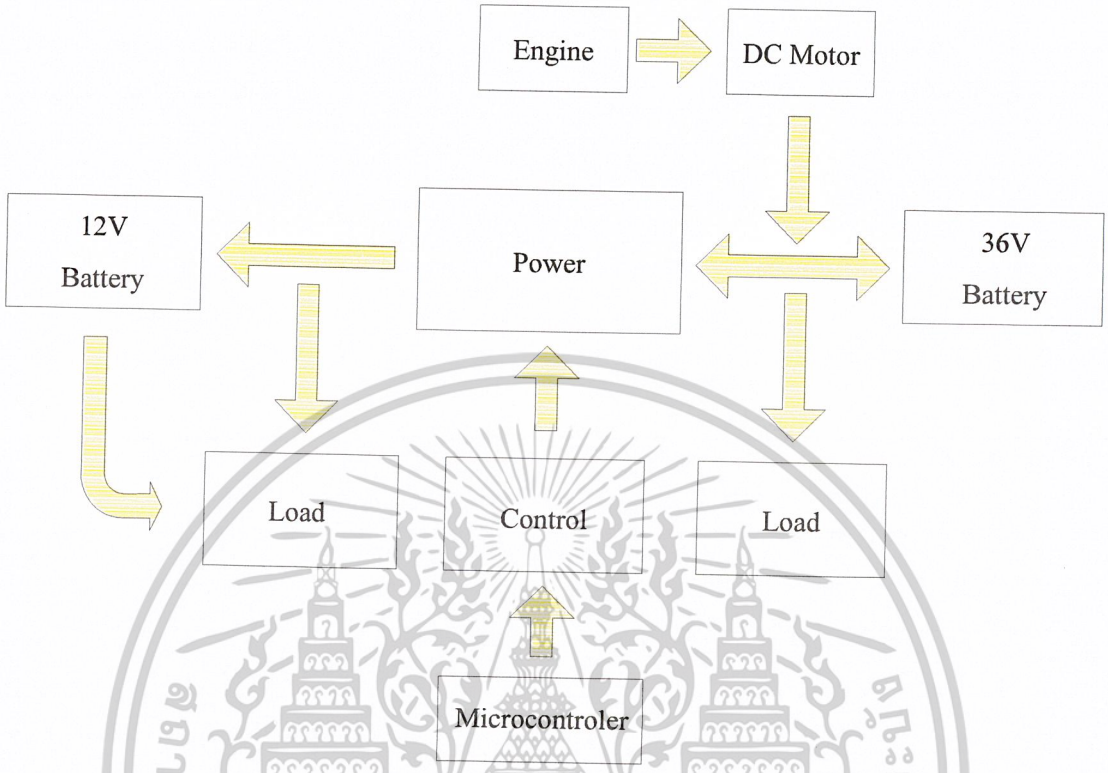


รูปที่ 3-11 แสดงการสมมติการทำงานในช่วงเริ่มสตาร์ท

การทำงานเราใช้ ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างรูปคลื่นพัลส์ (มีให้เลือกอยู่ 3 ระดับคือ 1, 3, 10 กิโลเฮิรตซ์) ไปควบคุมชุดคอนโทรลจากนั้นชุดคอนโทรลจะนำสัญญาณพัลส์ที่ได้ไปควบคุมชุดกำลังของ ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ โดยชุดกำลังนี้จะรับแรงดันจากแบตเตอรี่ 36 โวลต์ เข้ามาโดยจ่าย ให้กับโหลดด้วยส่วนหนึ่ง ซึ่งชุดกำลังนี้จะเป็นชุดลดระดับแรงดันลงมา 3 เท่า คือเขามา 36 โวลต์จะออกไป 12 โวลต์ ดั้งนั้นแรงดันที่ออกไป 12 โวลต์ก็จะไปจ่ายให้กับแบตเตอรี่โดยมีส่วนหนึ่งจ่ายให้กับโหลดและแบตเตอรี่ก็จ่ายให้กับโหลดด้วย

การประยุกต์นำไปใช้กับดีซีมอเตอร์ (DC Motor) เมื่อต่อ ดีซีมอเตอร์ เข้าไปดีซีมอเตอร์ตัวนี้จะไปขับเครื่องยนต์ทำให้เครื่องยนต์เริ่มเดินหรือเกิดการเคลื่อนตัวเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



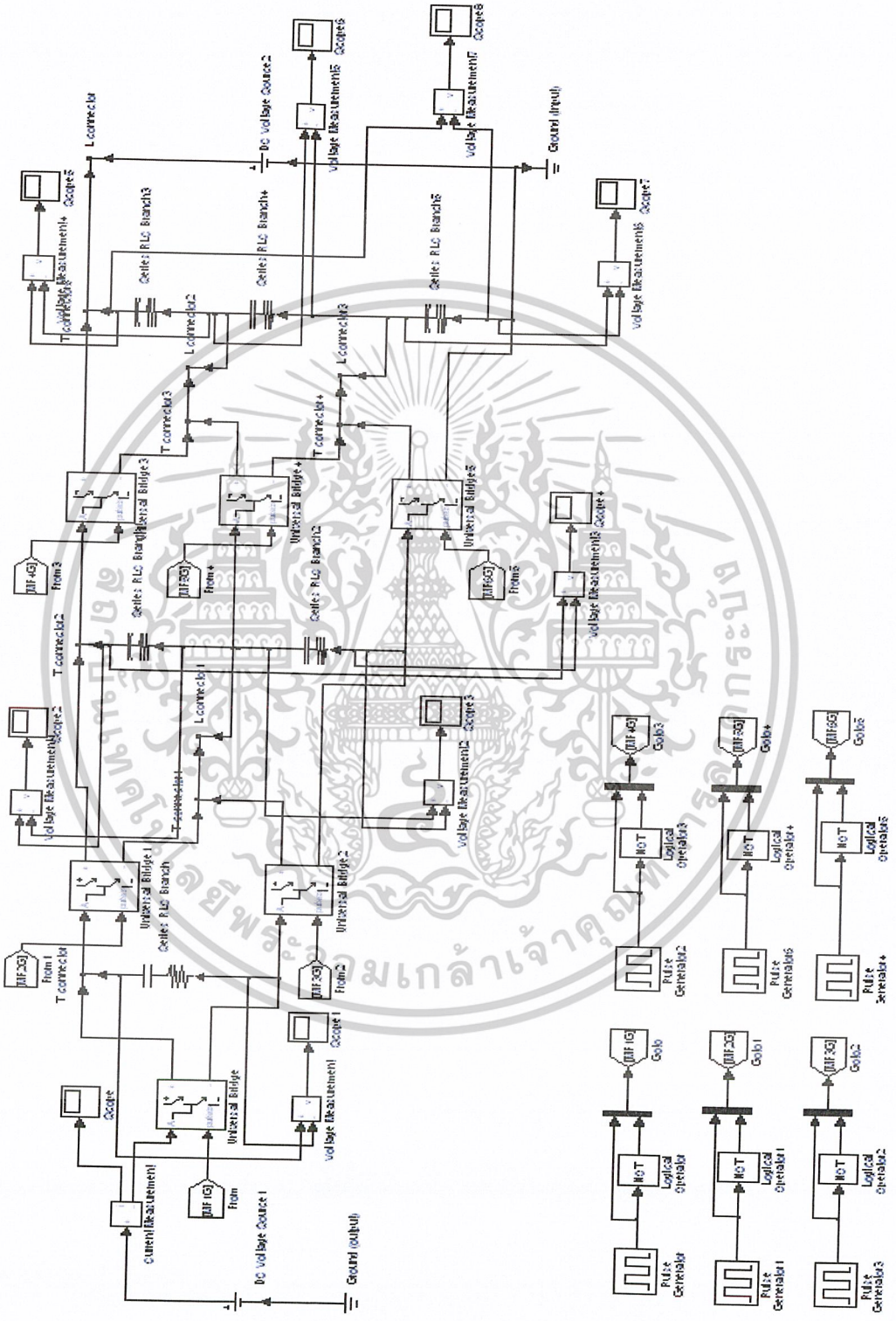
รูปที่ 3-12 แสดงการทำงานในช่วงเครื่องยนต์ทำงานแล้ว

การทำงานมีลักษณะเหมือนกับการสมมติการทำงานในช่วงเริ่มสตาร์ทใช้ ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างรูปคลื่นพัลส์ ไปควบคุมชุดคอนโทรลจากนั้นชุดคอนโทรลจะนำสัญญาณพัลส์ที่ได้ไปควบคุมชุดกำลังของ ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ โดยชุดกำลังนี้จะรับแรงดันจากแบตเตอรี่ 36 โวลต์ เข้ามาโดยจ่าย ให้กับโหลดด้วยส่วนหนึ่ง ซึ่งชุดกำลังนี้จะเป็นชุดลดระดับแรงดันลงมา 3 เท่า คือเขามา 36 โวลต์จะออกไป 12 โวลต์ดั้งนั้นแรงดันที่ออกไป 12 โวลต์ก็จะไปจ่ายให้กับแบตเตอรี่โดยมีส่วนหนึ่งจ่ายให้กับโหลดและแบตเตอรี่ก็จ่ายให้กับโหลดด้วย

เมื่อเครื่องยนต์เริ่มทำงานแล้วและมีความเร็วรอบสูงกว่า ดีซีมอเตอร์ทำให้ ดีซีมอเตอร์ กลายเป็นเจนเนอร์เรเตอร์จ่ายพลังงานคืนกลับมา (ชาร์ต) ให้กับแบตเตอรี่ 36 โวลต์โดยมีส่วนหนึ่งจ่ายให้กับโหลดด้วย แล้วผ่านไปยังชุดกำลังของดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ มันก็จะลดระดับแรงดันลงมา 3 เท่า (12 โวลต์) จ่ายพลังงานคืน (ชาร์ต) ให้กับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ด้วยและยังจ่ายไปให้โหลดและแบตเตอรี่ก็จ่ายไปยังโหลดอีกส่วนหนึ่งด้วย

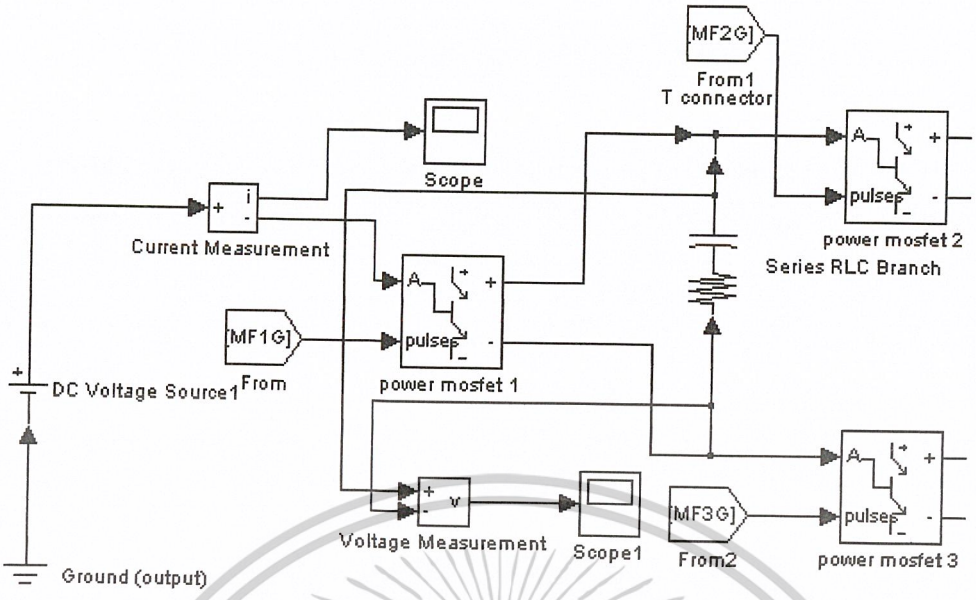
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจร ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์ หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีอินดักเตอร์ ที่ จำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรม MATLAB

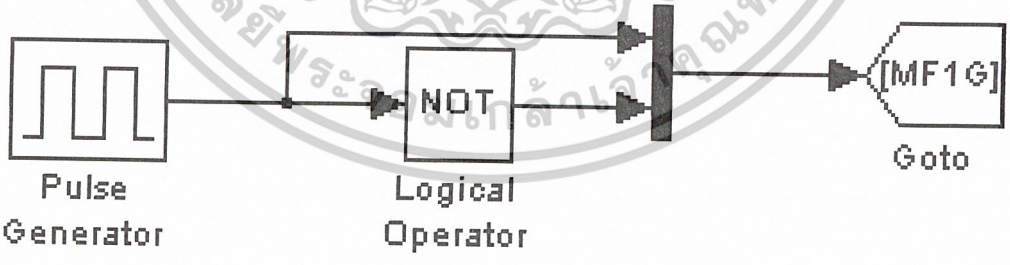


รูปที่ 3-13 รูปวงจรที่ จำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรม MATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-14 รูปขยายวงจรขับมอสเฟท 2 ตัว



รูปที่ 3-15 รูปขยายวงจรสัญญาณพัลส์ที่ใช้ ขับมอสเฟท 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 หลักการออกแบบวงจรควบคุม

3.5.1 วงจรสร้างสัญญาณรูปคลื่นพัลส์

เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์ มีหลักการเขียนโปรแกรมที่ใช้งานเป็นดังนี้

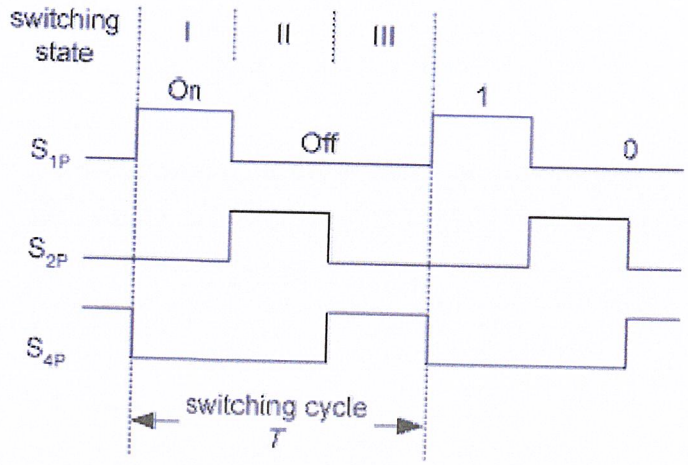
```
flag1           equ     25h
key_pressed bit flag1.7

Data_th0        equ 50h
Data_tl0    equ  51h


                org     0000h
                ljmp    main

                org     000bh
                push    acc

      mov     th0,Data_th0
      mov     tl0,Data_tl0
      clr     tr0
      mov     a,#00h

      movc    a,@a+dptr
      mov     p0,a
      inc     dptr
      djnz    r3,no_clr_r3
      mov     dptr,#w
      mov     r3,#03h
no_clr_r3:

      setb    tr0
      pop     acc
      reti

                org     0200h

main:  mov              p1,#00h
                mov     ie,#82h
      mov     tmod,#01h
      mov     Data_th0,#0ffh
      mov     Data_tl0,#0d1h
      mov     th0,#0ffh
      mov     tl0,#0d1h
      clr         P1.0
      clr         P1.1
      setb        P1.2
      setb    tr0
      mov     r3,#03h
      mov     dptr,#w

ck_switch1:     jb      P3.1,ck_switch2
```

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            jb     key_pressed,ck_switch2
            setb   key_pressed
            setb   P1.0
            clr            P1.1
            clr            P1.2
            mov    Data_th0,#0fdh
            mov    Data_tl0,#087h

ck_switch2:   jb     P3.2,ck_switch3
            jb     key_pressed,ck_switch1
            setb   key_pressed
            clr            P1.0
            setb   P1.1
            clr            P1.2
            mov    Data_th0,#0ffh
            mov    Data_tl0,#036h

ck_switch3:   jb     P3.3,ck_clear
            jb     key_pressed,ck_switch2
            setb   key_pressed
            clr            P1.0
            clr            P1.1
            setb   P1.2
            mov    Data_th0,#0ffh
                   mov    Data_tl0,#0d1h

ck_clear:     jnb    P3.1,ck_switch1
            jnb    P3.2,ck_switch2
            jnb    P3.3,ck_switch3
            clr    key_pressed
            ljmp   ck_switch1

      org          0500h
w:    db     01h,02h,04h

      end
```

จากโปรแกรมที่ได้เขียนให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานสร้างรูปคลื่นพัลส์นั้นจะกำหนดให้สร้างรูปคลื่นพัลส์ออกมาเป็น 3 รูปคลื่นแต่ละรูปคลื่นจะมีความถี่ที่ 300 ไมโครวินาที (μsec) และมีการกดสวิตช์แสดงสถานการณ์ทำงานโดยแสดงผลทางหลอด แอลอีดี (LED) เพื่อเลือกความถี่ของรูปคลื่นพัลส์ โดยมี 3 ความถี่ คือ1, 3, 10 กิโลเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

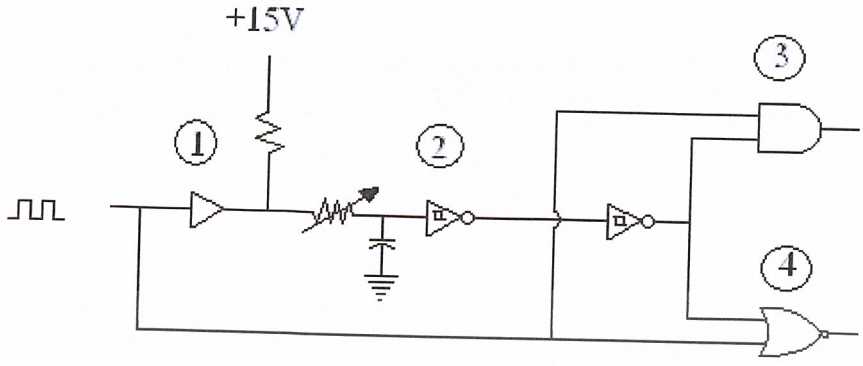


รูปที่ 3-16 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 3-17 วงจรการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 วงจรเดดไทม์ (Dead Time)



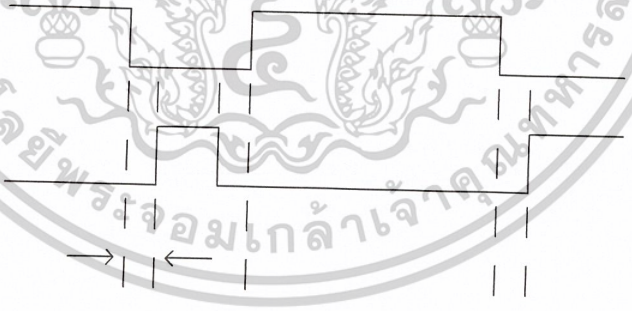
รูปที่ 3-18 แสดงวงจรเดดไทม์

เป็นการเลื่อนเวลาของสัญญาณพัลส์โดยจะอาศัยคุณสมบัติของไอซีลอจิกที่เป็นชมิกทริกเกอร์ (Schmitt Triggers) โดยที่

1 คือ เป็นนอนอินเวอร์ติ้งบัฟเฟอร์ จะทำการแยกกำลังเอาท์พุท กับ กำลังอินพุทออกจากกัน

2 คือ เป็นชมิกทริกเกอร์ จะให้มันทำงานตามเวลาที่ต้องการ

3,4 คือ เป็นเกท แอนด์เกท และ นอร์เกท เป็นการเปรียบเทียบสัญญาณจาก ชมิกทริกเกอร์เทียบกับสัญญาณอินพุทรูปคลื่นพัลส์จากไมโครคอนโทรลเลอร์

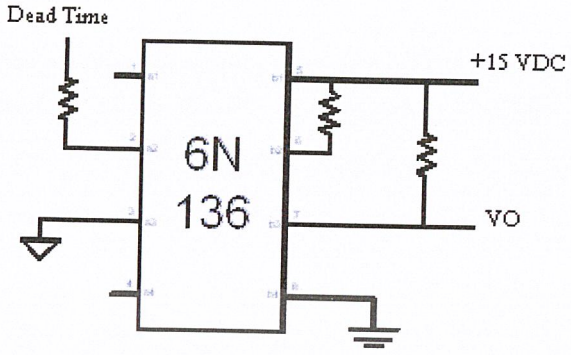


รูปที่ 3-19 แสดงลักษณะรูปคลื่นเดดไทม์

ผลของเดดไทม์ คือการป้องกันไม่ให้สวิตช์ตัวบนและตัวล่างของทั้งคู่ที่อยู่ระหว่าง ทำงาน กับ ไม่ทำงาน เกิดการลัดวงจรเช่น ถ้านำมอสเฟท 2 ตัวมาต่ออนุกรมกันก็จะใช้วงจรเดดไทม์ป้องกันไม่ให้มอสเฟททำงานพร้อมกัน ทั้ง 2 ตัวโดยดูได้จากรูปที่ 3-19 โดยที่ มอสเฟท มีช่วงของเดดไทม์ ที่ 1-2 ไมโครวินาที, ไอจีบีที (IGBT) มีช่วงของเดดไทม์ 4-6 ไมโครวินาที, บีเจที (BJT) มีช่วงของเดดไทม์ ที่ 6-10 ไมโครวินาที และ เอสซีอาร์ (SCR) มีช่วงของเดดไทม์ ที่ 10-20 ไมโครวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

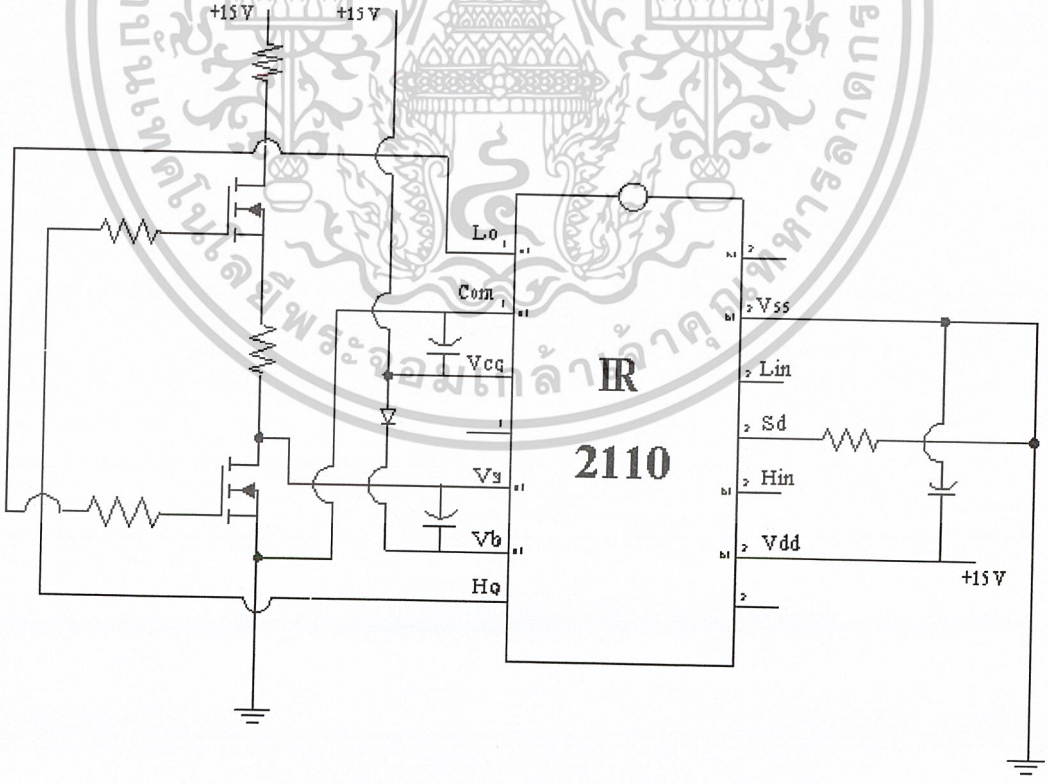
3.5.3 วงจรสร้างการแยกโดดโดยใช้ออปโตคัปเปอร์



รูปที่ 3-20 การออกแบบวงจรแยกโดดโดยใช้ IC 6N136

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกโดด (isolating) ระหว่างวงจรควบคุมและวงจรกำลังออกจากกัน

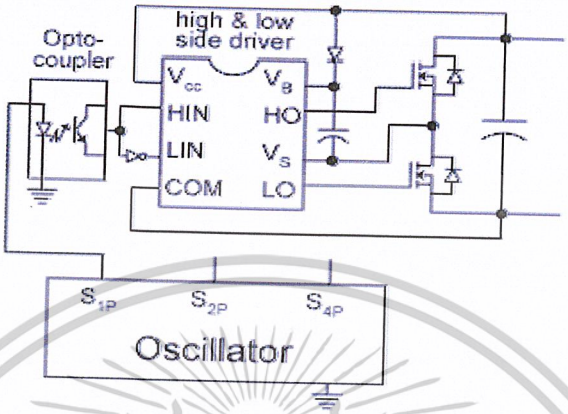
3.5.4 วงจรขับมอสเฟท



รูปที่ 3-21 การออกแบบวงจรขับมอสเฟท 2 ตัวต่ออนุกรมกันโดยใช้ IR2110

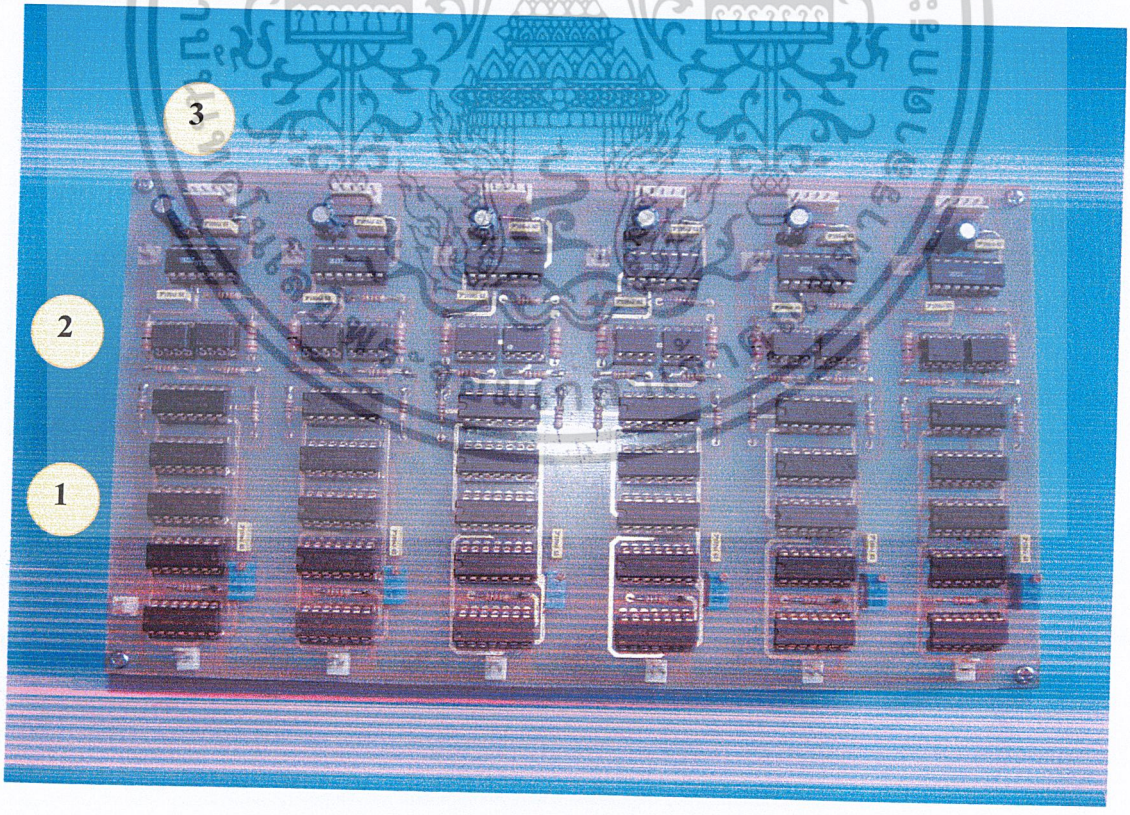
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ ไอซีชนิด IR 2110 1 ตัวจะสามารถขับมอสเฟทได้ 2 ตัวโดยที่ขา 7 จะต่อกับมอสเฟททางด้านสูง แล้ว ขา 1 จะต่อกับมอสเฟททางด้านต่ำ ซึ่ง ไอซีชนิด IR 2110 นี้จะรับสัญญาณรูปคลื่นพัลส์ที่ได้จากวงจรเดดไทม์ ไอซีชนิด IR 2110 จะรับแรงดันจากคาปาซิเตอร์มาเลี้ยงไอซีชนิด IR 2110



รูปที่ 3-22 แสดงการรวมวงจรขับมอสเฟท

3.5.5 ชุดวงจรขับมอสเฟท



รูปที่ 3-23 แสดงการออกแบบชุดวงจรขับมอสเฟท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดวงจรขับมอสเฟทนี้จะประกอบไปด้วย

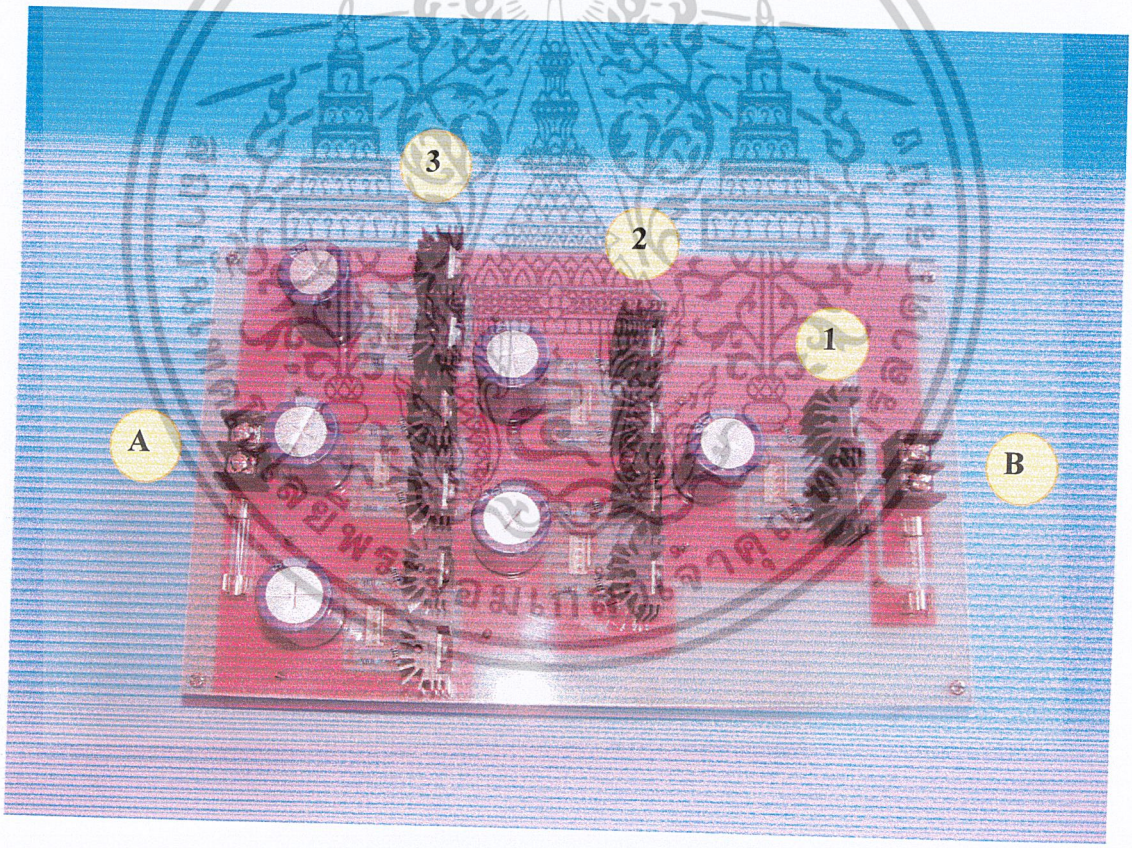
1.ชุดวงจรเดดไทม์

2.ชุดวงจรสร้างการแยกโดดออปโตคัปเปอร์

3.ชุดวงจรขับมอสเฟท

ชุดวงจรขับมอสเฟทนี้จะมีทั้งหมด 6 ชุดวงจรซึ่งชุดวงจรที่ 1 จะรับสัญญาณรูปคลื่นพัลส์ลูกแรกนั้นจะขับมอสเฟทได้ 2 ตัว ส่วนชุดวงจรที่ 2 และ 3 จะรับสัญญาณรูปคลื่นพัลส์ของลูกที่สอง ไปขับมอสเฟท ทั้ง 4 ตัว และในรูปคลื่นที่สาม นั้นจะส่งสัญญาณไปขับชุดวงจรที่ 4, 5, และ 6 ชุดวงจรนี้จะควบคุมมอสเฟททั้งหมด 6 ตัว จะเห็นได้ว่าชุดวงจรขับมอสเฟทนี้จะควบคุมมอสเฟทได้ทั้งหมด 12 ตัว

3.5.6 ชุดวงจรกำลัง



รูปที่ 3-24 แสดงการออกแบบชุดวงจรกำลัง

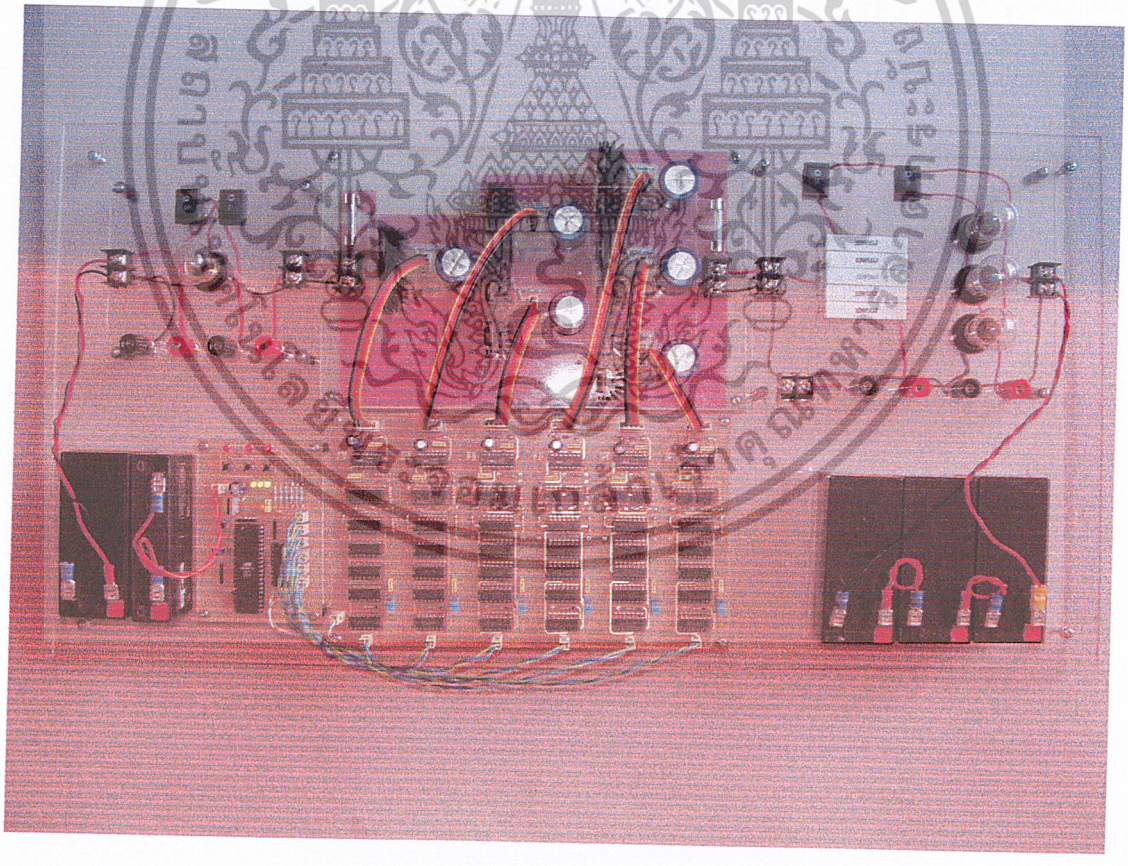
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดวงจรกำลังนี้จะประกอบไปด้วย

1. ชุดวงจรที่ 1 ที่ประกอบไปด้วยมอสเฟท 2 ตัวโดยใช้วงจรขับมอสเฟท 1 วงจร
2. ชุดวงจรที่ 2 ที่ประกอบไปด้วยมอสเฟท 4 ตัวโดยใช้วงจรขับมอสเฟท 2 วงจร
3. ชุดวงจรที่ 3 ที่ประกอบไปด้วยมอสเฟท 6 ตัวโดยใช้วงจรขับมอสเฟท 3 วงจร
4. จุด A เป็นจุดต่อกับแบตเตอรี่ 36 โวลต์
5. จุด B เป็นจุดต่อกับแบตเตอรี่ 12 โวลต์

ชุดวงจรกำลังนี้จะประกอบไปด้วยมอสเฟท 12 ตัว และ คาปาซิเตอร์ 6 ตัว จะยกตัวอย่างประกอบคือถ้าแรงดันไฟฟ้าทางด้าน A มีค่า 36 โวลต์ และ B มีค่า 12 โวลต์ ชุดวงจรที่ 1 นั้นจะมีค่าแรงดัน เท่ากับ 36 โวลต์ และชุดวงจรที่ 2 มีแรงดันลดลง 2 เท่า ของ ชุดวงจรที่ 1 คือ ประมาณ 24 โวลต์ และชุดวงจรที่ 3 มีแรงดันลดลง 3 เท่า ของ ชุดวงจรที่ 1 คือ ประมาณ 12 โวลต์

3.6 ชุดวงจรรวมดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีอินดักเตอร์



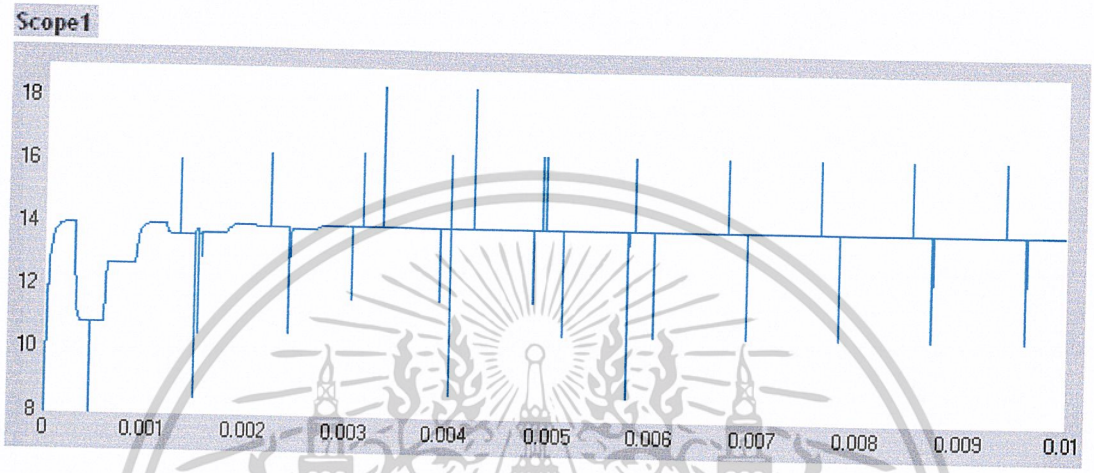
รูปที่ 3-25 แสดงส่วนประกอบที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

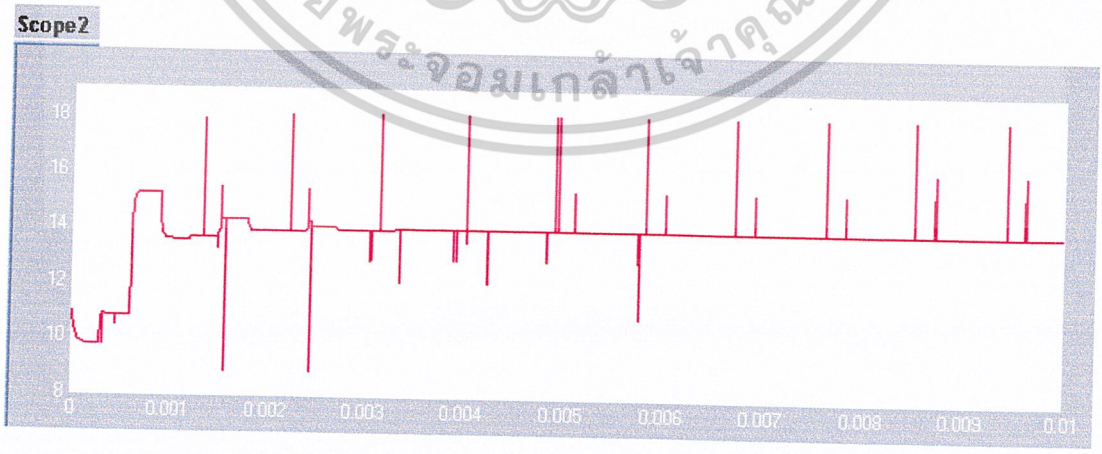
ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองโดยโปรแกรม Matlab



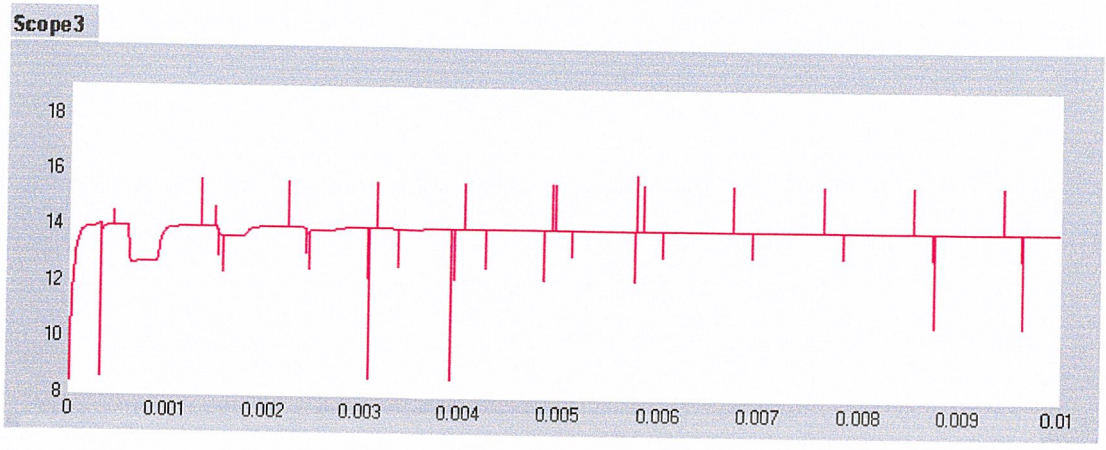
รูปที่ 4-1 สัญญาณที่ได้จาก scope 1 คือแรงดันตกคร่อม C1

จากรูปที่ 4-1 จะเห็นได้ว่าแรงดันตกคร่อม C1 จะมีขนาดแรงดันเท่ากับ 1/3 เท่าของแรงดันอินพุท ทางด้านขวามือนั่นเอง แรงดันอินพุท มีขนาด 42 โวลต์ ดังนั้นขนาดแรงดันตกคร่อม C1 ที่จึงเท่ากับ 14 โวลต์นั่นเอง

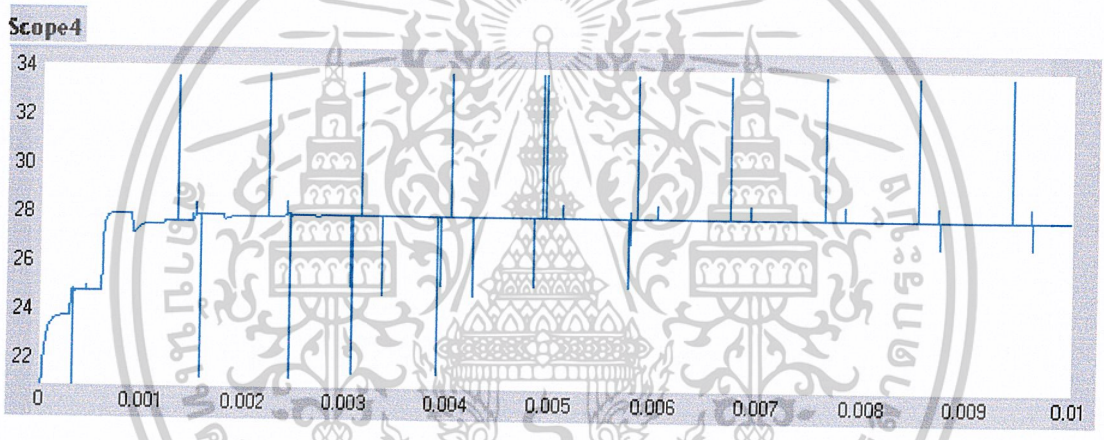


รูปที่ 4-2 สัญญาณที่ได้จาก scope 2 คือแรงดันตกคร่อม C2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



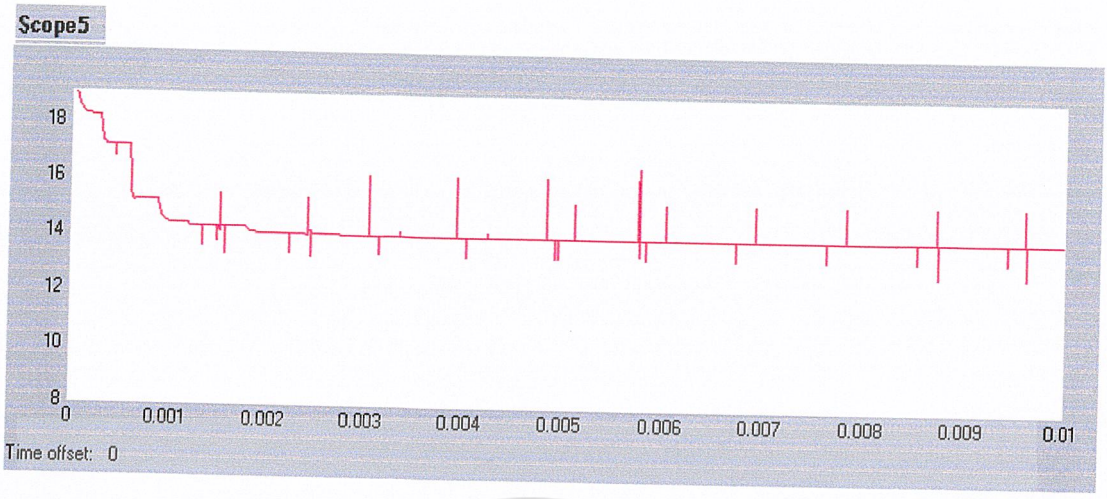
รูปที่ 4-3 สัญญาณที่ได้จาก scope 3 คือแรงดันตกคร่อม C3



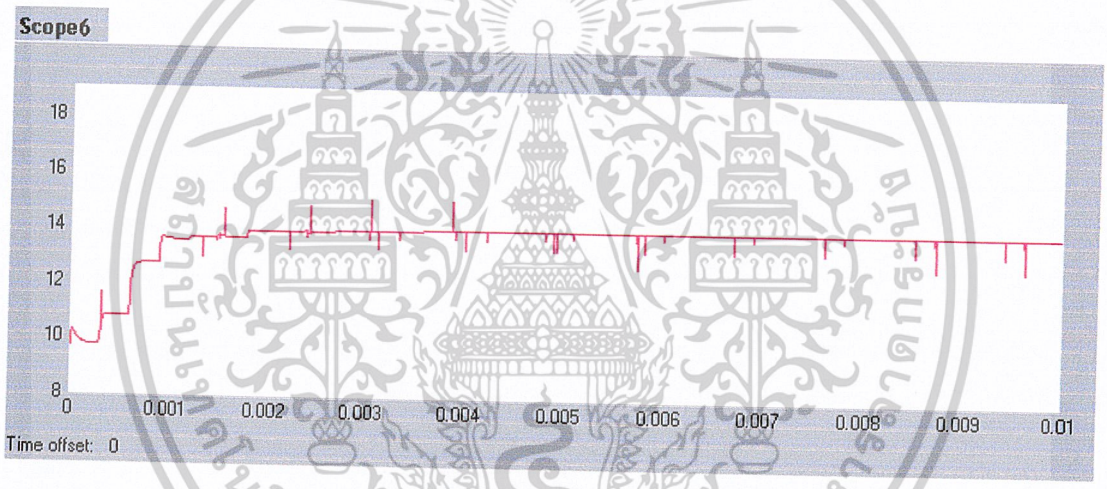
รูปที่ 4-4 สัญญาณที่ได้จาก scope 4 คือแรงดันตกคร่อมรวมระหว่าง C2, C3

จากรูปที่ 4-4 จะเห็นได้ว่าแรงดันตกคร่อมรวมระหว่าง C2, C3 จะมีขนาดแรงดันเท่ากับ 1/2 เท่าของแรงดันอินพุท ทางด้านขวามือนั่นเอง แรงดันอินพุทมีขนาด 42 โวลต์ ดังนั้นขนาดแรงดันตกคร่อมรวมระหว่าง C2, C3 ที่จึงเท่ากับ 28 โวลต์นั่นเอง

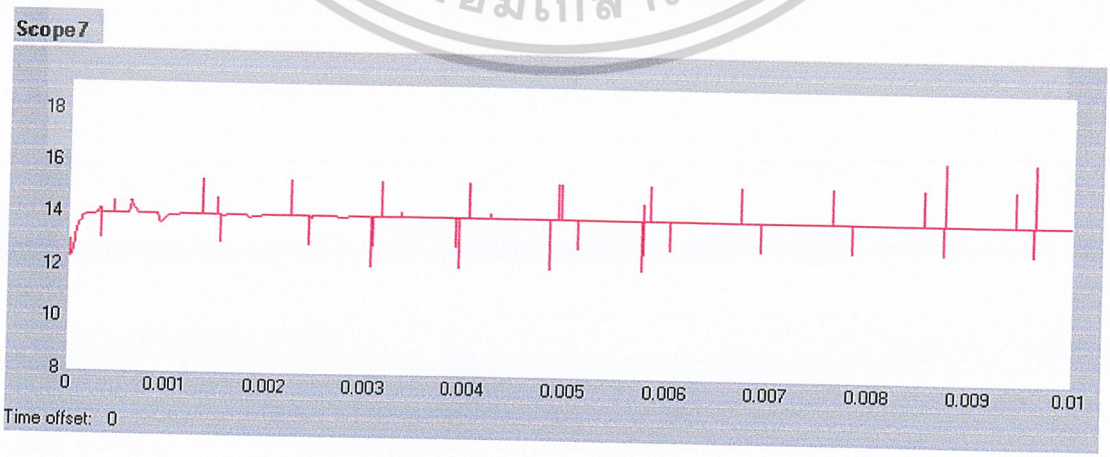
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-5 สัญญาณที่ได้จาก scope 5 คือแรงดันตกคร่อม C4



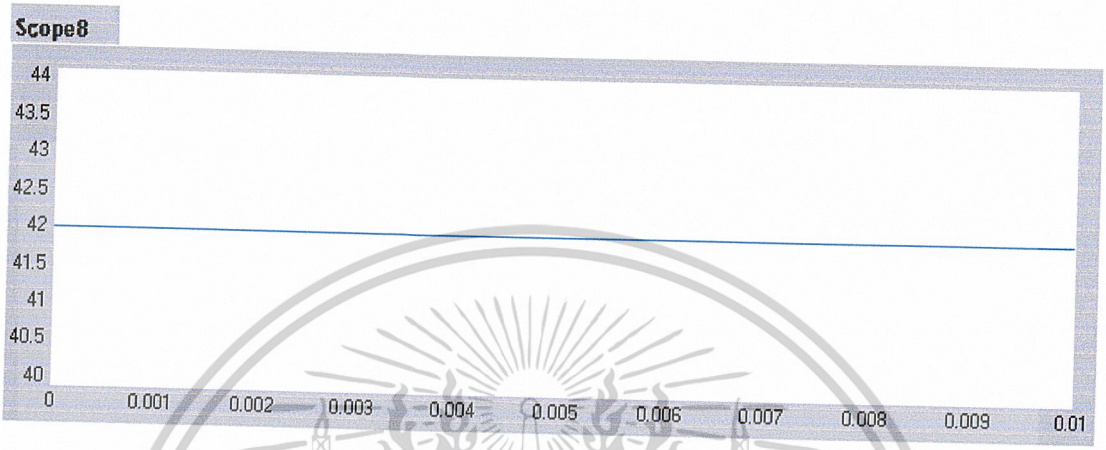
รูปที่ 4-6 สัญญาณที่ได้จาก scope 6 คือแรงดันตกคร่อม C5



รูปที่ 4-7 สัญญาณที่ได้จาก scope 7 คือแรงดันตกคร่อม C6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4-7 จาก scope2, 3, 5, 6, 7 จะเห็นได้ว่าแรงดันที่ตกคร่อม C2, C3, C4, C5, C6 ตามลำดับจะมีค่าเท่ากันคือ 14 โวลต์ จะมีขนาดแรงดันเท่ากับ 1/3 เท่าของแรงดันอินพุท ทางด้านขวามือนั่นเองแรงดันอินพุท มีขนาด 42 โวลต์



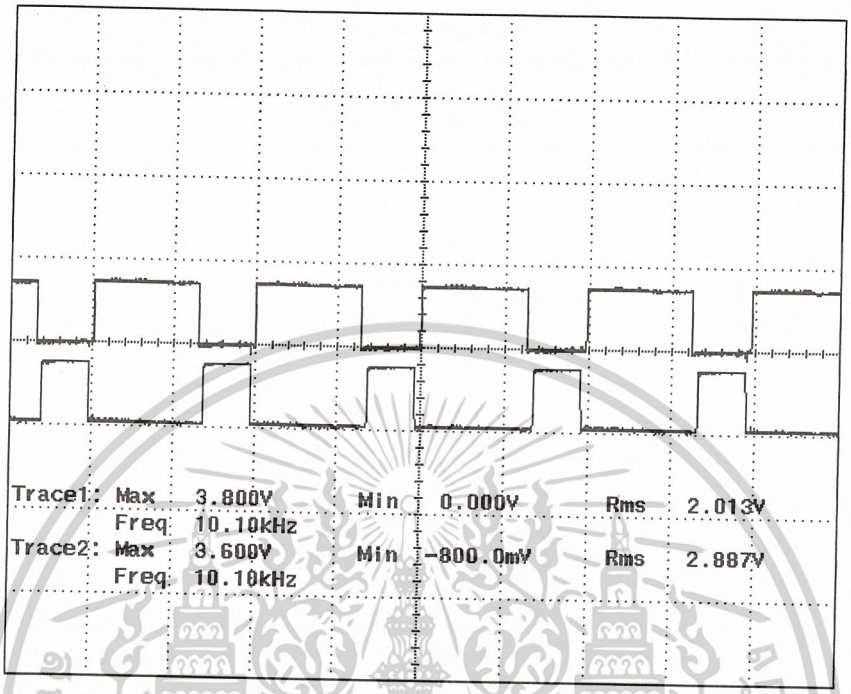
รูปที่ 4-8 สัญญาณที่ได้จาก scope 8 คือแรงดันตกคร่อมรวมระหว่าง C4, C5, C6

จากรูปที่ 4-8 จะเห็นได้ว่าแรงดันตกคร่อมรวมระหว่าง C4, C5, C6 จะมีขนาดแรงดันเท่ากับ 1 เท่าของแรงดันอินพุท ทางด้านขวามือนั่นเอง โดยแรงดันที่ตกคร่อม C4, C5, C6 แต่ละตัวมีค่า 14 โวลต์ เมื่อแรงดัน อินพุท มีขนาด 48 โวลต์ ดังนั้นขนาดแรงดันตกคร่อมรวมระหว่าง C4, C5 ,C6 ที่จึงเท่ากับ 42โวลต์นั่นเอง

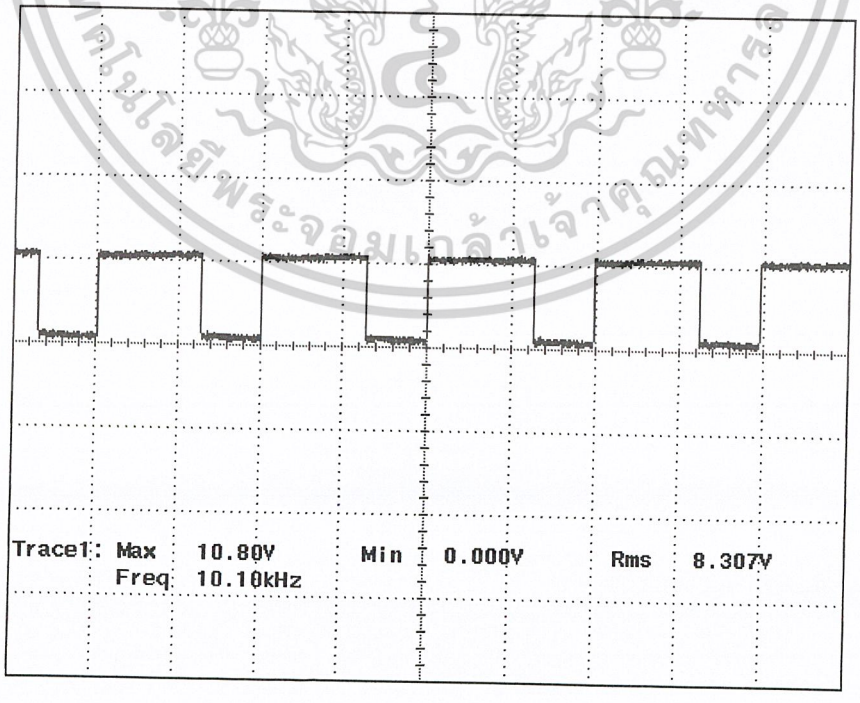
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเดดไทม์ รูปคลื่นสัญญาณด้านสูง และรูปคลื่นสัญญาณด้านต่ำ

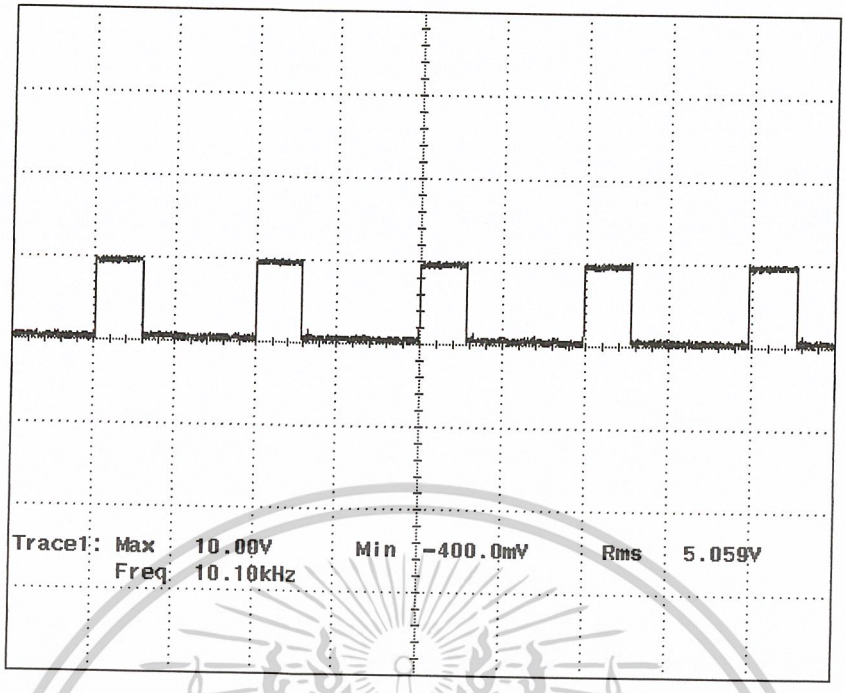


รูปที่ 4-9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณ เดดไทม์



รูปที่ 4-10 แสดงรูปคลื่นสัญญาณด้านสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-11 แสดงรูปคลื่นสัญญาณด้านต่ำ

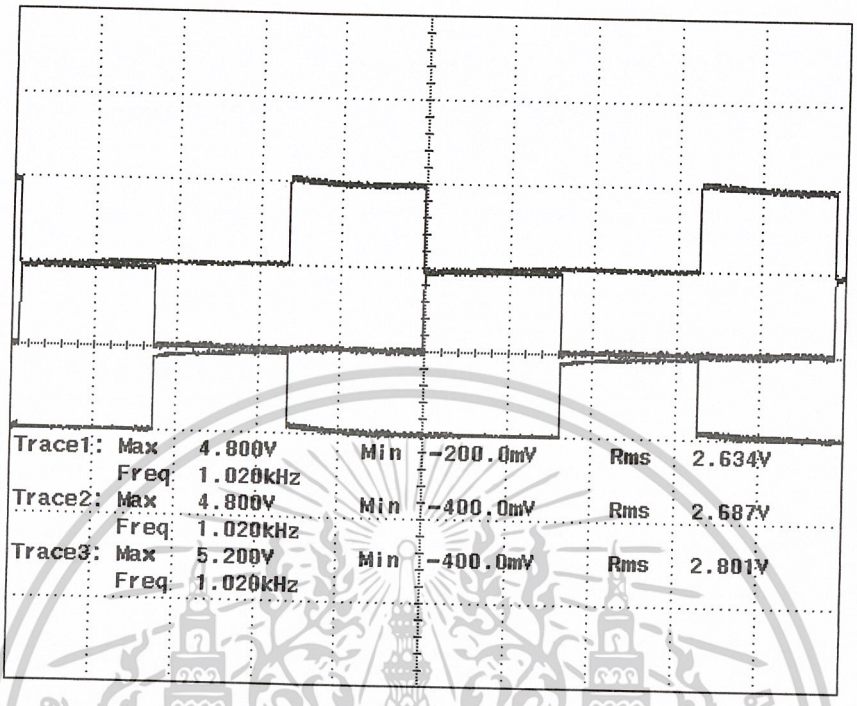
สรุปผลการทดลอง

รูปคลื่นสัญญาณเดดไทม์ใช้ในการเลื่อนเวลาของสัญญาณพัลส์ จะอาศัยคุณสมบัติของไอซีลอจิกที่เป็นชมิทริกเกอร์ที่จะทำงานเมื่อระดับแรงดันอินพุทจะถึงระดับที่สามารถทำให้อุปกรณ์ทำงานได้

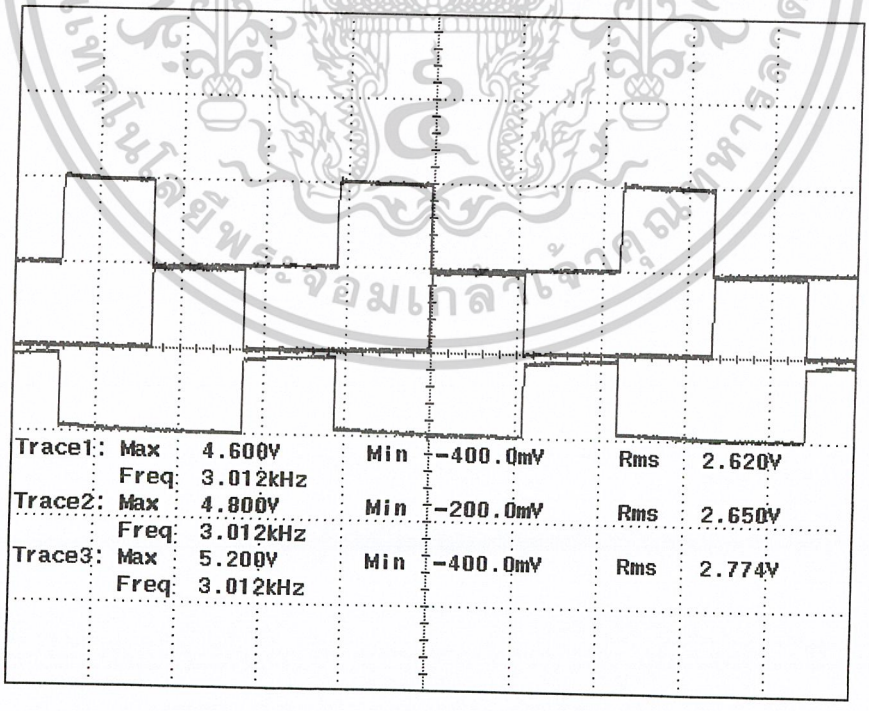
ส่วนรูปคลื่นสัญญาณด้านสูง และรูปคลื่นสัญญาณด้านต่ำ จะใช้ในการควบคุมการทำงานของมอสเฟทให้ทำงานตามสภาวะที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ออกจากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

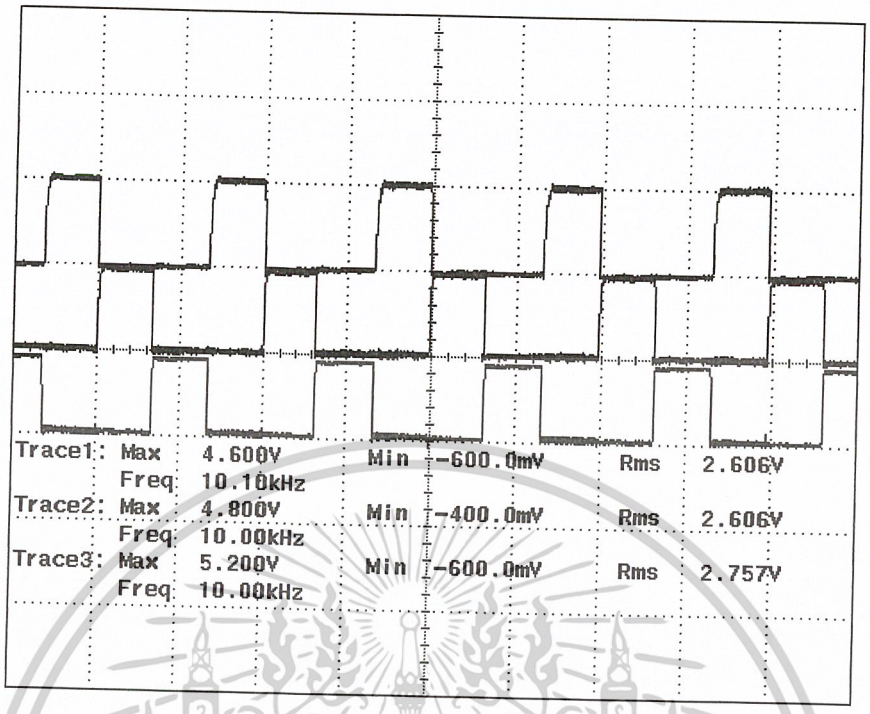


รูปที่ 4-12 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ออกจากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ในย่านความถี่ 1 kHz



รูปที่ 4-13 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ออกจากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ในย่านความถี่ 3 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



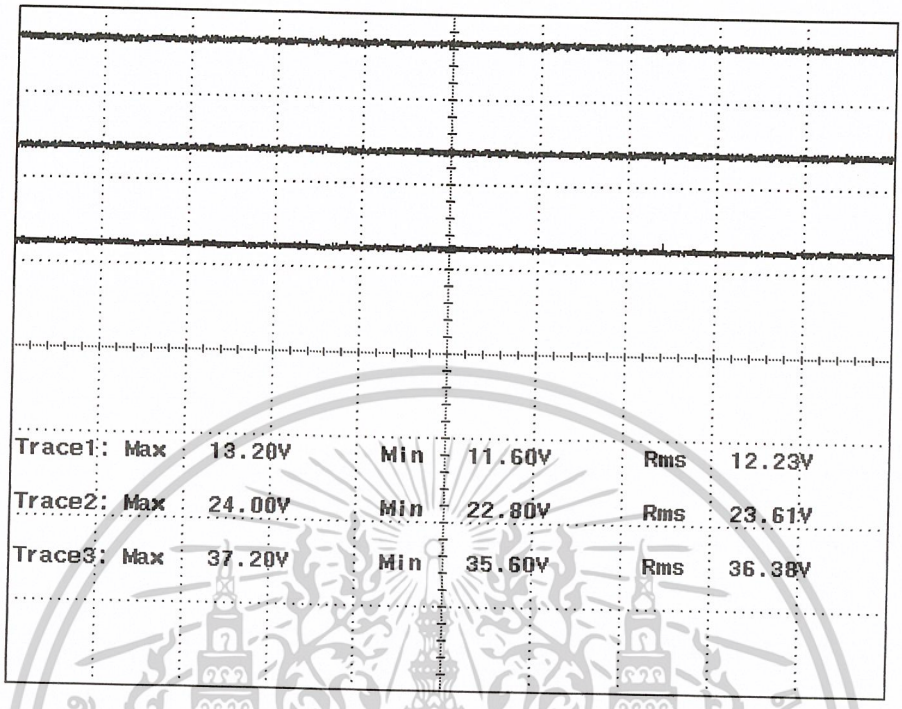
รูปที่ 4-14 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ออกจากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ในย่านความถี่ 10 kHz

สรุปผลการทดลอง

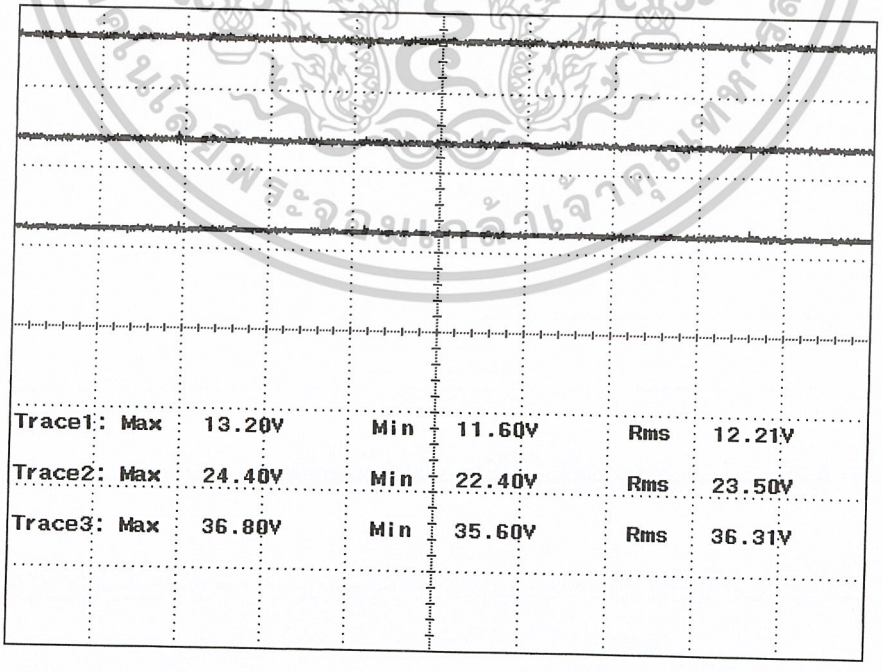
รูปคลื่นสัญญาณที่ออกจากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ในย่านความถี่ที่ 1 kHz ,3 kHz ,10 kHz นั้น จากรูปจะเห็นว่ายิ่งความถี่สูงขึ้นรูปคลื่นพัลส์ที่ออกมาก็จะแคบลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุท

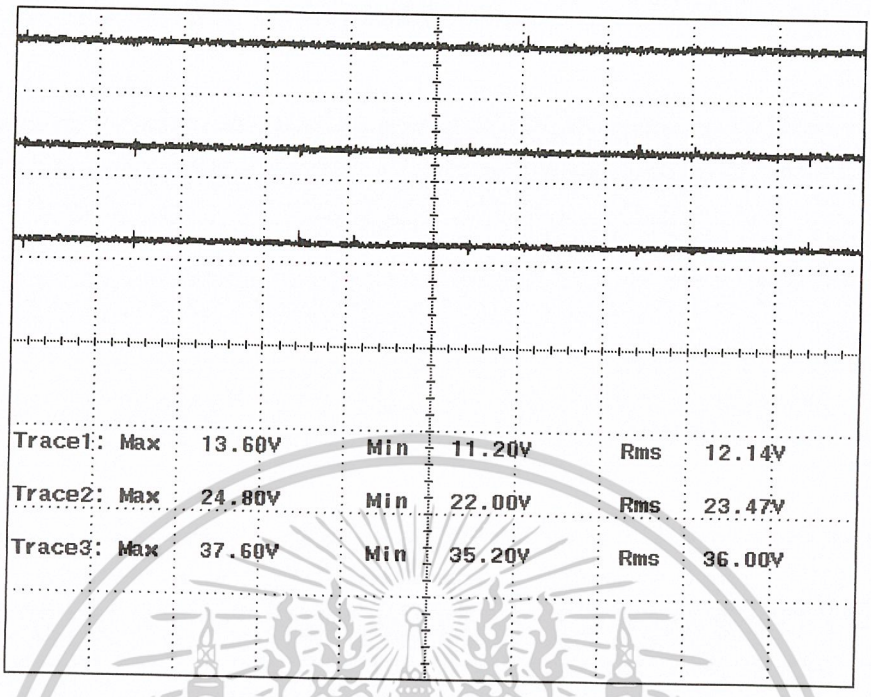


รูปที่ 4-15 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุทในย่านความถี่ 1 kHz



รูปที่ 4-16 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุทในย่านความถี่ 3kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



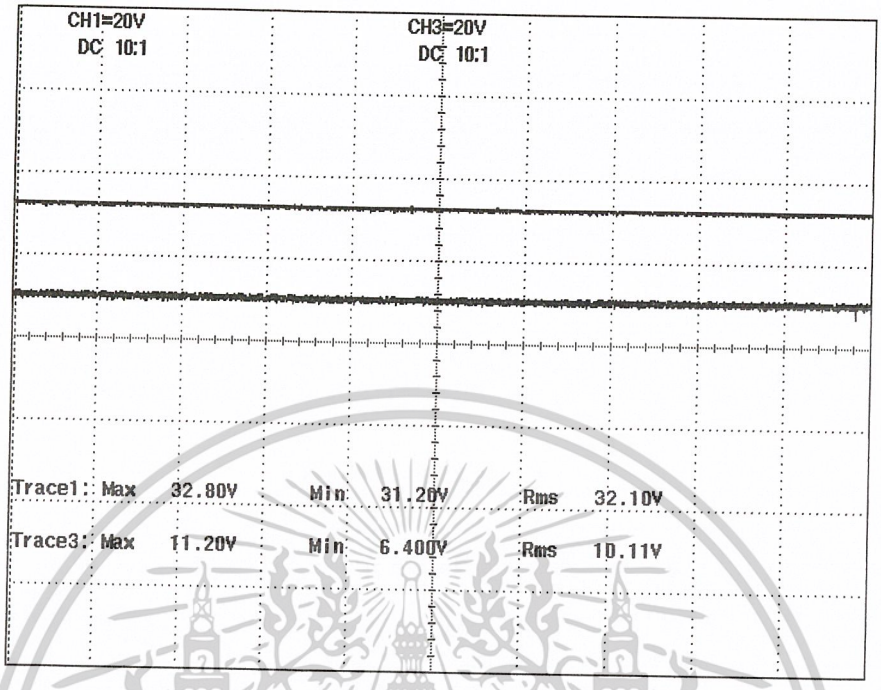
รูปที่ 4-17 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุทในย่านความถี่ 10 kHz

สรุปผลการทดลอง

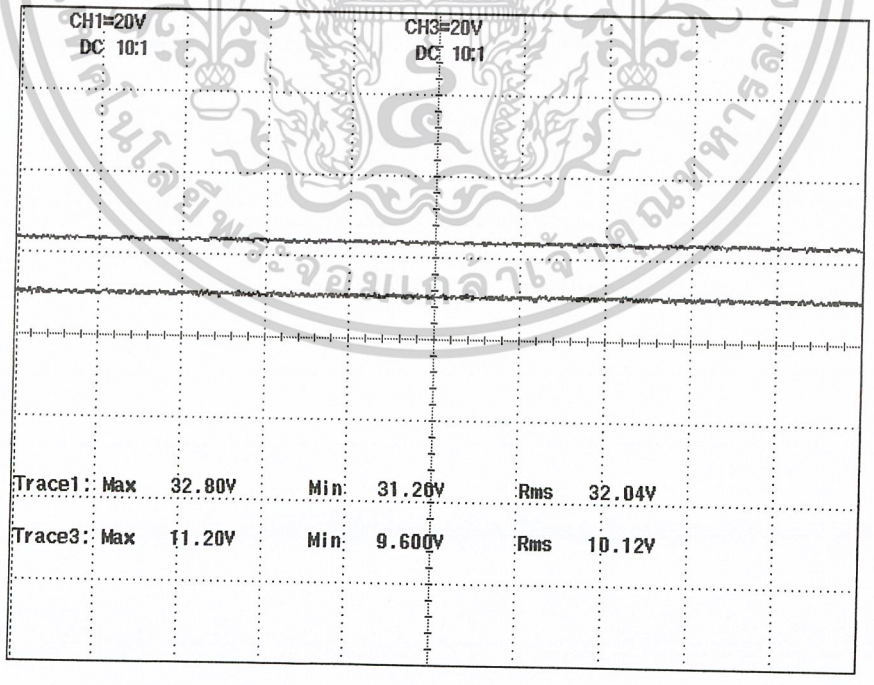
ในการทดลองเราจะป้อนแรงดันไฟฟ้าประมาณ 36-37 โวลต์จากแบตเตอรี่ ผลการทดลองจากกราฟจะสังเกตเห็นว่าค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยจะต่างกัน (Rms) คือที่ความถี่ 1 kHz จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยมากกว่า 3 kHz และ 10 kHz เราจึงสามารถสรุปได้ว่ายิ่งความถี่มากขึ้นค่าของแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยก็จะน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุทและเอาท์พุท

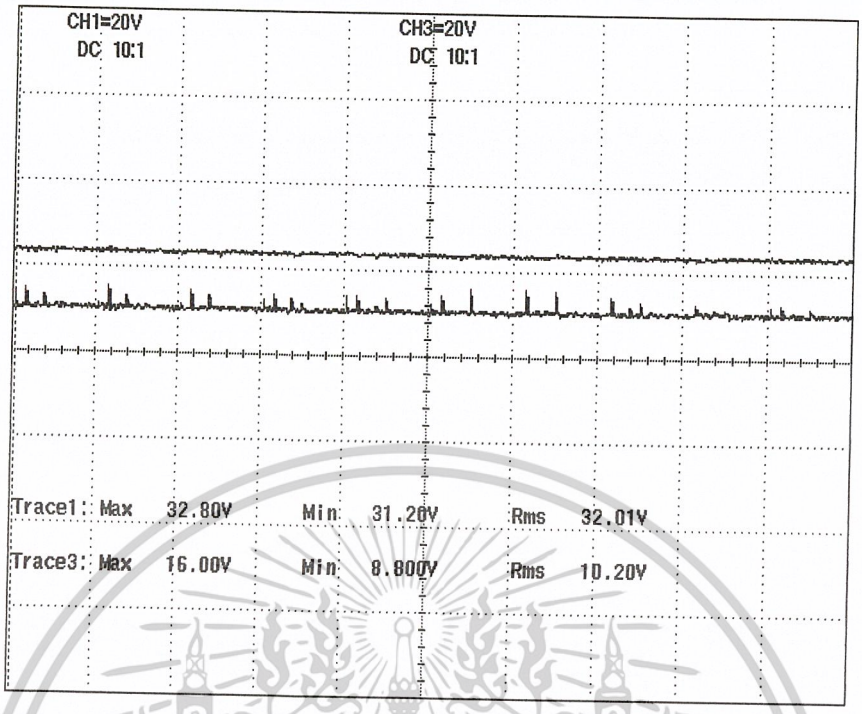


รูปที่ 4-18 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทในย่านความถี่ 1 kHz



รูปที่ 4-19 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทในย่านความถี่ 3 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-20 แสดงรูปคลื่นสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทในย่านความถี่ 10 kHz

ความถี่	แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (Rms)		ประสิทธิภาพของแรงดัน
	เอาท์พุท	อินพุท	
1 kHz	10.11	32.10	94.48 %
3 kHz	10.12	32.04	94.76 %
10 kHz	10.20	32.01	95.60 %

ตารางที่ 4-1 แสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันอินพุทและแรงดันเอาท์พุทในย่านความถี่ต่างๆ

สรุปผลการทดลอง

จากกราฟที่แสดงผลการทดลอง ค่าแรงดันในย่านความถี่ 1kHz , 3kHz และ 10 kHz จะเห็นได้ว่าค่าแรงดันด้าน อินพุทจะมีค่าประมาณ 3 เท่าของด้านแรงดันเอาท์พุท ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีที่เราได้ศึกษาไว้ของข้างต้น และในย่านความถี่ 10 kHz นี้จะมีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับย่านความถี่ที่ 1 kHz และ 3 kHz ซึ่งสามารถสรุปได้อีกว่ายิ่งความถี่มีค่าสูงเท่าไรประสิทธิภาพในการทำงานก็จะมีค่ามากขึ้นเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์โครงงาน

5.1 สรุปโครงงาน

วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงงานนี่คือ

1. เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบในการลดระดับแรงดันลง 3 เท่าคือ จากระดับแรงดัน 36 โวลต์ลงมาเป็นระดับแรงดัน 12 โวลต์ ใช้มอสเฟทกำลังและคาปาซิเตอร์ โดยที่ไม่ใช้ตัวเหนี่ยวนำ

2. สามารถทำให้ระดับแรงดันไหลได้ 2 ทิศทาง โดยที่ระดับแรงดันทั้ง 2 ด้านเป็น 3 เท่ากันอยู่

3. สามารถนำ ดีซี ทู ดีซีคอนเวอร์เตอร์ ไปประยุกต์ใช้งานได้

ซึ่งชุด ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีอินดักเตอร์ เป็นส่วนประกอบสำคัญของรถยนต์ระบบไฟฟ้า 42 โวลต์ ดังนั้นเราจึงได้จัดทำชุดจำลองขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาและทำความเข้าใจหลักการทำงานของระบบ และเป็นแนวทางในการพัฒนาสู่อนาคตต่อไปซึ่งคาดกันว่าใน 20 ปีข้างหน้ารถยนต์จะถูกเปลี่ยนมาใช้เป็นระบบไฟฟ้า 42 โวลต์ทั้งหมด ซึ่งสามารถทำได้ตามวัตถุประสงค์

5.2 บทวิจารณ์โครงงาน

ในโครงงานนี้ใช้หลักการของ ดีซีทูดีซี คอนเวอร์เตอร์ โดยที่มีวงจรควบคุมสร้างสัญญาณขับด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สร้างสัญญาณซึ่งมีลักษณะรูปคลื่นสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม โดยจะสร้างสัญญาณพัลส์ออกมาเป็น 3 ช่วงคือแต่ละช่วงจะมีช่วงระยะเวลาห่างกันที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้มอสเฟททำงานพร้อมกัน ซึ่งจะใช้ความถี่ 3 ระดับ คือ 1 kHz, 3 kHz, 10 kHz เพื่อดูประสิทธิภาพของแต่ละช่วงความถี่ว่าดีมากน้อยกว่ากันเพียงไร ซึ่งสัญญาณควบคุมนี้จะไปควบคุมมอสเฟทกำลังในวงจรกำลังให้ทำงานใน 3 สภาวะเพื่อให้ได้ระดับแรงดันออกมาตามที่ต้องการ ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าจากทฤษฎี คือ แรงดันไฟฟ้าด้านอินพุทจะมีค่าเป็น 3 เท่าของแรงดันไฟฟ้าด้านเอาท์พุท

ในช่วงสภาวะแรกเราจะให้มอสเฟททางด้านสูง ทำงานซึ่งใช้มอสเฟท 2 ตัวต่ออนุกรม โดยมีลักษณะการต่อแบบต่ำและแบบสูงทำงานโดยใช้การควบคุมจากรูปคลื่นสัญญาณพัลส์จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ในช่วงรูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นแรก (Switching State 1) ทำงานโดยที่มี คาปาซิเตอร์ต่อคร่อมมอสเฟททั้ง 2 ต่ออยู่ 1 ตัว

ในช่วงสภาวะสอง นั้นเราจะใช้รูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นสองจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำงานแทนในช่วง รูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นแรก ก็จะทำให้มอสเฟททางด้านสูงซึ่งใช้มอสเฟท 4 ตัวต่ออนุกรมกันอยู่ทำงานแทนมอสเฟททางด้านสูงของรูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นแรก โดยที่มี คาปาซิเตอร์ต่อคร่อมมอสเฟท 4 ตัวอยู่ 2 ตัว

ในช่วงสภาวะสาม นั้นจะมีลักษณะการทำงานเหมือนกับ ในช่วงสภาวะที่หนึ่งและ ในช่วงสภาวะที่สอง รูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นสามจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงาน แทน รูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นแรก และรูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นสองซึ่งจะทำให้ มอสเฟททางด้านสูง ซึ่งใช้มอสเฟท 6 ตัวต่ออนุกรมกันอยู่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนมอสเฟททางด้านสูง ของรูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นสอง และ รูปคลื่นพัลส์รูปคลื่นแรกโดยที่มี คาปาซิเตอร์ต่อคร่อมมอสเฟท 6 ต่ออยู่ 3 ตัว

จากผลการทดลองที่เราได้ทำการ จำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรม Matlab และผลการทดลองจริงที่เราทำการวัดจากชุดทดลองที่เราได้ทำการสร้างขึ้นมานั้นจะเห็นว่า ค่าแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุทจะมีค่าเป็น 3 เท่าของแรงดันไฟฟ้าด้านเอาท์พุท และสามารถเคลื่อนที่ได้สองทิศทาง ซึ่งจะเป็นไปตามทฤษฎีที่เราได้ทำการศึกษาไว้ข้างต้น

ส่วนในการทดลองโดยใช้ชุดจำลองนั้นเราได้ทำการวัดและเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าในความถี่ในย่าน 1 kHz, 3 kHz, 10 kHz และทำการวัดแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุทและเอาท์พุทออกมา ปรากฏว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเอาท์พุทที่ออกมาจะไม่เท่ากัน และเมื่อเราทำการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพในการทำงานออกมา ปรากฏว่าที่ย่านความถี่ 10 kHz จะมีประสิทธิภาพสูงสุด จากผลการทดลองเราจึงสามารถสรุปได้ว่ายิ่งความถี่สูงขึ้นค่าของประสิทธิภาพในการทำงานก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย

5.3 ข้อดีและข้อเสียของ ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีมีอินดักเตอร์

5.3.1 ข้อดีของ ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีมีอินดักเตอร์

5.3.1.1 ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีมีอินดักเตอร์จะมีการสูญเสีย (loss) น้อยกว่าแบบที่มีอินดักเตอร์

5.3.1.2 ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีมีอินดักเตอร์จะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่าแบบที่มีอินดักเตอร์

5.3.1.3 ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีมีอินดักเตอร์จะทำการออกแบบง่ายกว่า แบบที่มีอินดักเตอร์

5.3.2 ข้อเสียของ ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์หลายระดับสองทิศทางโดยไม่มีมีอินดักเตอร์

5.3.2.1 ไม่สามารถใช้กับแบตเตอรี่ที่มีค่าแรงดันสูงได้ เพราะจะทำให้มีกระแสสูงจนทำให้อุปกรณ์เกิดการเสียหายได้

5.3.2.2 ต้องทำงานที่สภาวะ จากแรงดันไฟฟ้าทางด้านสูงลงสู่แรงดันไฟฟ้าทางด้านต่ำ เพื่อให้มอสเฟททำงานก่อน จึงจะทำงานในสภาวะจากแรงดันทางด้านต่ำสู่ด้านสูงได้

5.4 ปัญหาและอุปสรรค

5.4.1 ปัญหาแบตเตอรี่ที่จ่ายให้ไมโครคอนโทรลเลอร์และขับเกทต่างๆในวงจรควบคุม จ่ายไฟได้ในเวลาที่น้อยเกินไปซึ่งส่งผลให้มีการทำงานผิดพลาดขึ้นได้ทั้งส่วนของวงจรควบคุมและวงจรกำลังทำให้มอสเฟท และไอซีควบคุมเบอร์ IR 2110 พังเสียหายได้

แนวทางแก้ไข

5.4.1.1 โดยใช้ แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากภายนอกโดยไม่ใช้แบตเตอรี่

5.4.1.2 หาแบตเตอรี่ที่จ่ายกระแสสูงและจ่ายไฟได้นานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] กำพล ศิริจันทร์พงศ์ . *1เฟส เอซี ทู ดีซี สวิตช์โหมดคอนเวอร์เตอร์ที่มีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสองทิศทางสำหรับอินเวอร์เตอร์ขับเคลื่อนมอเตอร์เหนียวนำ 3 เฟส* กรุงเทพ : มปพ, 2546.

[2] โคทม อารียา . *อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 2* กรุงเทพ : บริษัท ส.เอเชียเพรส(1989)จำกัด, 2544.

[3] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และ วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล.*เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรเลอร์* กรุงเทพ : บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอร์เมนต์ จำกัด, มปป.

[4] ทวีศักดิ์ พรหมศร และ คณะ . *ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์* กรุงเทพ : มปพ, 2537.

[5] พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ . *ทฤษฎีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1* กรุงเทพ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2543.

[6] มงคล ทองสงคราม . *อิเล็กทรอนิกส์กำลัง* กรุงเทพ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง, มปป.

[7] วิชาญ ก่องตาวงษ์ . *หลักการและเทคนิคการซ่อมสร้างเครื่องขยายทรานซิเตอร์* กรุงเทพ : บริษัท ศูนย์การพิมพ์ดวงกมลจำกัด, มปป.

[8] สมศักดิ์ มิตะถา . การออกแบบวงจรดิจิตอลและวงจรตรรก กรุงเทพ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง, มปป.

[9] IEEE Application . *A Magnetic-less DC-DC Converter for Dual-Voltage Automotive Systems* , March/April 2003.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] กำพล ศิริจันทร์พงศ์ . *1เฟส เอซี ทู ดีซี สวิตช์โหมดคอนเวอร์เตอร์ที่มีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสองทิศทางสำหรับอินเวอร์เตอร์ขับเคลื่อนมอเตอร์เหนียวนำ 3 เฟส* กรุงเทพ : มปพ, 2546.

[2] โคทม อารียา . *อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 2* กรุงเทพ : บริษัท ส.เอเชียเพรส(1989)จำกัด, 2544.

[3] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และ วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล.*เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรเลอร์* กรุงเทพ : บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอร์เมนต์ จำกัด, มปป.

[4] ทวีศักดิ์ พรหมศร และ คณะ . *ดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์เตอร์* กรุงเทพ : มปพ, 2537.

[5] พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ . *ทฤษฎีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1* กรุงเทพ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2543.

[6] มงคล ทองสงคราม . *อิเล็กทรอนิกส์กำลัง* กรุงเทพ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง, มปป.

[7] วิชาญ ก่องตาวงษ์ . *หลักการและเทคนิคการซ่อมสร้างเครื่องขยายทรานซิเตอร์* กรุงเทพ : บริษัท ศูนย์การพิมพ์ดวงกมลจำกัด, มปป.

[8] สมศักดิ์ มิตะถา . การออกแบบวงจรดิจิตอลและวงจรตรรก กรุงเทพ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พริ้นติ้ง, มปป.

[9] IEEE Application . *A Magnetic-less DC-DC Converter for Dual-Voltage Automotive Systems* , March/April 2003.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International
IOR Rectifier

Data Sheet No. PD60147 Rev.T

IR2110(S)/IR2113(S) & (PbF)

HIGH AND LOW SIDE DRIVER

Features

- Floating channel designed for bootstrap operation
  Fully operational to +500V or +600V
  Tolerant to negative transient voltage
  dV/dt immune
- Gate drive supply range from 10 to 20V
- Undervoltage lockout for both channels
- 3.3V logic compatible
  Separate logic supply range from 3.3V to 20V
  Logic and power ground ±5V offset
- CMOS Schmitt-triggered inputs with pull-down
- Cycle by cycle edge-triggered shutdown logic
- Matched propagation delay for both channels
- Outputs in phase with inputs
- Also available LEAD-FREE

Product Summary

V_{OFFSET}	(IR2110)	500V max.
	(IR2113)	600V max.
I_O+/-		2A / 2A
V_{OUT}		10 - 20V
$t_{on/off}$ (typ.)		120 & 94 ns
Delay Matching	(IR2110)	10 ns max.
	(IR2113)	20ns max.

Packages

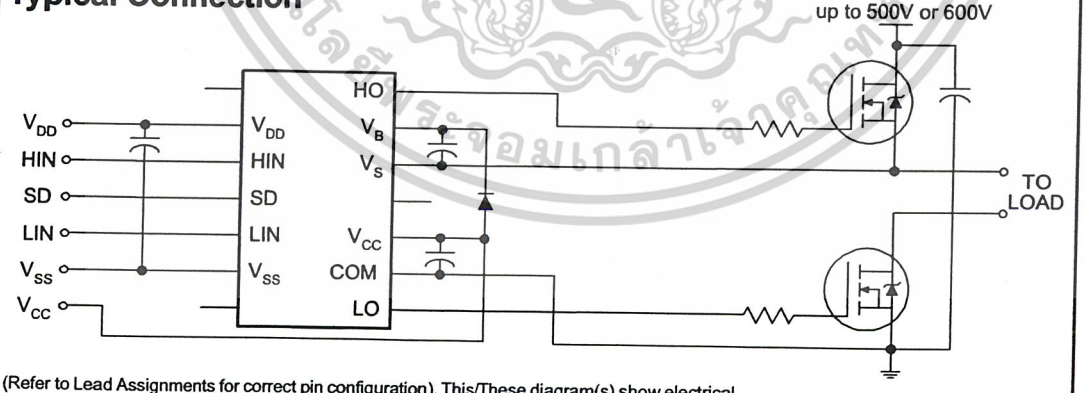
14-Lead PDIP
IR2110/IR2113

16-Lead SOIC
IR2110S/IR2113S
(Also available
LEAD-FREE (PbF))

Description

The IR2110/IR2113 are high voltage, high speed power MOSFET and IGBT drivers with independent high and low side referenced output channels. Proprietary HVIC and latch immune CMOS technologies enable ruggedized monolithic construction. Logic inputs are compatible with standard CMOS or LSTTL output, down to 3.3V logic. The output drivers feature a high pulse current buffer stage designed for minimum driver cross-conduction. Propagation delays are matched to simplify use in high frequency applications. The floating channel can be used to drive an N-channel power MOSFET or IGBT in the high side configuration which operates up to 500 or 600 volts.

Typical Connection



(Refer to Lead Assignments for correct pin configuration). This/These diagram(s) show electrical connections only. Please refer to our Application Notes and DesignTips for proper circuit board layout.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Absolute maximum ratings indicate sustained limits beyond which damage to the device may occur. All voltage parameters are absolute voltages referenced to COM. The thermal resistance and power dissipation ratings are measured under board mounted and still air conditions. Additional information is shown in Figures 28 through 35.

Symbol	Definition		Min.	Max.	Units
V_B	High side floating supply voltage	(IR2110)	-0.3	525	V
		(IR2113)	-0.3	625	
V_S	High side floating supply offset voltage		V_B - 25	V_B + 0.3	
V_{HO}	High side floating output voltage		V_S - 0.3	V_B + 0.3	
V_{CC}	Low side fixed supply voltage		-0.3	25	
V_{LO}	Low side output voltage		-0.3	V_{CC} + 0.3	
V_{DD}	Logic supply voltage		-0.3	V_{SS} + 25	
V_{SS}	Logic supply offset voltage		V_{CC} - 25	V_{CC} + 0.3	
V_{IN}	Logic input voltage (HIN, LIN & SD)		V_{SS} - 0.3	V_{DD} + 0.3	
dV_S/dt	Allowable offset supply voltage transient (figure 2)		—	50	V/ns
P_D	Package power dissipation @ $T_A \leq +25°C$	(14 lead DIP)	—	1.6	W
		(16 lead SOIC)	—	1.25	
R_{THJA}	Thermal resistance, junction to ambient	(14 lead DIP)	—	75	°C/W
		(16 lead SOIC)	—	100	
T_J	Junction temperature		—	150	°C
T_S	Storage temperature		-55	150	
T_L	Lead temperature (soldering, 10 seconds)		—	300	

Recommended Operating Conditions

The input/output logic timing diagram is shown in figure 1. For proper operation the device should be used within the recommended conditions. The V_S and V_{SS} offset ratings are tested with all supplies biased at 15V differential. Typical ratings at other bias conditions are shown in figures 36 and 37.

Symbol	Definition		Min.	Max.	Units
V_B	High side floating supply absolute voltage		V_S + 10	V_S + 20	V
V_S	High side floating supply offset voltage	(IR2110)	Note 1	500	
		(IR2113)	Note 1	600	
V_{HO}	High side floating output voltage		V_S	V_B	
V_{CC}	Low side fixed supply voltage		10	20	
V_{LO}	Low side output voltage		0	Vcc	
V_{DD}	Logic supply voltage		V_{SS} + 3	V_{SS} + 20	
V_{SS}	Logic supply offset voltage		-5 (Note 2)	5	
V_{IN}	Logic input voltage (HIN, LIN & SD)		V_{SS}	V_{DD}	
T_A	Ambient temperature		-40	125	°C

Note 1: Logic operational for V_S of -4 to +500V. Logic state held for V_S of -4V to $-V_{BS}$. (Please refer to the Design Tip DT97-3 for more details).
Note 2: When V_{DD} < 5V, the minimum V_{SS} offset is limited to $-V_{DD}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dynamic Electrical Characteristics

V_{BIAS} (V_{CC}, V_{BS}, V_{DD}) = 15V, C_L = 1000 pF, T_A = 25°C and V_{SS} = COM unless otherwise specified. The dynamic electrical characteristics are measured using the test circuit shown in Figure 3.

Symbol	Definition	Figure	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
t_{on}	Turn-on propagation delay	7	—	120	150	ns	V_S = 0V
t_{off}	Turn-off propagation delay	8	—	94	125		V_S = 500V/600V
t_{sd}	Shutdown propagation delay	9	—	110	140		V_S = 500V/600V
t_r	Turn-on rise time	10	—	25	35		
t_f	Turn-off fall time	11	—	17	25		
MT	Delay matching, HS & LS turn-on/off (IR2110)	—	—	—	10		
	Delay matching, HS & LS turn-on/off (IR2113)	—	—	—	20		

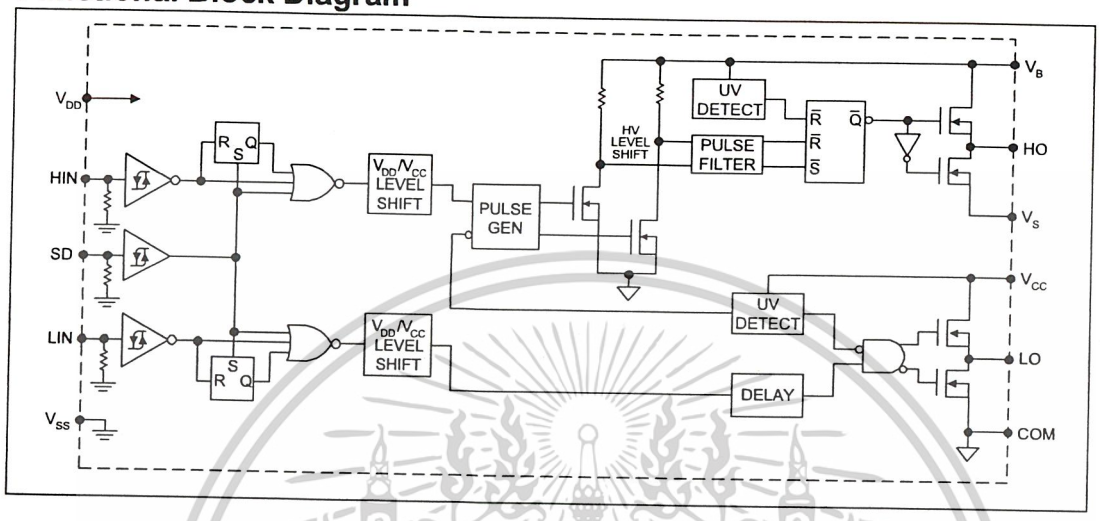
Static Electrical Characteristics

V_{BIAS} (V_{CC}, V_{BS}, V_{DD}) = 15V, T_A = 25°C and V_{SS} = COM unless otherwise specified. The V_{IN}, V_{TH} and I_{IN} parameters are referenced to V_{SS} and are applicable to all three logic input leads: HIN, LIN and SD. The V_O and I_O parameters are referenced to COM and are applicable to the respective output leads: HO or LO.

Symbol	Definition	Figure	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
V_{IH}	Logic "1" input voltage	12	9.5	—	—	V	
V_{IL}	Logic "0" input voltage	13	—	—	6.0		
V_{OH}	High level output voltage, V_{BIAS} - V_O	14	—	—	1.2		I_O = 0A
V_{OL}	Low level output voltage, V_O	15	—	—	0.1		I_O = 0A
I_{LK}	Offset supply leakage current	16	—	—	50	µA	V_B=V_S = 500V/600V
I_{QBS}	Quiescent V_{BS} supply current	17	—	125	230		V_{IN} = 0V or V_{DD}
I_{QCC}	Quiescent V_{CC} supply current	18	—	180	340		V_{IN} = 0V or V_{DD}
I_{QDD}	Quiescent V_{DD} supply current	19	—	15	30		V_{IN} = 0V or V_{DD}
I_{IN+}	Logic "1" input bias current	20	—	20	40		V_{IN} = V_{DD}
I_{IN-}	Logic "0" input bias current	21	—	—	1.0		V_{IN} = 0V
V_{BSUV+}	V_{BS} supply undervoltage positive going threshold	22	7.5	8.6	9.7	V	
V_{BSUV-}	V_{BS} supply undervoltage negative going threshold	23	7.0	8.2	9.4		
V_{CCUV+}	V_{CC} supply undervoltage positive going threshold	24	7.4	8.5	9.6		
V_{CCUV-}	V_{CC} supply undervoltage negative going threshold	25	7.0	8.2	9.4		
I_{O+}	Output high short circuit pulsed current	26	2.0	2.5	—	A	V_O = 0V, V_{IN} = V_{DD} PW ≤ 10 µs
I_{O-}	Output low short circuit pulsed current	27	2.0	2.5	—		V_O = 15V, V_{IN} = 0V PW ≤ 10 µs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

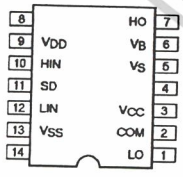
Functional Block Diagram



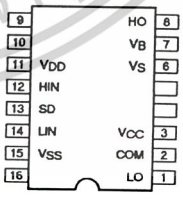
Lead Definitions

Symbol	Description
V_{DD}	Logic supply
HIN	Logic input for high side gate driver output (HO), in phase
SD	Logic input for shutdown
LIN	Logic input for low side gate driver output (LO), in phase
V_{SS}	Logic ground
V_B	High side floating supply
HO	High side gate drive output
V_S	High side floating supply return
V_{CC}	Low side supply
LO	Low side gate drive output
COM	Low side return

Lead Assignments



14 Lead PDIP



16 Lead SOIC (Wide Body)
(Also available LEAD-FREE (PbF))

IR2110/IR2113	IR2110S/IR2113S
Part Number	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

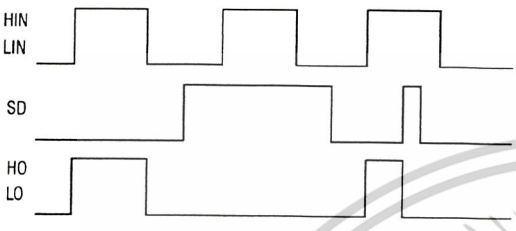


Figure 1. Input/Output Timing Diagram

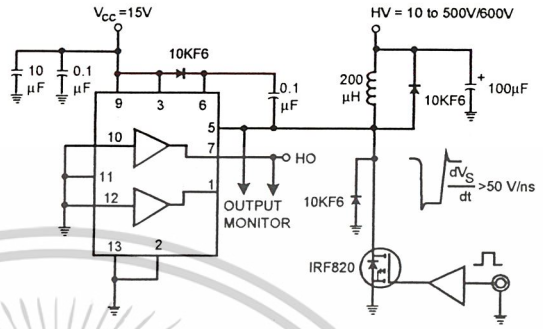


Figure 2. Floating Supply Voltage Transient Test Circuit

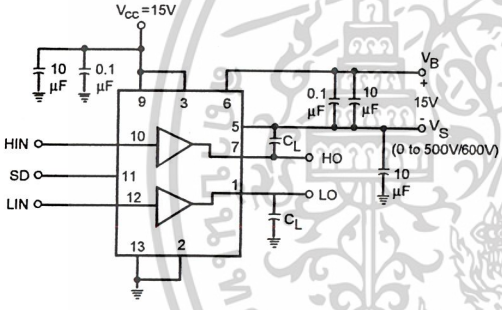


Figure 3. Switching Time Test Circuit

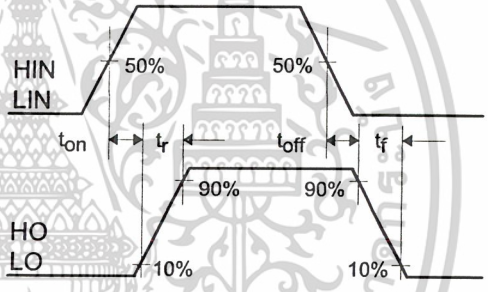


Figure 4. Switching Time Waveform Definition

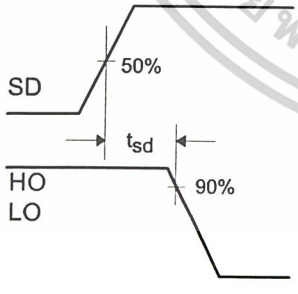


Figure 5. Shutdown Waveform Definitions

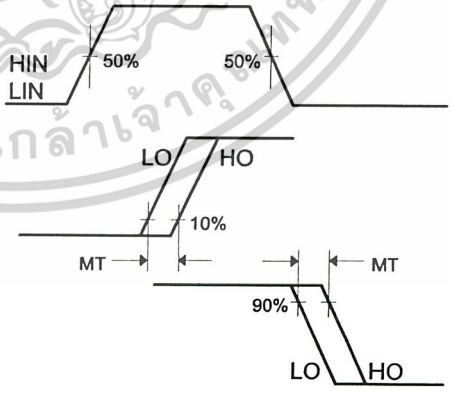


Figure 6. Delay Matching Waveform Definitions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

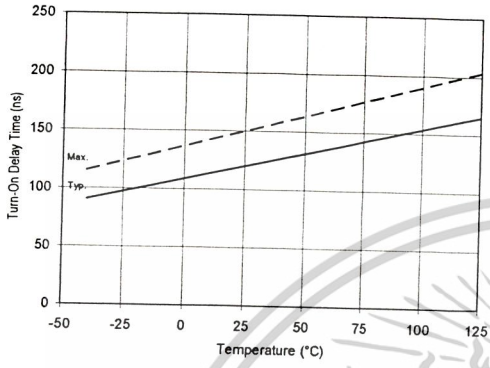


Figure 7A. Turn-On Time vs. Temperature

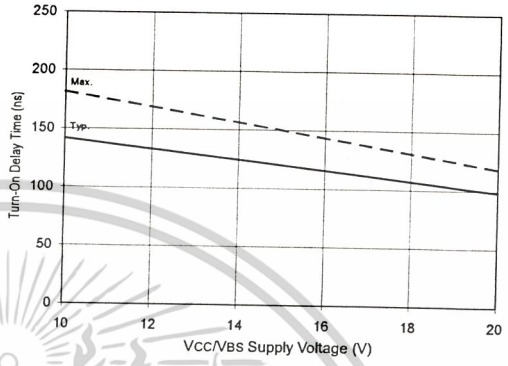


Figure 7B. Turn-On Time vs. Vcc/VBS Supply Voltage

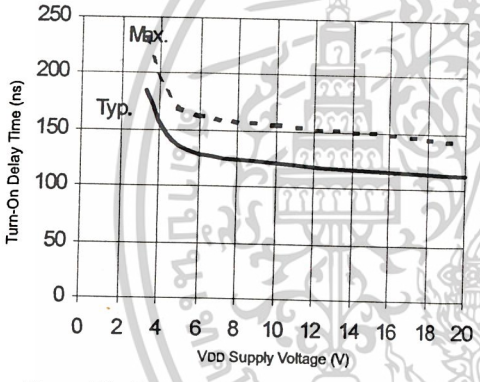


Figure 7C. Turn-On Time vs. VDD Supply Voltage

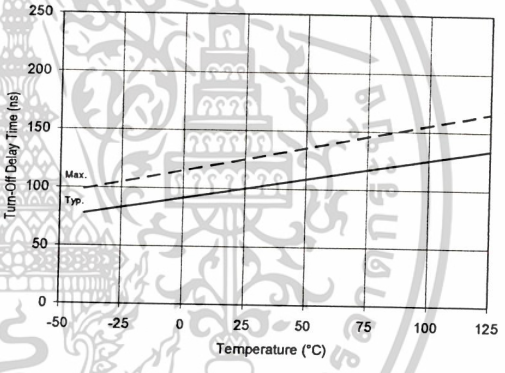


Figure 8A. Turn-Off Time vs. Temperature

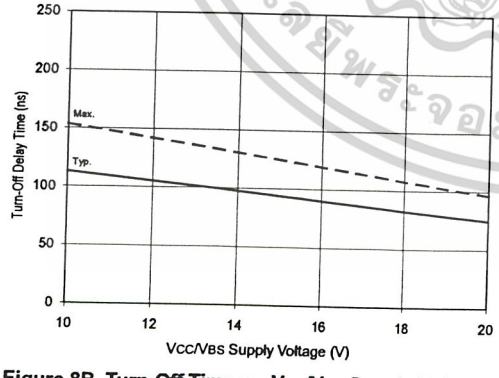


Figure 8B. Turn-Off Time vs. Vcc/VBS Supply Voltage

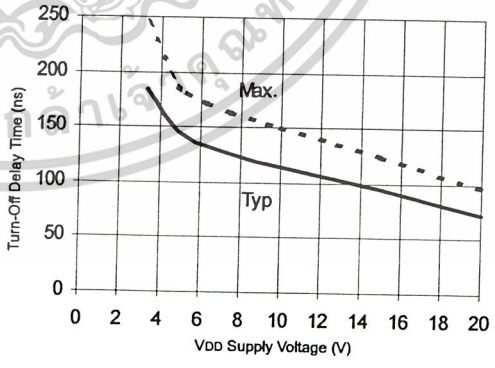


Figure 8C. Turn-Off Time vs. VDD Supply Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

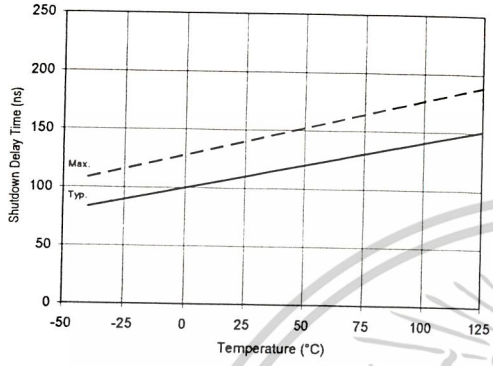


Figure 9A. Shutdown Time vs. Temperature

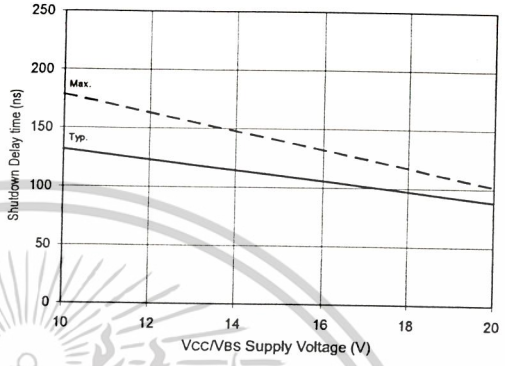


Figure 9B. Shutdown Time vs. Vcc/Vbs Supply Voltage

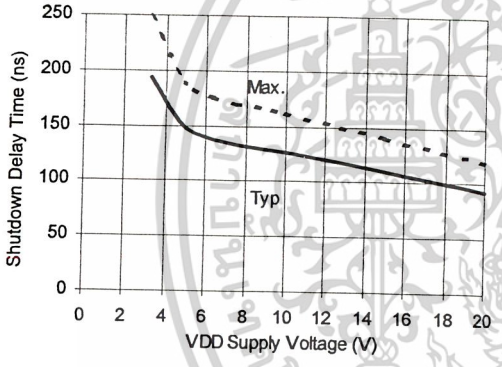


Figure 9C. Shutdown Time vs. VDD Supply Voltage

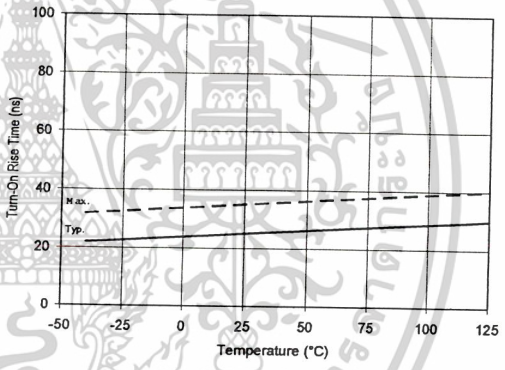


Figure 10A. Turn-On Rise Time vs. Temperature

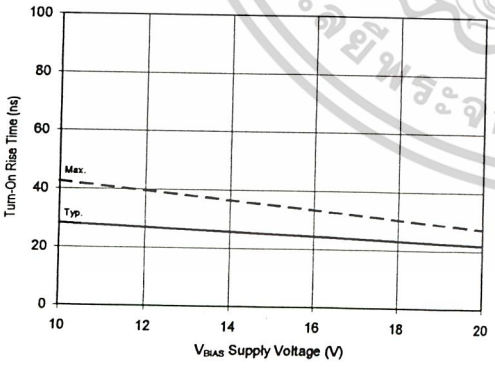


Figure 10B. Turn-On Rise Time vs. Voltage

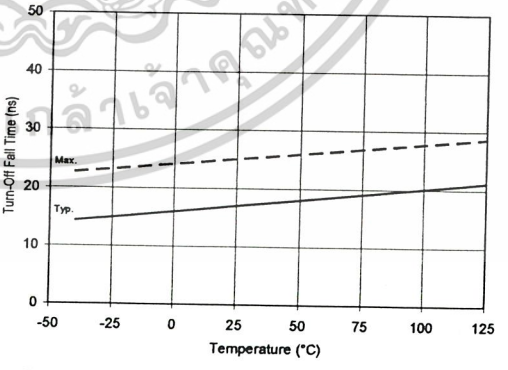


Figure 11A. Turn-Off Fall Time vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

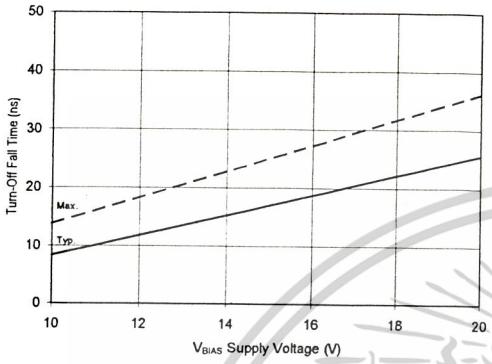


Figure 11B. Turn-Off Fall Time vs. Voltage

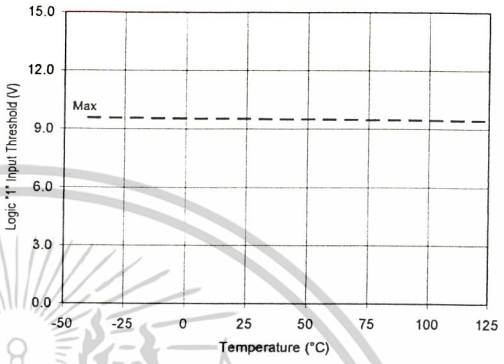


Figure 12A. Logic "1" Input Threshold vs. Temperature

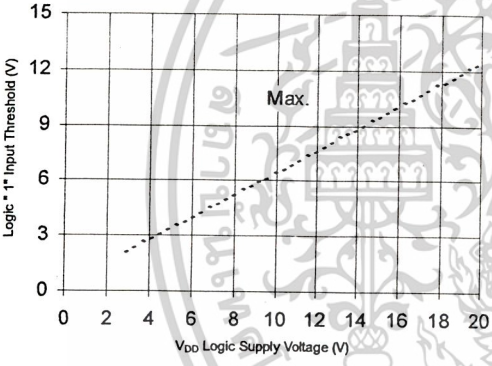


Figure 12B. Logic "1" Input Threshold vs. Voltage

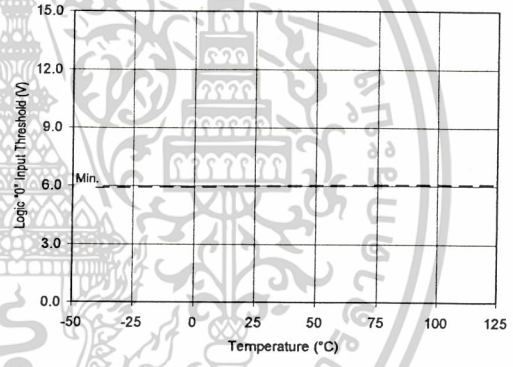


Figure 13A. Logic "0" Input Threshold vs. Temperature

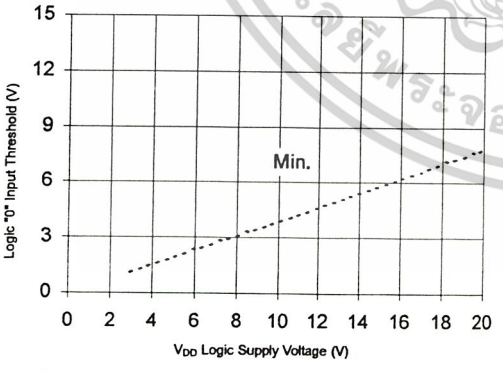


Figure 13B. Logic "0" Input Threshold vs. Voltage

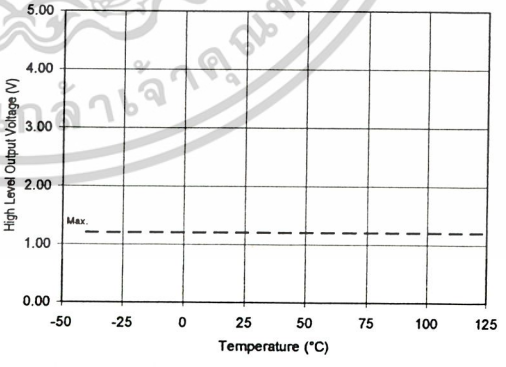


Figure 14A. High Level Output vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

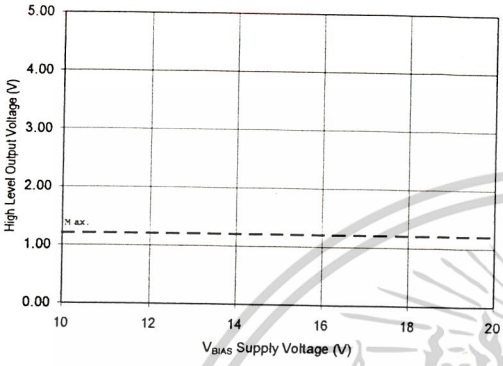


Figure 14B. High Level Output vs. Voltage

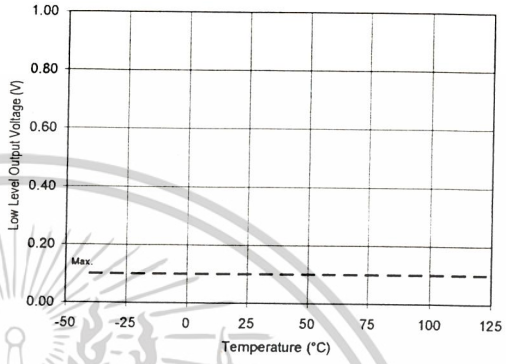


Figure 15A. Low Level Output vs. Temperature

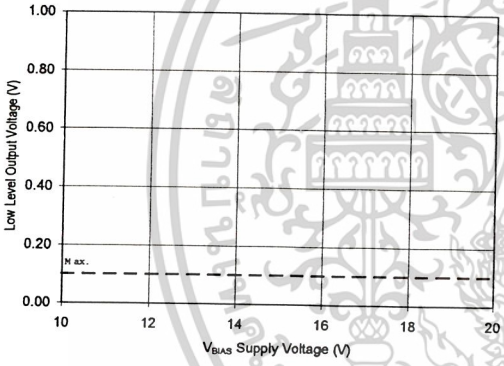


Figure 15B. Low Level Output vs. Voltage

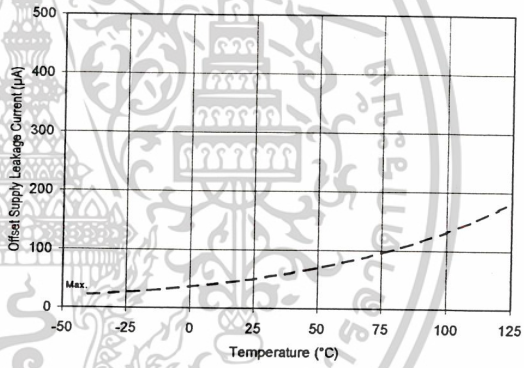


Figure 16A. Offset Supply Current vs. Temperature

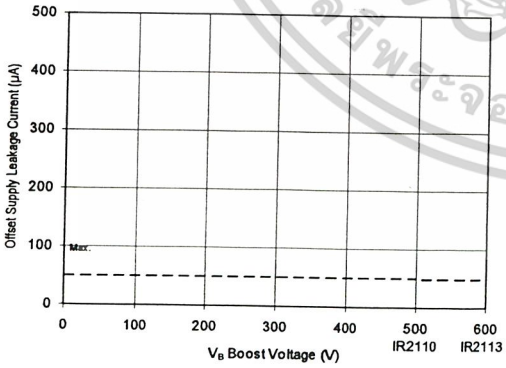


Figure 16B. Offset Supply Current vs. Voltage

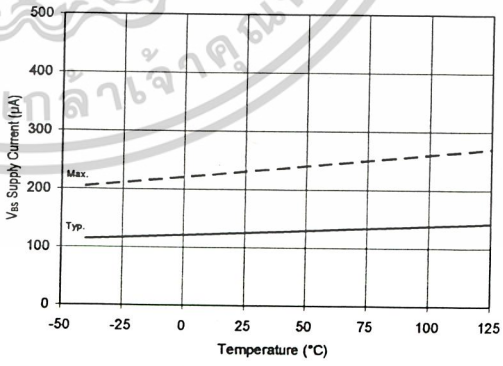


Figure 17A. V_{BS} Supply Current vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

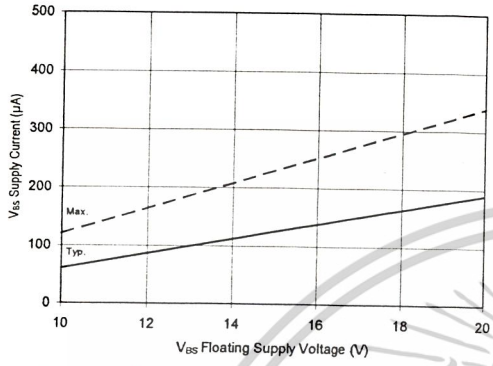


Figure 17B. V_{BS} Supply Current vs. Voltage

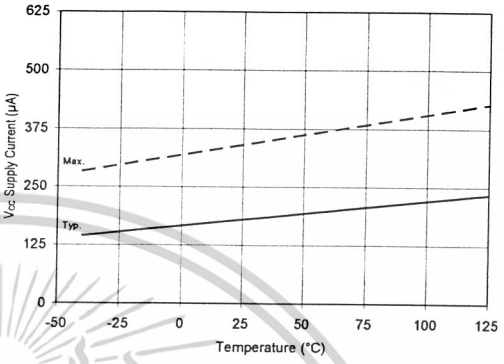


Figure 18A. V_{CC} Supply Current vs. Temperature

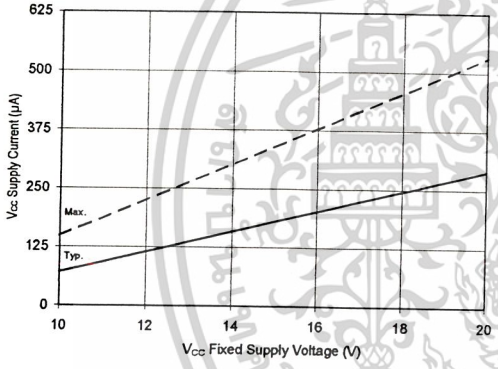


Figure 18B. V_{CC} Supply Current vs. Voltage

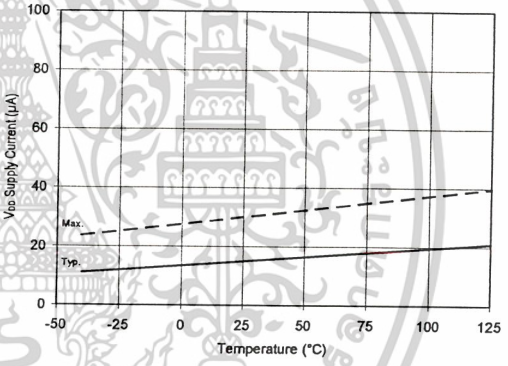


Figure 19A. V_{DD} Supply Current vs. Temperature

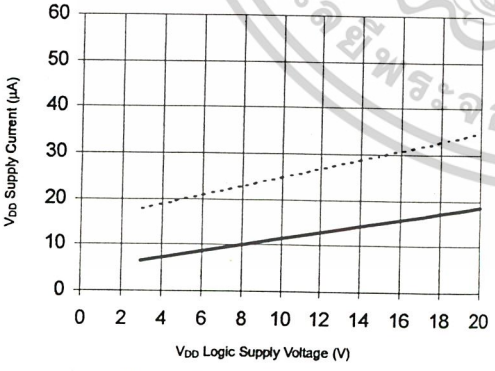


Figure 19B. V_{DD} Supply Current vs. V_{DD} Voltage

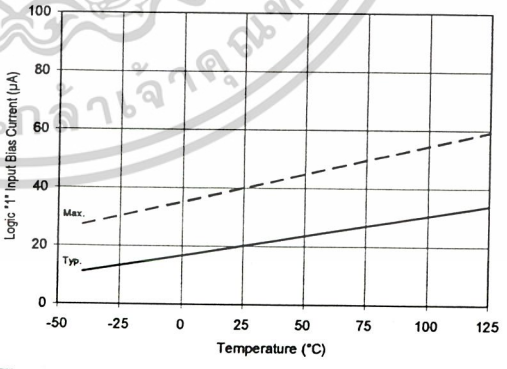


Figure 20A. Logic "1" Input Current vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

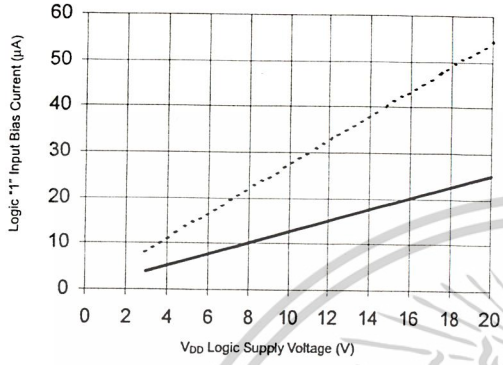


Figure 20B. Logic "1" Input Current vs. V_{DD} Voltage

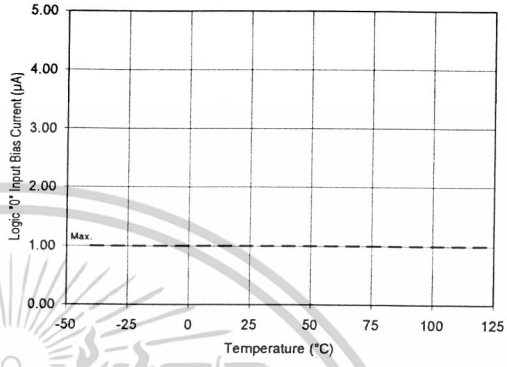


Figure 21A. Logic "0" Input Current vs. Temperature

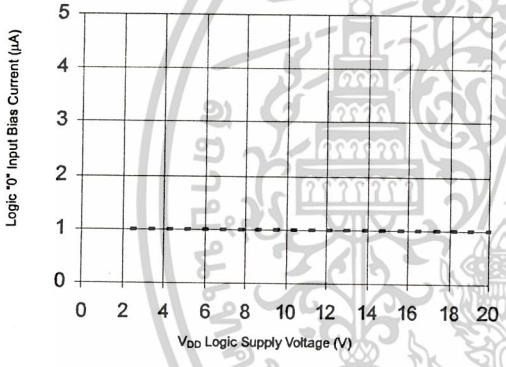


Figure 21B. Logic "0" Input Current vs. V_{DD} Voltage

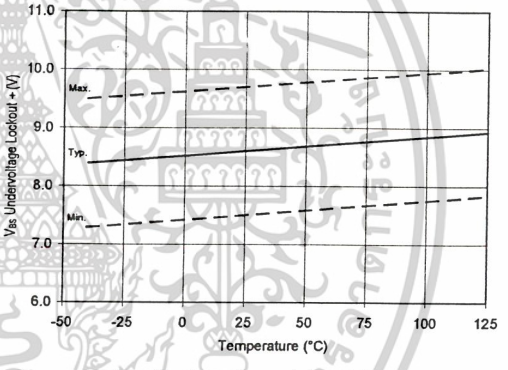


Figure 22. V_{BS} Undervoltage (+) vs. Temperature

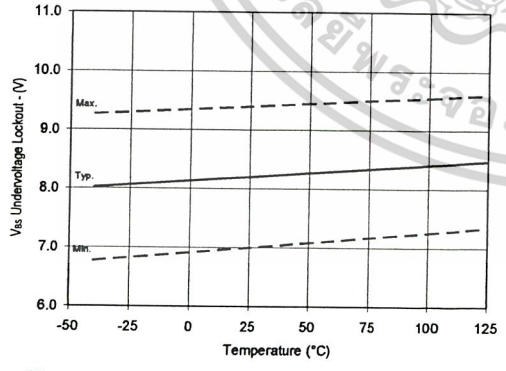


Figure 23. V_{BS} Undervoltage (-) vs. Temperature

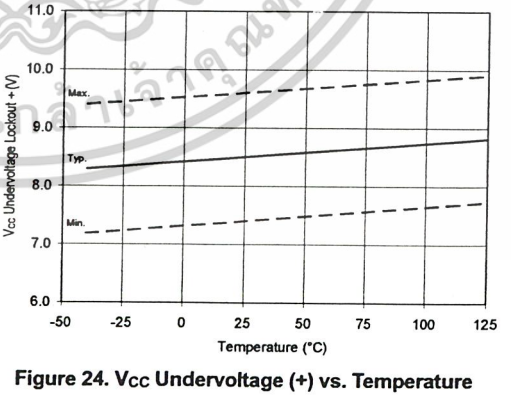


Figure 24. V_{CC} Undervoltage (+) vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

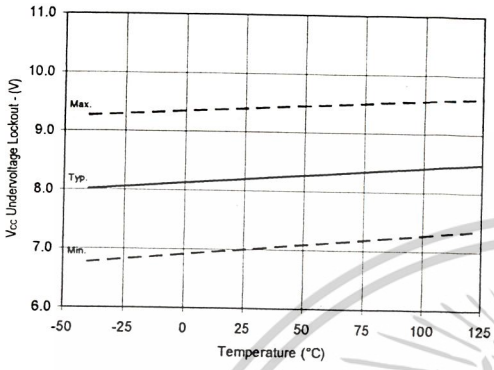


Figure 25. V_{CC} Undervoltage (-) vs. Temperature

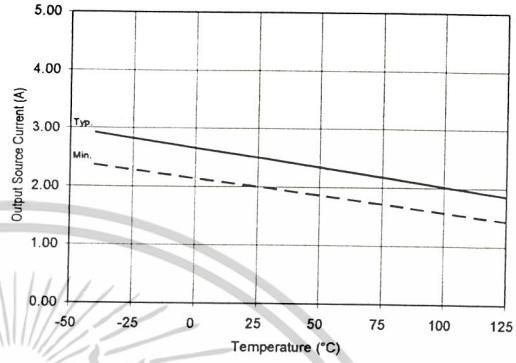


Figure 26A. Output Source Current vs. Temperature

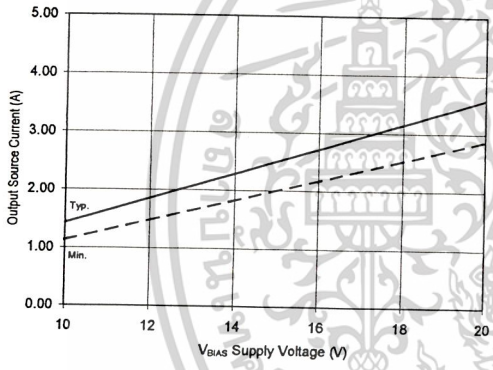


Figure 26B. Output Source Current vs. Voltage

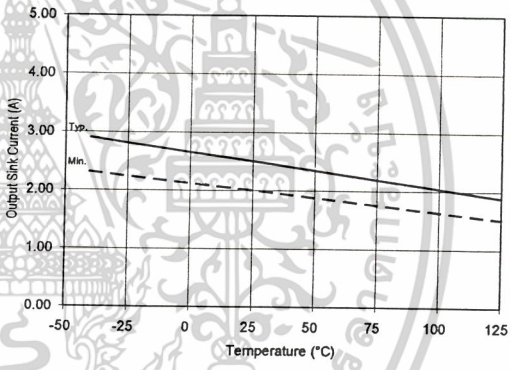


Figure 27A. Output Sink Current vs. Temperature

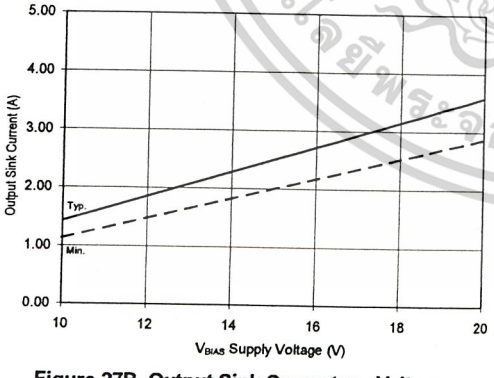


Figure 27B. Output Sink Current vs. Voltage

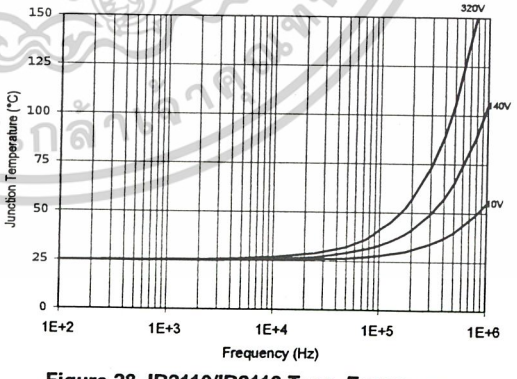


Figure 28. IR2110/IR2113 T_J vs. Frequency
(IRFBC20) R_{GATE} = 33Ω, V_{CC} = 15V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

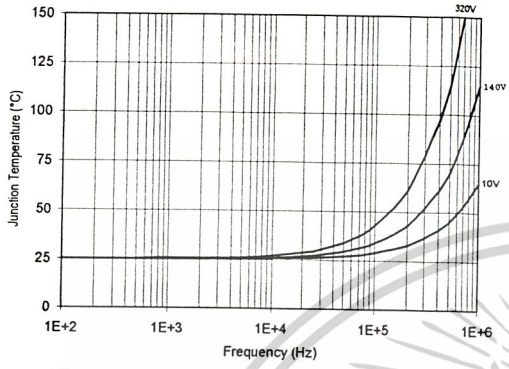


Figure 29. IR2110/IT2113 T_J vs. Frequency (IRFBC30) R_{GATE} = 22Ω, V_{CC} = 15V

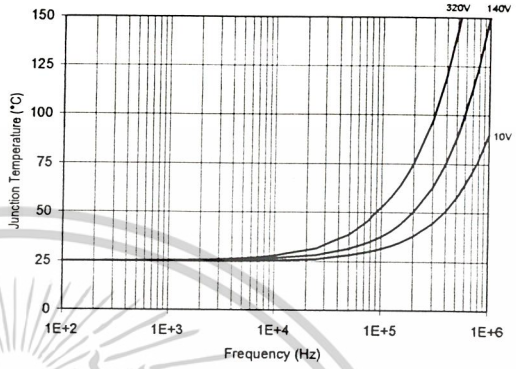


Figure 30. IR2110/IR2113 T_J vs. Frequency (IRFBC40) R_{GATE} = 15Ω, V_{CC} = 15V

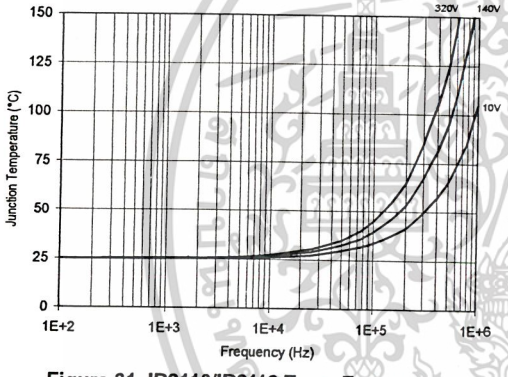


Figure 31. IR2110/IR2113 T_J vs. Frequency (IRFPE50) R_{GATE} = 10Ω, V_{CC} = 15V

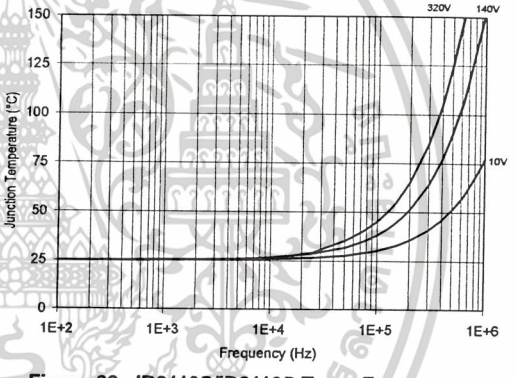


Figure 32. IR2110S/IR2113S T_J vs. Frequency (IRFBC20) R_{GATE} = 33Ω, V_{CC} = 15V

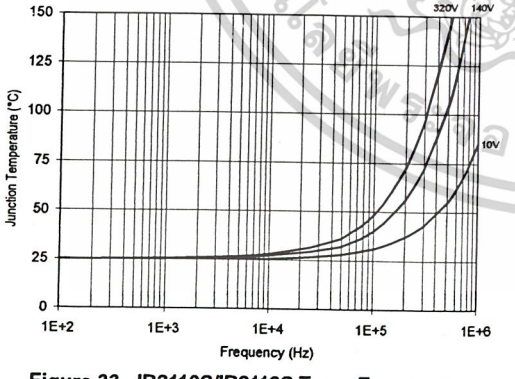


Figure 33. IR2110S/IR2113S T_J vs. Frequency (IRFBC30) R_{GATE} = 22Ω, V_{CC} = 15V

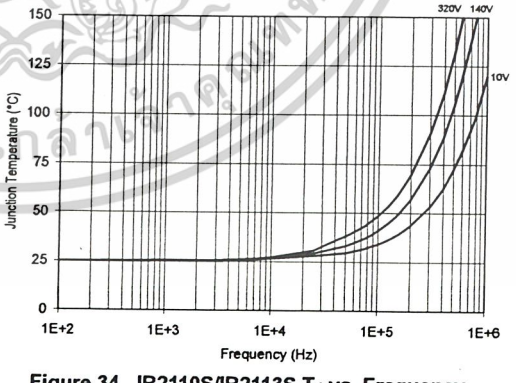


Figure 34. IR2110S/IR2113S T_J vs. Frequency (IRFBC40) R_{GATE} = 15Ω, V_{CC} = 15V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

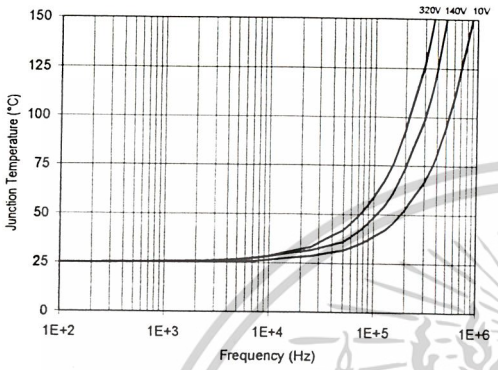


Figure 35. IR2110S/IR2113S T_J vs. Frequency (IRFPE50)
R_{GATE} = 10Ω, V_{CC} = 15V

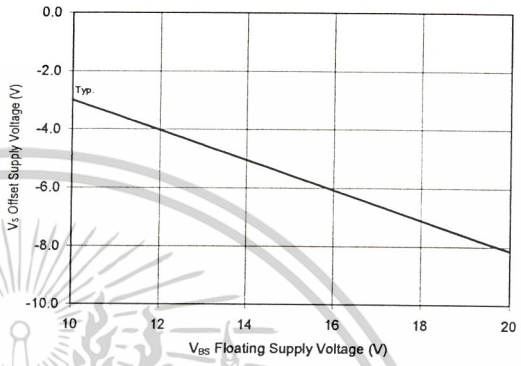


Figure 36. Maximum Vs Negative Offset vs.
V_{BS} Supply Voltage

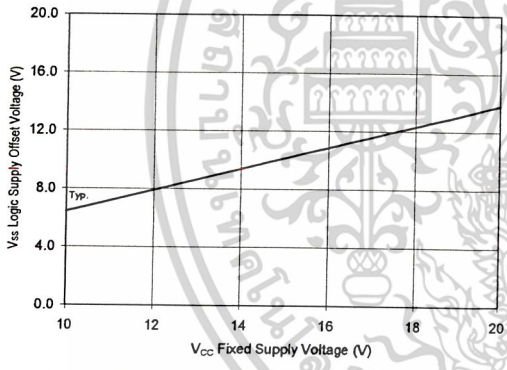
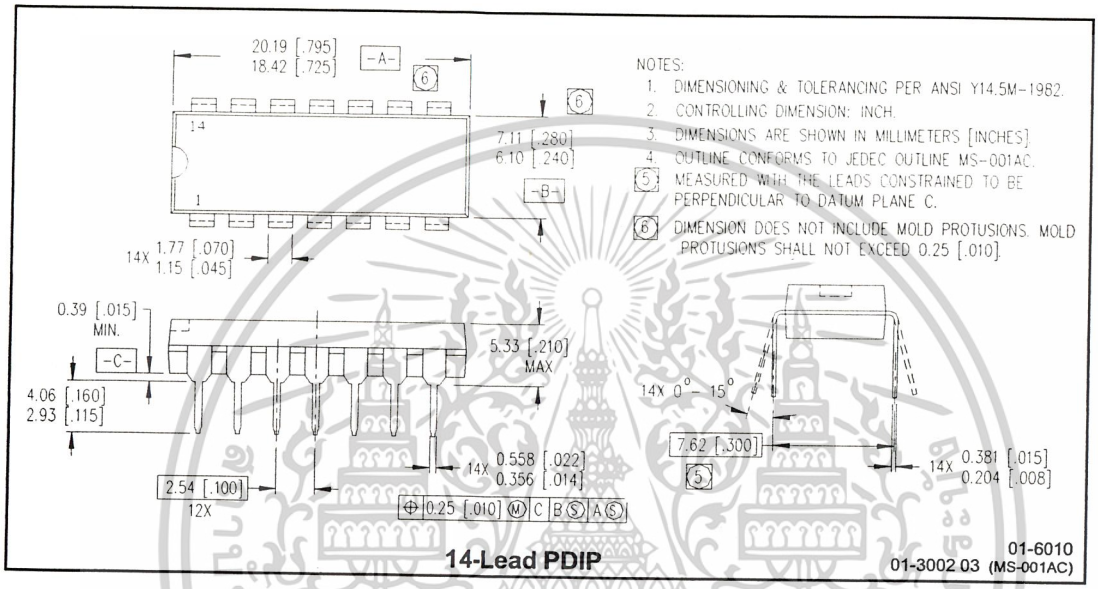


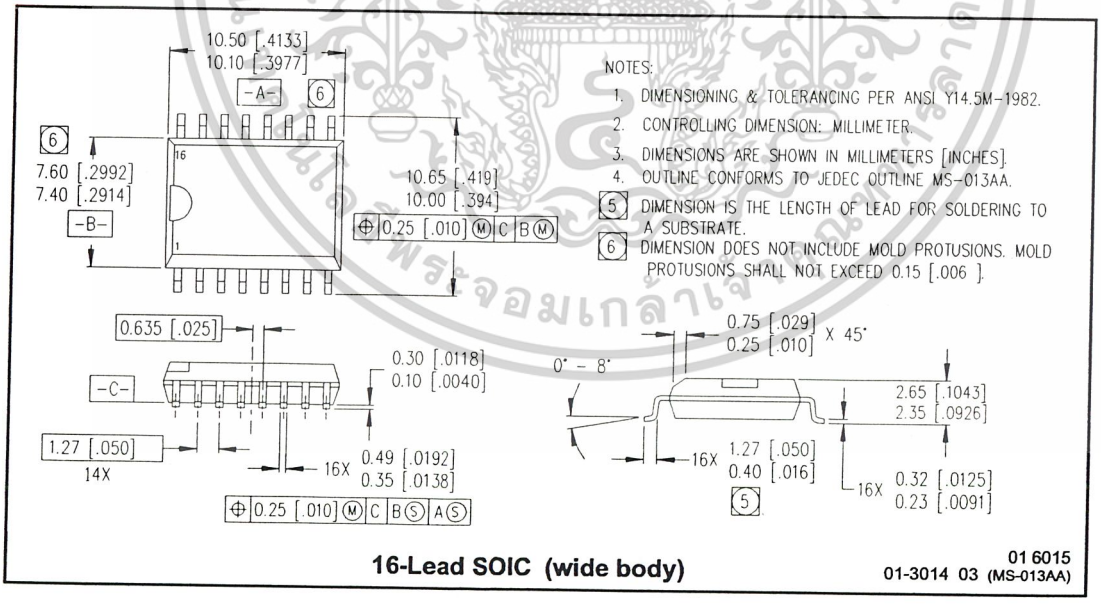
Figure 37. Maximum V_{SS} Positive Offset vs.
V_{CC} Supply Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Case Outlines



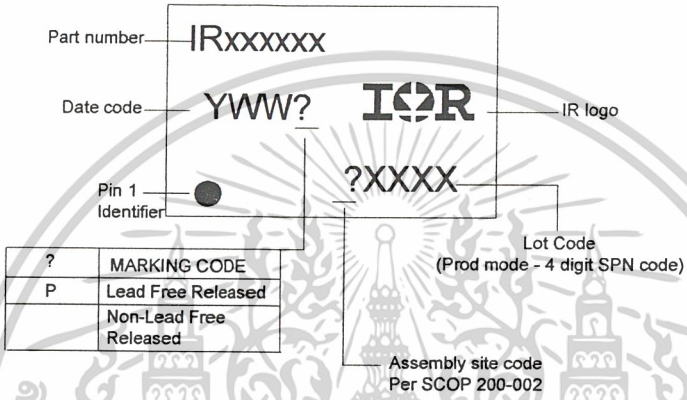
14-Lead PDIP 01-6010 01-3002 03 (MS-001AC)



16-Lead SOIC (wide body) 01 6015 01-3014 03 (MS-013AA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LEADFREE PART MARKING INFORMATION



?	MARKING CODE
P	Lead Free Released
	Non-Lead Free Released

ORDER INFORMATION

Basic Part (Non-Lead Free)	Leadfree Part
14-Lead PDIP IR2110 order IR2110	14-Lead PDIP IR2110 order IR2110PbF
14-Lead PDIP IR2113 order IR2113	14-Lead PDIP IR2113 order IR2113PbF
16-Lead SOIC IR2110S order IR2110S	16-Lead SOIC IR2110S order IR2110SPbF
16-Lead SOIC IR2113S order IR2113S	16-Lead SOIC IR2113S order IR2113SPbF

IR WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245 Tel: (310) 252-7105
This product has been qualified per industrial level
Data and specifications subject to change without notice. 4/2/2004

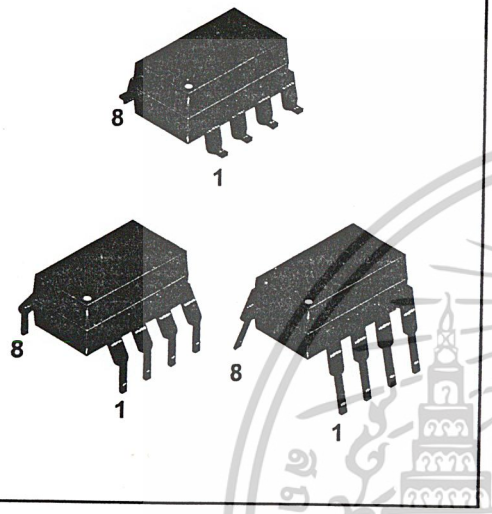
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

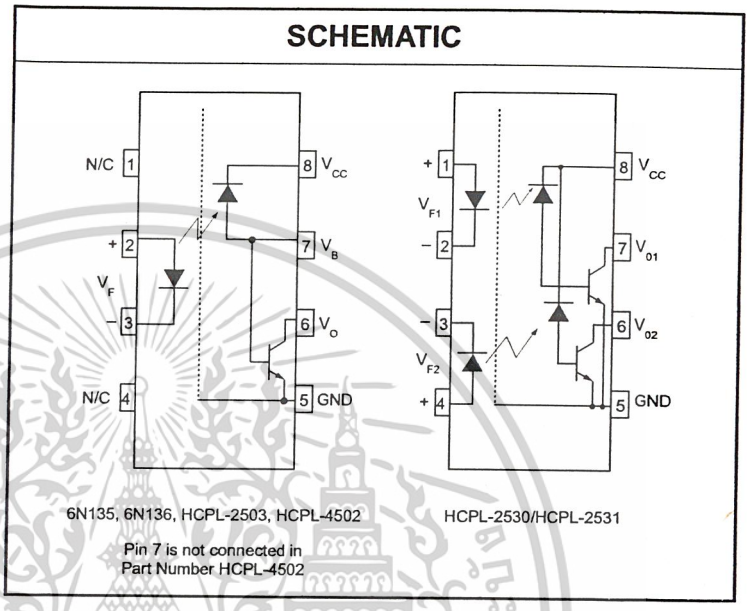
HIGH SPEED TRANSISTOR OPTOCOUPLERS

SINGLE-CHANNEL: 6N135 6N136 HCPL-2503 HCPL-4502
DUAL-CHANNEL: HCPL-2530 HCPL-2531

PACKAGE



SCHEMATIC



6N135, 6N136, HCPL-2503, HCPL-4502

Pin 7 is not connected in Part Number HCPL-4502

HCPL-2530/HCPL-2531

DESCRIPTION

The HCPL-4502/HCPL-2503, 6N135/6 and HCPL-2530/HCPL-2531 optocouplers consist of an AlGaAs LED optically coupled to a high speed photodetector transistor.

A separate connection for the bias of the photodiode improves the speed by several orders of magnitude over conventional phototransistor optocouplers by reducing the base-collector capacitance of the input transistor.

An internal noise shield provides superior common mode rejection of 10kV/μs. An improved package allows superior insulation permitting a 480 V working voltage compared to industry standard of 220 V.

FEATURES

- High speed-1 MBit/s
- Superior CMR-10 kV/μs
- Dual-Channel HCPL-2530/HCPL-2531
- Double working voltage-480V RMS
- CTR guaranteed 0-70°C
- U.L. recognized (File # E90700)

APPLICATIONS

- Line receivers
- Pulse transformer replacement
- Output interface to CMOS-LSTTL-TTL
- Wide bandwidth analog coupling

© 2004 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C unless otherwise specified)

Parameter		Symbol	Value	Units
Storage Temperature		T_{STG}	-55 to +125	°C
Operating Temperature		T_{OPR}	-55 to +100	°C
Lead Solder Temperature		T_{SOL}	260 for 10 sec	°C
EMITTER				
DC/Average Forward Input Current	Each Channel (Note 1)	I_F (avg)	25	mA
Peak Forward Input Current (50% duty cycle, 1 ms P.W.)	Each Channel (Note 2)	I_F (pk)	50	mA
Peak Transient Input Current - (≤1 µs P.W., 300 pps)	Each Channel	I_F (trans)	1.0	A
Reverse Input Voltage	Each Channel	V_R	5	V
Input Power Dissipation	(6N135/6N136 and HCPL-2503/4502) (HCPL-2530/2531) Each Channel (Note 3)	P_D	100 45	mW
DETECTOR				
Average Output Current	Each Channel	I_O (avg)	8	mA
Peak Output Current	Each Channel	I_O (pk)	16	mA
Emitter-Base Reverse Voltage	(6N135, 6N136 and HCPL-2503 only)	V_{EBR}	5	V
Supply Voltage		V_{CC}	-0.5 to 30	V
Output Voltage		V_O	-0.5 to 20	V
Base Current	(6N135, 6N136 and HCPL-2503 only)	I_B	5	mA
Output power dissipation	(6N135, 6N136, HCPL-2503, HCPL-4502) (Note 4)	P_D	100	mW
	(HCPL-2530, HCPL-2531) Each Channel		35	mW

© 2004 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 0 to 70°C Unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameter	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ**	Max	Unit
EMITTER							
Input Forward Voltage	(I_F = 16 mA, T_A =25°C)	V_F			1.45	1.7	V
	(I_F = 16 mA)					1.8	
Input Reverse Breakdown Voltage	(I_R = 10 µA)	B_{VR}		5.0			V
Temperature coefficient of forward voltage	(I_F = 16 mA)	($\Delta V_F/\Delta T_A$)			-1.6		mV/°C
DETECTOR							
Logic high output current	(I_F = 0 mA, V_O = V_{CC} = 5.5 V) (T_A =25°C)	I_{OH}	All		0.001	0.5	µA
	(I_F = 0 mA, V_O = V_{CC} = 15 V) (T_A =25°C)		6N135 6N136 HCPL-4502 HCPL-2503		0.005	1	
	(I_F = 0 mA, V_O = V_{CC} = 15 V)		All			50	
Logic low supply current	(I_F = 16 mA, V_O = Open) (V_{CC} = 15 V)	I_{CCL}	6N135 6N136 HCPL-4502 HCPL-2503		120	200	µA
	(I_{F1} = I_{F2} = 16 mA, V_O = Open) (V_{CC} = 15 V)		HCPL-2530 HCPL-2531		200	400	
Logic high supply current	(I_F = 0 mA, V_O = Open, V_{CC} = 15 V) (T_A =25°C)	I_{CCH}	6N135 6N136 HCPL-4502 HCPL-2503			1	µA
	(I_F = 0 mA, V_O = Open) (V_{CC} = 15 V)		6N135 6N136 HCPL-4502 HCPL-2503			2	
	(I_F = 0 mA, V_O = Open) (V_{CC} = 15 V)		HCPL-2530 HCPL-2531		0.02	4	

** All Typicals at T_A = 25°C

© 2004 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRANSFER CHARACTERISTICS (T_A = 0 to 70°C Unless otherwise specified)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ**	Max	Unit
COUPLED							
Current transfer ratio (Note 5)	(I_F = 16 mA, V_O = 0.4 V) (V_{CC} = 4.5 V, T_A =25°C)	CTR	6N135 HCPL-2530	7	18	50	%
			6N136 HCPL-4502 HCPL-2531	19	27	50	%
			HCPL-2503	12	27		%
	(I_F = 16 mA, V_{CC} = 4.5 V) V_{OL}=0.4V		6N135	5	21		%
	V_{OL}=0.5V		HCPL-2530				
	V_{OL}=0.4V		6N136 HCPL-4502	15	30		%
	V_{OL}=0.5V		HCPL-2531				
	V_{OL}=0.4V		HCPL-2503	9	30		%
Logic low output voltage output voltage	(I_F = 16 mA, I_O = 1.1 mA) (V_{CC} = 4.5 V, T_A =25°C)	V_{OL}	6N135		0.18	0.4	V
			HCPL-2530		0.18	0.5	
	(I_F = 16 mA, I_O = 3 mA) (V_{CC} = 4.5 V, T_A =25°C)		6N136 HCPL-2503		0.25	0.4	
			HCPL-2531		0.25	0.5	
	(I_F = 16 mA, I_O = 0.8 mA) (V_{CC} = 4.5 V)		6N135 HCPL-2530			0.5	
	(I_F = 16 mA, I_O = 2.4 mA) (V_{CC} = 4.5 V)		HCPL-4502 HCPL-2531			0.5	

** All Typicals at T_A = 25°C

© 2004 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SWITCHING CHARACTERISTICS (T_A = 0 to 70°C unless otherwise specified., V_{CC} = 5 V)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ**	Max	Unit
Propagation delay time to logic low	T_A = 25°C, (R_L = 4.1 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 6) (Fig. 7)	T_{PHL}	6N135 HCPL-2530		0.45	1.5	µs
	(R_L = 1.9 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 7) (Fig. 7) T_A = 25°C		6N136 HCPL-4502 HCPL-2503 HCPL-2531		0.45	0.8	µs
	(R_L = 4.1 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 6) (Fig. 7)		6N135 HCPL-2530			2.0	µs
	(R_L = 1.9 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 7) (Fig. 7)		6N136 HCPL-4502 HCPL-2503 HCPL-2531			1.0	µs
Propagation delay time to logic high	T_A = 25°C, (R_L = 4.1 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 6) (Fig. 7)	T_{PLH}	6N135 HCPL-2530		0.5	1.5	µs
	(R_L = 1.9 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 7) (Fig. 7) T_A = 25°C		6N136 HCPL-4502 HCPL-2503 HCPL-2531		0.3	0.8	µs
	(R_L = 4.1 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 6) (Fig. 7)		6N135 HCPL-2530			2.0	µs
	(R_L = 1.9 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 7) (Fig. 7)		6N136 HCPL-4502 HCPL-2503 HCPL-2531			1.0	µs
Common mode transient immunity at logic high	(I_F = 0 mA, V_{CM} = 10 V_{P-P} R_L = 4.1 kΩ) (Note 8) (Fig. 8) T_A = 25°C	$\|CM_H\|$	6N135 HCPL-2530		10,000		V/µs
	(I_F = 0 mA, V_{CM} = 10 V_{P-P}) T_A = 25°C, (R_L = 1.9 kΩ) (Note 8) (Fig. 8)		6N136 HCPL-4502 HCPL-2503 HCPL-2531		10,000		V/µs
Common mode transient immunity at logic low	(I_F = 16 mA, V_{CM} = 10 V_{P-P} R_L = 4.1 kΩ) (Note 8) (Fig. 8) T_A = 25°C	$\|CM_L\|$	6N135 HCPL-2530		10,000		V/µs
	(I_F = 16 mA, V_{CM} = 10 V_{P-P}) (R_L = 1.9 kΩ) (Note 8) (Fig. 8)		6N136 HCPL-4502 HCPL-2503 HCPL-2531		10,000		V/µs

** All Typicals at T_A = 25°C

© 2004 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISOLATION CHARACTERISTICS (T_A = 0 to 70°C Unless otherwise specified)

Characteristics	Test Conditions	Symbol	Min	Typ**	Max	Unit
Input-output insulation leakage current	(Relative humidity = 45%) (T_A = 25°C, t = 5 s) (V_{I-O} = 3000 VDC) (Note 9)	I_{I-O}			1.0	µA
Withstand insulation test voltage	(RH ≤ 50%, T_A = 25°C) (Note 9) (t = 1 min.)	V_{ISO}	2500			V_{RMS}
Resistance (input to output)	(Note 9) (V_{I-O} = 500 VDC)	R_{I-O}		10^{12}		Ω
Capacitance (input to output)	(Note 9) (f = 1 MHz)	C_{I-O}		0.6		pF
DC Current gain	(I_O = 3 mA, V_O = 5 V)	HFE		150		
Input-Input Insulation leakage current	(RH ≤ 45%, V_{I-I} = 500 VDC) (Note 10) t = 5 s, (HCPL-2530/2531 only)	I_{I-I}		0.005		µA
Input-Input Resistance	(V_{I-I} = 500 VDC) (Note 10) (HCPL-2530/2531 only)	R_{I-I}		10^{11}		Ω
Input-Input Capacitance	(f = 1 MHz) (Note 10) (HCPL-2530/2531 only)	C_{I-I}		0.03		pF

Notes

1. Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of 0.8 mA/°C.
2. Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of 1.6 mA/°C.
3. Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of 0.9 mW/°C.
4. Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of 2.0 mW/°C.
5. Current Transfer Ratio is defined as a ratio of output collector current, I_O, to the forward LED input current, I_F, times 100%.
6. The 4.1 kΩ load represents 1 LSTTL unit load of 0.36 mA and 6.1kΩ pull-up resistor.
7. The 1.9 kΩ load represents 1 TTL unit load of 1.6 mA and 5.6 kΩ pull-up resistor.
8. Common mode transient immunity in logic high level is the maximum tolerable (positive) dV_{cm}/dt on the leading edge of the common mode pulse signal V_{CM}, to assure that the output will remain in a logic high state (i.e., V_O>2.0 V). Common mode transient immunity in logic low level is the maximum tolerable (negative) dV_{cm}/dt on the trailing edge of the common mode pulse signal, V_{CM}, to assure that the output will remain in a logic low state (i.e., V_O<0.8 V).
9. Device is considered a two terminal device: Pins 1, 2, 3 and 4 are shorted together and Pins 5, 6, 7 and 8 are shorted together.
10. Measured between pins 1 and 2 shorted together, and pins 3 and 4 shorted together.

© 2004 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 1 Normalized CTR vs. Forward Current

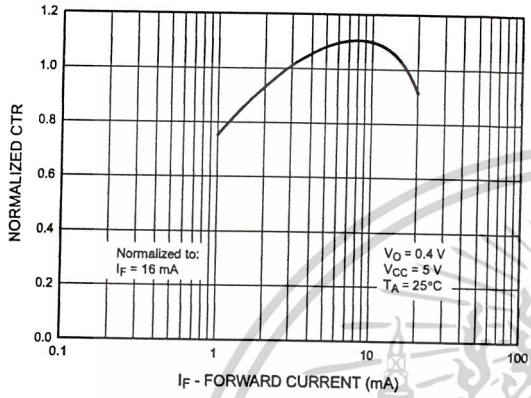


Fig. 2 Normalized CTR vs. Temperature

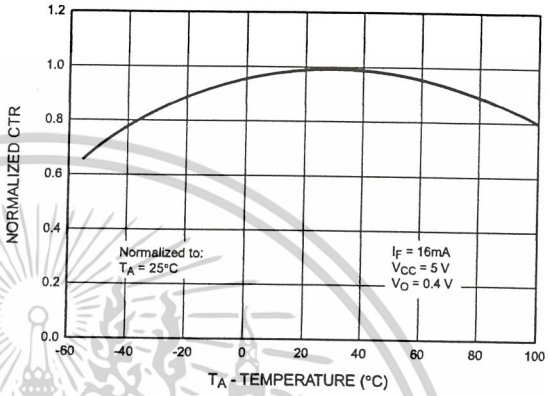


Fig. 3 Output Current vs. Output Voltage

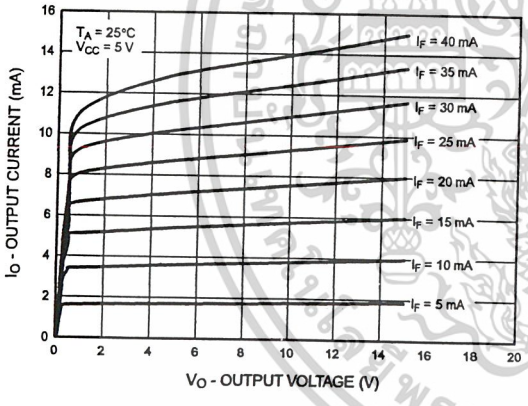


Fig. 4 Logic High Output Current vs. Temperature

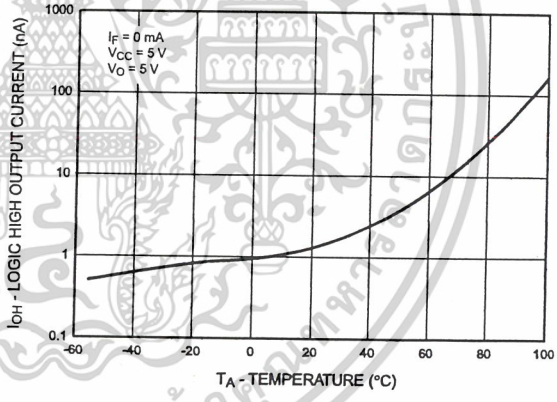


Fig. 5 Propagation Delay vs. Temperature

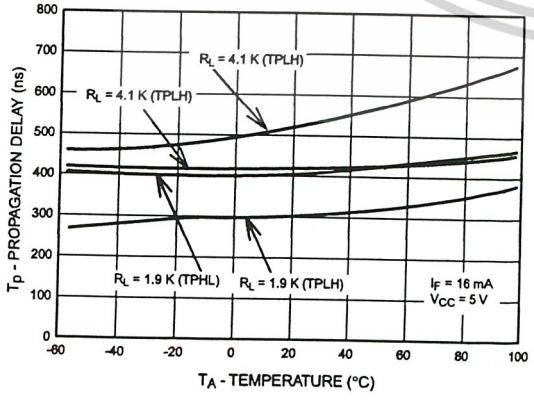
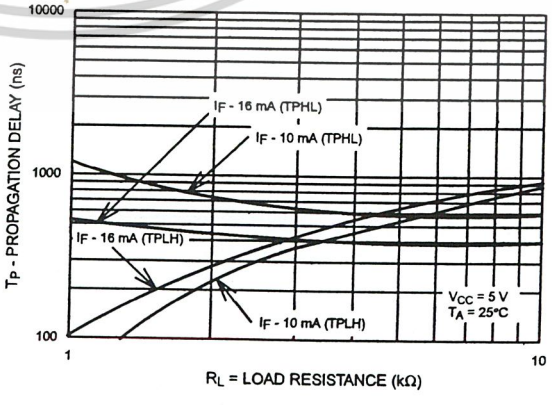
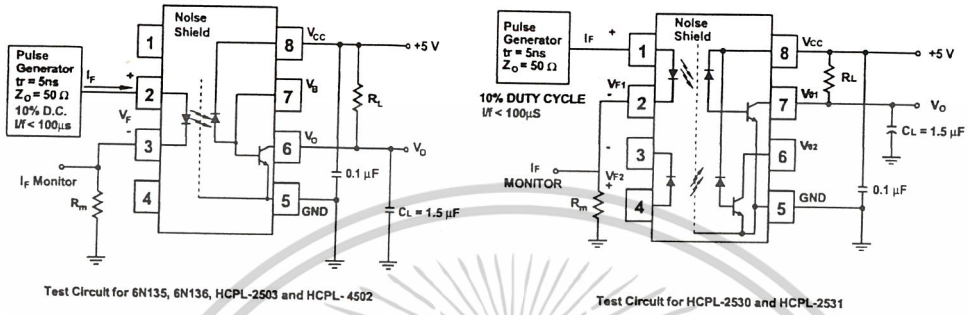


Fig. 6 Propagation Delay vs. Load Resistance



© 2004 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Test Circuit for 6N135, 6N136, HCPL-2503 and HCPL- 4502

Test Circuit for HCPL-2530 and HCPL-2531

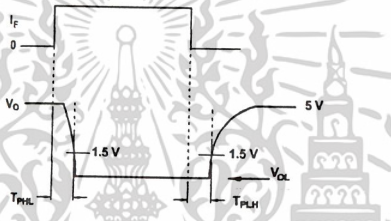
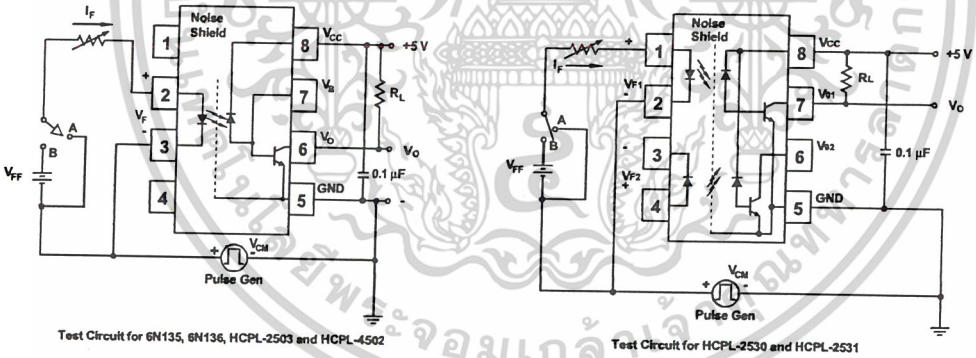


Fig. 7 Switching Time Test Circuit



Test Circuit for 6N135, 6N136, HCPL-2503 and HCPL-4502

Test Circuit for HCPL-2530 and HCPL-2531

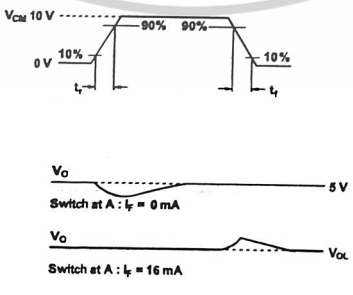


Fig. 8 Common Mode Immunity Test Circuit

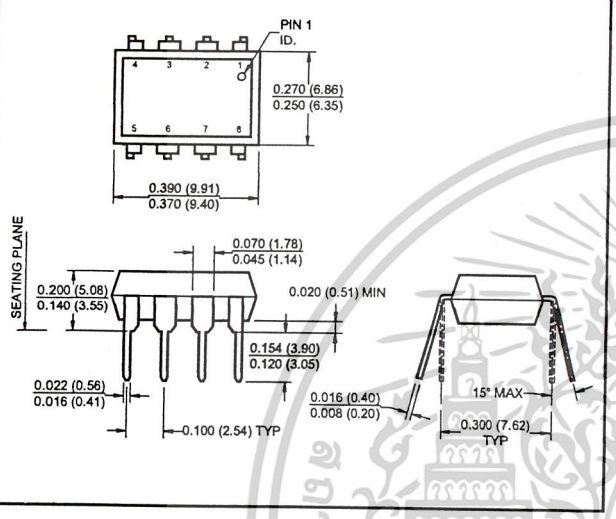
© 2004 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

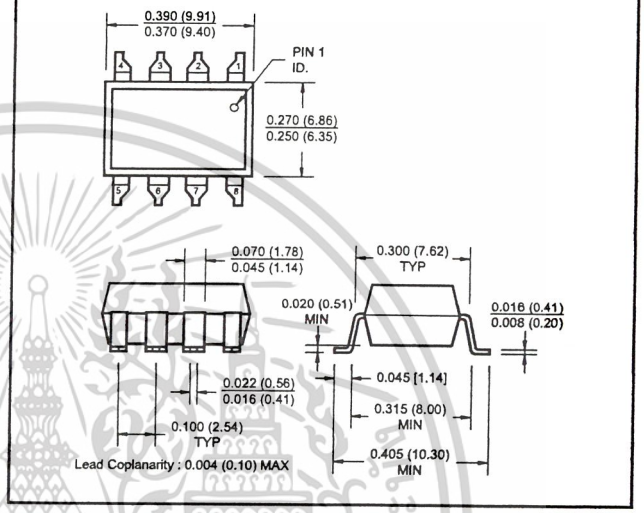
HIGH SPEED TRANSISTOR OPTOCOUPLERS

SINGLE-CHANNEL: 6N135 6N136 HCPL-2503 HCPL-4502
DUAL-CHANNEL: HCPL-2530 HCPL-2531

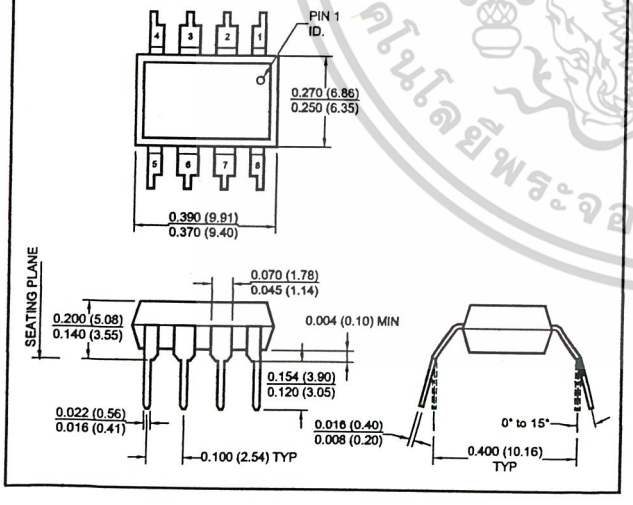
Package Dimensions (Through Hole)



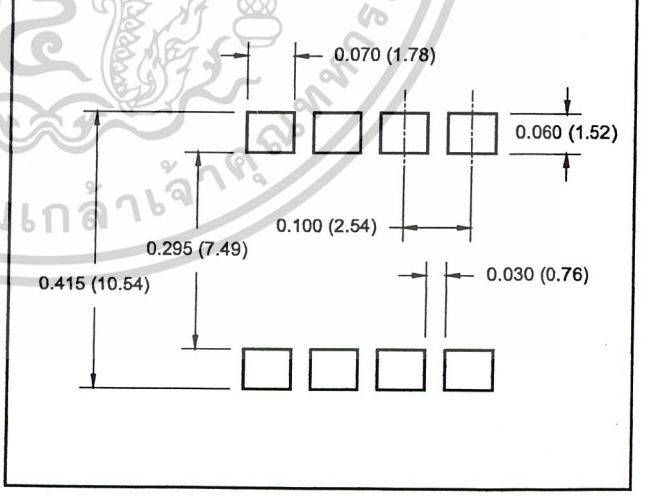
Package Dimensions (Surface Mount)



Package Dimensions (0.4"Lead Spacing)



Recommended Pad Layout for Surface Mount Leadform



NOTE
All dimensions are in inches (millimeters)

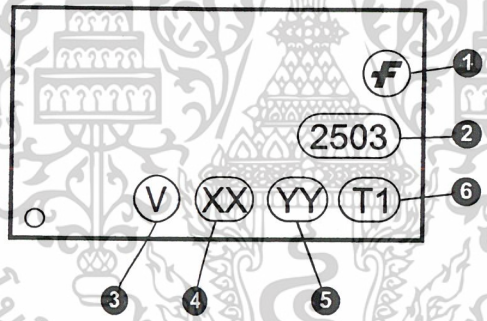
© 2004 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

Option	Example Part Number	Description
S	6N135S	Surface Mount Lead Bend
SD	6N135SD	Surface Mount; Tape and reel
T	6N135T	0.4" Lead Spacing
V	6N135V	VDE0884
TV	6N135TV	VDE0884; 0.4" lead spacing
SV	6N135SV	VDE0884; surface mount
SDV	6N135SDV	VDE0884; surface mount; tape and reel

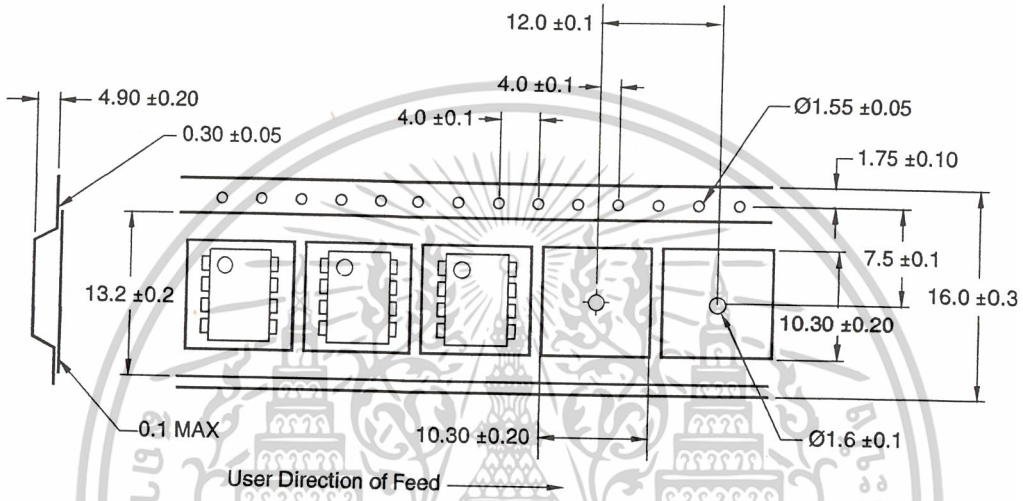
MARKING INFORMATION



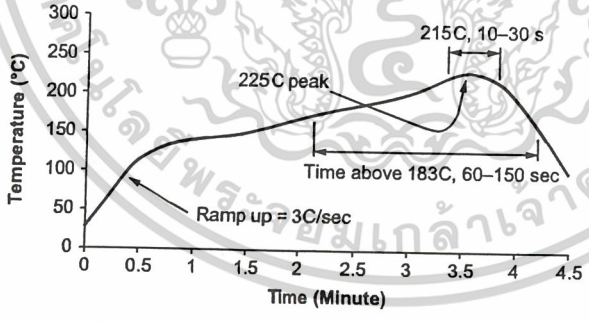
Definitions	
1	Fairchild logo
2	Device number
3	VDE mark (Note: Only appears on parts ordered with VDE option – See order entry table)
4	Two digit year code, e.g., '03'
5	Two digit work week ranging from '01' to '53'
6	Assembly package code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Carrier Tape Specifications



Reflow Profile



- Peak reflow temperature: 225C (package surface temperature)
- Time of temperature higher than 183C for 60–150 seconds
- One time soldering reflow is recommended

© 2004 Fairchild Semiconductor Corporation

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®	ISOPLANAR™	Power247™	Stealth™
ActiveArray™	FASTr™	LittleFET™	PowerEdge™	SuperFET™
Bottomless™	FPS™	MICROCOUPLER™	PowerSaver™	SuperSOT™-3
CoolFET™	FRFET™	MicroFET™	PowerTrench®	SuperSOT™-6
CROSSVOLT™	GlobalOptoisolator™	MicroPak™	QFET®	SuperSOT™-8
DOME™	GTO™	MICROWIRE™	QS™	SyncFET™
EcoSPARK™	HiSeC™	MSX™	QT Optoelectronics™	TinyLogic®
E²CMOS™	I²C™	MSXPro™	Quiet Series™	TINYOPTO™
EnSigna™	*i-Lo*™	OCX™	RapidConfigure™	TruTranslation™
FACT™	ImpliedDisconnect™	OCXPro™	RapidConnect™	UHC™
FACT Quiet Series™		OPTOLOGIC®	µSerDes™	UltraFET®
Across the board. Around the world.™		OPTOPLANAR™	SILENT SWITCHER®	VCX™
The Power Franchise®		PACMAN™	SMART START™	
Programmable Active Droop™		POP™	SPM™	

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.

Rev. I13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET

74AHC08; 74AHCT08
Quad 2-input AND gate

Product specification
Supersedes data of 1998 Dec 18
File under Integrated Circuits, IC06

1999 Sep 24

Philips Semiconductors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FEATURES

- ESD protection:
  HBM EIA/JESD22-A114-A exceeds 2000 V
  MM EIA/JESD22-A115-A exceeds 200 V
  CDM EIA/JESD22-C101 exceeds 1000 V
- Balanced propagation delays
- All inputs have Schmitt-trigger actions
- Inputs accepts voltages higher than V_{CC}
- For AHC only: operates with CMOS input levels
- For AHCT only: operates with TTL input levels
- Specified from –40 to +85 and +125 °C.

DESCRIPTION

The 74AHC/AHCT08 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard No. 7A.

The 74AHC/AHCT08 provide the 2-input AND function.

FUNCTION TABLE

See note 1.

INPUT		OUTPUT
nA	nB	nY
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

Note

1. H = HIGH voltage level;
   L = LOW voltage level.

QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; T_{amb} = 25 °C; $t_r = t_f \leq 3.0$ ns.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			AHC	AHCT	
t_{PHL}/t_{PLH}	propagation delay nA, nB to nY	C_L = 15 pF; V_{CC} = 5 V	3.5	5.0	ns
C_I	input capacitance	$V_I = V_{CC}$ or GND	3.0	3.0	pF
C_O	output capacitance		4.0	4.0	pF
C_{PD}	power dissipation capacitance	C_L = 50 pF; f = 1 MHz; notes 1 and 2	10	12	pF

Notes

1. C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in µW).
   $P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \Sigma (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ where:
   f_i = input frequency in MHz;
   f_o = output frequency in MHz;
   $\Sigma (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs;
   C_L = output load capacitance in pF;
   V_{CC} = supply voltage in Volts.
2. The condition is V_I = GND to V_{CC}.

PINNING

PIN	SYMBOL	DESCRIPTION
1, 4, 9 and 12	1A to 4A	data inputs
2, 5, 10 and 13	1B to 4B	data inputs
3, 6, 8 and 11	1Y to 4Y	data outputs
7	GND	ground (0 V)
14	V_{CC}	DC supply voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

OUTSIDE NORTH AMERICA	NORTH AMERICA	PACKAGES			
		PINS	PACKAGE	MATERIAL	CODE
74AHC08D	74AHC08D	14	SO	plastic	SOT108-1
74AHC08PW	74AHC08PW DH	14	TSSOP	plastic	SOT402-1
74AHCT08D	74AHCT08D	14	SO	plastic	SOT108-1
74AHCT08PW	74AHCT08PW DH	14	TSSOP	plastic	SOT402-1

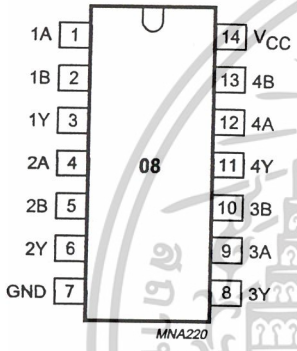


Fig.1 Pin configuration.

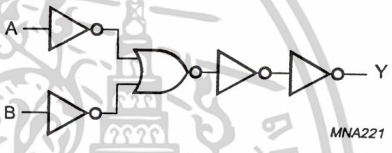


Fig.2 Logic diagram (one gate).

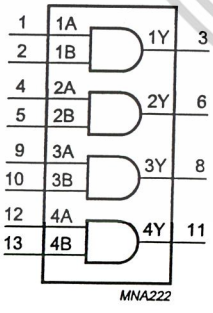


Fig.3 Functional diagram.

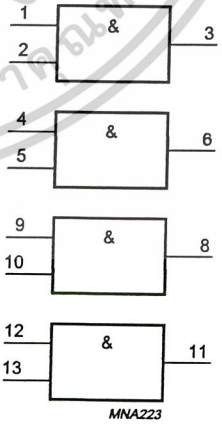


Fig.4 IEC logic symbol.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	74AHC			74AHCT			UNIT
			MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.	
V_{CC}	DC supply voltage		2.0	5.0	5.5	4.5	5.0	5.5	V
V_I	input voltage		0	–	5.5	0	–	5.5	V
V_O	output voltage		0	–	V_{CC}	0	–	V_{CC}	V
T_{amb}	operating ambient temperature range	see DC and AC characteristics per device	–40	+25	+85	–40	+25	+85	°C
			–40	+25	+125	–40	+25	+125	°C
t_r, t_f ($\Delta t/\Delta f$)	input rise and fall rates	V_{CC} = 3.3 V ±0.3 V	–	–	100	–	–	–	ns/V
		V_{CC} = 5 V ±0.5 V	–	–	20	–	–	20	

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134); voltages are referenced to GND (ground = 0 V).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CC}	DC supply voltage		–0.5	+7.0	V
V_I	input voltage range		–0.5	+7.0	V
I_{IK}	DC input diode current	$V_I < -0.5$ V; note 1	–	–20	mA
I_{OK}	DC output diode current	$V_O < -0.5$ V or $V_O > V_{CC} + 0.5$ V; note 1	–	±20	mA
I_O	DC output source or sink current	-0.5 V $< V_O < V_{CC} + 0.5$ V	–	±25	mA
I_{CC}	DC V_{CC} or GND current		–	±75	mA
T_{stg}	storage temperature range		–65	+150	°C
P_D	power dissipation per package	for temperature range: –40 to +125 °C; note 2	–	500	mW

Notes

1. The input and output voltage ratings may be exceeded if the input and output current ratings are observed.
2. For SO packages: above 70 °C the value of P_D derates linearly with 8 mW/K.
   For TSSOP packages: above 60 °C the value of P_D derates linearly with 5.5 mW/K.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC CHARACTERISTICS

74AHC family

Over recommended operating conditions; voltage are referenced to GND (ground = 0 V).

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS		T_{amb} (°C)							UNIT
		OTHER	V_{CC} (V)	25			–40 to +85		–40 to +125		
				MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
V_{IH}	HIGH-level input voltage		2.0	1.5	–	–	1.5	–	1.5	–	V
			3.0	2.1	–	–	2.1	–	2.1	–	
			5.5	3.85	–	–	3.85	–	3.85	–	
V_{IL}	LOW-level input voltage		2.0	–	–	0.5	–	0.5	–	0.5	V
			3.0	–	–	0.9	–	0.9	–	0.9	
			5.5	–	–	1.65	–	1.65	–	1.65	
V_{OH}	HIGH-level output voltage; all outputs	$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}; $I_O = -50$ µA	2.0	1.9	2.0	–	1.9	–	1.9	–	V
			3.0	2.9	3.0	–	2.9	–	2.9	–	
			4.5	4.4	4.5	–	4.4	–	4.4	–	
	HIGH-level output voltage	$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}; $I_O = -4.0$ mA	3.0	2.58	–	–	2.48	–	2.40	–	V
		$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}; $I_O = -8.0$ mA	4.5	3.94	–	–	3.8	–	3.70	–	
V_{OL}	LOW-level output voltage; all outputs	$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}; $I_O = 50$ µA	2.0	–	0	0.1	–	0.1	–	0.1	V
			3.0	–	0	0.1	–	0.1	–	0.1	
			4.5	–	0	0.1	–	0.1	–	0.1	
	LOW-level output voltage	$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}; $I_O = 4$ mA	3.0	–	–	0.36	–	0.44	–	0.55	V
		$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}; $I_O = 8$ mA	4.5	–	–	0.36	–	0.44	–	0.55	
I_I	input leakage current	$V_I = V_{CC}$ or GND	5.5	–	–	0.1	–	1.0	–	2.0	µA
I_{OZ}	3-state output OFF current	$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}; $V_O = V_{CC}$ or GND	5.5	–	–	±0.25	–	±2.5	–	±10.0	µA
I_{CC}	quiescent supply current	$V_I = V_{CC}$ or GND; $I_O = 0$	5.5	–	–	2.0	–	20	–	40	µA
C_I	input capacitance		–	–	3	10	–	10	–	10	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

74AHCT family

Over recommended operating conditions; voltage are referenced to GND (ground = 0 V).

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS		T_{amb} (°C)							UNIT
		OTHER	V_{CC} (V)	25			–40 to +85		–40 to +125		
				MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
V_{IH}	HIGH-level input voltage		4.5 to 5.5	2.0	–	–	2.0	–	2.0	–	V
V_{IL}	LOW-level input voltage		4.5 to 5.5	–	–	0.8	–	0.8	–	0.8	V
V_{OH}	HIGH-level output voltage; all outputs	$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}; $I_O = -50$ μA	4.5	4.4	4.5	–	4.4	–	4.4	–	V
	HIGH-level output voltage	$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}; $I_O = -8.0$ mA	4.5	3.94	–	–	3.8	–	3.70	–	V
V_{OL}	LOW-level output voltage; all outputs	$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}; $I_O = 50$ μA	4.5	–	0	0.1	–	0.1	–	0.1	V
	LOW-level output voltage	$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}; $I_O = 8$ mA	4.5	–	–	0.36	–	0.44	–	0.55	V
I_I	input leakage current	$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}	5.5	–	–	0.1	–	1.0	–	2.0	μA
I_{OZ}	3-state output OFF current	$V_I = V_{IH}$ or V_{IL}; $V_O = V_{CC}$ or GND per input pin; other inputs at V_{CC} or GND; $I_O = 0$	5.5	–	–	±0.25	–	±2.5	–	±10.0	μA
I_{CC}	quiescent supply current	$V_I = V_{CC}$ or GND; $I_O = 0$	5.5	–	–	2.0	–	20	–	40	μA
ΔI_{CC}	additional quiescent supply current per input pin	$V_I = V_{CC} - 2.1$ V other inputs at V_{CC} or GND; $I_O = 0$	4.5 to 5.5	–	–	1.35	–	1.5	–	1.5	mA
C_I	input capacitance		–	–	3	10	–	10	–	10	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC CHARACTERISTICS

Type 74AHC08

GND = 0 V; $t_r = t_f \leq 3.0$ ns.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS		T_{amb} (°C)							UNIT
		WAVEFORMS	C_L	25			−40 to +85		−40 to +125		
				MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
V_{CC} = 3.0 to 3.6 V; note 1											
t_{PHL}/t_{PLH}	propagation delay nA, nB to nY	see Figs 5 and 6	15 pF	–	4.0	8.8	1.0	10.5	1.0	11.0	ns
			50 pF	–	5.6	12.3	1.0	14.0	1.0	15.5	ns
V_{CC} = 4.5 to 5.5 V; note 2											
t_{PHL}/t_{PLH}	propagation delay nA, nB to nY	see Figs 5 and 6	15 pF	–	3.0	5.9	1.0	7.0	1.0	7.5	ns
			50 pF	–	4.2	7.9	1.0	9.0	1.0	10.0	ns

Notes

1. Typical values at V_{CC} = 3.3 V.
2. Typical values at V_{CC} = 5.0 V.

Type 74AHCT08

GND = 0 V; $t_r = t_f \leq 3.0$ ns.

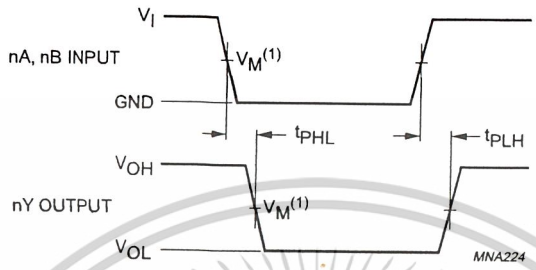
SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS		T_{amb} (°C)							UNIT
		WAVEFORMS	C_L	25			−40 to +85		−40 to +125		
				MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
V_{CC} = 4.5 to 5.5 V; note 1											
t_{PHL}/t_{PLH}	propagation delay nA, nB to nY	see Figs 5 and 6	15 pF	–	3.2	6.9	1.0	8.0	1.0	9.0	ns
			50 pF	–	4.4	7.9	1.0	9.0	1.0	10.0	ns

Note

1. Typical values at V_{CC} = 5.0 V.

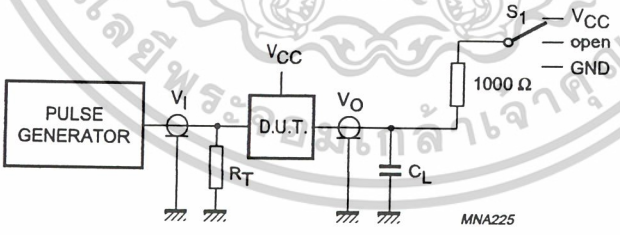
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC WAVEFORMS



FAMILY	V_I INPUT REQUIREMENTS	$V_M^{(1)}$ INPUT	$V_M^{(1)}$ OUTPUT
74AHC	GND to V_{CC}	50% V_{CC}	50% V_{CC}
74AHCT	GND to 3.0 V	1.5 V	50% V_{CC}

Fig.5 The input (nA, nB) to output (nY) propagation delays.



TEST	S_1
t_{PLH}/t_{PHL}	open
t_{PLZ}/t_{PZL}	V_{CC}
t_{PHZ}/t_{PZH}	GND

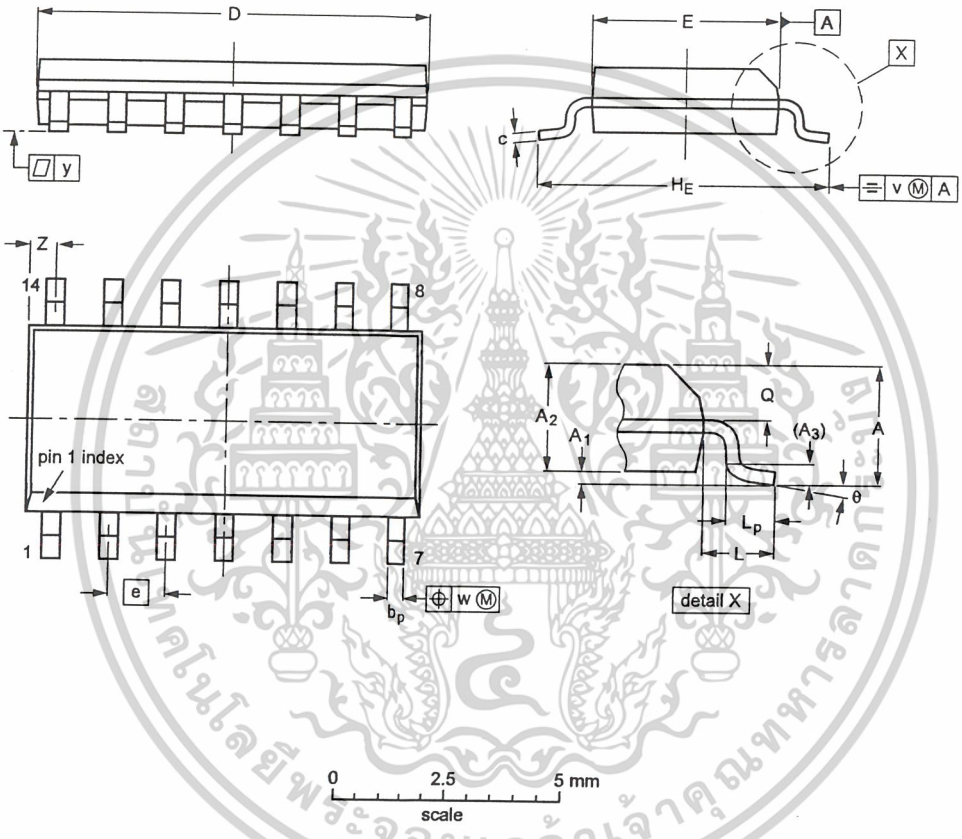
Fig.6 Load circuitry for switching times.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE OUTLINES

SO14: plastic small outline package; 14 leads; body width 3.9 mm

SOT108-1



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

UNIT	A max.	A_1	A_2	A_3	b_p	c	$D^{(1)}$	$E^{(1)}$	e	H_E	L	L_p	Q	v	w	y	$Z^{(1)}$	θ
mm	1.75	0.25 0.10	1.45 1.25	0.25	0.49 0.36	0.25 0.19	8.75 8.55	4.0 3.8	1.27	6.2 5.8	1.05	1.0 0.4	0.7 0.6	0.25	0.25	0.1	0.7 0.3	8° 0°
inches	0.069	0.010 0.004	0.057 0.049	0.01	0.019 0.014	0.0100 0.0075	0.35 0.34	0.16 0.15	0.050	0.244 0.228	0.041	0.039 0.016	0.028 0.024	0.01	0.01	0.004	0.028 0.012	

Note

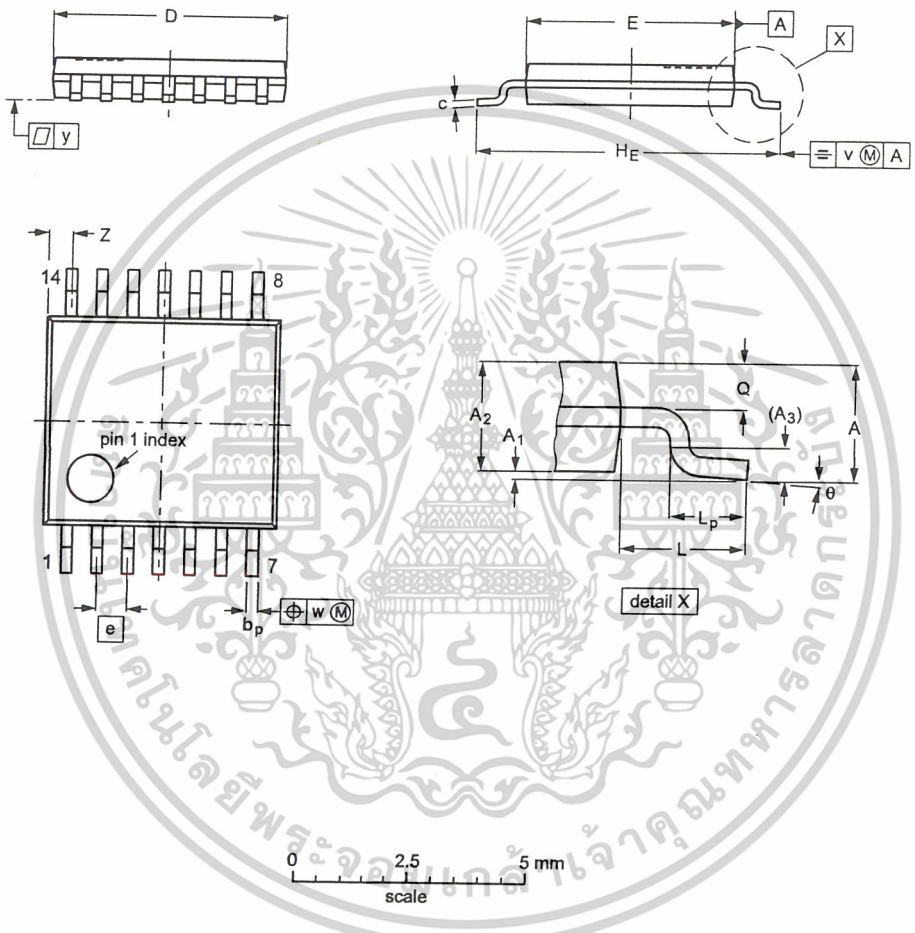
1. Plastic or metal protrusions of 0.15 mm maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT108-1	076E06S	MS-012AB				~~95-01-23~~ 97-05-22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TSSOP14: plastic thin shrink small outline package; 14 leads; body width 4.4 mm

SOT402-1



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A max.	A_1	A_2	A_3	b_p	c	D (1)	E (2)	e	H_E	L	L_p	Q	v	w	y	Z (1)	θ
mm	1.10	0.15 0.05	0.95 0.80	0.25	0.30 0.19	0.2 0.1	5.1 4.9	4.5 4.3	0.65	6.6 6.2	1.0	0.75 0.50	0.4 0.3	0.2	0.13	0.1	0.72 0.38	8° 0°

Notes

1. Plastic or metal protrusions of 0.15 mm maximum per side are not included.
2. Plastic interlead protrusions of 0.25 mm maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT402-1		MO-153				~~94-07-12~~ 95-04-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOLDERING

Introduction to soldering surface mount packages

This text gives a very brief insight to a complex technology. A more in-depth account of soldering ICs can be found in our *"Data Handbook IC26; Integrated Circuit Packages"* (document order number 9398 652 90011).

There is no soldering method that is ideal for all surface mount IC packages. Wave soldering is not always suitable for surface mount ICs, or for printed-circuit boards with high population densities. In these situations reflow soldering is often used.

Reflow soldering

Reflow soldering requires solder paste (a suspension of fine solder particles, flux and binding agent) to be applied to the printed-circuit board by screen printing, stencilling or pressure-syringe dispensing before package placement.

Several methods exist for reflowing; for example, infrared/convection heating in a conveyor type oven. Throughput times (preheating, soldering and cooling) vary between 100 and 200 seconds depending on heating method.

Typical reflow peak temperatures range from 215 to 250 °C. The top-surface temperature of the packages should preferable be kept below 230 °C.

Wave soldering

Conventional single wave soldering is not recommended for surface mount devices (SMDs) or printed-circuit boards with a high component density, as solder bridging and non-wetting can present major problems.

To overcome these problems the double-wave soldering method was specifically developed.

If wave soldering is used the following conditions must be observed for optimal results:

- Use a double-wave soldering method comprising a turbulent wave with high upward pressure followed by a smooth laminar wave.
- For packages with leads on two sides and a pitch (e):
  - larger than or equal to 1.27 mm, the footprint longitudinal axis is **preferred** to be parallel to the transport direction of the printed-circuit board;
  - smaller than 1.27 mm, the footprint longitudinal axis **must** be parallel to the transport direction of the printed-circuit board.

  The footprint must incorporate solder thieves at the downstream end.
- For packages with leads on four sides, the footprint must be placed at a 45° angle to the transport direction of the printed-circuit board. The footprint must incorporate solder thieves downstream and at the side corners.

During placement and before soldering, the package must be fixed with a droplet of adhesive. The adhesive can be applied by screen printing, pin transfer or syringe dispensing. The package can be soldered after the adhesive is cured.

Typical dwell time is 4 seconds at 250 °C.
A mildly-activated flux will eliminate the need for removal of corrosive residues in most applications.

Manual soldering

Fix the component by first soldering two diagonally-opposite end leads. Use a low voltage (24 V or less) soldering iron applied to the flat part of the lead. Contact time must be limited to 10 seconds at up to 300 °C.

When using a dedicated tool, all other leads can be soldered in one operation within 2 to 5 seconds between 270 and 320 °C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Suitability of surface mount IC packages for wave and reflow soldering methods

PACKAGE	SOLDERING METHOD	
	WAVE	REFLOW(1)
BGA, LFBGA, SQFP, TFBGA	not suitable	suitable
HLQFP, HSQFP, HSOP, HTQFP, HTSSOP, SMS	not suitable(2)	suitable
PLCC(3), SO, SOJ	suitable	suitable
LQFP, QFP, TQFP	not recommended(3)(4)	suitable
SSOP, TSSOP, VSO	not recommended(5)	suitable

Notes

1. All surface mount (SMD) packages are moisture sensitive. Depending upon the moisture content, the maximum temperature (with respect to time) and body size of the package, there is a risk that internal or external package cracks may occur due to vaporization of the moisture in them (the so called popcorn effect). For details, refer to the Drypack information in the *"Data Handbook IC26; Integrated Circuit Packages; Section: Packing Methods"*.
2. These packages are not suitable for wave soldering as a solder joint between the printed-circuit board and heatsink (at bottom version) can not be achieved, and as solder may stick to the heatsink (on top version).
3. If wave soldering is considered, then the package must be placed at a 45° angle to the solder wave direction. The package footprint must incorporate solder thieves downstream and at the side corners.
4. Wave soldering is only suitable for LQFP, TQFP and QFP packages with a pitch (e) equal to or larger than 0.8 mm; it is definitely not suitable for packages with a pitch (e) equal to or smaller than 0.65 mm.
5. Wave soldering is only suitable for SSOP and TSSOP packages with a pitch (e) equal to or larger than 0.65 mm; it is definitely not suitable for packages with a pitch (e) equal to or smaller than 0.5 mm.

DEFINITIONS

Data sheet status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN74LS14

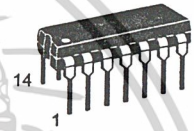
Schmitt Triggers
Dual Gate/Hex Inverter

The SN74LS14 contains logic gates/inverters which accept standard TTL input signals and provide standard TTL output levels. They are capable of transforming slowly changing input signals into sharply defined, jitter-free output signals. Additionally, they have greater noise margin than conventional inverters.

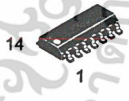
Each circuit contains a Schmitt trigger followed by a Darlington level shifter and a phase splitter driving a TTL totem pole output. The Schmitt trigger uses positive feedback to effectively speed-up slow input transitions, and provide different input threshold voltages for positive and negative-going transitions. This hysteresis between the positive-going and negative-going input thresholds (typically 800 mV) is determined internally by resistor ratios and is essentially insensitive to temperature and supply voltage variations.

http://onsemi.com

LOW POWER SCHOTTKY

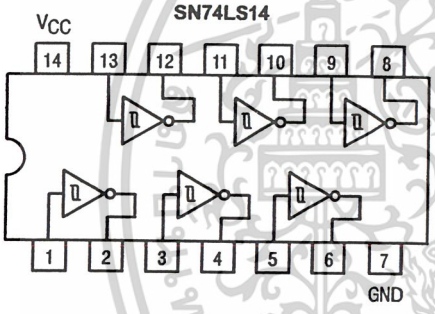


PLASTIC
N SUFFIX
CASE 646



SOIC
D SUFFIX
CASE 751A

LOGIC AND CONNECTION DIAGRAMS



GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	4.75	5.0	5.25	V
T_A	Operating Ambient Temperature Range	0	25	70	°C
I_{OH}	Output Current – High			–0.4	mA
I_{OL}	Output Current – Low			8.0	mA

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
SN74LS14N	14 Pin DIP	2000 Units/Box
SN74LS14D	SOIC–14	55 Units/Rail
SN74LS14DR2	SOIC–14	2500/Tape & Reel

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage	1.5		2.0	V	V_{CC} = 5.0 V
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage	0.6		1.1	V	V_{CC} = 5.0 V
$V_{T+}-V_{T-}$	Hysteresis	0.4	0.8		V	V_{CC} = 5.0 V
V_{IK}	Input Clamp Diode Voltage		–0.65	–1.5	V	V_{CC} = MIN, I_{IN} = –18 mA
V_{OH}	Output HIGH Voltage	2.7	3.4		V	V_{CC} = MIN, I_{OH} = –400 μA, V_{IN} = V_{IL}
V_{OL}	Output LOW Voltage		0.25	0.4	V	V_{CC} = MIN, I_{OL} = 4.0 mA, V_{IN} = 2.0 V
			0.35	0.5	V	V_{CC} = MIN, I_{OL} = 8.0 mA, V_{IN} = 2.0 V
I_{T+}	Input Current at Positive-Going Threshold		–0.14		mA	V_{CC} = 5.0 V, V_{IN} = V_{T+}
I_{T-}	Input Current at Negative-Going Threshold		–0.18		mA	V_{CC} = 5.0 V, V_{IN} = V_{T-}
I_{IH}	Input HIGH Current		1.0	20	μA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 2.7 V
				0.1	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 7.0 V
I_{IL}	Input LOW Current			–0.4	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 0.4 V
I_{OS}	Short Circuit Current (Note 1)	–20		–100	mA	V_{CC} = MAX, V_{OUT} = 0 V
I_{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH		8.6	16	mA	V_{CC} = MAX
	Total, Output LOW		12	21		

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C)

Symbol	Parameter	Max	Unit	Test Conditions
t_{PLH}	Propagation Delay, Input to Output	22	ns	V_{CC} = 5.0 V C_L = 15 pF
t_{PHL}	Propagation Delay, Input to Output	22	ns	

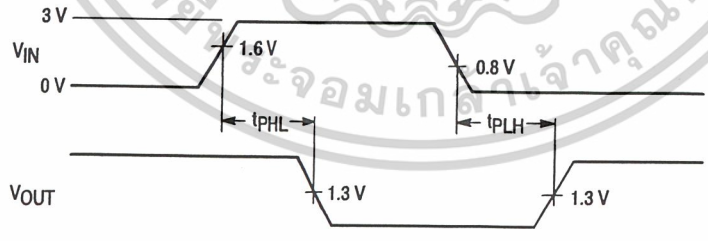


Figure 1. AC Waveforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

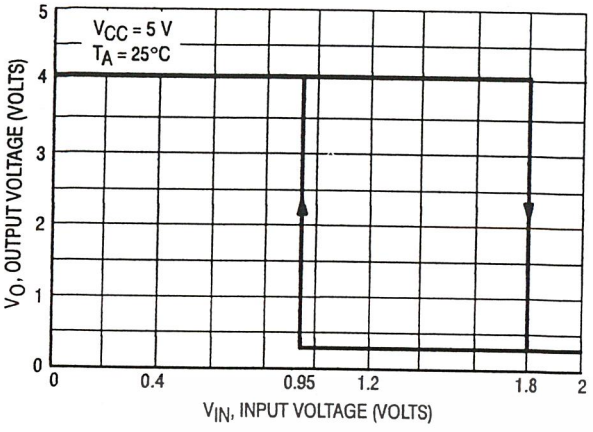


Figure 2. V_{IN} versus V_{OUT} Transfer Function

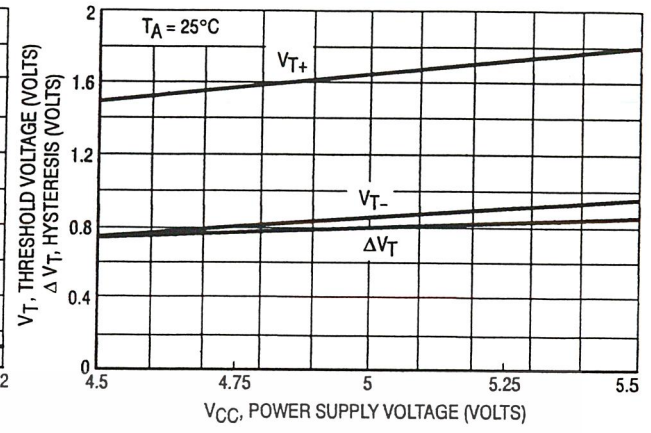


Figure 3. Threshold Voltage and Hysteresis versus Power Supply Voltage

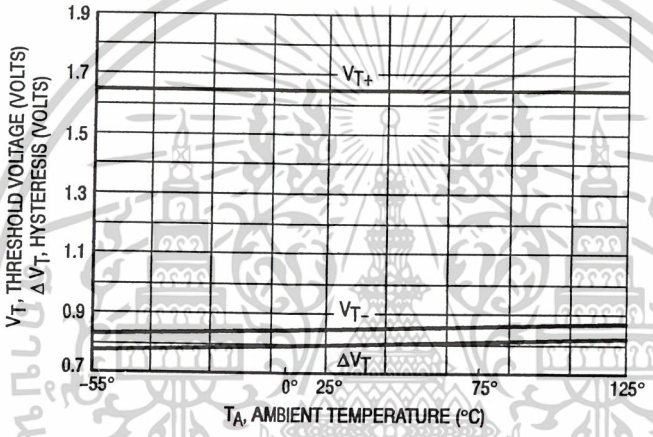
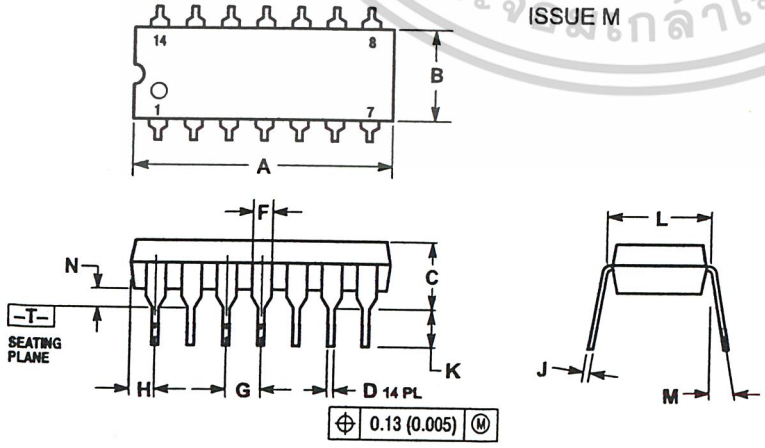


Figure 4. Threshold Voltage Hysteresis versus Temperature

PACKAGE DIMENSIONS

N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646–06
ISSUE M



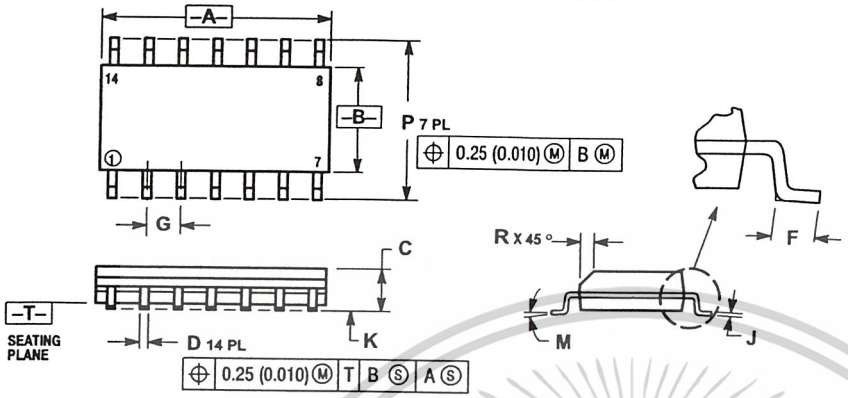
NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	18.80
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.290	0.310	7.37	7.87
M	—	10°	—	10°
N	0.015	0.039	0.38	1.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

D SUFFIX
PLASTIC SOIC PACKAGE
CASE 751A–03
ISSUE F



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0 °	7 °	0 °	7 °
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

ON Semiconductor and ■ are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

Literature Fulfillment:
Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303–675–2175 or 800–344–3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303–675–2176 or 800–344–3867 Toll Free USA/Canada
Email: ONlit@hibbertco.com

N. American Technical Support: 800–282–9855 Toll Free USA/Canada

JAPAN: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center
4–32–1 Nishi–Gotanda, Shinagawa–ku, Tokyo, Japan 141–0031
Phone: 81–3–5740–2700
Email: r14525@onsemi.com

ON Semiconductor Website: http://onsemi.com

For additional information, please contact your local Sales Representative.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Customers are responsible for their applications using TI components.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, license, warranty or endorsement thereof.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations and notices. Representation or reproduction of this information with alteration voids all warranties provided for an associated TI product or service, is an unfair and deceptive business practice, and TI is not responsible nor liable for any such use.

Resale of TI's products or services with *statements different from or beyond the parameters* stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service, is an unfair and deceptive business practice, and TI is not responsible nor liable for any such use.

Also see: Standard Terms and Conditions of Sale for Semiconductor Products. www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm

Mailing Address:

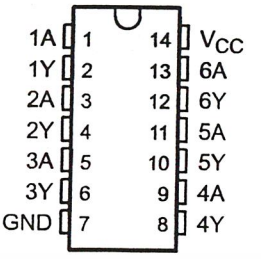
Texas Instruments
Post Office Box 655303
Dallas, Texas 75265

Copyright © 2001, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Convert TTL Voltage Levels to MOS Levels**
- **High Sink-Current Capability**
- **Input Clamping Diodes Simplify System Design**
- **Open-Collector Driver for Indicator Lamps and Relays**
- **Inputs Fully Compatible With Most TTL Circuits**

SN5407, SN5417 . . . J OR W PACKAGE
SN7407 . . . D, N, OR NS PACKAGE
SN7417 . . . D OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description

These TTL hex buffers/drivers feature high-voltage open-collector outputs for interfacing with high-level circuits (such as MOS) or for driving high-current loads (such as lamps or relays), and also are characterized for use as buffers for driving TTL inputs. The SN5407 and SN7407 have minimum breakdown voltages of 30 V, and the SN5417 and SN7417 have minimum breakdown voltages of 15 V. The maximum sink current is 30 mA for the SN5407 and SN5417 and 40 mA for the SN7407 and SN7417.

These devices perform Boolean function Y = A in positive logic.

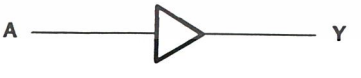
These circuits are completely compatible with most TTL families. Inputs are diode clamped to minimize transmission-line effects, which simplifies design. Typical power dissipation is 145 mW, and average propagation delay time is 14 ns.

ORDERING INFORMATION

T_A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	SOIC – D	Tube	SN7407D	7407
		Tape and reel	SN7407DR	
		Tube	SN7417D	7417
		Tape and reel	SN7417DR	
	PDIP – N	Tube	SN7407N	SN7407N
			SN7417N	SN7417N
	SOP – NS	Tape and reel	SN7407NSR	SN7407
–55°C to 125°C	CDIP – J	Tube	SNJ5407J	SNJ5407J
			SNJ5417J	SNJ5417J
	CFP – W	Tube	SNJ5407W	SNJ5407W
			SNJ5417W	SNJ5417W

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

logic diagram, each buffer/driver (positive logic)



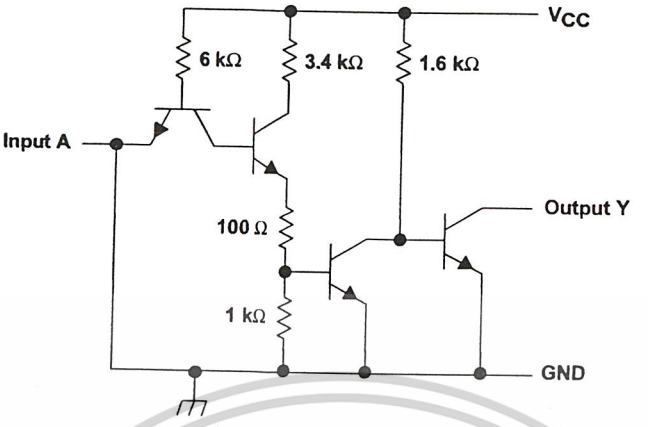
Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2001, Texas Instruments Incorporated
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

schematic



Resistor values shown are nominal.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage range, V_{CC} . . . . . 0.5 V to 7 V
Input voltage range, V_I (see Note 1) . . . . . 0.5 V to 5.5 V
Output voltage, V_O (see Notes 1 and 2): SN5407, SN7407 . . . . . 30 V
SN5417, SN7417 . . . . . 15 V
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 3): D package . . . . . 86°C/W
N package . . . . . 80°C/W
NS package . . . . . 76°C/W
Storage temperature range, T_{stg} . . . . . –65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTES: 1. All voltage values are with respect to GND.
2. This is the maximum voltage that should be applied to any output when it is in the off state.
3. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

			MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	SN5407, SN5417	4.5	5	5.5	V
		SN7407, SN7417	4.75	5	5.25	
V_{IH}	High-level input voltage		2			V
V_{IL}	Low-level input voltage				0.8	V
V_{OH}	High-level output voltage	SN5407, SN7407			30	V
		SN5417, SN7417			15	
I_{OL}	Low-level output current	SN5407, SN5417			30	mA
		SN7407, SN7417			40	
T_A	Operating free-air temperature	SN5407, SN5417	–55		125	°C
		SN7407, SN7417	0		70	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†			MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IK}	V_{CC} = MIN,	I_I = –12 mA				–1.5	V
I_{OH}	V_{CC} = MIN,	V_{IH} = 2 V	V_{OH} = 30 V (SN5407, SN7407)			0.25	mA
			V_{OH} = 15 V (SN5417, SN7417)			0.25	
V_{OL}	V_{CC} = MIN,	V_{IL} = 0.8 V	I_{OL} = 16 mA			0.4	V
			I_{OL} = 30 mA (SN5407, SN5417)			0.7	
			I_{OL} = 40 mA (SN7407, SN7417)			0.7	
I_I	V_{CC} = MAX,	V_I = 5.5 V				1	mA
I_{IH}	V_{CC} = MAX,	V_{IH} = 2.4 V				40	µA
I_{IL}	V_{CC} = MAX,	V_{IL} = 0.4 V				–1.6	mA
I_{CCH}	V_{CC} = MAX				29	41	mA
I_{CCL}	V_{CC} = MAX				21	30	mA

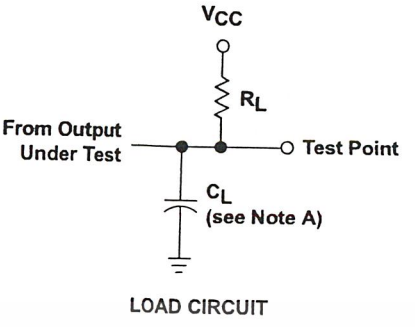
† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Figure 1)

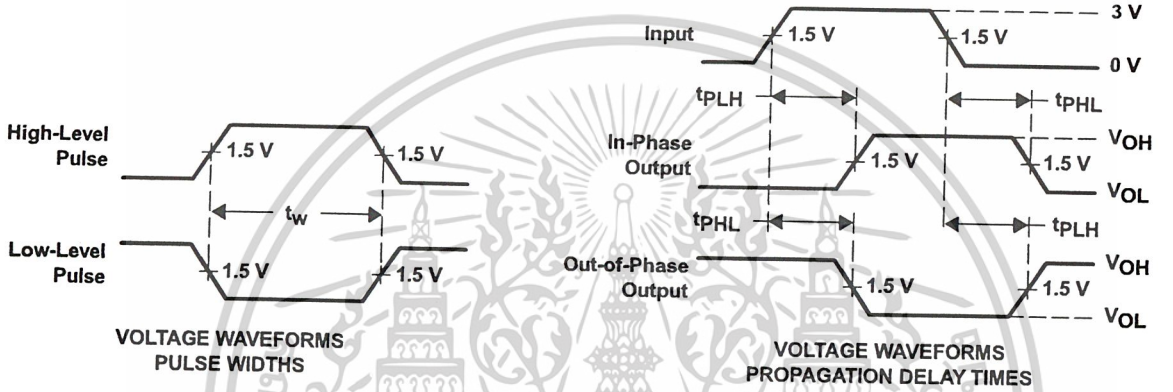
PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	A	Y	R_L = 110 Ω, C_L = 15 pF		6	10	ns
t_{PHL}					20	30	
t_{PLH}	A	Y	R_L = 150 Ω, C_L = 50 pF			15	ns
t_{PHL}						26	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



LOAD CIRCUIT



NOTES: A. C_L includes probe and jig capacitance.
B. In the examples above, the phase relationships between inputs and outputs have been chosen arbitrarily.
C. All input pulses are supplied by generators having the following characteristics: PRR ≤ 1 MHz, Z_O = 50 Ω, t_r ≤ 7 ns, t_f ≤ 7 ns.
D. The outputs are measured one at a time with one input transition per measurement.

Figure 1. Load Circuit and Voltage Waveforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

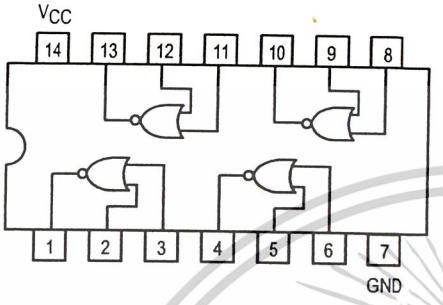
MOTOROLA

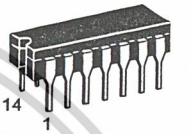
QUAD 2-INPUT NOR GATE

SN54/74LS02

QUAD 2-INPUT NOR GATE

LOW POWER SCHOTTKY





J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08

N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06

D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXJ	Ceramic
SN74LSXXN	Plastic
SN74LSXXD	SOIC

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T_A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	−55 0	25 25	125 70	°C
I_{OH}	Output Current — High	54, 74			−0.4	mA
I_{OL}	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter		Limits Min	Limits Typ	Limits Max	Unit	Test Conditions	
V_{IH}	Input HIGH Voltage		2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs	
V_{IL}	Input LOW Voltage	54			0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs	
		74			0.8			
V_{IK}	Input Clamp Diode Voltage			−0.65	−1.5	V	V_{CC} = MIN, I_{IN} = −18 mA	
V_{OH}	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5		V	V_{CC} = MIN, I_{OH} = MAX, V_{IN} = V_{IH} or V_{IL} per Truth Table	
		74	2.7	3.5		V		
V_{OL}	Output LOW Voltage	54, 74		0.25	0.4	V	I_{OL} = 4.0 mA	V_{CC} = V_{CC} MIN, V_{IN} = V_{IL} or V_{IH} per Truth Table
		74		0.35	0.5	V	I_{OL} = 8.0 mA	
I_{IH}	Input HIGH Current				20	μA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 2.7 V	
					0.1	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 7.0 V	
I_{IL}	Input LOW Current				−0.4	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 0.4 V	
I_{OS}	Short Circuit Current (Note 1)		−20		−100	mA	V_{CC} = MAX	
I_{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH				3.2	mA	V_{CC} = MAX	
	Total, Output LOW				5.4			

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits Min	Limits Typ	Limits Max	Unit	Test Conditions
t_{PLH}	Turn-Off Delay, Input to Output		10	15	ns	V_{CC} = 5.0 V, C_L = 15 pF
t_{PHL}	Turn-On Delay, Input to Output		10	15	ns	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Philips Semiconductors – a worldwide company

Argentina: see South America

Australia: 3 Figtree Drive, HOMEBUSH, NSW 2140,
Tel. +61 2 9704 8141, Fax. +61 2 9704 8139

Austria: Computerstr. 6, A-1101 WIEN, P.O. Box 213,
Tel. +43 1 60 101 1248, Fax. +43 1 60 101 1210

Belarus: Hotel Minsk Business Center, Bld. 3, r. 1211, Volodarski Str. 6,
220050 MINSK, Tel. +375 172 20 0733, Fax. +375 172 20 0773

Belgium: see The Netherlands

Brazil: see South America

Bulgaria: Philips Bulgaria Ltd., Energoproject, 15th floor,
51 James Bourchier Blvd., 1407 SOFIA,
Tel. +359 2 68 9211, Fax. +359 2 68 9102

Canada: PHILIPS SEMICONDUCTORS/COMPONENTS,
Tel. +1 800 234 7381, Fax. +1 800 943 0087

China/Hong Kong: 501 Hong Kong Industrial Technology Centre,
72 Tat Chee Avenue, Kowloon Tong, HONG KONG,
Tel. +852 2319 7888, Fax. +852 2319 7700

Colombia: see South America

Czech Republic: see Austria

Denmark: Sydhavnsgade 23, 1780 COPENHAGEN V,
Tel. +45 33 29 3333, Fax. +45 33 29 3905

Finland: Sinikalliontie 3, FIN-02630 ESPOO,
Tel. +358 9 615 800, Fax. +358 9 6158 0920

France: 51 Rue Carnot, BP317, 92156 SURESNES Cedex,
Tel. +33 1 4099 6161, Fax. +33 1 4099 6427

Germany: Hammerbrookstraße 69, D-20097 HAMBURG,
Tel. +49 40 2353 60, Fax. +49 40 2353 6300

Hungary: see Austria

India: Philips INDIA Ltd, Band Box Building, 2nd floor,
254-D, Dr. Annie Besant Road, Worli, MUMBAI 400 025,
Tel. +91 22 493 8541, Fax. +91 22 493 0966

Indonesia: PT Philips Development Corporation, Semiconductors Division,
Gedung Philips, Jl. Buncit Raya Kav.99-100, JAKARTA 12510,
Tel. +62 21 794 0040 ext. 2501, Fax. +62 21 794 0080

Ireland: Newstead, Clonskeagh, DUBLIN 14,
Tel. +353 1 7640 000, Fax. +353 1 7640 200

Israel: RAPAC Electronics, 7 Kehilat Saloniki St, PO Box 18053,
TEL AVIV 61180, Tel. +972 3 645 0444, Fax. +972 3 649 1007

Italy: PHILIPS SEMICONDUCTORS, Via Casati, 23 - 20052 MONZA (MI),
Tel. +39 039 203 6838, Fax +39 039 203 6800

Japan: Philips Bldg 13-37, Kohnan 2-chome, Minato-ku,
TOKYO 108-8507, Tel. +81 3 3740 5130, Fax. +81 3 3740 5057

Korea: Philips House, 260-199 Itaewon-dong, Yongsan-ku, SEOUL,
Tel. +82 2 709 1412, Fax. +82 2 709 1415

Malaysia: No. 76 Jalan Universiti, 46200 PETALING JAYA, SELANGOR,
Tel. +60 3 750 5214, Fax. +60 3 757 4880

Mexico: 5900 Gateway East, Suite 200, EL PASO, TEXAS 79905,
Tel. +9-5 800 234 7381, Fax +9-5 800 943 0087

Middle East: see Italy

Netherlands: Postbus 90050, 5600 PB EINDHOVEN, Bldg. VB,
Tel. +31 40 27 82785, Fax. +31 40 27 88399

New Zealand: 2 Wagener Place, C.P.O. Box 1041, AUCKLAND,
Tel. +64 9 849 4160, Fax. +64 9 849 7811

Norway: Box 1, Manglerud 0612, OSLO,
Tel. +47 22 74 8000, Fax. +47 22 74 8341

Pakistan: see Singapore

Philippines: Philips Semiconductors Philippines Inc.,
106 Valero St. Salcedo Village, P.O. Box 2108 MCC, MAKATI,
Metro MANILA, Tel. +63 2 816 6380, Fax. +63 2 817 3474

Poland: Al.Jerozolimskie 195 B, 02-222 WARSAW,
Tel. +48 22 5710 000, Fax. +48 22 5710 001

Portugal: see Spain

Romania: see Italy

Russia: Philips Russia, Ul. Usatcheva 35A, 119048 MOSCOW,
Tel. +7 095 755 6918, Fax. +7 095 755 6919

Singapore: Lorong 1, Toa Payoh, SINGAPORE 319762,
Tel. +65 350 2538, Fax. +65 251 6500

Slovakia: see Austria

Slovenia: see Italy

South Africa: S.A. PHILIPS Pty Ltd., 195-215 Main Road Martindale,
2092 JOHANNESBURG, P.O. Box 58088 Newville 2114,
Tel. +27 11 471 5401, Fax. +27 11 471 5398

South America: Al. Vicente Pinzon, 173, 6th floor,
04547-130 SÃO PAULO, SP, Brazil,
Tel. +55 11 821 2333, Fax. +55 11 821 2382

Spain: Balmes 22, 08007 BARCELONA,
Tel. +34 93 301 6312, Fax. +34 93 301 4107

Sweden: Kottbygatan 7, Akalla, S-16485 STOCKHOLM,
Tel. +46 8 5985 2000, Fax. +46 8 5985 2745

Switzerland: Allmendstrasse 140, CH-8027 ZÜRICH,
Tel. +41 1 488 2741 Fax. +41 1 488 3263

Taiwan: Philips Semiconductors, 6F, No. 96, Chien Kuo N. Rd., Sec. 1,
TAIPEI, Taiwan Tel. +886 2 2134 2886, Fax. +886 2 2134 2874

Thailand: PHILIPS ELECTRONICS (THAILAND) Ltd.,
209/2 Sanpavuth-Bangna Road Prakanong, BANGKOK 10260,
Tel. +66 2 745 4090, Fax. +66 2 398 0793

Turkey: Yukari Dudullu, Org. San. Blg., 2.Cad. Nr. 28 81260 Umraniye,
ISTANBUL, Tel. +90 216 522 1500, Fax. +90 216 522 1813

Ukraine: PHILIPS UKRAINE, 4 Patrice Lumumba str., Building B, Floor 7,
252042 KIEV, Tel. +380 44 264 2776, Fax. +380 44 268 0461

United Kingdom: Philips Semiconductors Ltd., 276 Bath Road, Hayes,
MIDDLESEX UB3 5BX, Tel. +44 208 730 5000, Fax. +44 208 754 8421

United States: 811 East Arques Avenue, SUNNYVALE, CA 94088-3409,
Tel. +1 800 234 7381, Fax. +1 800 943 0087

Uruguay: see South America

Vietnam: see Singapore

Yugoslavia: PHILIPS, Trg N. Pasica 5/v, 11000 BEOGRAD,
Tel. +381 11 62 5344, Fax.+381 11 63 5777

For all other countries apply to: Philips Semiconductors,
International Marketing & Sales Communications, Building BE-p, P.O. Box 218,
5600 MD EINDHOVEN, The Netherlands, Fax. +31 40 27 24825

Internet: http://www.semiconductors.philips.com

© Philips Electronics N.V. 1999

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent- or other industrial or intellectual property rights.

SCA68

Printed in The Netherlands 245002/02/pp16 Date of release: 1999 Sep 24 Document order number: 9397 750 06287

Let's make things better.

Philips Semiconductors

PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power MOSFET Basics

Vrej Barkhordarian, International Rectifier, El Segundo, Ca.

Discrete power MOSFETs employ semiconductor processing techniques that are similar to those of today's VLSI circuits, although the device geometry, voltage and current levels are significantly different from the design used in VLSI devices. The metal oxide semiconductor field effect transistor (MOSFET) is based on the original field-effect transistor introduced in the 70s. Figure 1 shows the device schematic, transfer characteristics and device symbol for a MOSFET. The invention of the power MOSFET was partly driven by the limitations of bipolar power junction transistors (BJTs) which, until recently, was the device of choice in power electronics applications.

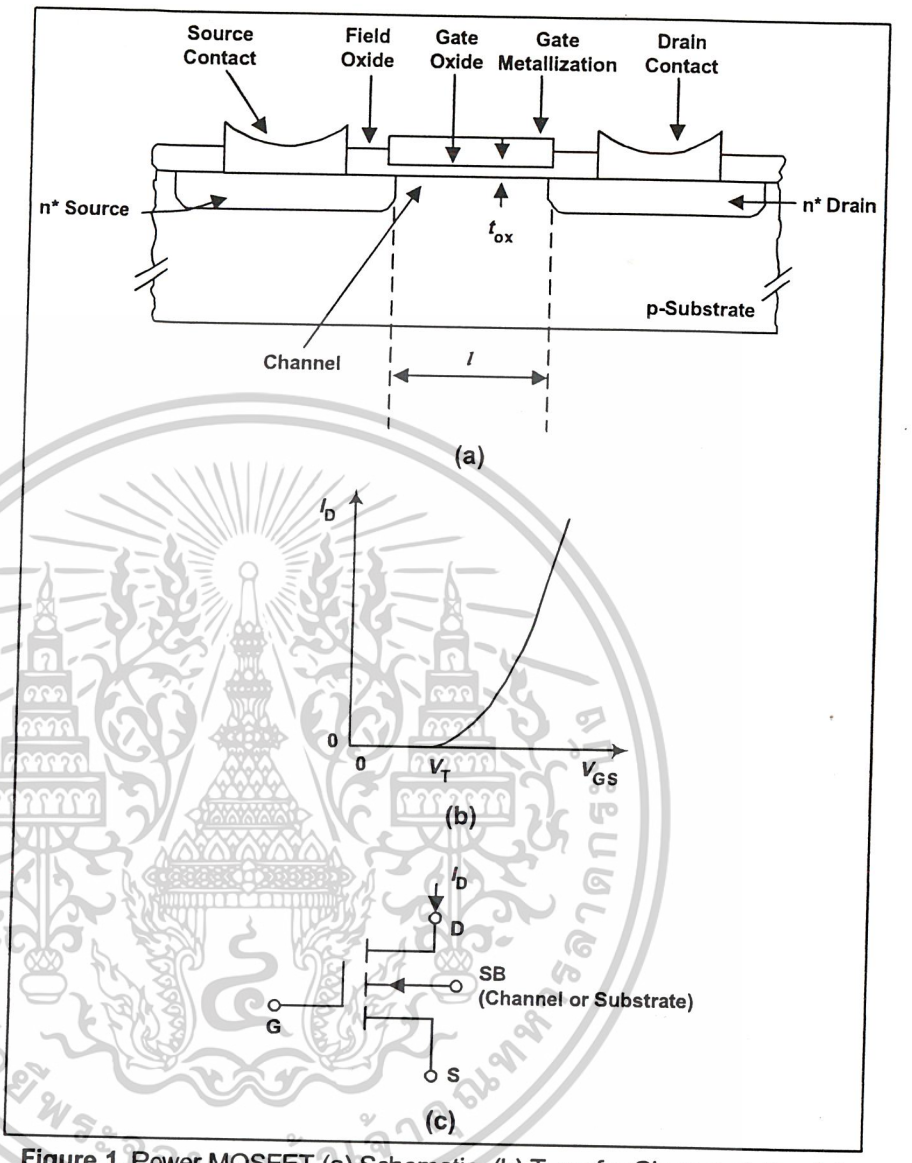


Figure 1. Power MOSFET (a) Schematic, (b) Transfer Characteristics, (c) Device Symbol.

Although it is not possible to define absolutely the operating boundaries of a power device, we will loosely refer to the power device as any device that can switch at least 1A. The bipolar power transistor is a current controlled device. A large base drive current as high as one-fifth of the collector current is required to keep the device in the ON state.

Also, higher reverse base drive currents are required to obtain fast turn-off. Despite the very advanced state of manufacturability and lower costs of BJTs, these limitations have made the base drive circuit design more complicated and hence more expensive than the power MOSFET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Another BJT limitation is that both electrons and holes contribute to conduction. Presence of holes with their higher carrier lifetime causes the switching speed to be several orders of magnitude slower than for a power MOSFET of similar size and voltage rating. Also, BJTs suffer from thermal runaway. Their forward voltage drop decreases with increasing temperature causing diversion of current to a single device when several devices are paralleled. Power MOSFETs, on the other hand, are majority carrier devices with no minority carrier injection. They are superior to the BJTs in high frequency applications where switching power losses are important. Plus, they can withstand simultaneous application of high current and voltage without undergoing destructive failure due to second breakdown. Power MOSFETs can also be paralleled easily because the forward voltage drop increases with increasing temperature, ensuring an even distribution of current among all components.

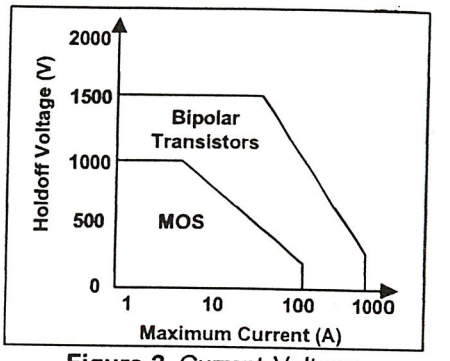


Figure 2. Current-Voltage Limitations of MOSFETs and BJTs.

However, at high breakdown voltages (>200V) the on-state voltage drop of the power MOSFET becomes higher than that of a similar size bipolar device with similar voltage rating. This makes it more attractive to use the bipolar power transistor at the expense of worse high frequency performance. Figure 2 shows the present current-voltage limitations of power MOSFETs and BJTs. Over time, new materials, structures and processing techniques are expected to raise these limits.

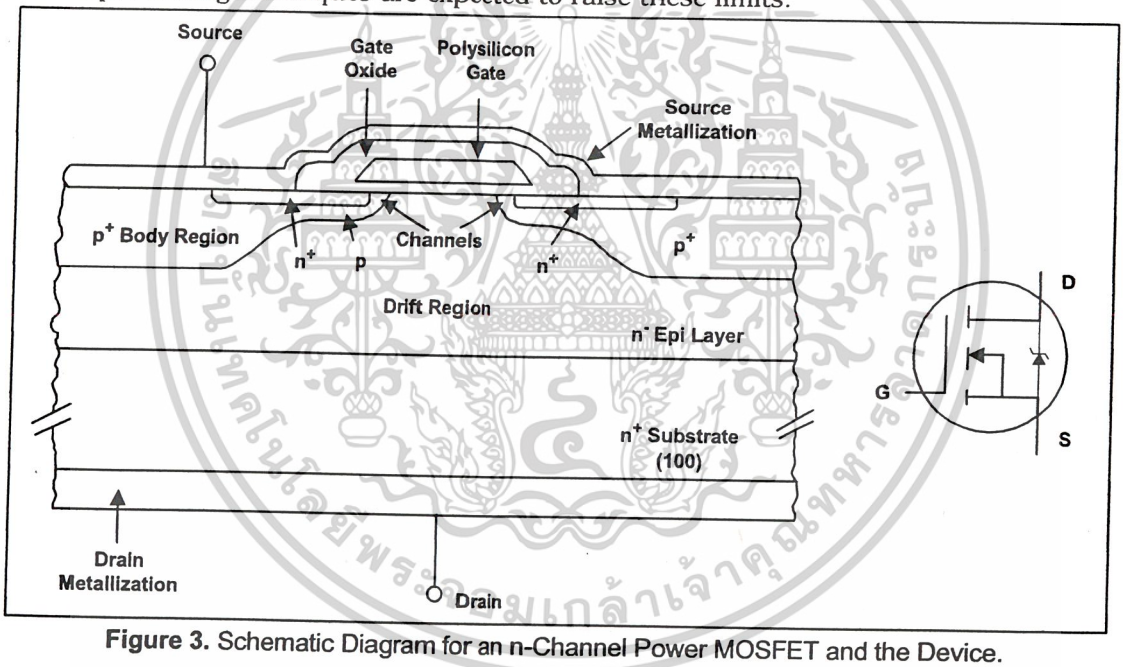


Figure 3. Schematic Diagram for an n-Channel Power MOSFET and the Device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3 shows schematic diagram and Figure 4 shows the physical origin of the parasitic components in an n-channel power MOSFET. The parasitic JFET appearing between the two body implants restricts current flow when the depletion widths of the two adjacent body diodes extend into the drift region with increasing drain voltage. The parasitic BJT can make the device susceptible to unwanted device turn-on and premature breakdown. The base resistance RB must be minimized through careful design of the doping and distance under the source region. There are several parasitic capacitances associated with the power MOSFET as shown in Figure 3.

C_{GS} is the capacitance due to the overlap of the source and the channel regions by the polysilicon gate and is independent of applied voltage. C_{GD} consists of two parts, the first is the capacitance associated with the overlap of the polysilicon gate and the silicon underneath in the JFET region. The second part is the capacitance associated with the depletion region immediately under the gate. C_{GD} is a nonlinear function of voltage. Finally, C_{DS}, the capacitance associated with the body-drift diode, varies inversely with the square root of the drain-source bias. There are currently two designs of power MOSFETs, usually referred to as the planar and the trench designs. The planar design has already been introduced in the schematic of Figure 3. Two variations of the trench power MOSFET are shown Figure 5. The trench technology has the advantage of higher cell density but is more difficult to manufacture than the planar device.

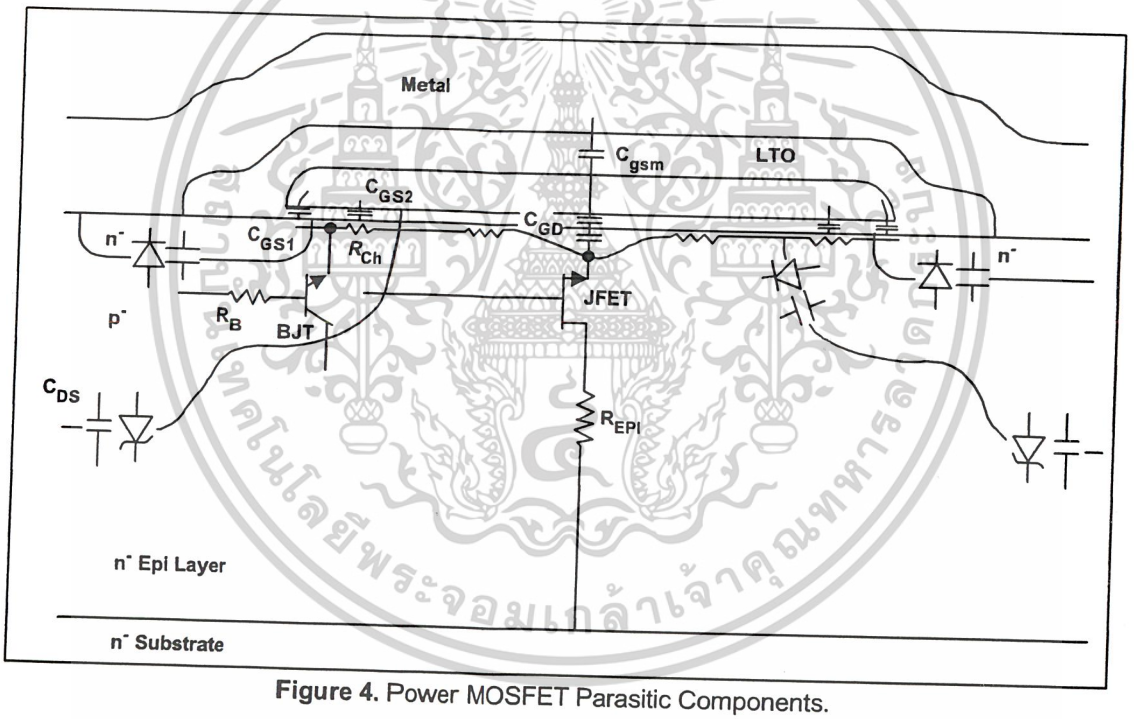


Figure 4. Power MOSFET Parasitic Components.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BREAKDOWN VOLTAGE

Breakdown voltage, BV_{DSS}, is the voltage at which the reverse-biased body-drift diode breaks down and significant current starts to flow between the source and drain by the avalanche multiplication process, while the gate and source are shorted together. Current-voltage characteristics of a power MOSFET are shown in Figure 6. BVDSS is normally measured at 250μA drain current. For drain voltages below BV_{DSS} and with no bias on the gate, no channel is formed under the gate at the surface and the drain voltage is entirely supported by the reverse-biased body-drift p-n junction. Two related phenomena can occur in poorly designed and processed devices: punch-through and reach-through. Punch-through is observed when the depletion region on the source side of the body-drift p-n junction reaches the source region at drain voltages below the rated avalanche voltage of the device. This provides a current path between source and drain and causes a soft breakdown characteristics as shown in Figure 7. The leakage current flowing between source and drain is denoted by I_{DSS}. There are tradeoffs to be made between $R_{DS(on)}$ that requires shorter channel lengths and punch-through avoidance that requires longer channel lengths.

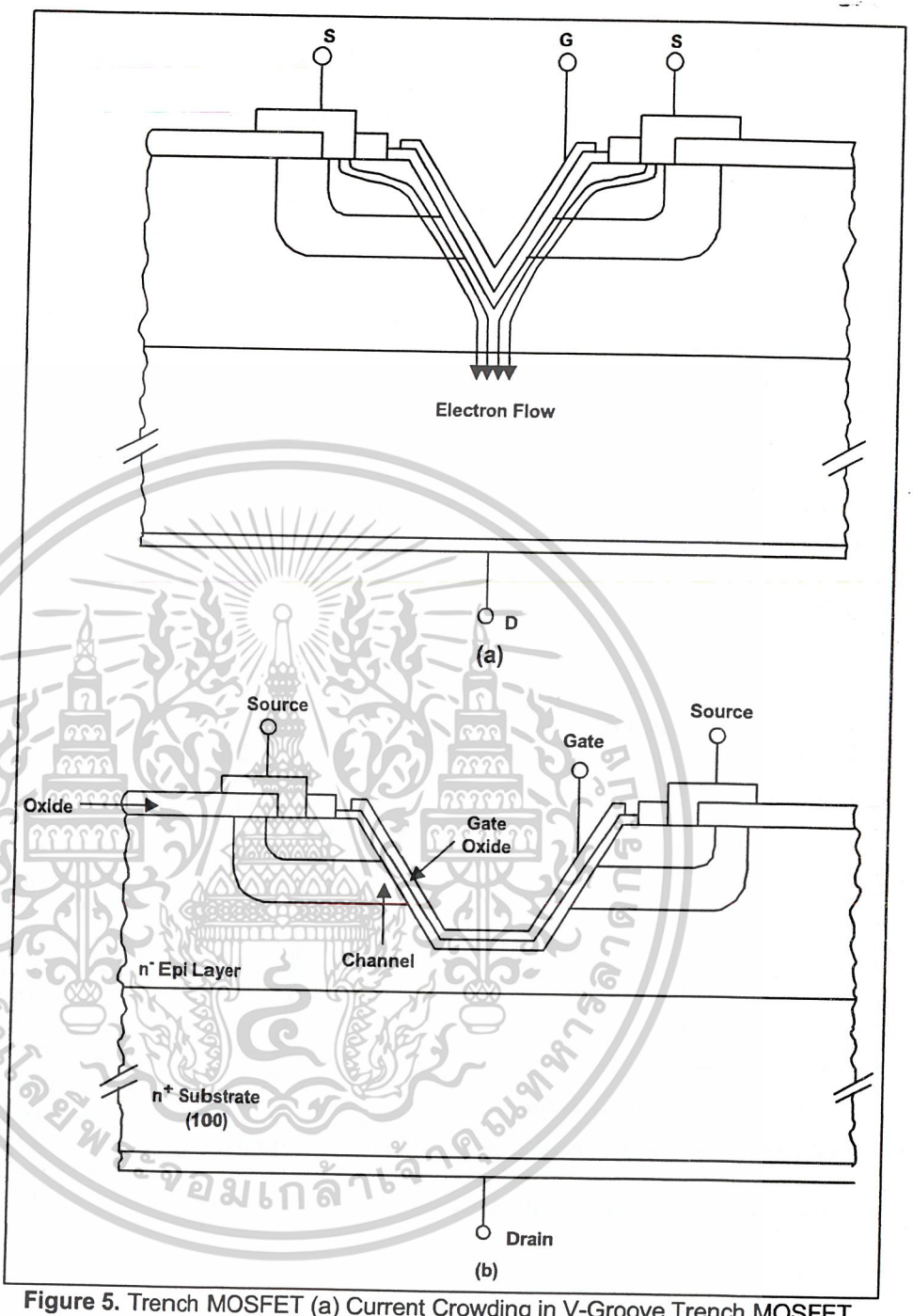


Figure 5. Trench MOSFET (a) Current Crowding in V-Groove Trench MOSFET, (b) Truncated V-Groove MOSFET

The reach-through phenomenon occurs when the depletion region on the drift side of the body-drift p-n junction reaches the epilayer-substrate interface before avalanching takes place in the epi. Once the depletion edge enters the high carrier concentration substrate, a further increase in drain voltage will cause the electric field to quickly reach the critical value of $2x10^5$ V/cm where avalanching begins.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GATE CHARGE

Although input capacitance values are useful, they do not provide accurate results when comparing the switching performances of two devices from different manufacturers. Effects of device size and transconductance make such comparisons more difficult. A more useful parameter from the circuit design point of view is the gate charge rather than capacitance. Most manufacturers include both parameters on their data sheets. Figure 13 shows a typical gate charge waveform and the test circuit. When the gate is connected to the supply voltage, V_{GS} starts to increase until it reaches V_{th}, at which point the drain current starts to flow and the C_{GS} starts to charge. During the period t_1 to t_2, C_{GS} continues to charge, the gate voltage continues to rise and drain current rises proportionally. At time t_2, C_{GS} is completely charged and the drain current reaches the predetermined current I_D and stays constant while the drain voltage starts to fall. With reference to the equivalent circuit model of the MOSFET shown in Figure 13, it can be seen that with C_{GS} fully charged at t_2, V_{GS} becomes constant and the drive current starts to charge the Miller capacitance, C_{DG}. This continues until time t_3.

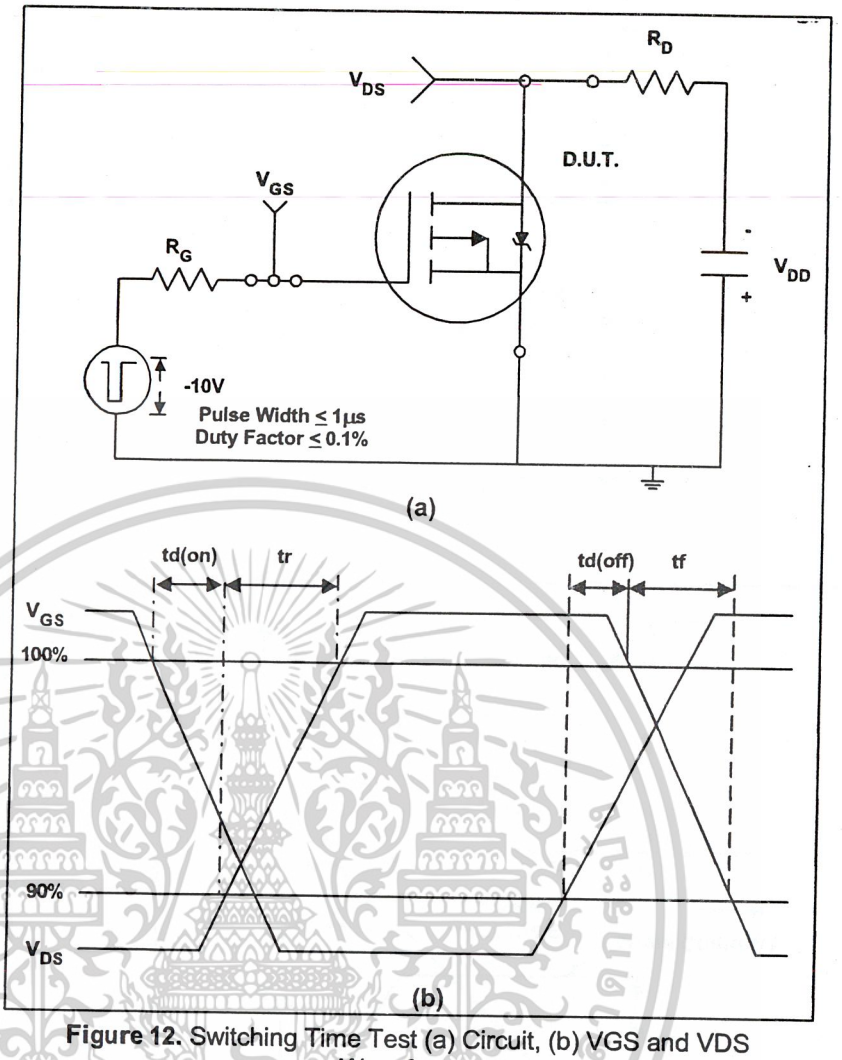


Figure 12. Switching Time Test (a) Circuit, (b) VGS and VDS Waveforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

References:

"HEXFET Power MOSFET Designer's Manual - Application Notes and Reliability Data," International Rectifier
"Modern Power Devices," B. Jayant Baliga
"Physics of Semiconductor Devices," S. M. Sze
"Power FETs and Their Applications," Edwin S. Oxner
"Power MOSFETs - Theory and Applications," Duncan A. Grant and John Gower

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้