

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการลดสัญญาณรบกวนแบบคอมมอน
โหมดของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์แบบหมุนทิศทางเดียว

STUDY ON COMPARISON THE COMMON-MODE NOISE REDUCIBILITY
OF UNIDIRECTIONAL DC MOTOR DRIVE CIRCUIT



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72082
วัน,เดือน,ปี... 8 ส.ย. 2550

b. 117 b2901
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์
บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตรปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการลด สัญญาณรบกวนแบบคอมมอน โหมด ของ วงจรขับคิซี มอเตอร์ แบบหมุน ทิศทางเดียว

ผู้จัดทำ

นายชาญยุทธ เทียมพันธ์พงศ์ 47015278

นายเทอดศักดิ์ จำเริญ 47015285


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร. โยธิน เปรมปราณีรัตน์)
หัวหน้าภาควิชา ๓๐๑ เพชรเกษม ๓๐
.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.ชนัดถ์ ละออเพชรพันธุ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการลดสัญญาณรบกวนแบบคอมมอน
โหมดของวงจรขั้วตีเชื่อมเตอร์แบบหมุนทิศทางเดียว

โดย

นายชาญยุทธ เทียมพันธ์พงศ์ 47015278

นายเทอดศักดิ์ ขำเพ็ง 47015285

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. โยธิน เปรมปราณีรัชต์

ดร.ชนัดดี ละออเพชรพันธุ์

ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการวัดความไม่
สมดุลของวงจร เพื่อศึกษากลไกการเกิด สัญญาณรบกวนแบบคอมมอน โหมด ของวงจรบั๊ก และ
วงจรฟลูบริดจ์ ชนิดหนึ่งและสอง ความไม่สมดุลของวงจรเกิดจากความไม่สมดุลของสายส่ง และ
ความไม่สมดุลที่ขั้วแหล่งจ่ายและที่ขั้วโหลด ซึ่งความ ไม่สมดุลที่ขั้วของแหล่งจ่ายและขั้วโหลดทำ
ให้เกิดแรงดันไม่สมดุลที่ขั้วของแหล่งจ่ายและที่ขั้วโหลด V_{AG} , V_{BG} และ V_{1G} , V_{2G} ตามลำดับซึ่ง
ทำให้เกิด แรงดันคอมมอน โหมด ($V_{C\text{Moff}} = (V_{AG} + V_{BG})$ และ $V_{c\text{mon}} = (V_{1G} + V_{2G})$) ตามลำดับ
ได้นำเสนอความไม่สมดุลของทั้งสามวงจรและสามารถเปรียบเทียบความไม่สมดุลของทั้งสามวงจร
ได้ด้วยผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on Comparison The Common Mode Noise Reducibility of Unidirectional DC Motor Drive Circuit

By

Mr. Chanyut Tiempanpong

Mr. Tredsak Khampeng

Advisor

Assoc.Prof.Dr. Yothin Prempraneerach

Dr. Chanat

La-orpacharapan

Academic Year 2006

ABSTRACT

This project presents the comparison of the experiment of results which use to measure the degree of circuit balance for studying the CM noise generation mechanism of the buck and full-bridge (mode 1 and 2) converters. The unbalanced circuit is caused by unbalanced transmission path, and unbalanced dc source and load terminals of the circuit with respect to grounds. The unbalance dc source and load terminals are caused to produce unbalance voltages at source and load terminals, V_{AG} , V_{BG} and V_{IG} , V_{2G} , respectively From these effects will be resulted of CM-voltages $V_{CMoff} = (V_{AG} + V_{BG})$ and $V_{CMON} = (V_{IG} + V_{2G})$, respectively The degree of unbalance 3 circuits are presented in this project The degree of unbalance of three circuit can be compared by the experimental results.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความเมตตา กรุณา จาก รองศาสตราจารย์ ดร.โยชิน เปรมปราชญ์รัชต์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ ได้ให้คำแนะนำในทุกๆ เรื่อง ตลอดจนให้ความสนใจใส่ ถามถึงความคืบ หน้าและ ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ผู้จัดทำมีแรงบัลดาลใจในการทำงานและสามารถทำงานได้อย่างมีระบบ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงเป็น

ขอขอบคุณ ภาควิชาระบบควบคุม และศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า และ อิเล็กทรอนิกส์ (PTEC) เป็นอย่างสูง ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือ ตลอดจนสถานที่ รวมทั้ง อำนวยความสะดวก ในเรื่องต่างๆ จนสามารถจัดทำปริญญาโทฉบับนี้สามารถสำเร็จได้

ขอขอบคุณพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่เคยสอนผู้จัดทำ จนสามารถนำความรู้และ ประสบการณ์ มาจัดทำปริญญาโทฉบับนี้ได้

ขอขอบคุณ พี่เทคศักดิ์ ที่ช่วยอธิบาย การใช้งานของเครื่องมือวัดต่างๆ เพื่อนๆห้องโอ ที่ ช่วยอธิบายวิธีการใช้อุปกรณ์ และเทคนิคต่างๆ

และสุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ของคณะผู้จัดทำที่ได้ให้โอกาสเล่า เรียนจนถึงทุกวันนี้ ตลอดจนสนับสนุนและ ได้ให้กำลังใจเสมอมา

คณะผู้จัดทำ

นายชาญยุทธ เทียมพันธ์พงศ์

นายเทอดศักดิ์ ขำเพ็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญ ตาราง	VI
สารบัญ รูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 สัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า	
2.1.1 ปัญหาซึ่งเกิดจากสัญญาณรบกวน (Noise Problem)	2
2.1.2 สัญญาณรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	4
2.1.3 สาเหตุของการเกิดและประเภทของสัญญาณรบกวน	4
2.1.4 ทางเดินของสัญญาณรบกวน	5
2.1.5 นิยามของสัญญาณรบกวนแบบคอมมอน โหมดและ	
คิฟเฟอร์เรนเชียล โหมด	5
2.2 กลไกการเกิดสัญญาณรบกวนแบบคอมมอน โหมด ในสายตัวนำเนื่องจากคุณสมบัติ	
ที่ไม่สมดุลของวงจร	8
2.2.1 พิจารณาในช่วงสวิตช์ไม่ทำงาน	9
2.2.2 พิจารณาที่ช่วงสวิตช์ทำงาน	9
2.2.3 พิจารณาที่วงจร	10
2.3 การลดสัญญาณรบกวนด้วยวิธีการบาลานซ์	10
2.3.1 คีกรีของการบาลานซ์	12
2.4 การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบยูนิโคเร็กซ์ันแนล	13

บทที่ 3 การคำนวณและออกแบบสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
3.1 วงจรขั้วเกท 16
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ออกแบบวงจรชุดขับมอเตอร์	17
3.3 การแบ่งแยกสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบคอมมอน โหมด และดิฟเฟอเรนเชียล โหมด โดยใช้เทคนิคการวัด	21
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	26
4.1 เงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบ	26
4.1.1 พารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ	26
4.2 ผลการทดลองวงจรขับคิซึมอเตอร์ของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์	27
4.3 ผลการทดลองวงจรขับคิซึมอเตอร์ของวงจรฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 1	33
4.3.1 เงื่อนไขการทำงานของวงจรฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 1	33
4.4 ผลการทดลองวงจรขับคิซึมอเตอร์ของวงจรฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 2	40
4.4.1 เงื่อนไขการทำงานของ วงจร ฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 2	40
4.4 เปรียบเทียบการให้กำเนิดสัญญาณรบกวนแบบ คอมมอน โหมด ทั้ง 3 วงจร	47
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	49
5.1 สรุปผลการทดลองของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์	49
5.2 สรุปผลการทดลองของวงจรฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 1	49
5.3 สรุปผลการทดลองของวงจรฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 2	49
5.4 สรุปการทดลองทั้งหมด	49
5.5 ข้อเสนอแนะ	50
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง

หน้า

4.1 แสดงการเปรียบเทียบแรงดันคอมมอนโหมดและดิฟเฟอเรนเชียลโหมดทั้ง 3 วงจร

48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรภายในเครื่องรับวิทยุ	2
2.2 แสดงปัญหาสัญญาณรบกวนจากภายนอก	3
2.3 แสดงปัญหาสัญญาณรบกวนไปกวนอุปกรณ์อื่นๆ	3
2.4 แสดงเทคนิคในการแก้ปัญหาและค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหา	4
2.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมองค์ประกอบของสัญญาณรบกวน	5
2.6 แสดงวงจรไฟฟ้า 1 เฟส	6
2.7 แสดงทิศทางเดินของสัญญาณรบกวน โหมด ผลต่าง	7
2.8 แสดงทิศทางเดินของสัญญาณรบกวนคอมมอน โหมด	7
2.9 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า ดิฟเฟอเรนเชียล โหมด	7
2.10 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าคอมมอน โหมด	8
2.11 แสดงวงจรที่ไม่มีความสมดุล ของวงจร	8
2.12 แสดงช่วงเวลาสวิตช์ไม่ทำงาน	9
2.13 แสดงช่วงเวลาสวิตช์ทำงาน	9
2.14 แสดงวงจรขยายแบบดิฟเฟอเรนเชียลที่สมดุล	10
2.15 แสดงแรงดันรบกวนส่วนต่างๆของวงจร	11
2.16 แสดงแรงดันรบกวนส่วนต่างๆของวงจร	12
2.17 แสดงวงจรขยายแบบดิฟเฟอเรนเชียลที่สมดุล	13
2.18 แสดงยูนิโคเร็กซ์ั้นเนลแอมพลิไฟ-บังกัปได้เพียงครีออดครันท์เดียว	14
2.19 แสดงยูนิโคเร็กซ์ั้นเนลแอมพลิไฟที่มีโคนามิคเบรก-บังกัปได้สองครีออดครันท์	14
2.20 แสดงถึงรูปปลั๊กขณะการลดความเร็วลงที่มีและไม่มี โคนามิคเบรก	15
3.1 แสดงการขับมอสเฟตกำลังด้วยพูน-พูน	16
3.2 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้แยกกราวด์	17
3.3 แสดงรูปวงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส	18
3.4 แสดงรูปวงจรสมมูลเมื่อสวิตช์หยุดนำกระแส	18
3.5 แสดงรูปคลื่นแรงดันควมคุมเกต (V_{gs}) กระแสอาร์มเจอร์ (i_a) และแรงดันอาร์มเจอร์ (V_a)	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป	หน้า
3.6 แสดงการต่อวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์	20
3.7 แสดงการต่อวงจรฟลูบริคค์ โหมด 1	20
3.8 แสดงการต่อวงจรฟลูบริคค์ โหมด 2	20
3.9 แสดงลักษณะพื้นฐานของ LISN ตามมาตรฐาน FCC	21
3.10 แสดงรูปแบบพื้นฐานการทำงานของ LISN	22
3.11 แสดงผลของกระแสสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำที่ปรากฏเมื่อใช้ LISN	23
3.12 แสดงทิศการไหลของกระแสสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำ	24
3.13 แสดงเทคนิคการวัดสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบคอมมอน โหมด	24
3.14 แสดงเทคนิคการวัดสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบดิฟเฟอเรนเชียล โหมด	25
4.1 แสดงวงจรขาเข้าของ TLP250	26
4.2 แสดงวงจร บัคคอนเวอร์เตอร์	27
4.3 แสดงแรงดันตกคร่อม คีซี มอเตอร์	27
4.4 แสดง Vgs กับ Vds	28
4.5 แสดงเปรียบเทียบ Vds กับ Vgs	28
4.6 แสดง V1G กับ V2G	29
4.7 แสดงเปรียบเทียบ V1G กับ V2G	29
4.8 แสดงผลรวมของ V1G กับ V2G	30
4.9 แสดงผลต่างของ V1G กับ V2G	30
4.10 แสดงผลรวมของ VAG กับ VBG	31
4.11 แสดงผลต่างของ VAG กับ VBG	31
4.12 แสดงกระแส AB	32
4.13 แสดงกระแส I2	32
4.14 แสดงกระแสในสาย AC	32
4.15 แสดงสัญญาณรบกวนของวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์	33
4.16 แสดงวงจรฟลูบริคค์คอน เวอร์เตอร์ โหมด 1	33
4.17 แสดงแรงดันตกคร่อม คีซี มอเตอร์	34
4.18 แสดง Vds1 และ Vds2	34
4.19 แสดง Vgs และ Vds	35
4.20 แสดงช่วงมอสเฟตนำกระแส	35
4.21 แสดงช่วงมอสเฟตหยุดนำกระแส	35
4.22 แสดง V1G กับ V2G	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการบริหารงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป	หน้า
4.23 แสดงเปรียบเทียบ V1G กับ V2G	36
4.24 แสดงผลรวมของ V1G กับ V2G	37
4.25 แสดงผลต่างของ V1G กับ V2G	37
4.26 แสดงผลรวมของ VAG กับ VBG	38
4.27 แสดงผลต่างของ VAG กับ VBG	38
4.28 แสดงกระแส 12	39
4.29 แสดงกระแส AB	39
4.30 แสดงกระแสในสาย AC	39
4.31 แสดงรูปสัญญาณรบกวนของ วงจรฟลูบริคซ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 1	40
4.32 แสดงวงจร ฟลูบริคซ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 2	40
4.33 แสดงแรงดันตกคร่อม ดีซี มอเตอร์	41
4.34 แสดง Vds1 กับ Vds2	41
4.35 แสดง Vgs และ Vds	42
4.36 แสดงช่วงมอสเฟตนำกระแส	42
4.37 แสดงช่วงมอสเฟตหยุดนำกระแส	42
4.38 แสดง V1G กับ V2G	43
4.39 แสดงเปรียบเทียบ V1G กับ V2G	43
4.40 แสดงผลรวม V1G กับ V2G	44
4.41 แสดงผลต่าง V1G กับ V2G	44
4.42 แสดงผลรวม VAG กับ VBG	45
4.43 แสดงผลต่างของ VAG กับ VBG	45
4.44 แสดงกระแส 12	46
4.45 แสดงกระแส AB	46
4.46 แสดงกระแสในสาย AC	46
4.47 แสดงสัญญาณรบกวนของวงจรขับ ฟลูบริคซ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 2	47
4.48 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณรบกวนทั้ง 3 วงจร	47
4.49 แสดงกระแสคอมมอน โหมดที่ส่ง ไปยังภายนอกทั้ง 3 วงจร	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้มีการให้ความสนใจในเรื่องของสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Interference :EMI) ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆมากขึ้น และเป็นปัญหาที่หลายประเทศให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก โดย ออกเป็นกฎหมายคุ้มครองแก่ผู้บริโภค และบังคับใช้ในประเทศและภูมิภาค ว่าผลิตภัณฑ์ ที่วางจำหน่าย จำเป็นจะต้องได้การรับรองมาตรฐาน เสียก่อน เนื่องจาก สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อ การทำงานของอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ และ เครื่องใช้ไฟฟ้า อื่นๆ ให้ทำงานผิดพลาด ไม่ว่าจะเป็นเครื่อง ใช้ไฟฟ้าภายใน บ้าน เครื่องมือทางการแพทย์และอุตสาหกรรม ต่างๆ จนถึงอุปกรณ์ทางการแพทย์

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

จุดมุ่งหมายของปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ คือ การศึกษาความสามารถในการลดการเกิด สัญญาณรบกวนแบบ คอมมอน โหมด (Common – Mode Noise) ของวงจรสำหรับขับคิซี มอเตอร์ แบบทิศทางเดียว โดย ใช้เทคนิคให้วงจรเกิดความสมดุล(Balanced circuit) เพื่อเปรียบเทียบ ความสามารถในการให้กำเนิดสัญญาณรบกวน ระหว่างวงจร บัค คอนเวอร์เตอร์ กับ วงจร ฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ทราบถึงแนวทาง ในการเกิดสัญญาณ รบกวนแบบ คอมมอน โหมด และวิธีในการออกแบบ เพื่อ ลดสัญญาณรบกวน ที่เกิดขึ้นได้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

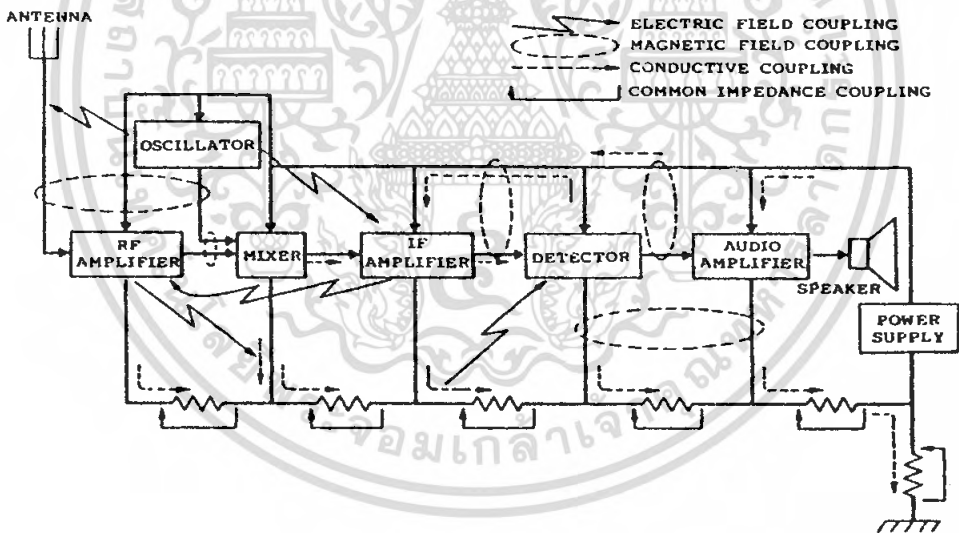
ขอบเขตของการศึกษาในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คือ ทำการศึกษาถึงการเกิดสัญญาณ รบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า ในวงจรขับคิซี มอเตอร์ โดยพิจารณาถึง สาเหตุ ของปัญหา และแนวทาง ในการแก้ไข ปัญหานั้น ศึกษาการทำงานของวงจรขับมอเตอร์แบบทิศทางเดียว ทำการเปรียบเทียบ การให้กำเนิดสัญญาณรบกวน ของวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์ กับวงจร ฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ ภายในเงื่อนไข ทำงานที่เหมือนกัน เพื่อ หาทางในการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า

2.1.1 ปัญหาซึ่งเกิดจากสัญญาณรบกวน (Noise Problem)

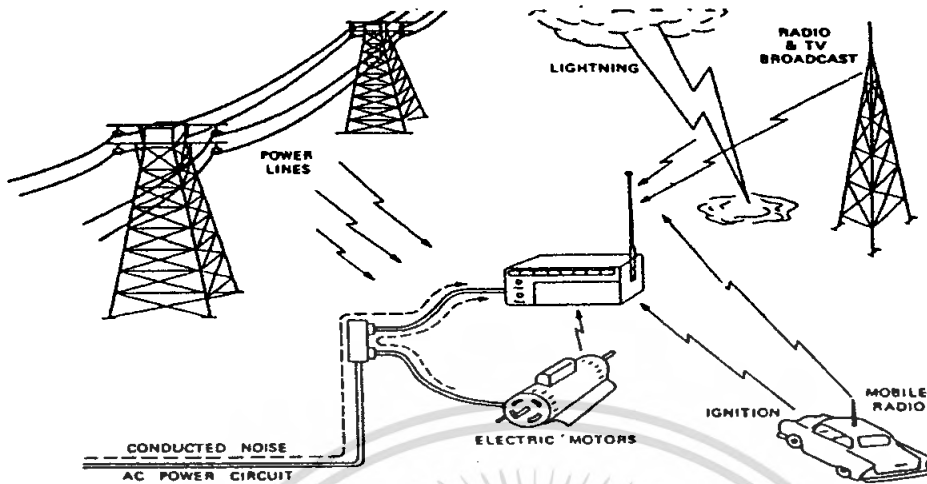
ปัจจุบันได้มีการนำวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ไปใช้งานอย่างแพร่หลาย ทำให้วงจรต่างๆต้องทำงานในระยะเวลาใกล้เคียงมากยิ่งขึ้น ผลก็คือ วงจรเหล่านั้นอาจสร้างสัญญาณรบกวนซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรบกวนเรื่องสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า นอกจากนี้การนำวงจรจำนวนมากมารวมกันภายใต้พื้นที่ที่เล็กลงอย่างเช่นใน IC (Integrated Circuit) ก็มีส่วนในการเพิ่มปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน ดังนั้น เพื่อให้วงจรทำงานได้ดีในสภาวะแวดล้อมจริง ผู้ออกแบบวงจรจำเป็นต้องคำนึงถึงปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนด้วย โดยวงจรมันต้องไม่สร้างสัญญาณรบกวนแก่วงจรอื่น อีกทั้งจะต้องไม่ถูกรบกวนจากวงจรอื่นอีกเช่นกัน



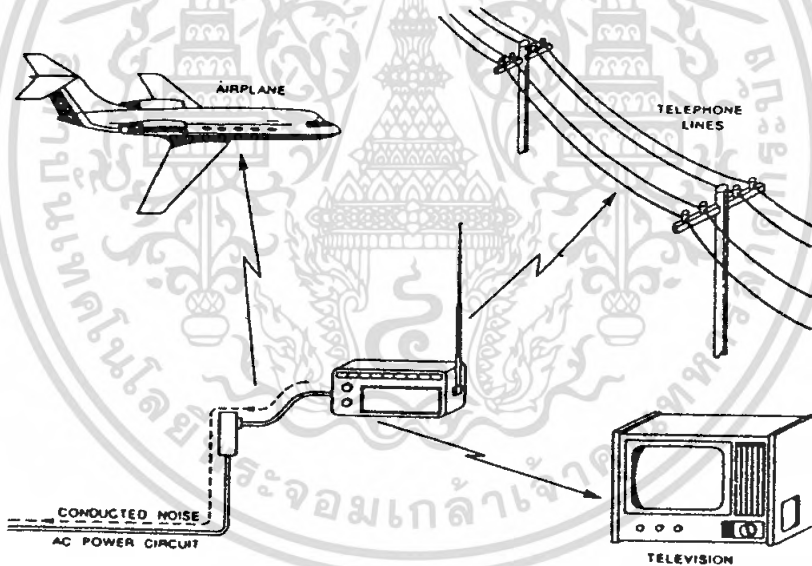
รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรภายในเครื่องรับวิทยุ

รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรภายในเครื่องรับวิทยุ ซึ่งมีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนเช่นเกิดจากการเดินสายไฟ และการต่อกราวด์โดยมีอิมพีแดนซ์ที่กราวด์ร่วมกันเป็นต้น ซึ่งล้วนแล้วแต่มีผลต่อการสร้างสัญญาณรบกวนทั้งสิ้น รูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นปัญหา “ภายใน” ของเครื่องรับ ในขณะที่รูปที่ 2.2 แสดงสัญญาณรบกวนจาก “ภายนอก” เมื่อเรานำเครื่องรับวิทยุไปใช้งานจริง ๆ ซึ่งผู้ออกแบบจำเป็นต้องป้องกันสัญญาณรบกวนทั้งจากภายในและภายนอกเพื่อให้อุปกรณ์ที่ออกแบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงปัญหาสัญญาณรบกวนจากภายนอก



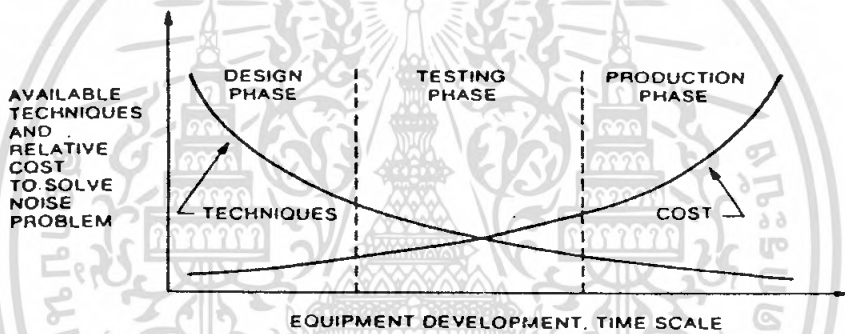
รูปที่ 2.3 แสดงปัญหาสัญญาณรบกวนไปกวนอุปกรณ์อื่นๆ

รูปที่ 2.3 แสดงปัญหานอกเหนือจากที่ได้กล่าวมา คือนอกจากจะถูกรบกวนด้วยสัญญาณอื่นๆแล้ว อุปกรณ์ที่เราออกแบบขึ้นอาจสร้างสัญญาณรบกวนอุปกรณ์ชนิดอื่นๆได้ ดังนั้น นอกจากการป้องกันไม่ให้ถูกรบกวนจากวงจรอื่นแล้ว อุปกรณ์ที่ถูกออกแบบจะต้องไม่สร้างสัญญาณไปรบกวนอุปกรณ์อื่นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 สัญญาณรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

การยอมรับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility, EMC) จะแสดงขีดความสามารถของอุปกรณ์แต่ละชิ้น ในการทำงานอย่างปกติภายใต้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าปัญหาเกี่ยวกับ EMC นี้ควรถูกนำมาพิจารณาตั้งแต่เริ่มออกแบบ มิฉะนั้นค่าใช้จ่ายที่ตามมาจะสูงขึ้นและวิธีแก้ไขจะยากขึ้น รูป 2.4 เป็นกราฟแสดงเทคนิคในการแก้ปัญหาและค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาต่างๆเปรียบเทียบระหว่างขั้นตอนในช่วงต่างๆตั้งแต่เริ่มออกแบบ ทดสอบ จนถึงการผลิตซึ่งจะเห็นได้ว่า ถ้าอุปกรณ์ถูกออกแบบพร้อมกับการใช้เทคนิคในการลดสัญญาณรบกวนตั้งแต่เริ่มต้นแล้ว วิธีที่ใช้จะเป็นแบบง่ายๆ อีกทั้งยังเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าด้วย ในทางตรงกันข้าม อุปกรณ์ที่ไม่มีการป้องกันเรื่องสัญญาณรบกวนตั้งแต่แรก จะต้องประสบปัญหาค่อนข้างแน่นอนนอกจากจะต้องออกแบบวงจรใหม่เพื่อลดสัญญาณรบกวนแล้ว วงจรส่วนที่สร้างเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ลดสัญญาณรบกวนจะเป็นผลให้ขนาด ราคา และการสูญเสียพลังงานในขณะที่ใช้งานมีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.4 แสดงเทคนิคในการแก้ปัญหาและค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหา

2.1.3 สาเหตุของการเกิดและประเภทของสัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวน (Noise) คือสัญญาณไฟฟ้าในวงจรที่เกิดขึ้น นอกเหนือไปจากสัญญาณที่ได้ออกแบบเอาไว้แต่จะต้องเข้าใจว่า สัญญาณเอาต์พุตที่มีความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear) กับอินพุตนั้นไม่ใช่สัญญาณรบกวน แต่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการออกแบบวงจร เว้นแต่ว่าสัญญาณดังกล่าวนี้ไปรบกวนวงจรอื่น เช่นนั้น เราจะเรียกสัญญาณนี้ว่าเป็นสัญญาณรบกวน

เราสามารถแบ่งแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนออกเป็น 3 ชนิดดังนี้คือ

1. แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนภายในเนื้อสาร (intrinsic noise source) เช่น เทอร์มัล น้อยส์ (thermal noise) และ ช็อตน้อยส์ (shot noise) เป็นต้น
2. แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนที่สร้างโดยมนุษย์ (man-made noise source) เช่น มอเตอร์ หรือ สวิตช์ เป็นต้น
3. แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนจากธรรมชาติ (natural noise source) เช่น ฟ้าผ่า ฟ้าร้อง

เป็นต้น

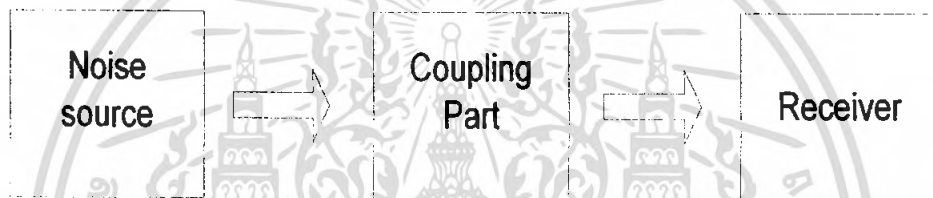
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรบกวน (interference) คือผลของสัญญาณรบกวนที่ทำให้วงจรทำงานได้ไม่ดีเท่าที่ควร โดยมากแล้ว เราไม่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนออกไปให้หมดสิ้น แต่สามารถลดสัญญาณรบกวนกระทั่งไม่ก่อให้เกิดการรบกวนได้

ความไวต่อสัญญาณรบกวน (susceptibility) แสดงให้เห็นความสามารถของอุปกรณ์หรือวงจรในการตอบสนองสัญญาณรบกวน โดยที่วงจรนี้ยังสามารถทำงานต่อไปได้อย่างเป็นที่น่าพอใจ

2.1.4 ทางเดินของสัญญาณรบกวน

รูปที่ 2.5 เป็นบล็อกไดอะแกรมซึ่งแสดงทางเดินของสัญญาณรบกวนที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ 3 ส่วน คือ แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน เส้นทางเชื่อมโยงสัญญาณจากแหล่งกำเนิดไปยังตัวรับหรือการคับปลิง (coupling) และวงจรตัวรับสัญญาณรบกวน



รูปที่ 2.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมองค์ประกอบของสัญญาณรบกวน

ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนนั้น เราจำเป็นต้องตรวจสอบว่า แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนและตัวรับสัญญาณรบกวนอยู่ที่ใด และสัญญาณรบกวนถูกคับปลิงผ่านทางใด ดังนั้นจึงสามารถป้องกันสัญญาณรบกวนได้ 3 วิธี คือ

1. กั้นไม่ให้แหล่งกำเนิดส่งสัญญาณรบกวนออกไป
2. ทำให้ตัวรับไม่ตอบสนองต่อสัญญาณรบกวน
3. ลดการส่งสัญญาณรบกวนผ่านการคับปลิงลงให้น้อยที่สุด

2.1.5 นิยามของสัญญาณรบกวนแบบคอมมอนโหมดและดิฟเฟอเรนเชียลโหมด

การรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถแบ่งได้สองรูปแบบกล่าวคือ

- สัญญาณรบกวนคอมมอนโหมด (Common-Mode Interference: CM)
- สัญญาณรบกวนดิฟเฟอเรนเชียลโหมด (Differential-Mode Interference: DM)

สำหรับนิยามของสัญญาณรบกวน โหมดผลรวม คือ ความแตกต่างระหว่างสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าในสายตัวนำเทียบกับกราวด์

สำหรับนิยามของสัญญาณรบกวนโหมคผลต่าง คือ ความแตกต่างของสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างสายตัวนำ ดังที่แสดงในรูปที่(12) (a)

ดังนั้นในกรณีวงจรไฟฟ้า 1 เฟส ซึ่งประกอบด้วยสายไลน์ (L) สายนิวตรอน (N) และสายกราวด์หรือสายดิน (G) จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้าโหมคผลร่วม (common mode voltage) และแรงดันไฟฟ้าโหมคผลต่าง (differential mode voltage) ดังต่อไปนี้

$$V_C = \frac{(V_{LG} + V_{NG})}{2} \quad (2.1)$$

และ

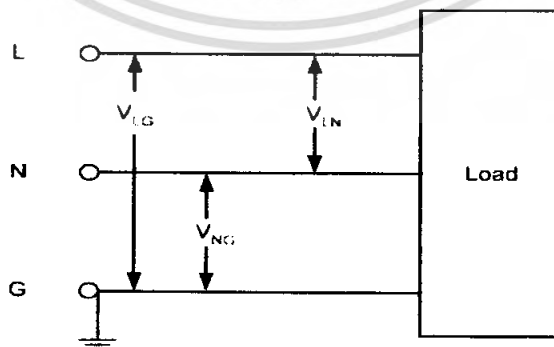
$$V_D = \frac{(V_{LG} - V_{NG})}{2} \quad (2.2)$$

โดยที่ V_{LG} = แรงดันไฟฟ้าระหว่างสายไลน์กับกราวด์

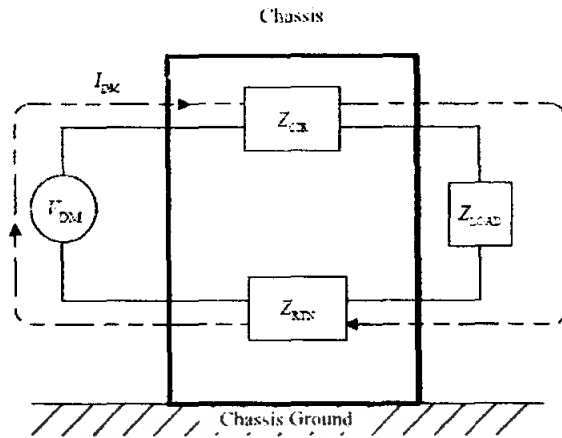
V_{NG} = แรงดันไฟฟ้าระหว่างสายนิวตรอนกับกราวด์

V_{LN} = แรงดันไฟฟ้าระหว่างสายไลน์กับนิวตรอน

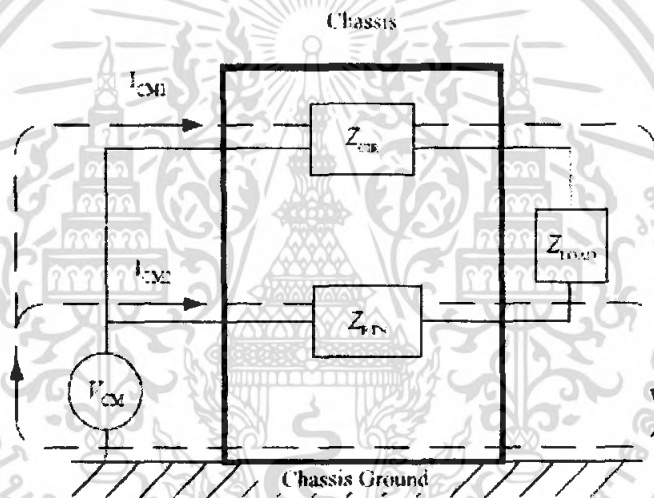
ซึ่งการเดินทางของสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าโหมคผลต่างและโหมคผลร่วมที่อยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้าจะมีทิศทางการไหลดังที่แสดงในรูปที่ 2.7 และ 2.8 ตามลำดับ รูปที่ 2.9 แสดงถึงการเดินทางของสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งโหมคผลต่างและโหมคผลร่วมที่อยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้าในวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเดินทางของกระแสไฟฟ้าในโหมคผลร่วมจะเดินทางผ่านตัวเก็บประจุแฝงของวงจร ในขณะที่กระแสไฟฟ้าในโหมคผลต่างจะไม่เดินทางผ่านตัวเก็บประจุแฝงดังกล่าว



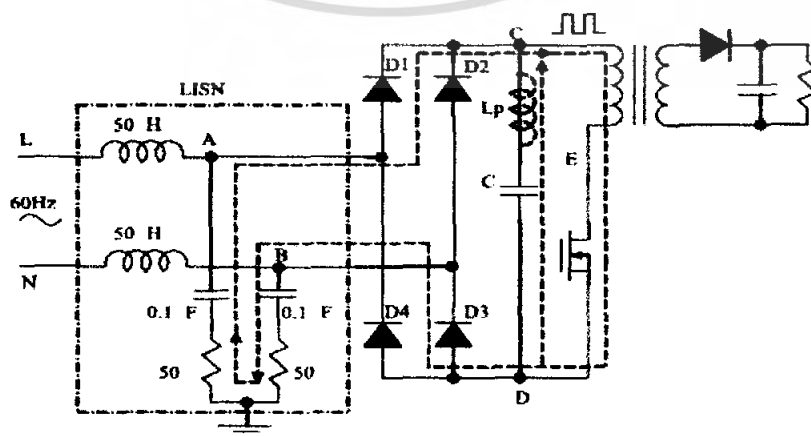
รูปที่ 2.6 แสดงวงจรไฟฟ้า 1 เฟส



รูปที่ 2.7 แสดงทิศทางการเดินของสัญญาณรบกวนโหมด ผลต่าง

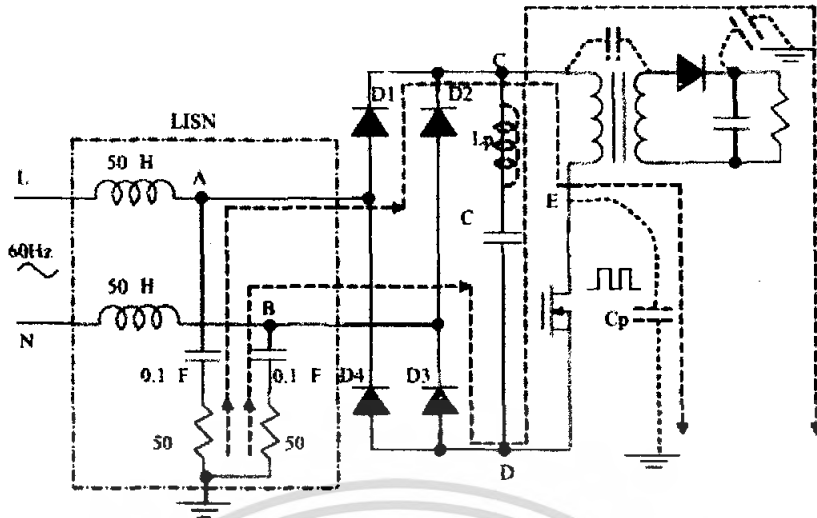


รูปที่ 2.8 แสดงทิศทางการเดินของสัญญาณรบกวนโหมดคอมมอน โหมด



รูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า ดิฟเฟอร์เรนเชียล โหมด

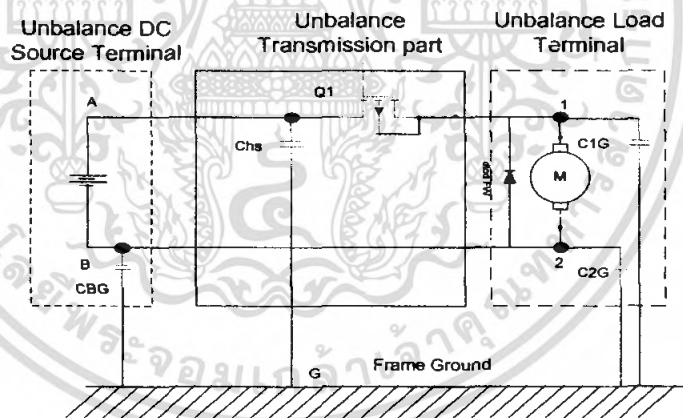
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นเป็นประโยชน์ในการนำมาใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าคอมมอน โหมด

2.2 กลไกการเกิด สัญญาณรบกวนแบบ คอมมอนโหมด (Common mode Noise) ในสายตัวนำ เนื่องจากคุณสมบัติ ที่ไม่สมดุลของวงจร

ความหมายของ วงจรสมดุลคือ วงจรที่มีสายตัวนำ 2 เส้น สายส่งไป (sending line) และสายส่งกลับ (return line) ที่มี อิมพีแดนซ์ เทียบกับกราวด์ (หรือเทียบกับตัวนำอื่นๆ) เหมือนกัน



รูปที่ 2.11 แสดงวงจรที่ไม่มีความสมดุล ของวงจร

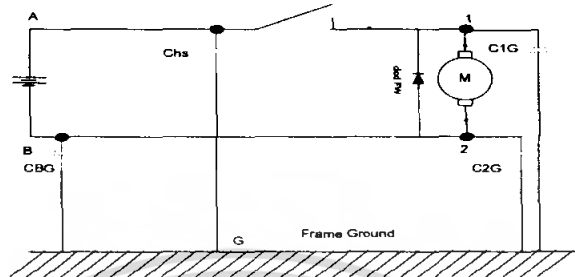
จากรูปที่ 2.17 จะเห็นได้ มี 2 สิ่งที่ทำให้วงจรไม่ สมดุล

- 1) จากรูปว่าเป็น วงจรสวิตซ์ซึ่ง ที่ทำงานด้วยความถี่ที่สูง จึงเกิด ตัวเก็บประจุแฝง (C_{BG} , C_{1G} , C_{2G}) ระหว่าง จุดต่อของวงจร กับ เฟรมกราวด์ จึงทำให้ เกิดความไม่สมดุลของขั้วแหล่งจ่าย สายสัญญาณ และ ขั้วโหลด ส่วน C_{bs} เป็นตัวเก็บประจุแฝง ในตัวระบายความร้อน ของ สวิตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การทำงานของสวิตช์ ในวงจร จะทำให้เกิดความไม่สมดุลของใน ส่วน สายสัญญาณ เพียงอย่างเดียว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว ของสวิตช์ในช่วง ทำงาน กับ ช่วงไม่ทำงาน

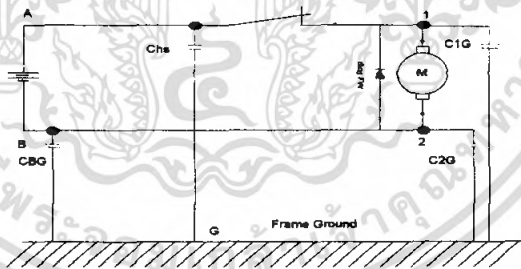
2.2.1 พิจารณาในช่วงสวิตช์ไม่ทำงาน



รูปที่ 2.12 แสดงช่วงเวลาสวิตช์ไม่ทำงาน

แหล่งจ่ายดีซี จะส่งกระแส ผ่านไปยัง ตัวเก็บประจุแฝง C_{hs} และ C_{HG} เป็นผลให้ตัวประจุแฝง C_{hs} และ C_{HG} เก็บสะสมพลังงาน ทำให้เกิดความไม่สมดุลที่สายส่ง และทำให้เกิด แรงดัน คอมมอน ที่ ไม่สมดุลที่หัวของแหล่งจ่าย ($V_{AG} > V_{BG}$) และ ผลรวมของ V_{AG} กับ V_{BG} ไม่เท่ากับศูนย์ เพราะฉะนั้น แล้วเราจึงทราบว่า V_{CMoff} ในช่วงเวลาสวิตช์ไม่ทำงาน มีค่ามากกว่าศูนย์

2.2.2 พิจารณาที่ช่วงสวิตช์ทำงาน



รูปที่ 2.13 แสดงช่วงเวลาสวิตช์ทำงาน

ตัวเก็บประจุแฝง C_{hs} และ C_{HG} จะคายกระแส ผ่านไปยังโหลด และ สายส่ง ทำให้ ทำให้เกิดความไม่สมดุลที่สายส่ง และทำให้เกิด แรงดัน คอมมอน โหมดที่ ไม่สมดุลที่โหลด ($V_{IG} > V_{2G}$) และ ผลรวมของ V_{IG} กับ V_{2G} ไม่เท่ากับศูนย์ เพราะฉะนั้น แล้วเราจึงทราบว่า V_{CMon} ในช่วงเวลาสวิตช์ทำงาน มีค่ามากกว่าศูนย์

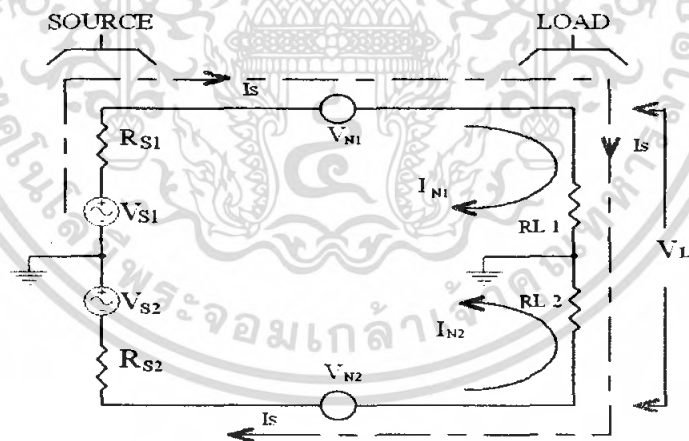
2.2.3 พิจารณาที่วงจร

จากที่เราได้พิจารณาในแต่ละช่วงการทำงานของสวิตช์แล้ว เราจึงทราบว่า วงจรที่ไม่สมดุล ไม่สามารถจะลด หรือหักล้างกระแส คอมมอน โหมด ในเฟรมกราวด์ได้หมด ส่งผลให้ กระแส คอมมอน โหมด ไหล ผ่านทาง เฟรมกราวด์ ของวงจรกลับเข้าวงจร LISN ได้ ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน แบบคอมมอนโหมด กลับไปยังการภายนอกได้

2.3 การลดสัญญาณรบกวนด้วยวิธีการบาลานซ์ (Balancing)

วงจรที่สมดุล (balanced circuit) คือวงจรซึ่งประกอบด้วยตัวนำ 2 เส้นที่มีอิมพีแดนซ์ เทียบกับกราวด์ (หรือเทียบกับตัวนำอื่นๆ) เท่ากัน จุดประสงค์ในการบาลานซ์เพื่อที่จะทำให้ สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นบนตัวนำทั้งสองมีขนาดเท่ากัน ซึ่งสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนี้จะอยู่ในรูป ของคอมมอนโหมดและจะหักล้างกันพอดีที่เอาท์พุท

การใช้วงจรขยายแบบดิฟเฟอเรนเชียลหรือดิฟแอมป์ เป็นวิธีหนึ่งในการนำหลักของเรื่อง การบาลานซ์ไปใช้งาน โหลดของดิฟแอมป์นั้นจะมีลักษณะสมดุล อยู่แล้ว ในขณะที่ภาค แหล่งกำเนิดสัญญาณเป็นส่วนที่ไม่สมดุล ซึ่งเกิดขึ้นจากความต้านทานภายในของแหล่งกำเนิด R_s ดังนั้นหากเราสามารถทำให้ภาคแหล่งกำเนิดสมดุลย์เทียบกับกราวด์ได้ วงจรทั้งระบบก็จะเป็นวงจร ที่สมดุล ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.14 วงจรขยายแบบดิฟเฟอเรนเชียลที่สมดุล

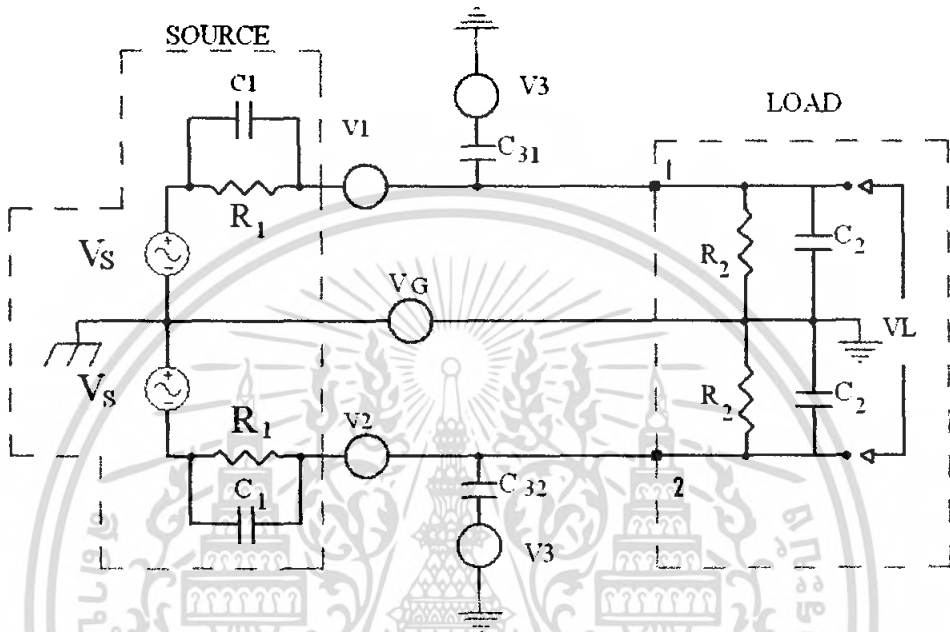
V_{N1} และ V_{N2} คือแรงดันรบกวนที่เกิดขึ้นในตัวนำ ส่วนแรงดันรวมของ V_{S1} และ V_{S2} จะ ก่อให้เกิดกระแสสัญญาณ I_S ขึ้น ดังนั้น V_L ที่ปรากฏที่โหลด คือ

$$V_L = I_{N1}R_{L1} - I_{N2}R_{L2} + I_S(R_{L1} + R_{L2}) \quad (2-3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

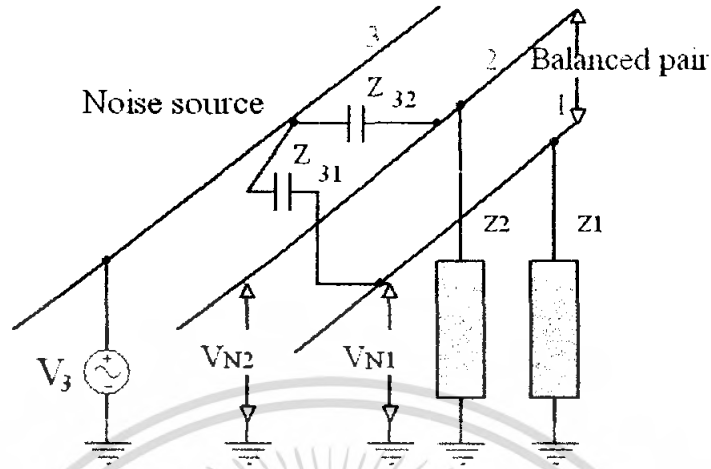
สองเทอมแรกในสมการ 4-1 คือแรงดันจากสัญญาณรบกวน และเทอมสุดท้ายคือแรงดันจากสัญญาณที่เราต้องการ คำนวณหา $I_{N1} = I_{N2}$ และ $R_{L1} = R_{L2}$ แล้วจะได้

$$V_L = I_S(R_{L1} + R_{L2}) \quad (2.4)$$



รูปที่ 2.15 แสดงแรงดันรบกวนส่วนต่างๆของวงจร

ในวงจรสมมูลรูป 2.11 นั้น V_1 และ V_2 คือแรงดันรบกวนซึ่งเกิดจากการคับปลิงผ่านสนามแม่เหล็ก V_3 คือแรงดันรบกวนจากการคับปลิงของสนามไฟฟ้าผ่านตัวเก็บประจุ C_{31} , C_{32} และ V_G คือความต่างศักย์ระหว่างกราวด์ แรงดันของสัญญาณรบกวนที่ขั้ว 1 และ 2 ซึ่งเกิดจาก V_3 หาได้จากรูปที่ 8 โดยที่อิมพีแดนซ์ Z_1 และ Z_2 คืออิมพีแดนซ์รวมระหว่างตัวนำในวงจรที่ 1 และ 2 เทียบกับกราวด์ ตามลำดับ



รูปที่ 2.16 แสดงแรงดันรบกวนส่วนต่างๆของวงจร เราสามารถคำนวณแรงดันรบกวนซึ่งเกิดจาก \$V_3\$ ได้โดยที่

$$V_{N1} = \left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_{31}} \right) V_3 \tag{2.5}$$

และ

$$V_{N2} = \left(\frac{Z_2}{Z_2 + Z_{32}} \right) V_3 \tag{2.6}$$

ถ้าหากวงจรเป็นชนิดสมมูลย์อิมพีแดนซ์ \$Z_1\$ จะเท่ากับ \$Z_2\$ และถ้าตัวนำ 1 และ 2 เป็นชนิดคู่ตัวนำที่พันกันอิมพีแดนซ์ \$Z_{31}\$ จะมีค่าใกล้เคียงกับ \$Z_{32}\$ ซึ่งในกรณีเช่นนี้ \$V_{N1}\$ ประมาณเท่ากับ \$V_{N2}\$ และ สัญญาณรบกวนจะหักกันที่โหลด และเนื่องจากคู่ตัวนำชนิดพันกันสามารถลดสัญญาณรบกวนซึ่งเกิดจากการคับปลิงแบบอินดักทีฟได้ค่อนข้างดี ในทางปฏิบัติจึงนิยมนำคู่ตัวนำพันกันมาใช้ในวงจรสมมูล

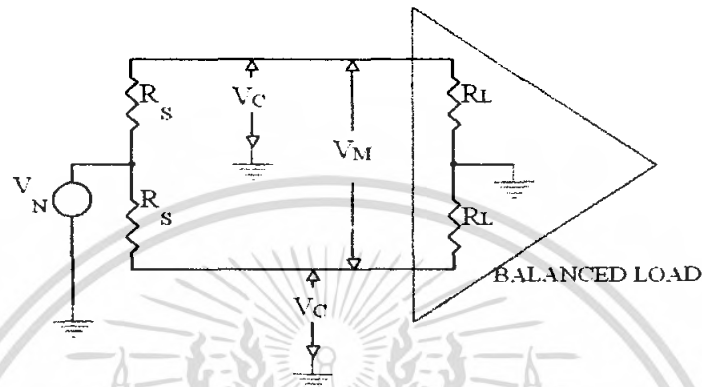
2.3.1 ดีกรีของการบาอานซ์

หรืออัตราการทำจัดสัญญาณชนิดคอมมอน โหมด (Common Mode Rejection , CMRR) คือ อัตราส่วนระหว่างแรงดันรบกวนชนิดคอมมอน โหมดต่อแรงดันคิฟเฟอร์เรนเชียลโหมด ซึ่งโดยมากเขียนอยู่ในเดซิเบล ตามรูปที่ 2.13 CMRR ของระบบนี้คือ

$$CMRR = 20 \log \left(\frac{V_N}{V_M} \right) dB \tag{2.7}$$

ถ้าหากความต้านทานของแหล่งกำเนิด R_s มีค่าต่ำมากเทียบกับ R_L V_C จะมีค่าเท่ากับ V_N ดังนั้น เราสามารถเขียนสมการ 4-5 ได้ใหม่ดังนี้

$$CMRR = 20 \log \left(\frac{V_C}{V_M} \right) dB \quad (2.8)$$

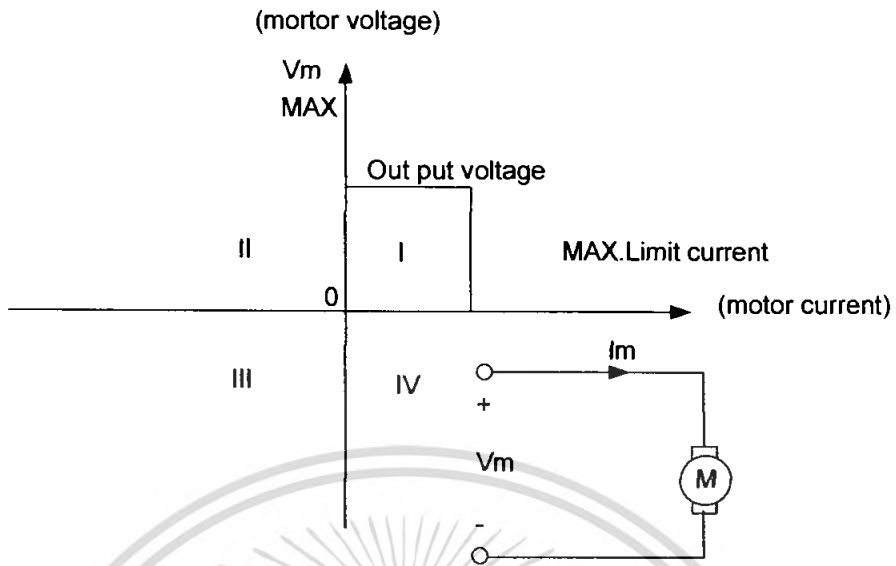


รูปที่ 2.17 แสดงวงจรขยายแบบดิฟเฟอเรนเชียลที่สมดุล

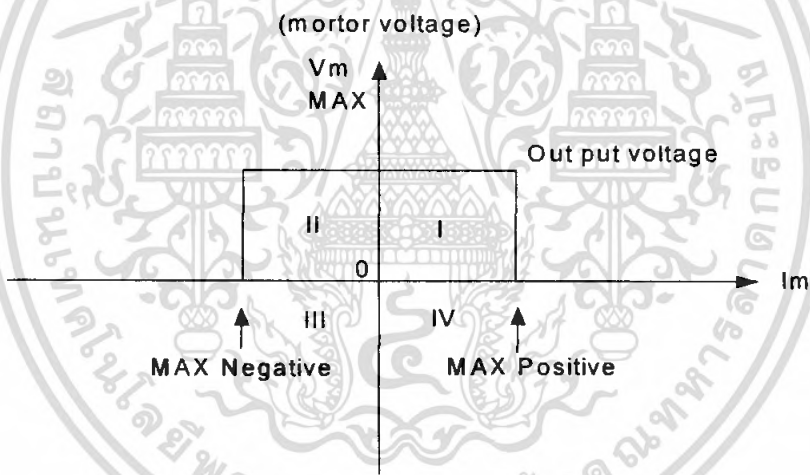
2.4 การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบยูนิโคเร็กซ์แนล

ยูนิโคเร็กซ์แนลแอมพลิไฟ เป็นเครื่องขยายที่ง่ายที่สุด ของลิเนียร์แอมพลิไฟและใช้ใน ระบบที่มอเตอร์ถูกขับให้หมุนในทิศทางเดียว นั่นคือ ลิเนียร์ทรานซอร์มิ่งฟังก์ชันของแอมพลิไฟแบบนี้จะทำงานอยู่ในครีอครันท์แรกเท่านั้น และไม่สามารถให้โวลต์เตจหรือกระแสไหลได้ กลับทิศทางได้ดังแสดงในรูปที่ 2.14 ระบบดังกล่าว แสดงคุณสมบัติการทำงาน โดยสามารถเพิ่ม อัตราเร่งได้อย่างรวดเร็ว แต่สามารถลดความเร็วได้อย่างแข็งขันเนื่องจากมอเตอร์จะลดความเร็วลง ด้วยการเสียดทานและ viscous damping ของระบบเพียงเท่านั้น

การเพิ่มไดนามิคเบรกเข้าไปในระบบสามารถทำให้ยูนิโคเร็กซ์แนลแอมพลิไฟทำงานได้ สอง ครีอครันท์ ดังในรูปที่ 2.15 การหมุนของมอเตอร์ยังคงเป็นทิศทางเดียวแต่สามารถกลับทิศทาง การไหลของกระแสมอเตอร์โดยตัดกระแสขับเคลื่อนมอเตอร์ออกและให้ทางเดินของกระแสซึ่ง เกิดจากโวลต์เตจย้อนกลับของมอเตอร์ (motor back emf) ในทิศทางตรงกันข้ามกระแสที่ใช้ สำหรับลดความเร็วลงเป็นฟังก์ชันกับโวลต์เตจ ย้อนกลับ (back emf) ดังนั้นมันจึงเป็นฟังก์ชันกับ ความเร็วและสามารถลดความเร็วลงได้อย่างมาก เมื่อมอเตอร์หมุนอยู่ที่ความเร็วสูงและ ความสามารถในการหน่วงความเร็วลงนี้จะลดลงเป็นศูนย์ เมื่อ มอเตอร์มีความเร็ว เข้า ใกล้เคียง



รูปที่ 2.18 แสดงยูนิไควเรกซ์ชัณแนลแอมพลิไฟ-บังคับได้เพียงควอเตอร์หนึ่งเดียว

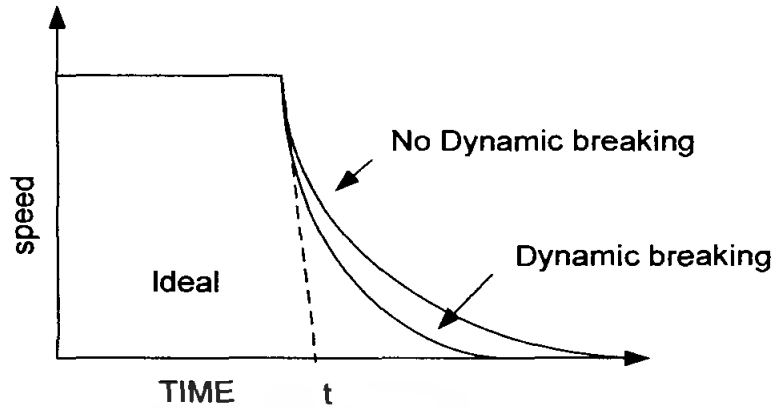


รูปที่ 2.19 แสดงยูนิไควเรกซ์ชัณแนลแอมพลิไฟที่มีไดนามิกเบรก-บังคับได้สองควอเตอร์

การทำงานในควอเตอร์ที่ 2 นี้ เป็นลักษณะของการทำงานเพียงชั่วขณะเท่านั้นและใช้งานได้เฉพาะขณะที่ระบบต้องการลดความเร็วลงจากความเร็วที่เป็นอยู่ เพื่อให้เกิดกระแสหน่วงหรือกระแสด้านการหมุนของมอเตอร์ตามที่ต้องการ

รูปที่ 2.16 แสดงถึงรูปลักษณะของระบบการลดความเร็วลงของระบบยูนิไควเรกซ์ชัณแนลที่มีและไม่มีไดนามิกเบรกสังเกตได้ว่าประสิทธิภาพของไดนามิกเบรกลดลงที่ความเร็วต่ำๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 แสดงถึงรูปลักษณะการลดความเร็วลงที่มีและไม่มี ไดนามิคเบรก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

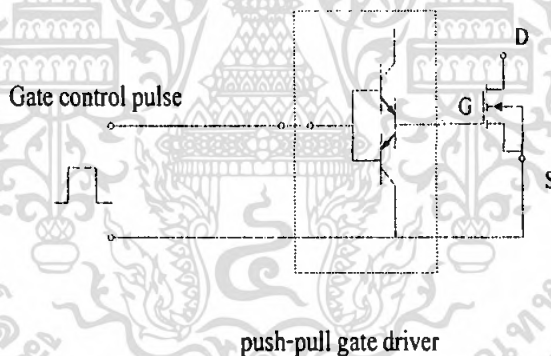
การคำนวณและออกแบบสร้าง

3.1 วงจรขับเคลื่อน

มอสเฟตกำลังนั้นไม่ต้องการกำลังงานในการขับเคลื่อน แต่ต้องการการประจุและถ่ายประจุของเกตในขณะที่ Turn-on และ Turn-off

ในช่วงที่มอสเฟตนำกระแสแรงดันเกตต้องการระดับแรงดันที่มีการเปลี่ยนแปลง จากจุดที่น้อยกว่า V_T ไปจนถึงจุดที่มากกว่า V_T นั่นคือต้องป้อนสัญญาณ พัลส์สี่เหลี่ยม (square wave pulse) เข้าไปที่ขาเกต ระหว่างนำกระแสค่าความต้านทานที่ขาเกตของวงจรขับเคลื่อนมีค่าน้อยมากในช่วงสองตำแหน่งนี้เพื่อให้มอสเฟตกำลังมีช่วง t_r ที่สั้นนั่นเอง

ในช่วงที่มอสเฟตหยุดนำกระแสต้องการช่วงเวลา t_f ที่สั้น ดังนั้นค่าความต้านทานที่เกตจึงควรมีค่าน้อยและสามารถคายประจุได้อย่างรวดเร็ว

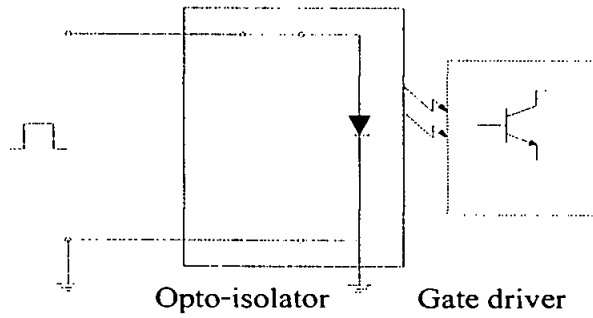


รูปที่ 3.1 แสดงการขับเคลื่อนมอสเฟตกำลังด้วยพวง-พูล

จากรูปที่ 3.1 แสดงการขับเคลื่อนมอสเฟตกำลังด้วยพวง-พูล (push pull driver) ที่สามารถประจุและถ่ายประจุของเกตได้รวดเร็วในขณะที่ turn on และ turn off

ชุดขับเคลื่อนจะต่ออยู่กับขาเกตของมอสเฟต และใช้ขาซอร์สเป็นกราวด์อ้างอิง อินพุตของวงจรขับเคลื่อนมาจากวงจรดิจิทัล หรือคอมพิวเตอร์โดยอ้างอิงกราวด์เช่นกัน ในบางวงจรจะมีปัญหาเรื่องการกราวด์ ที่อินพุตเกตของมอสเฟตกำลัง เพราะที่ซอร์สของมอสเฟตกำลังบางตัวอยู่เหนือกราวด์อ้างอิง ดังนั้นที่เอาต์พุตของวงจรขับเคลื่อนดังกล่าวต้องทำการแยกกราวด์ (Isolate) ทางไฟฟ้ากับวงจรควบคุมเกตพัลส์ (gate control pulse) โดยปกติอุปกรณ์ที่นิยมใช้แยกกราวด์ คือ optical coupling หรือ transformer coupling ดังรูปหม้อแปลงแยกสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ตัวเชื่อม โยงผ่านแสง



(ข) หม้อแปลงแยกสัญญาณ

รูป 3.2 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้แยกกราวด์

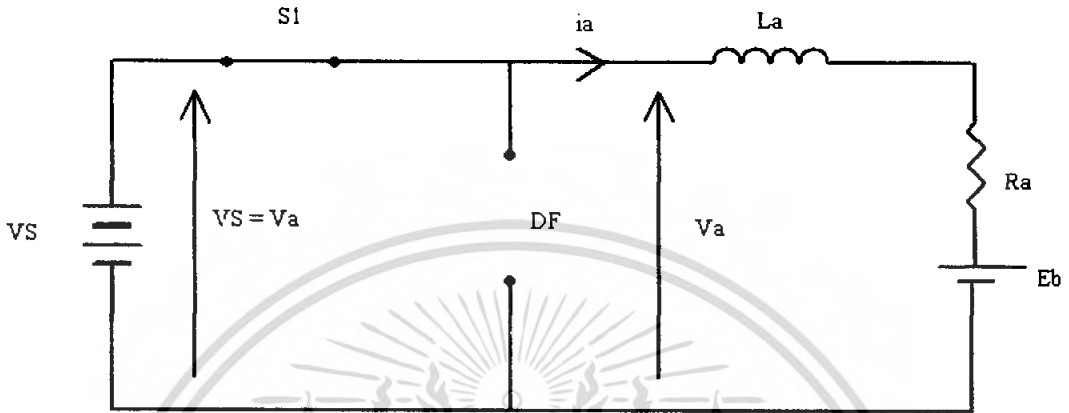
3.2 ออกแบบวงจรชุดขับมอเตอร์

การทำงานแบบยูนิโคเร็กซ์เนล สามารถที่จะควบคุมความเร็วของ ดีซี มอเตอร์ได้โดย กำหนดค่าดีวีดีไอเคิล (Duty circle) จาก พัลส์วิดท์โมดูเลชัน (Pulse Width Modulation) ไปควบคุม แรงดันที่ขาเกต โดย นิยามของค่าดีวีดีไอเคิล คือ ช่วงเวลาทำงานหาร ด้วยช่วงเวลาทั้งหมด

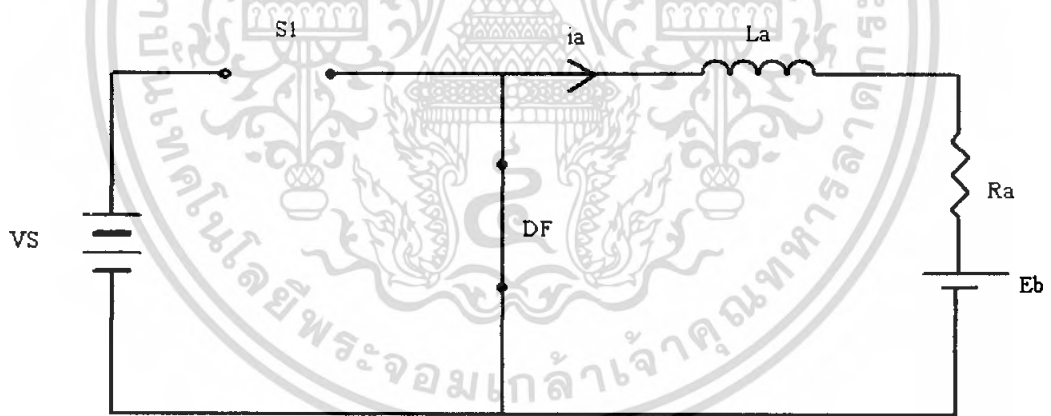
$$D = \frac{T_{ON}}{T} \tag{3.1}$$

D	คือ	ดีวีดีไอเคิล
T_{ON}	คือ	ช่วงเวลาทำงาน
T	คือ	ช่วงเวลาทั้งหมด

การทำงานจะมี 2 ช่วง คือ ช่วงที่สวิตช์นำกระแส ดังรูปที่ 3.3 และช่วงสวิตช์หยุดนำกระแส ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งการนำกระแสและหยุดกระแสของสวิตช์จะเกิดด้วยความถี่ที่



รูปที่ 3.3 แสดงรูปวงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส

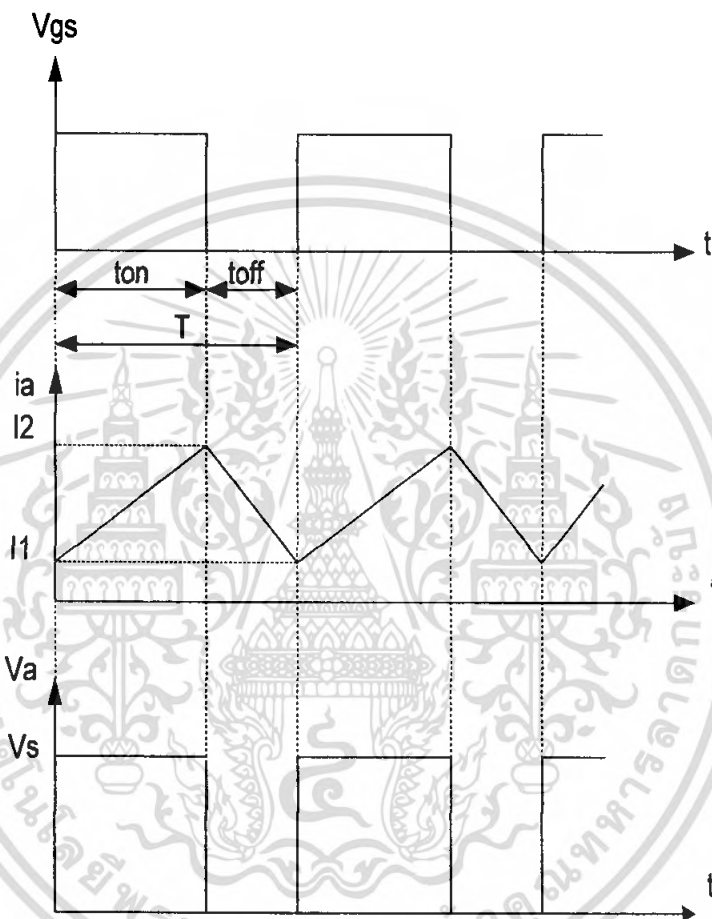


รูปที่ 3.4 แสดงรูปวงจรสมมูลเมื่อสวิตช์หยุดนำกระแส

จากรูปที่ 3.3 เมื่อสวิตช์ (S_1) ปิด จะได้ $V_a = V_s$ และ $V_L = (V_s - E_b)$ ไดโอด (DF) ไม่ทำงาน และการเปลี่ยนแปลงของกระแสคือ $\frac{dia(t)}{dt} = -\frac{(V_s - E_b)}{L_a}$

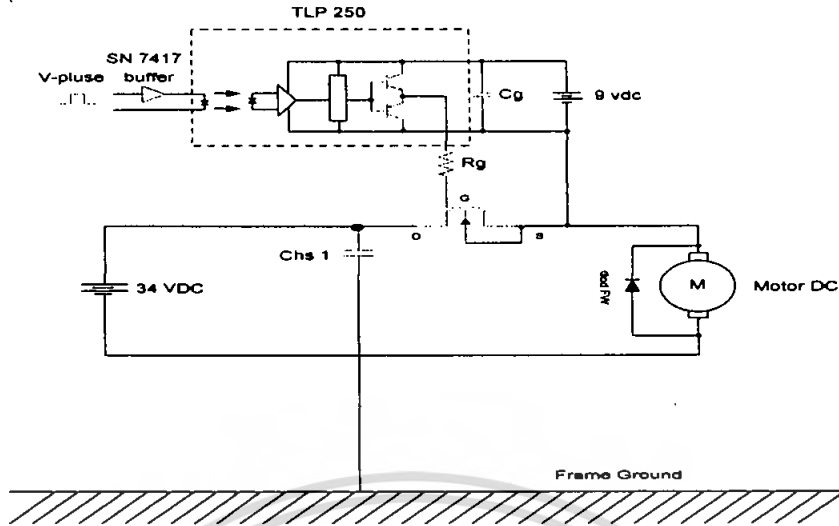
จากรูปที่ 3.4 เมื่อสวิตช์ (S_1) เปิด จะได้ $V_L = L \frac{dia(t)}{dt} = -E_b$ และมีการเปลี่ยนแปลงของกระแสคือ $\frac{dia(t)}{dt} = -\frac{E_b}{L_a}$ ไดโอด (DF) จะต้องวงจร ทำให้กระแส (i_a) ยังคงไหลอย่างต่อเนื่อง (เป็นการลดลงของกระแส) ดังนั้นไดโอด (DF) มีความสำคัญมากเพราะเป็นตัวที่ทำให้กระแส (i_a) ไหล

ได้อย่างต่อเนื่อง และถ้าไม่มีไดโอด (DF) ต่ออยู่ในวงจรจะทำให้ กระแส (i_a) ลดลงอย่างทันทีทันใดจะทำให้ $V_L = L \frac{dia(t)}{dt} = -\infty$ ผลคือจะเกิดสัญญาณรบกวนไปรบกวนที่สวิตช์ (S_1) มากหรือทำให้สวิตช์ (S_1) เสียหายได้

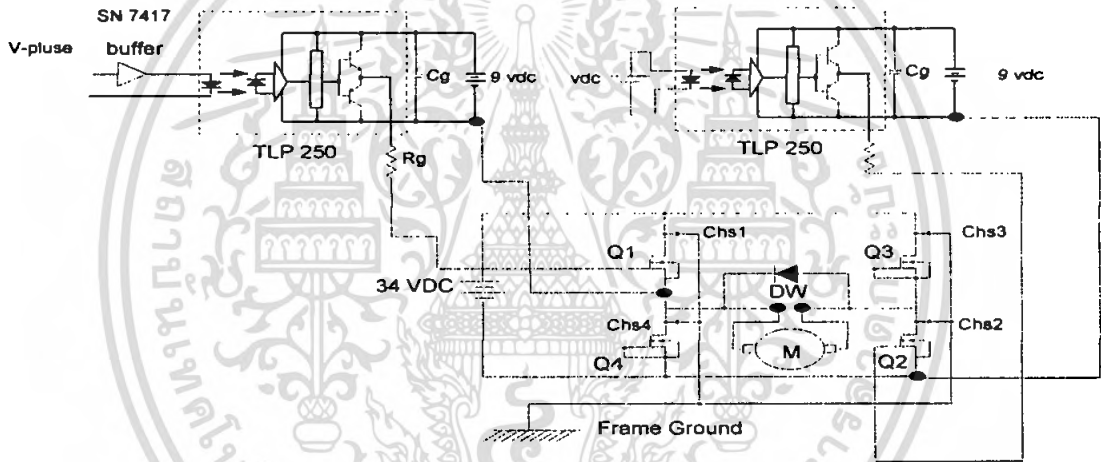


รูปที่ 3.5 แสดงรูปคลื่นแรงดันควบคุมเกต (V_{gs}) กระแสอาร์มเจอร์ (i_a) และแรงดันอาร์มเจอร์ (V_a)

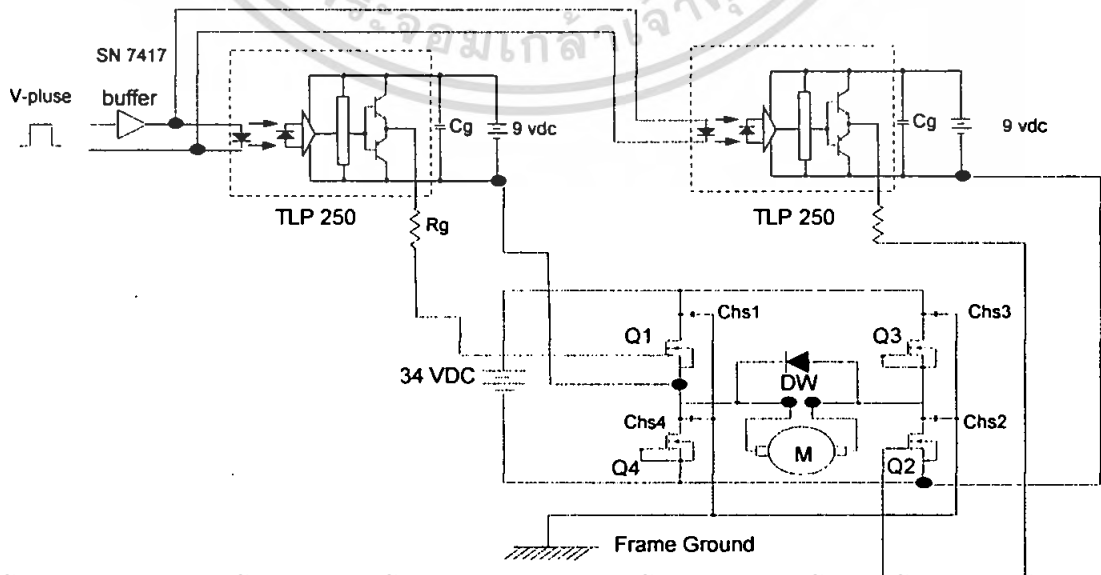
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงการต่อวงจร thyristor หนึ่งแชนเนล



รูปที่ 3.7 แสดงการต่อวงจรฟลูบริคซ์ โหมด 1



รูปที่ 3.8 แสดงการต่อวงจรฟลูบริคซ์ โหมด 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

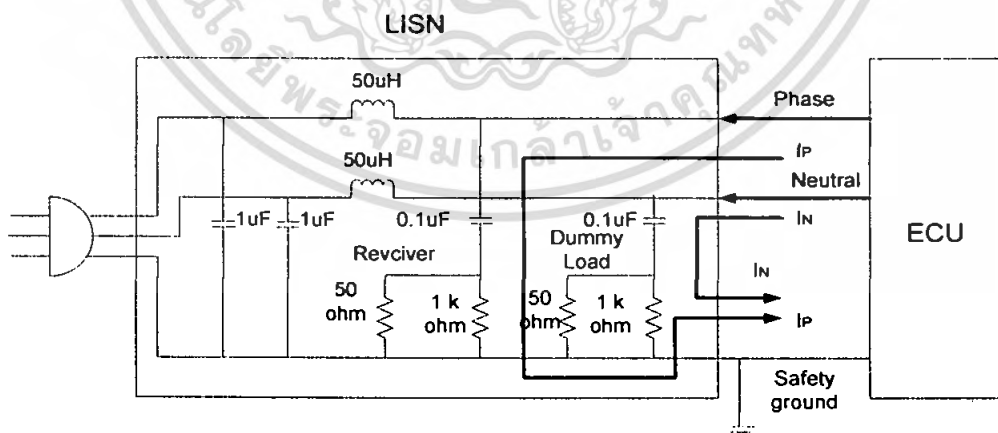
3.3 การแบ่งแยกสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบคอมมอนโหมดและดิฟเฟอเรนเชียล โหมดโดยใช้เทคนิคการวัด

โดยทั่วไปเครื่องมือที่ใช้ในการแยกสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำออกจากสัญญาณที่ใช้ งานคือ Line Impedance Stabilizer Network หรือที่เรียกย่อๆว่า LISN นั่นเอง

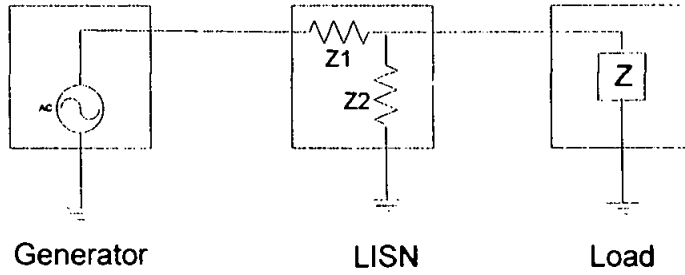
จุดประสงค์ของการใช้ LISN คือ การทำให้เกิดเสถียรภาพในการวัดโดยป้องกันไม่ให้ สัญญาณรบกวนจากไฟสลับที่จ่ายให้กำลังงานให้กับอุปกรณ์ที่ทำการทดสอบ

นอกจากนี้จุดประสงค์หนึ่งก็คือ การคงค่าเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ไว้ที่ 50Ω สำหรับใช้กับอินพุท อิมพีแดนซ์ของเครื่องแสดงผลต่างๆเช่น spectrum analyzer หรือ ออสซิลโลสโคป เป็นต้น โดย รูปแบบพื้นฐานของการใช้ LISN ในการทดสอบจะแสดงดังรูป (ก) เมื่อเราพิจารณาที่ความถี่ไฟฟ้า กระแสสลับ 50 Hz LISN จะแสดงค่าอิมพีแดนซ์ต่ำระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้าสลับไปยังอิมพีแดนซ์ ของโหลด แต่จะแสดงค่าอิมพีแดนซ์สูง (เทียบเท่ากับเปิดวงจร) ระหว่างโหลดกับกราวด์ ดังรูป (ข) และที่ความถี่ของสัญญาณรบกวนซึ่งสูงกว่า 50 Hz มากๆนั้น LISN จะแสดงค่าอิมพีแดนซ์ค่าต่ำ (50Ω) ระหว่างโหลดกับกราวด์ ดังรูป (ค)

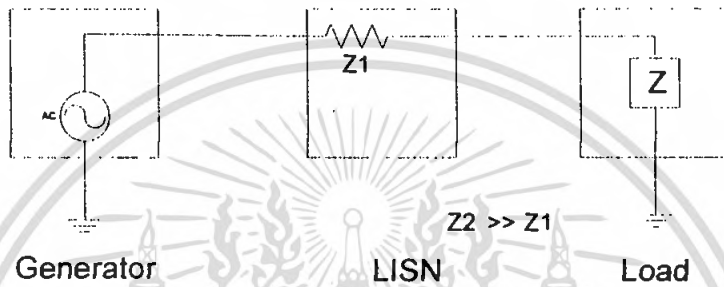
ลักษณะพื้นฐานของวงจร LISN ตามมาตรฐานของ FCC ที่แสดงดังรูป ตัวเก็บประจุขนาด $1\mu F$ ทำหน้าที่ลดสัญญาณรบกวนที่มาจากด้านไฟฟ้ากระแสสลับ 50Hz ส่วนค่าความเหนี่ยวนำ ขนาด $50\mu H$ จะทำหน้าที่ลดทอนสัญญาณรบกวนที่เข้ามาจากด้านไฟสลับเช่นเดียวกัน อุปกรณ์ทั้งสองนี้ทำหน้าที่ตรงกับวัตถุประสงค์ของ LISN ข้างต้น กล่าวคือสัญญาณรบกวนทางด้านไฟสลับก็ จะไม่เข้าไปรบกวนการวัดนั่นเอง



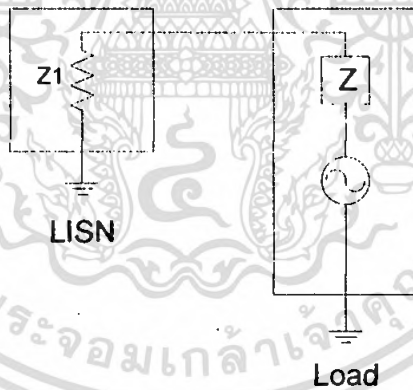
รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะพื้นฐานของ LISN ตามมาตรฐาน FCC



(ก) รูปแบบปกติ



(ข) พิจารณาที่ความถี่สัญญาณไฟสลับ 50 Hz

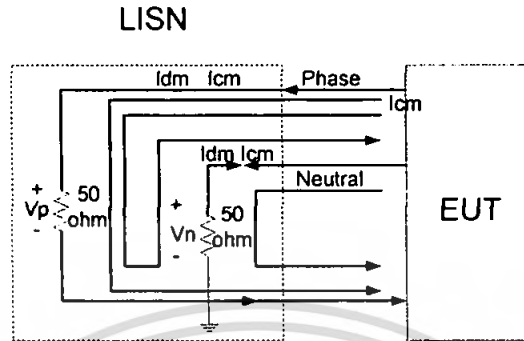


(ค) พิจารณาที่ความถี่สัญญาณรบกวน

รูปที่3.10 แสดงรูปแบบพื้นฐานการทำงานของ LISN

ส่วนตัวเก็บประจุขนาด $0.1 \mu F$ ทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณคิซีจจากอุปกรณ์ที่ทำการทดสอบ ส่วนความต้านทาน $1k\Omega$ ทำหน้าที่ถ่ายประจุของตัวเก็บประจุในกรณีที่ไม่มีตัวต้านทานขนาด 50Ω ต่ออยู่ที่ความถี่ของสัญญาณรบกวน ($450kHz - 30MHz$) โดยตัวเก็บประจุขนาด $1 \mu F$ และ $0.1 \mu F$ จะแสดงค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ ส่วนค่าความเหนี่ยวนำ $50 \mu H$ จะแสดงค่าอิมพีแดนซ์สูง ส่วนที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่สูง ส่วนที่ความถี่สูง LISN ก็ จะแสดงค่าความต้านทาน 50Ω ที่สายไลน์และ นิวตรอนกับ เซฟตีกราวด์ โดยวงจรสมมูลแสดงดังรูป



รูปที่3.11 แสดงผลของกระแสสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำที่ปรากฏเมื่อใช้ LISN

ในการทดสอบวัดสัญญาณรบกวนนั้น จะพิจารณาที่สองจุดคือ สายไลน์กับกราวด์ และสาย นิวตรอนกับกราวด์ ซึ่งการทดสอบจะสามารถทำการวัดได้ที่ละสายเท่านั้น โดยเมื่อทำการวัดที่สาย ไลน์กับกราวด์จะต้องทำการต่อคีมมี โหลด 50 Ω ที่ความต้านทาน 1kΩ ระหว่างสายนิวตรอนกับ กราวด์และเมื่อทำการวัดสัญญาณที่สายนิวตรอนกับกราวด์ก็จะต้องต่อคีมมี โหลดที่ความต้านทาน 1kΩ ระหว่างสายไลน์กับกราวด์

แรงดันในสายไลน์และนิวตรอนที่ได้ออกมาจะประกอบไปด้วยผลรวมและผลต่างของ กระแสสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบคอมมอน โหมดกับดิฟเฟอเรนเชียล โหมดคูณด้วยความ ต้านทาน 50 Ω ดังสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

$$V_P = 50(I_{CM} + I_{DM}) \tag{3.2}$$

$$V_N = 50(I_{CM} - I_{DM}) \tag{3.3}$$

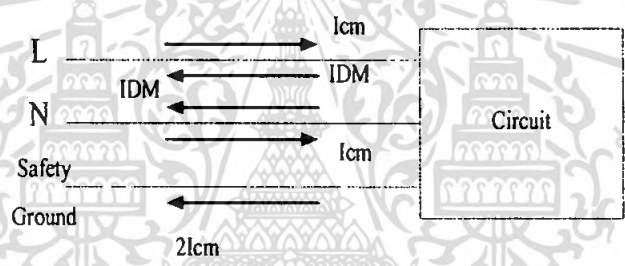
แรงดันดังกล่าวนี้ จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับกระแสสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำ ซึ่ง เป็นเหตุผลว่าทำไมข้อกำหนดมาตรฐานจึงกำหนดให้ระบุในหน่วยของแรงดันแทนที่จะเป็นหน่วย ของกระแส ทั้งที่จุดมุ่งหมายของการพิจารณาจะคู่สัญญาณรบกวนในรูปของกระแสมากกว่านั่นเอง

จากความรู้ในหัวข้อที่ผ่านมาเรื่องการเกิดกระแสสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำทั้งแบบดิฟ เฟอเรนเชียล โหมด โดยกระแสสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบคอมมอน โหมดที่ไหลผ่านสาย ตัวนำไลน์และนิวตรอนมีทิศทาง ไปในทางเดียวกัน ในขณะที่กระแสสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำ แบบดิฟเฟอเรนเชียล โหมดที่ไหลในสายตัวนำทั้งสองนั้นจะไหลในทิศทางที่ตรงกันข้ามดังรูป

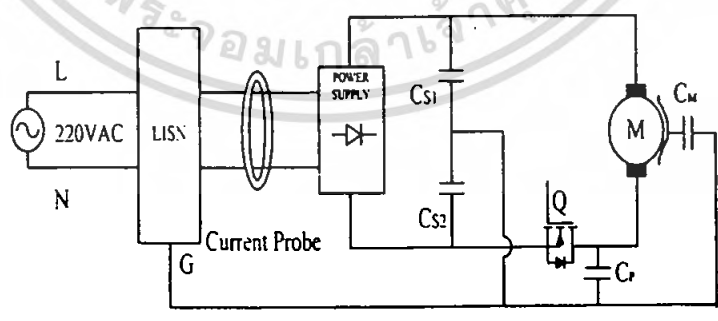
จากความแตกต่างในข้อนี้ทำให้สามารถใช้เทคนิคในการวัดเพื่อแยกสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำ

ทั้งสองแบบ โดยใช้โพรบวัดกระแสความถี่สูง (High frequency current probe) วัดสัญญาณรบกวนค่า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดหนึ่งในขณะเดียวกันก็กำจัดสัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่งออกไป ซึ่งวิธีที่ใช้ในการกำจัดคือ ใช้หลักการหักล้างกันทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้านั่นเอง จากรูปจะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของการวัดสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบคอมมอน โหมดและดิฟเฟอเรนเชียลโหมด การวัดสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบคอมมอน โหมด ซึ่งในตำแหน่งที่ทำการวัดสายสัญญาณทั้งสองนั้นขนานกันอยู่ กระแสสัญญาณรบกวนแบบดิฟเฟอเรนเชียลโหมดที่มีทิศทางตรงกันข้ามกันอยู่แล้ว ดังนั้นจึงเกิดการหักล้างและเหลือเพียงสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบคอมมอน โหมดเท่านั้น ส่วนการวัดสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบดิฟเฟอเรนเชียล โหมดนั้นจะต้องทำการขดสายตัวนำเส้นใดเส้นหนึ่งซึ่งอาจเป็นไลน์หรือนิวรอนแล้วใช้โพรบวัดกระแสความถี่สูงคล้องบริเวณสายที่ขดนั้นคู่กับสายตัวนำที่เหลือ ในกรณีนี้กระแสสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบคอมมอน โหมดจะมีทิศทางตรงกันข้ามกันตรงจุดที่ทำการวัดและเกิดการหักล้างกันส่งผลให้เหลือเพียงสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบดิฟเฟอเรนเชียล โหมดเพียงอย่างเดียวนั่นเอง

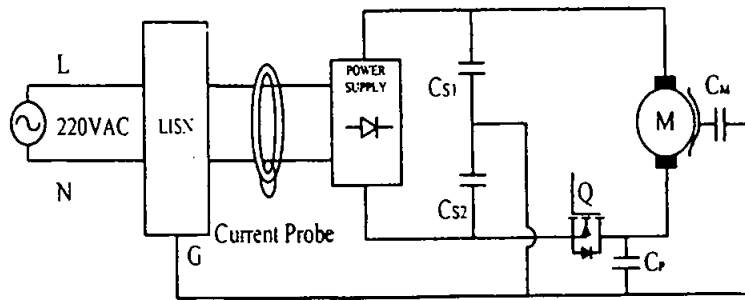


รูปที่ 3.12 แสดงทิศการไหลของกระแสสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำ



รูปที่ 3.13 แสดงเทคนิคการวัดสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบคอมมอน โหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แสดงเทคนิคการวัดสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบดิฟเฟอเรนเชียลโหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

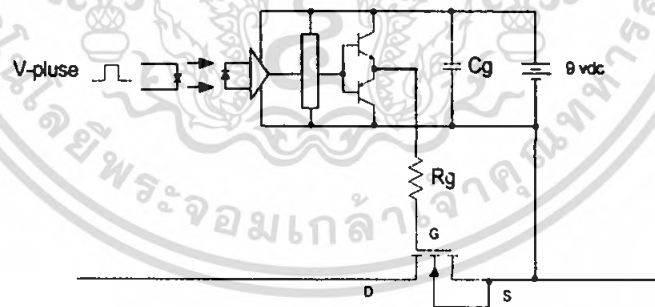
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 เงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบจะใช้ค่าพารามิเตอร์เหมือนกันในทุกการทดสอบ

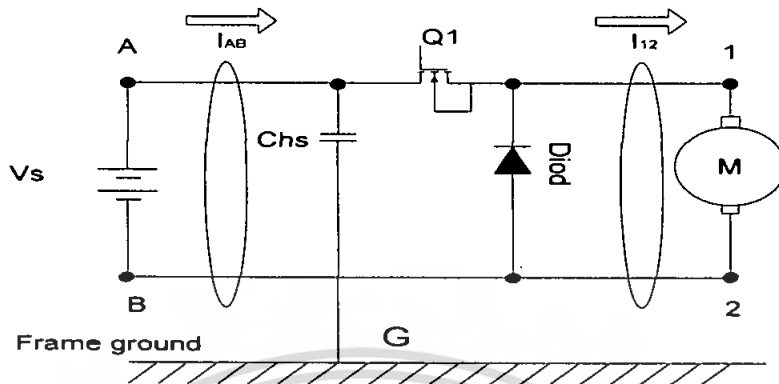
4.1.1 พารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ

- แรงดันอินพุต $V_s = 34$ โวลต์
- ค่าที่ใช้ในการสวิตช์เท่ากับ 110 MHz ทุกวงจรที่ใช้ในการทดสอบ
- ค่าควิตี้ไซเคิลของ คีชี มอเตอร์ขณะไม่มีภาระ เท่ากับ 70% ทุกวงจรที่ใช้ในการทดสอบ
- ไดโอดฟรีวีลิ่ง 1N4148
- มอสเฟต IRFP 460 ทุกวงจรที่ใช้ในการทดสอบ
- โหลด คีชี มอเตอร์
- วงจรขับเคลื่อนใช้ $R_g = 10 \Omega$, $C_g = 1 \mu F$, TLP 250, $V_{dc} = 9 V$

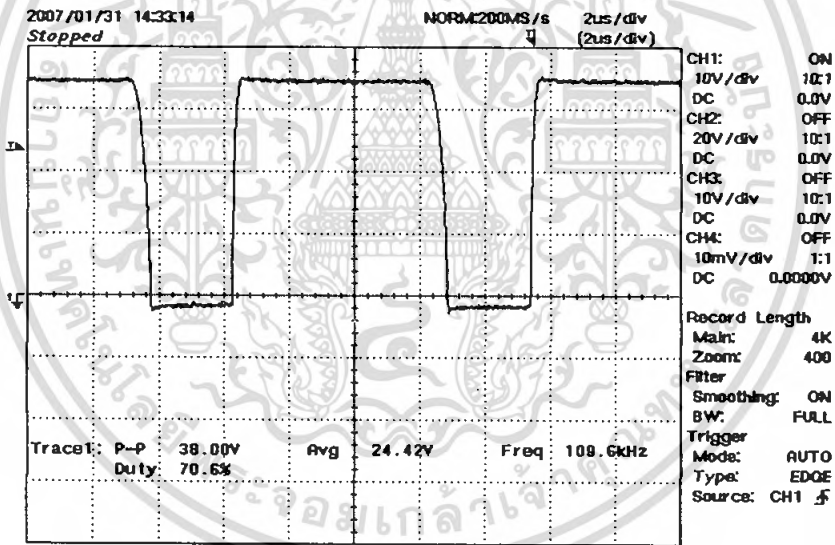


รูปที่ 4.1 แสดงวงจรขับเคลื่อนของ TLP250

4.2 ผลการทดลองวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ของวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์

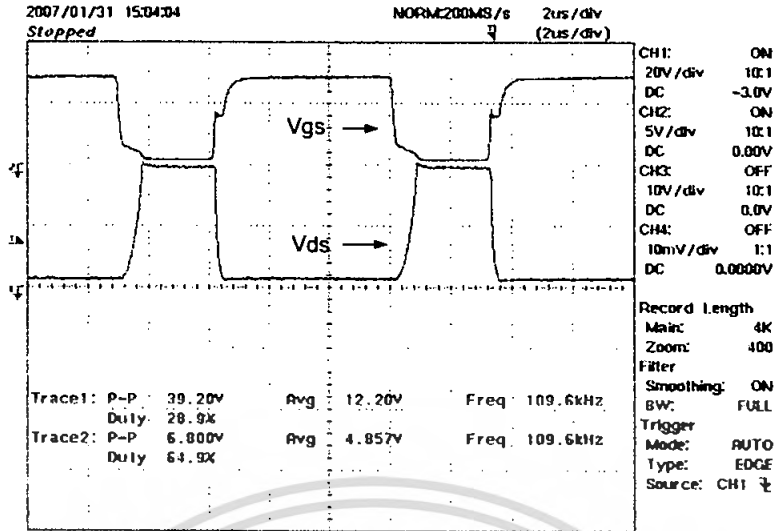


รูปที่4.2 แสดงวงจร บัคคอนเวอร์เตอร์

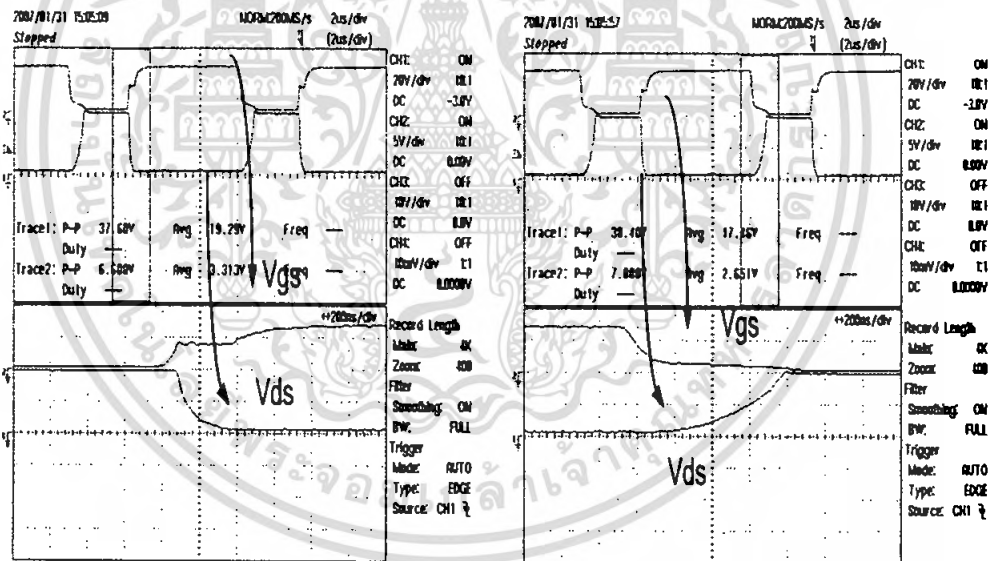


รูปที่4.3 แสดงแรงดันตกคร่อม คิวซี มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดง Vgs กับ Vds

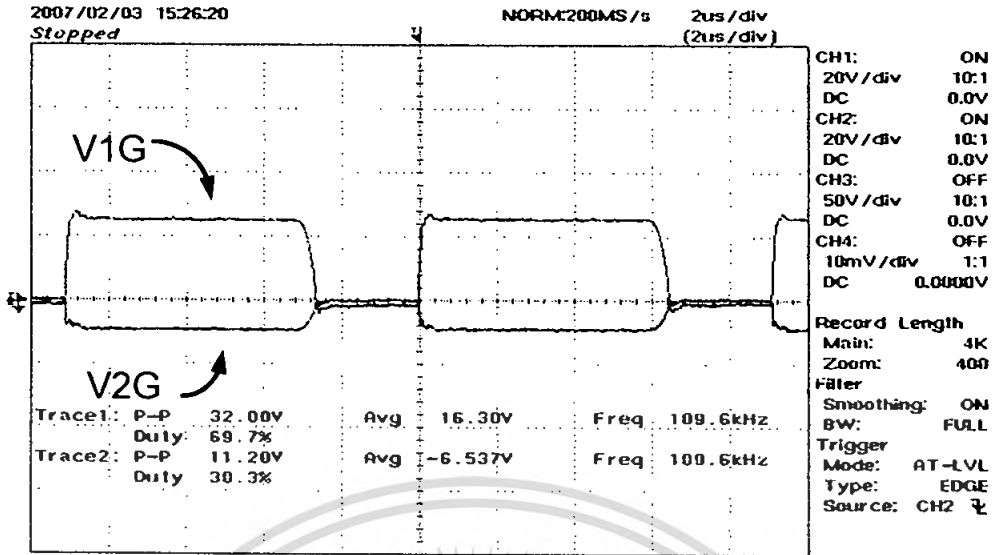


ช่วงมอสเฟตเริ่มนำกระแส

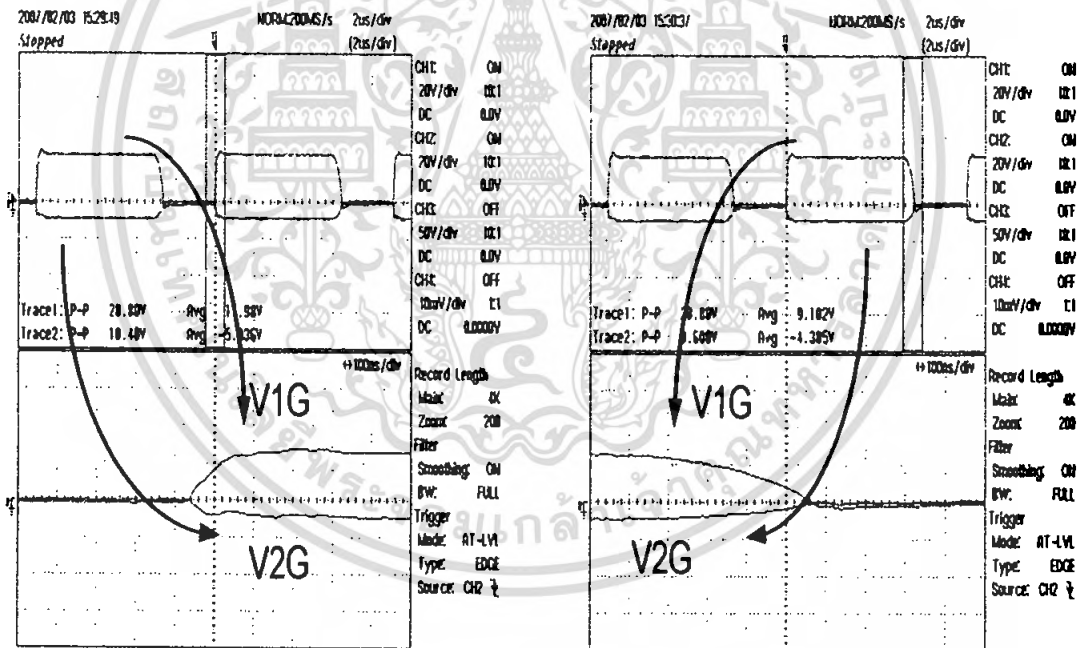
ช่วงมอสเฟตเริ่มหยุดนำกระแส

รูปที่ 4.5 แสดงเปรียบเทียบ Vds กับ Vgs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดง V1G กับ V2G

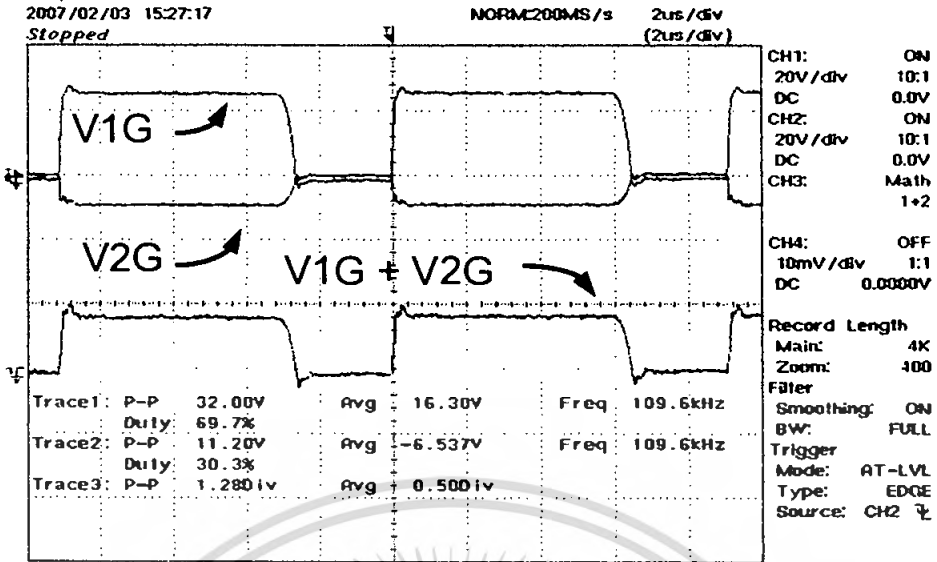


ช่วงนำกระแส

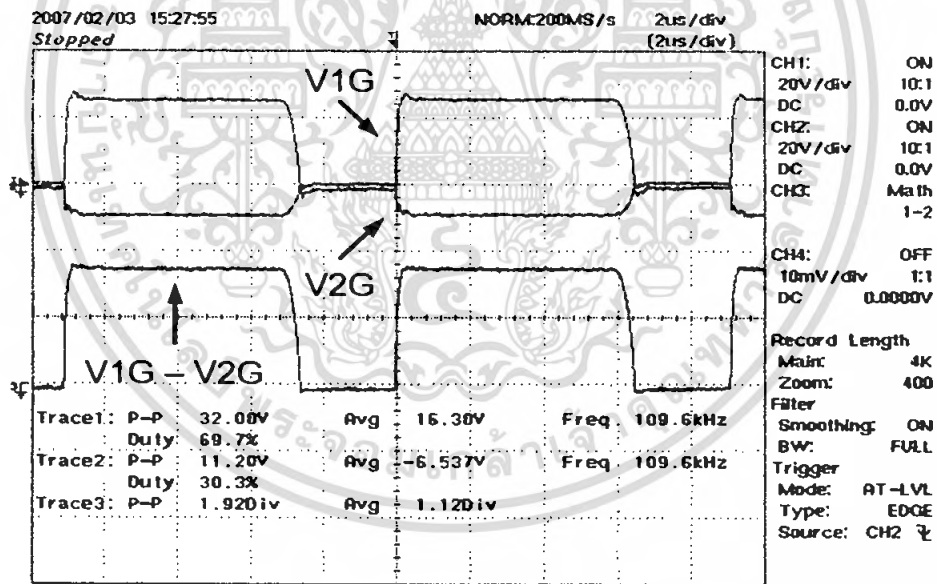
ช่วงหยุดนำกระแส

รูปที่ 4.7 แสดงเปรียบเทียบ V1G กับ V2G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

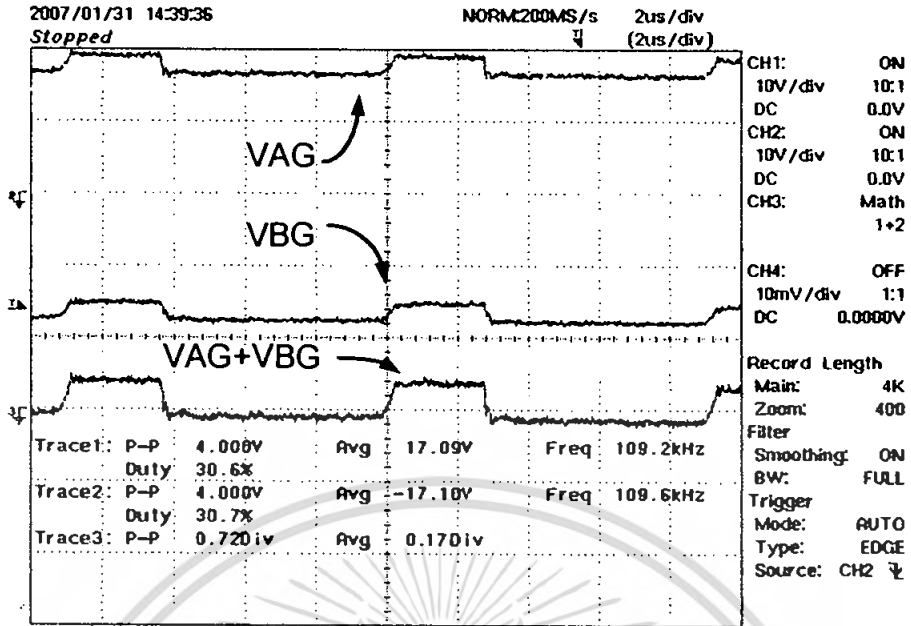


รูปที่4.8 แสดงผลรวมของ V1G กับV2G

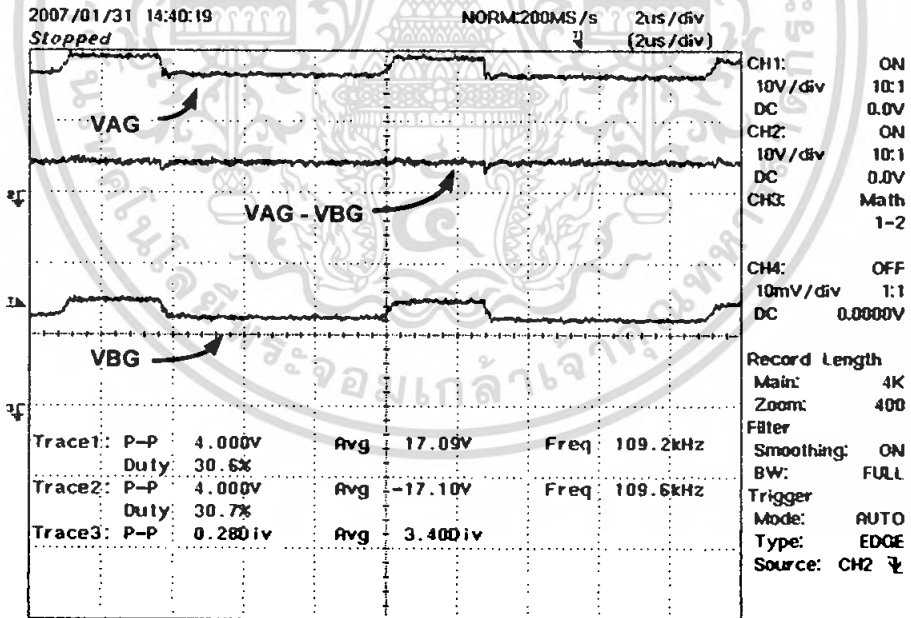


รูปที่4.9 แสดงผลต่างของ V1G กับ V2G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

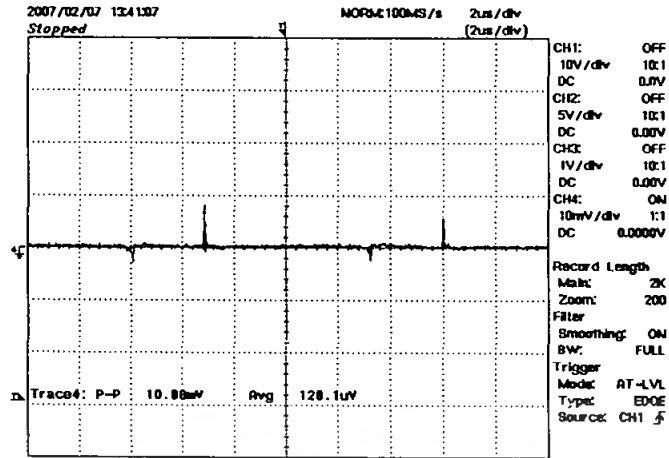


รูปที่4.10 แสดงผลรวมของ VAG กับ VBG

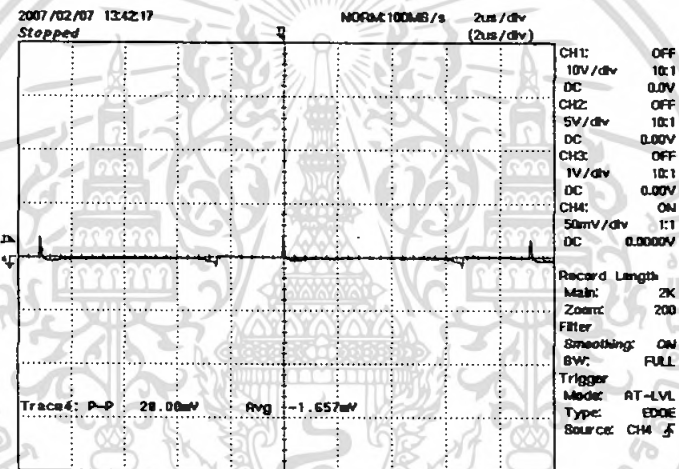


รูปที่4.11 แสดงผลต่างของ VAG กับ VBG

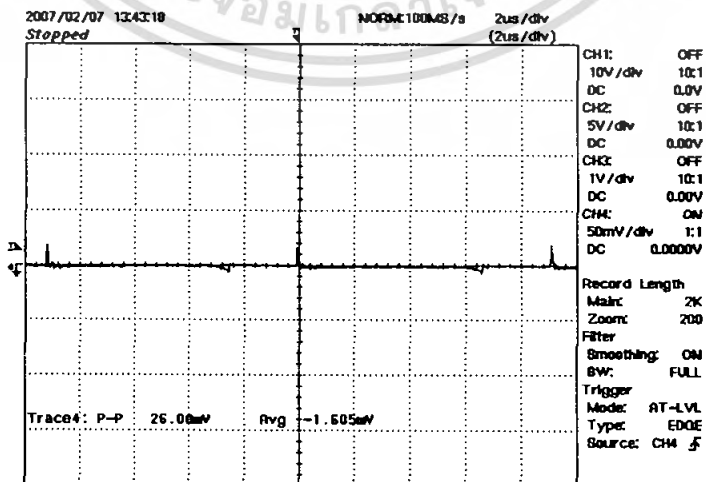
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



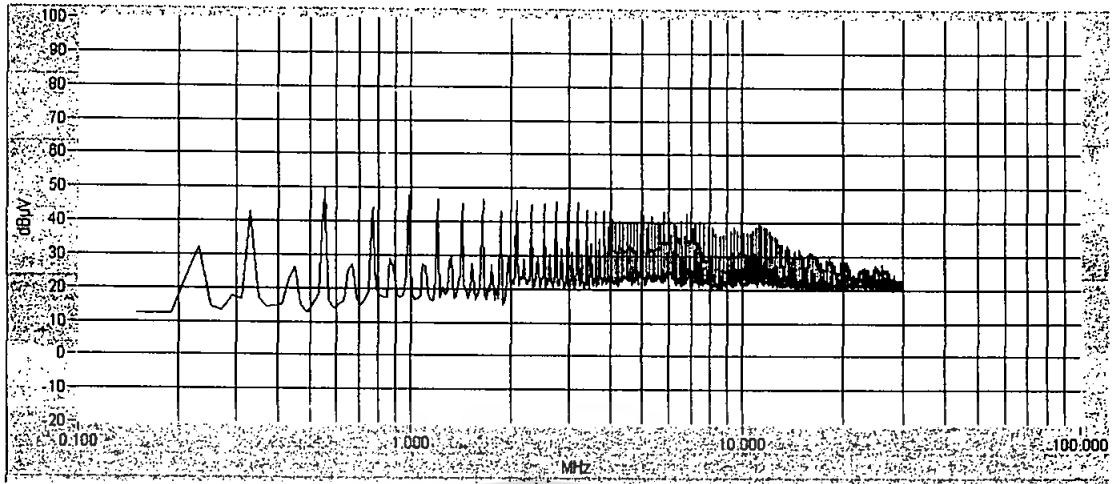
รูปที่ 4.12 แสดงกระแส AB



รูปที่ 4.13 แสดงกระแส 12



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 4.14 ที่แสดงกระแสในสาย AC ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



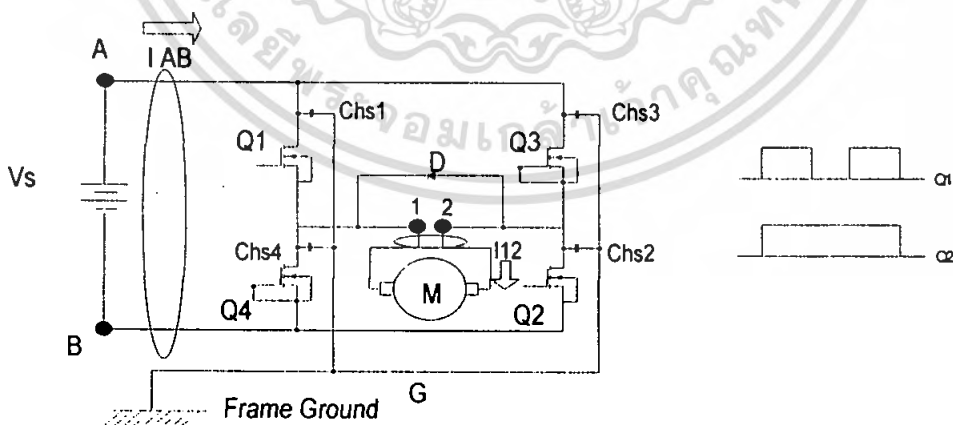
รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณรบกวนของวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์

4.3 ผลการทดลองวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ของวงจรฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 1

การทำงานของวงจรฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ แบบ ยูนิโพลาร์ จำเป็นจะต้องให้ Q3 และ Q4 อยู่ในสถานะ ไม่นำกระแส โดยเด็ดขาด มิฉะนั้น จะทำลัดวงจรได้ เราจำเป็นที่จะต้อง ต่อลัดวงจรที่ขาเกตกับ ขาซอส ของ Q3 และ Q4

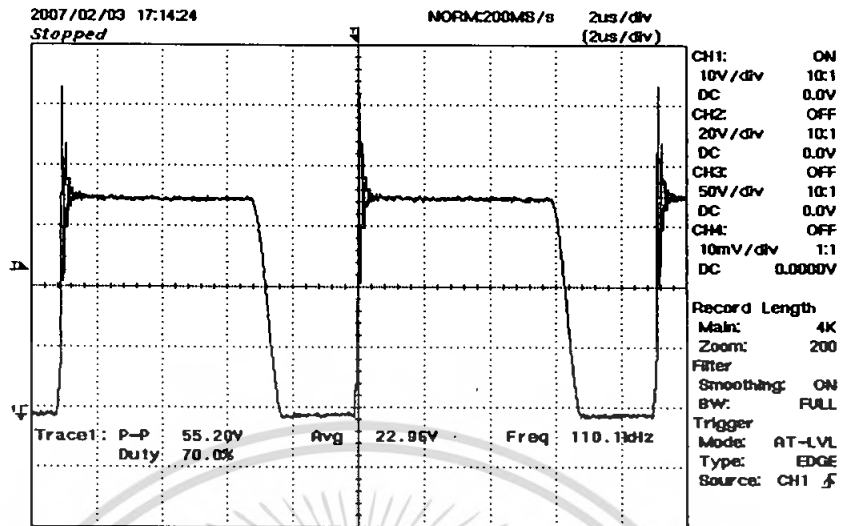
4.3.1 เงื่อนไขการทำงานของวงจรฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 1

เงื่อนไขของการทำงานในโหมดที่ 1 นั้นเราให้ Q1 ทำงานที่ควิตีไซเคิล 70 % และ ให้ Q2 ทำงานที่ควิตีไซเคิล 100 %

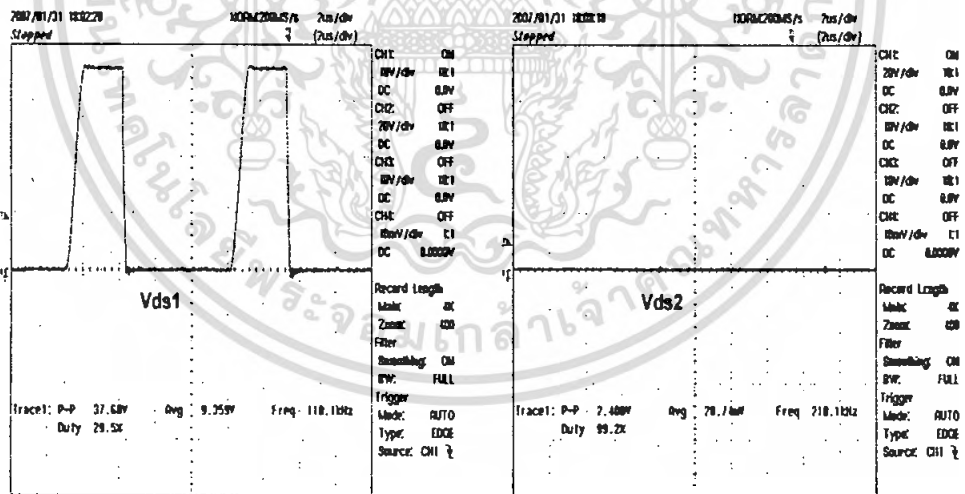


รูปที่ 4.16 แสดงวงจรฟลูบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ โหมด 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

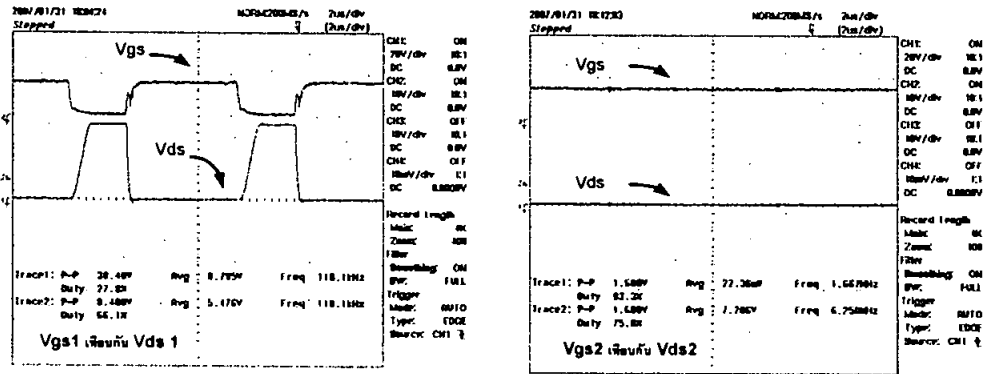


รูปที่ 4.17 แสดงแรงดันคั่นคร่อม ดีซี มอเตอร์

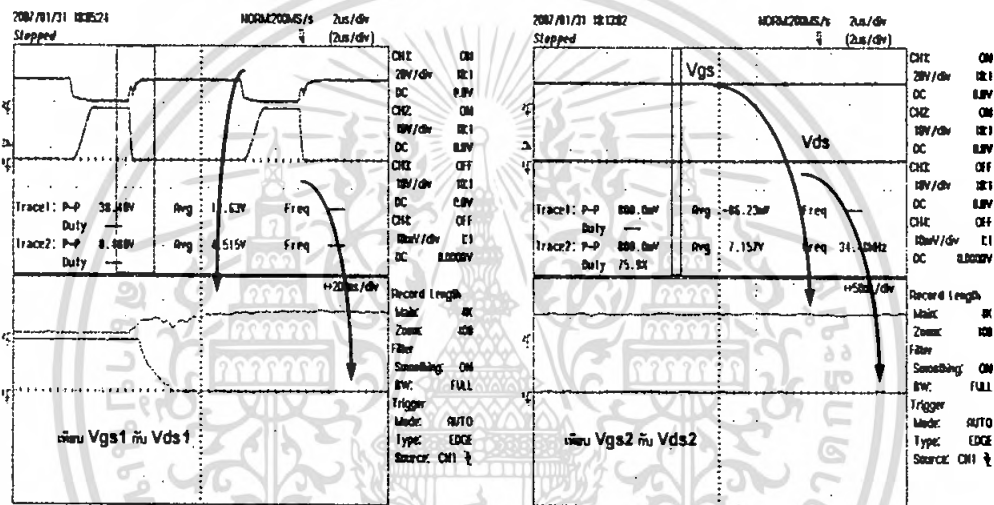


รูปที่ 4.18 แสดง Vds1 และ Vds2

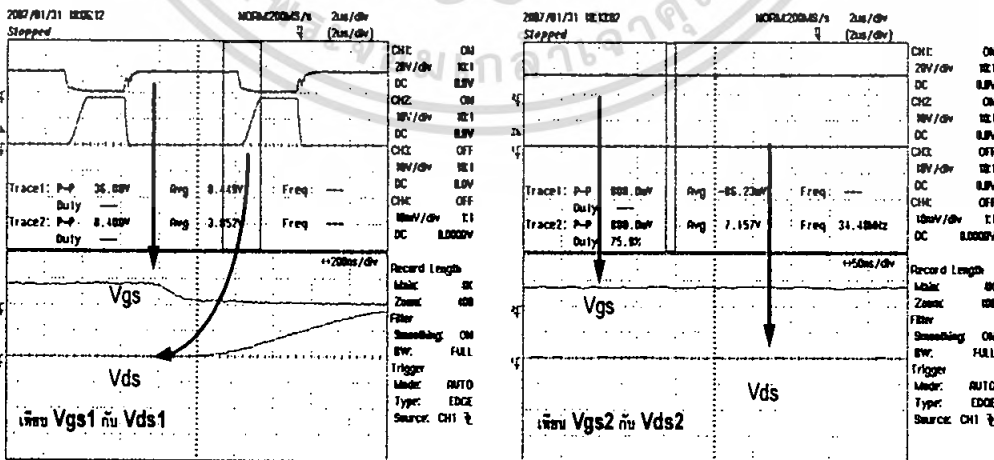
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 แสดง Vgs และ Vds

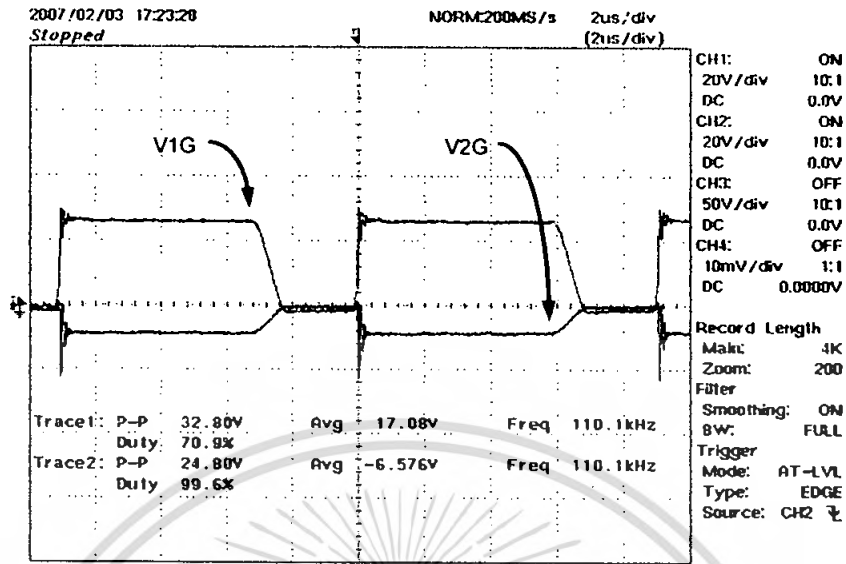


รูปที่ 4.20 แสดงช่วงมอสเฟตนำกระแส

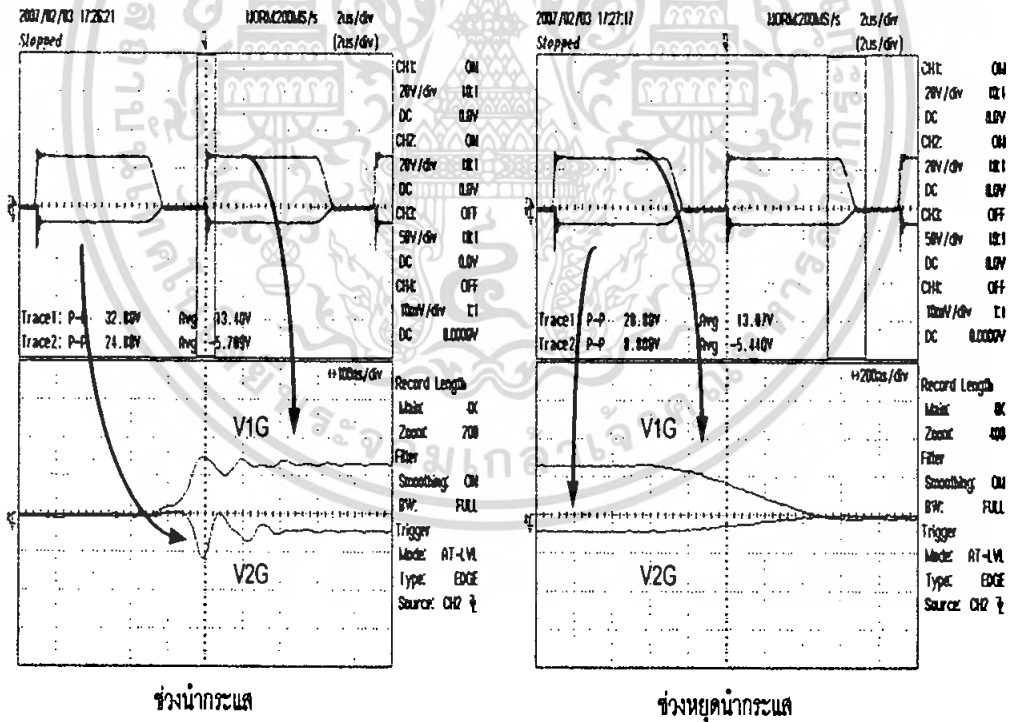


รูปที่ 4.21 แสดงช่วงมอสเฟตหยุดนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

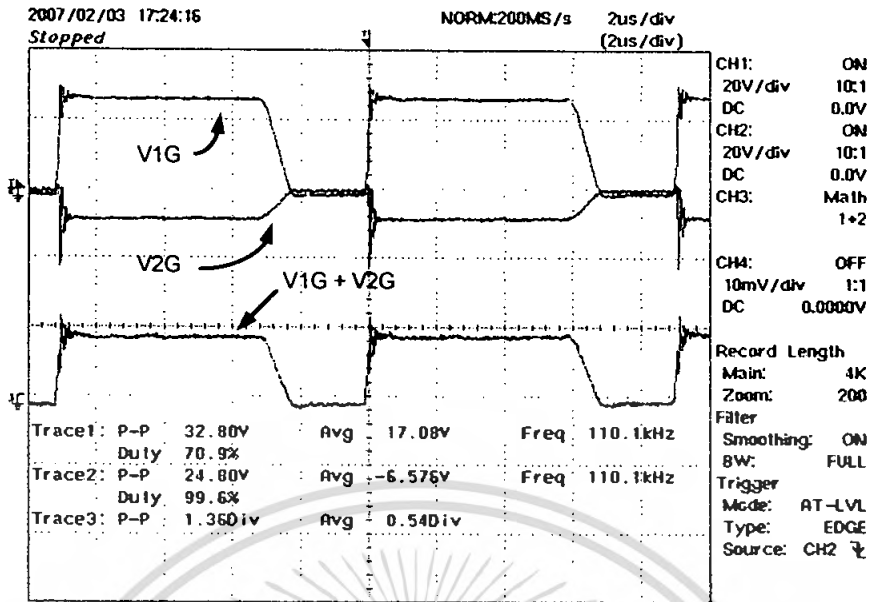


รูปที่ 4.22 แสดง V1G กับ V2G

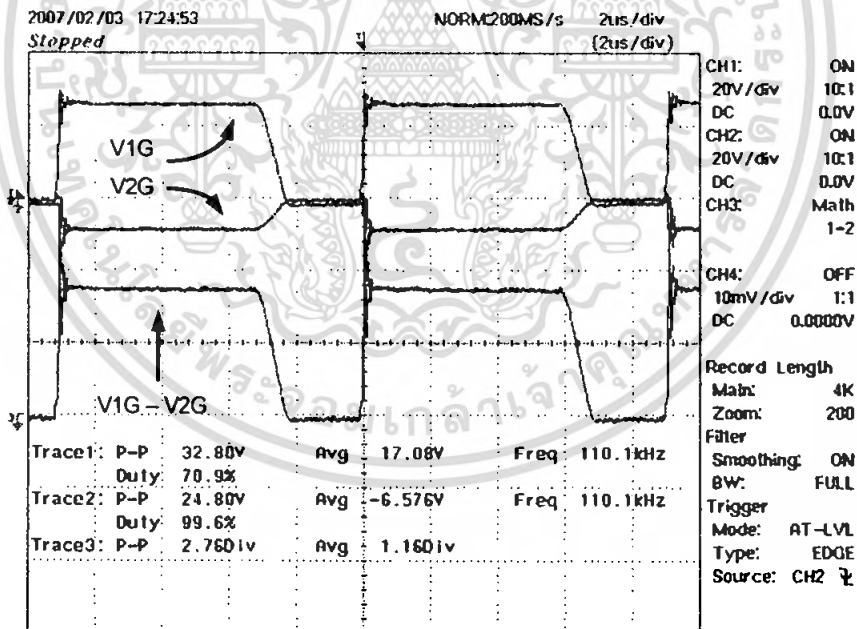


รูปที่ 4.23 แสดงเปรียบเทียบ V1G กับ V2G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

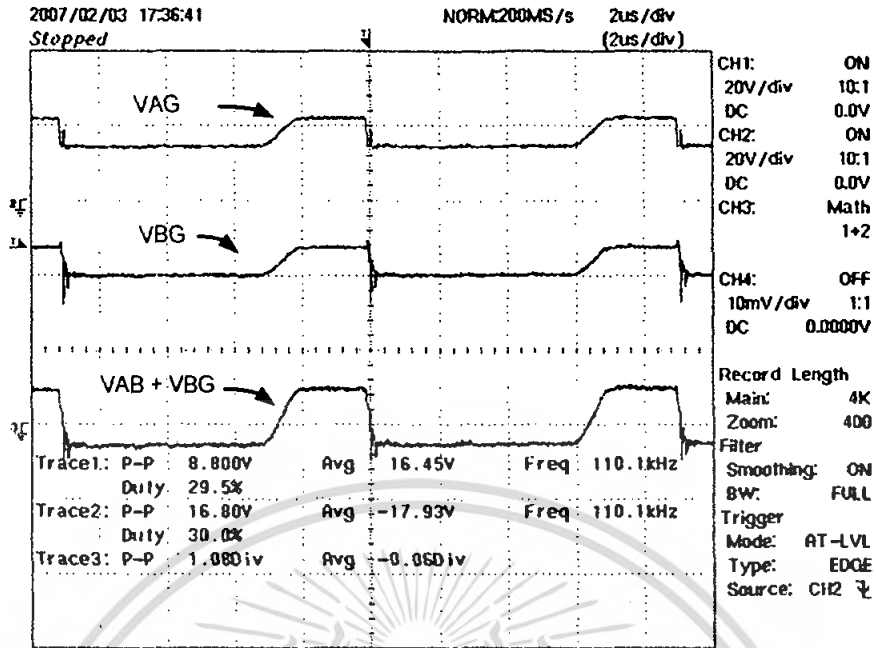


รูปที่ 4.24 แสดงผลรวมของ V1G กับ V2G

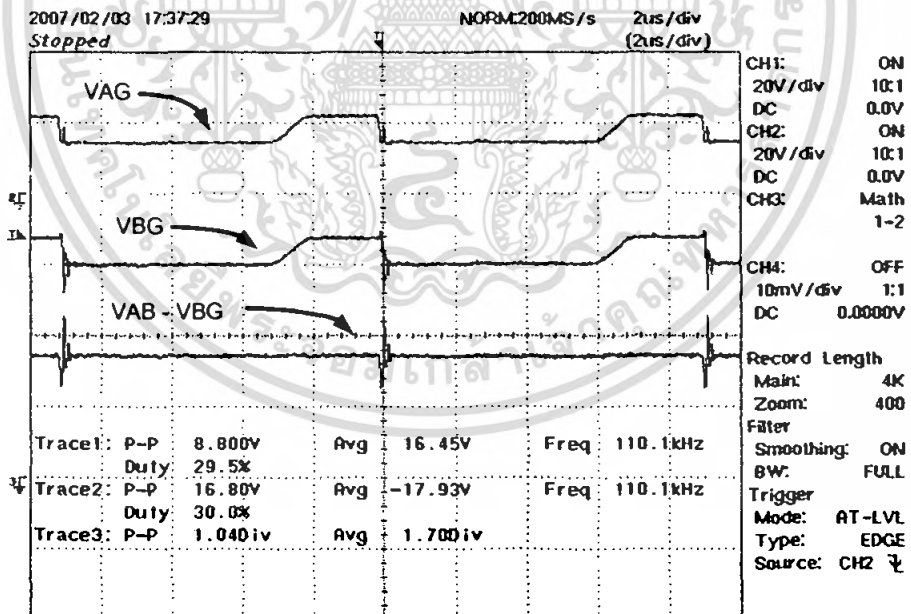


รูปที่ 4.25 แสดงผลต่างของ V1G กับ V2G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

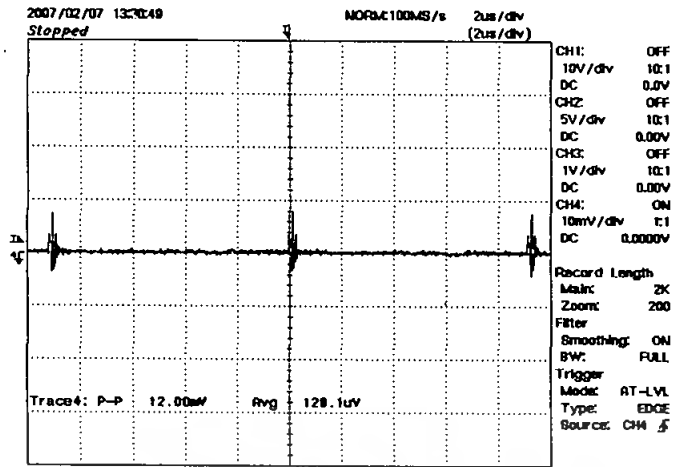


รูปที่ 4.26 แสดงผลรวมของ VAG กับ VBG

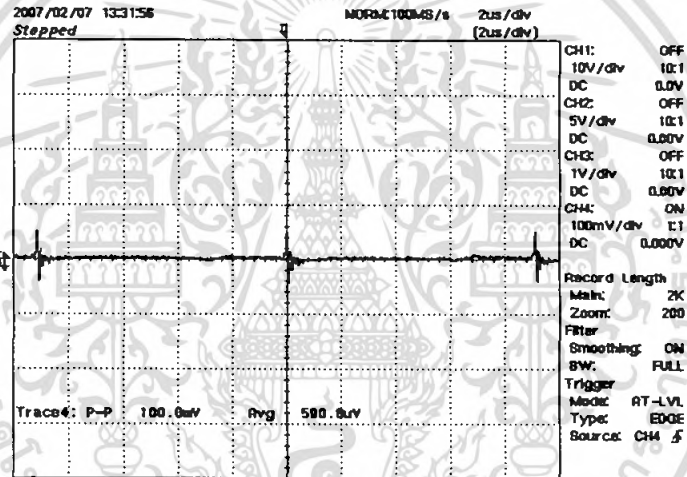


รูปที่ 4.27 แสดงผลต่างของ VAG กับ VBG

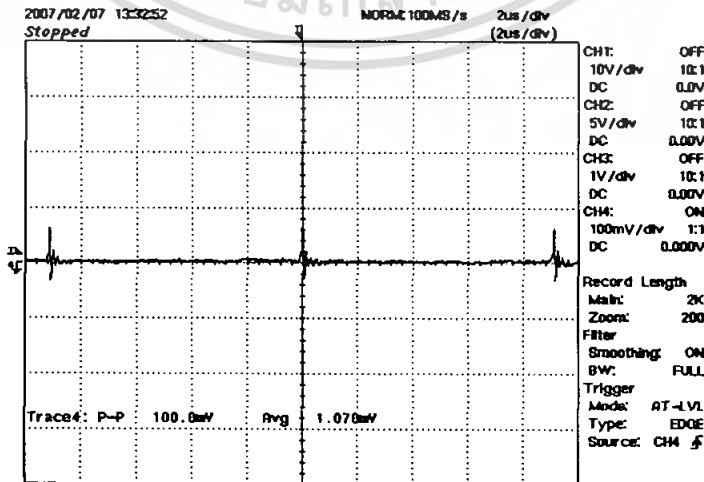
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



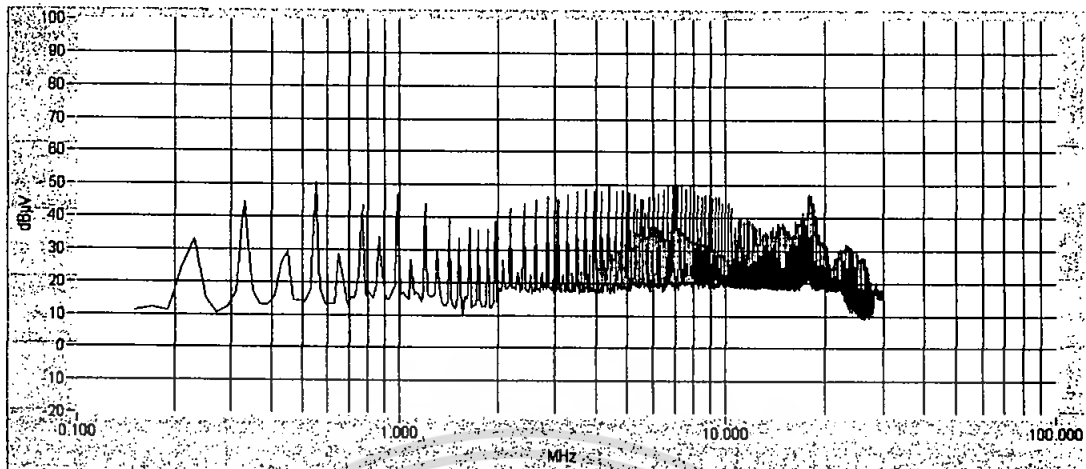
รูปที่ 4.28 แสดงกระแส 12



รูปที่ 4.29 แสดงกระแส AB



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรู๊ปงานเพื่อตรวจสอบเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.30 แสดงกระแสในสาย AC
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

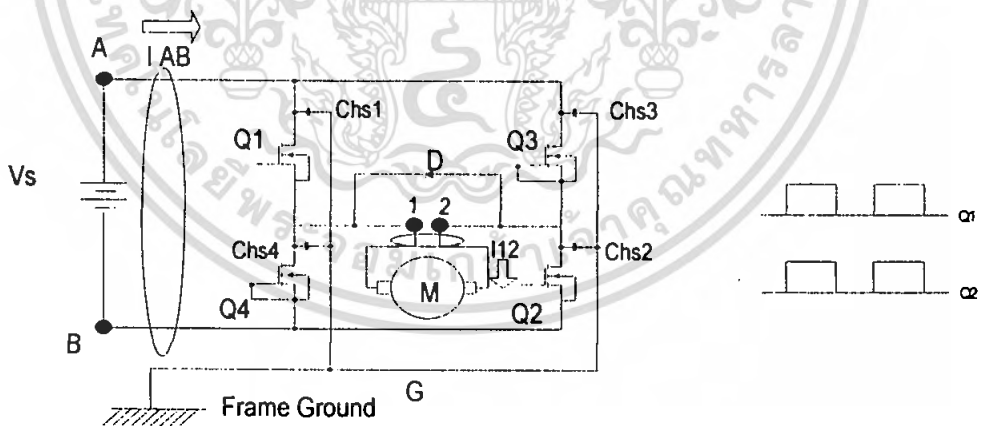


รูปที่ 4.31 แสดงรูปสัณฐานแอมบรบกวนของ วงจรฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์โหมด 1

4.4 ผลการทดลองวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ของวงจรฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์โหมด 2

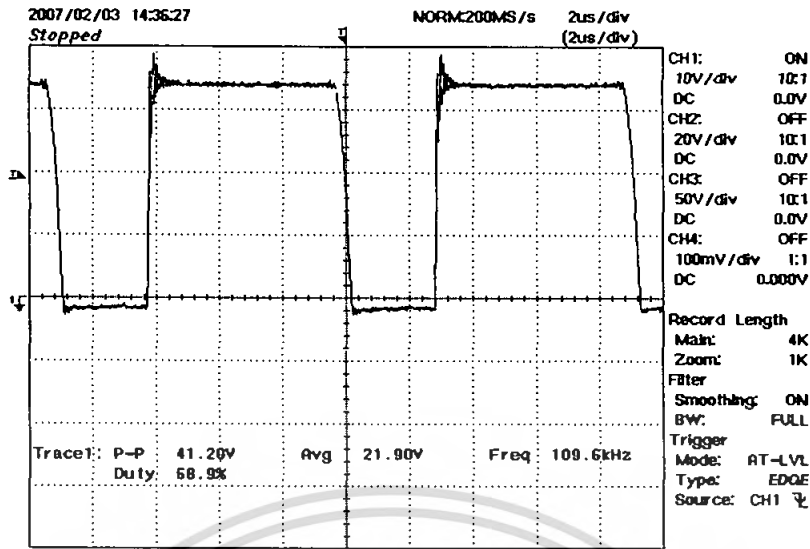
4.4.1 เมื่อไขการทำงานของ วงจร ฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 2

เงื่อนไขของการทำงานในโหมดที่ 2 นั้นเราให้ Q1 ทำงานที่ดิวตี้ไซเคิล 70 % และ ให้Q2 ทำงาน พร้อมกัน ที่ดิวตี้ไซเคิล 70 % เท่ากัน

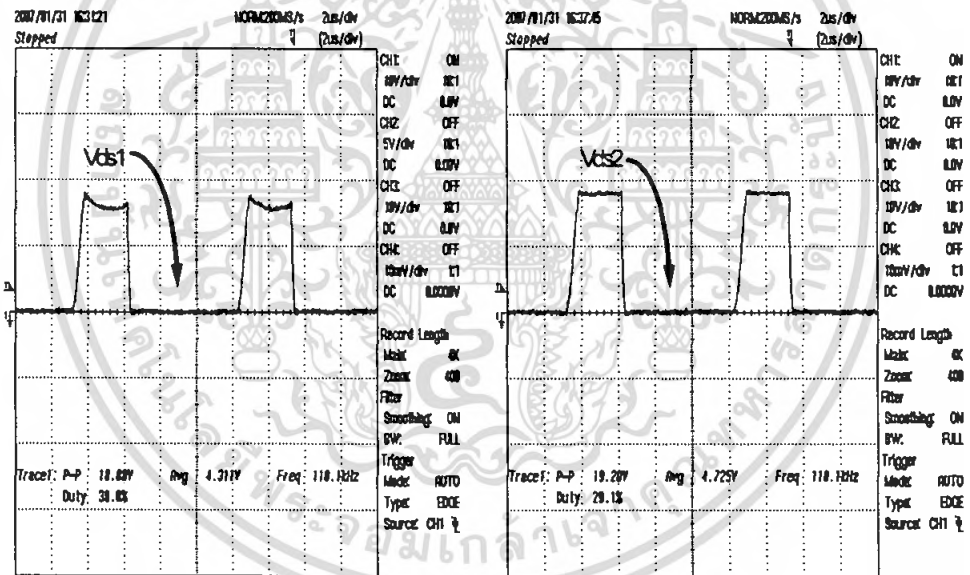


รูปที่ 4.32 แสดงวงจร ฟลูบริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

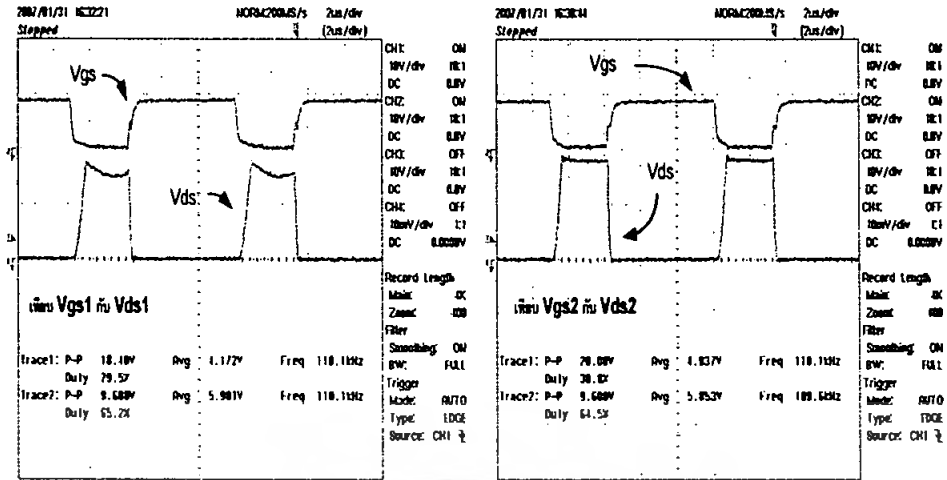


รูปที่ 4.33 แสดงแรงดันคั่นคร่อม ดีซี มอเตอร์

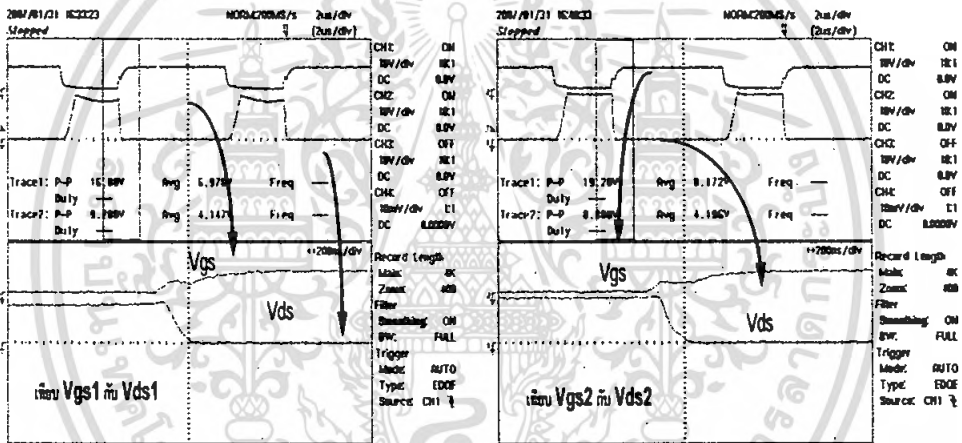


รูปที่ 4.34 แสดง Vds1 กับ Vds2

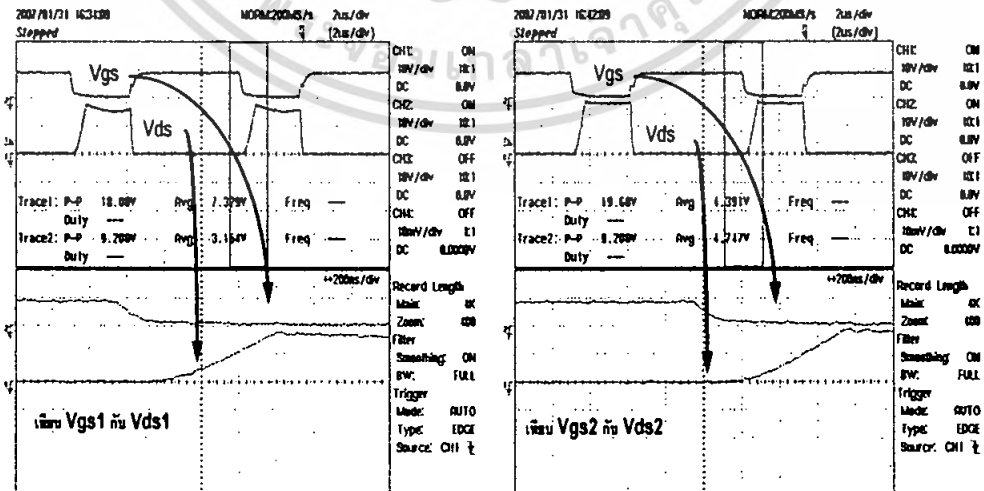
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.35 แสดง Vgs และ Vds

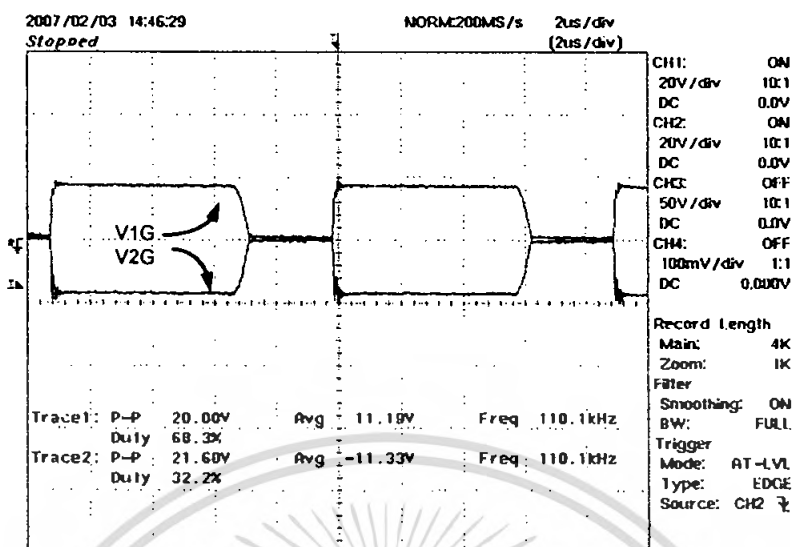


รูปที่ 4.36 แสดงช่วงมอสเฟตนำกระแส

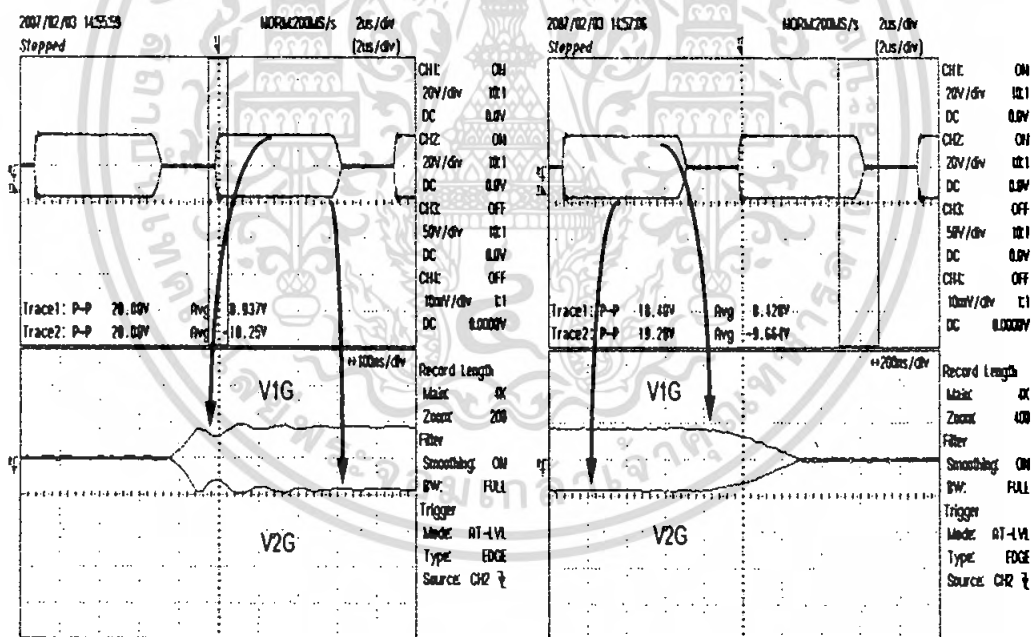


รูปที่ 4.37 แสดงช่วงมอสเฟตหยุดนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

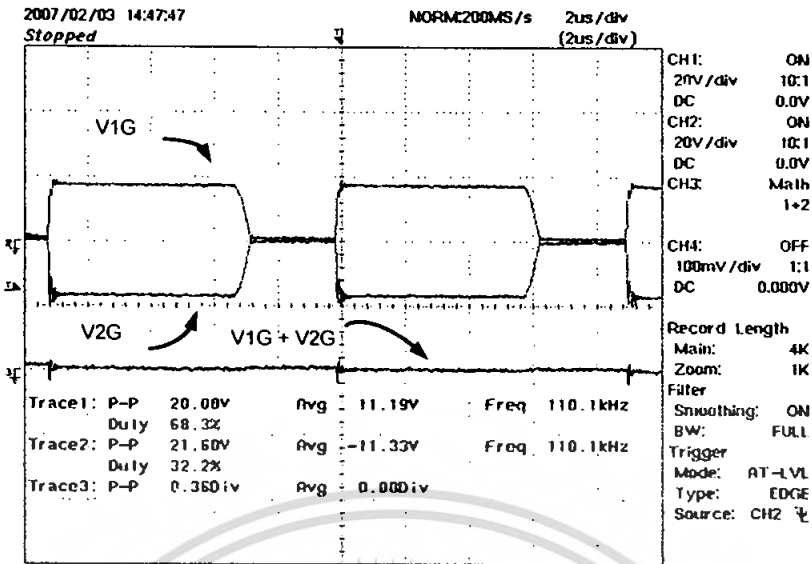


รูปที่ 4.38 แสดง V1G กับ V2G

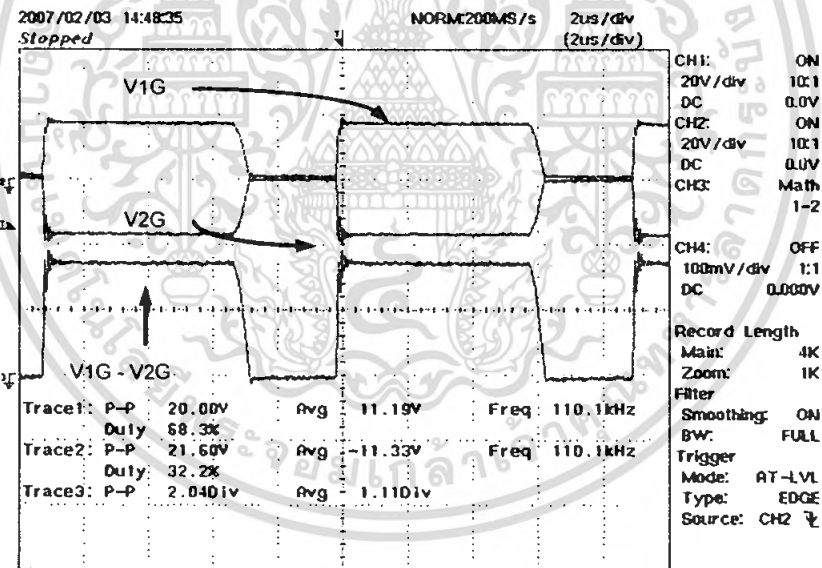


รูปที่ 4.39 แสดงเปรียบเทียบ V1G กับ V2G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

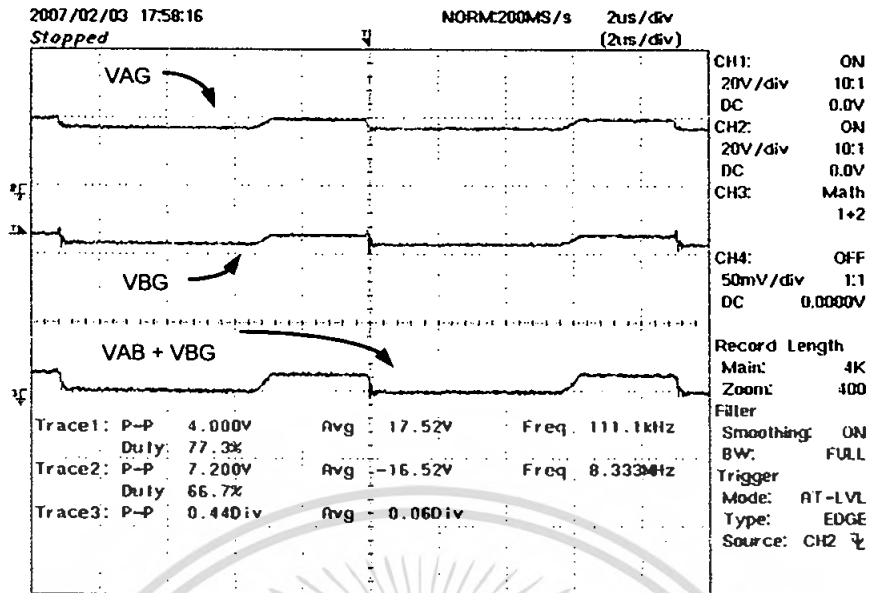


รูปที่ 4.40 แสดงผลรวม V1G กับ V2G

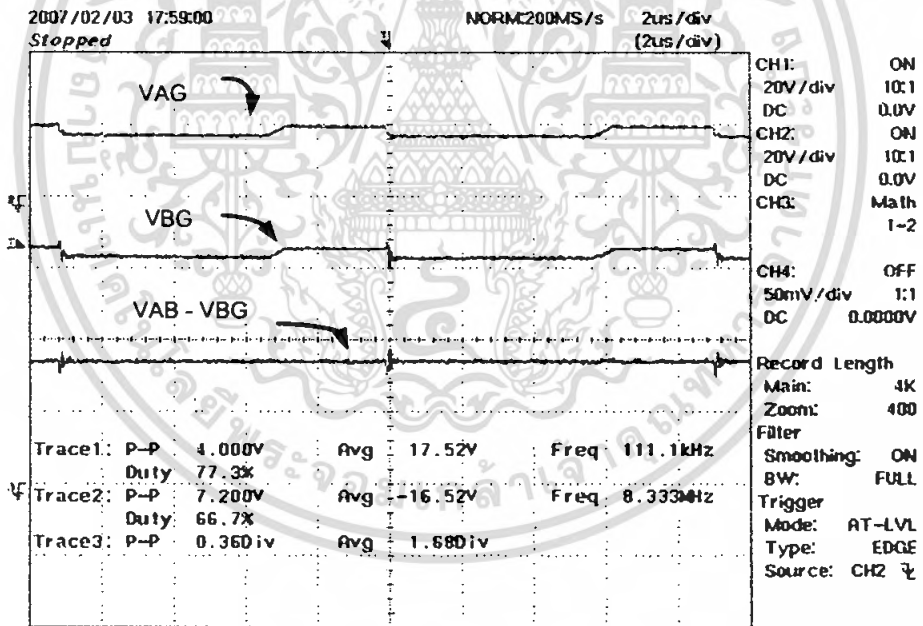


รูปที่ 4.41 แสดงผลต่าง V1G กับ V2G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

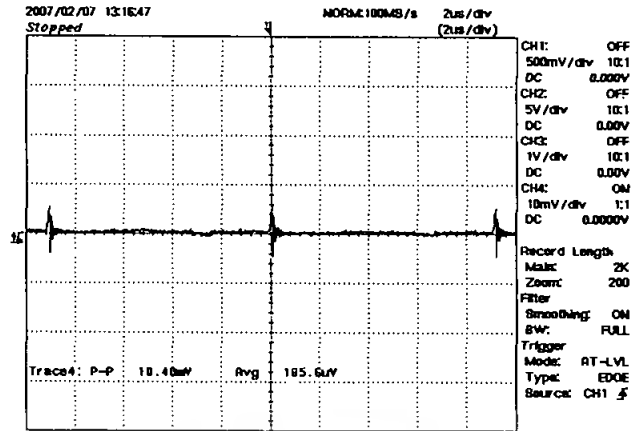


รูปที่ 4.42 แสดงผลรวม VAG กับ VBG

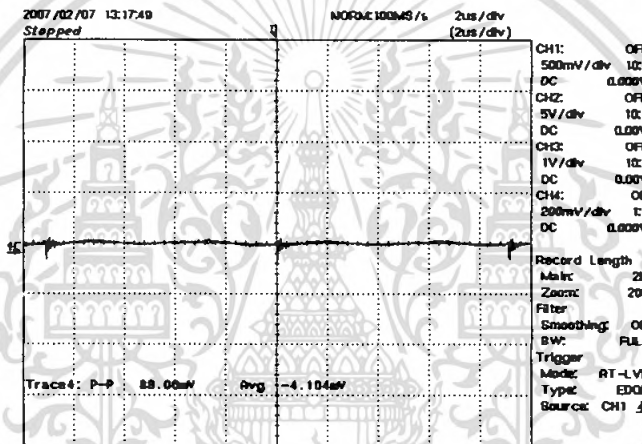


รูปที่ 4.43 แสดงผลต่างของ VAG กับ VBG

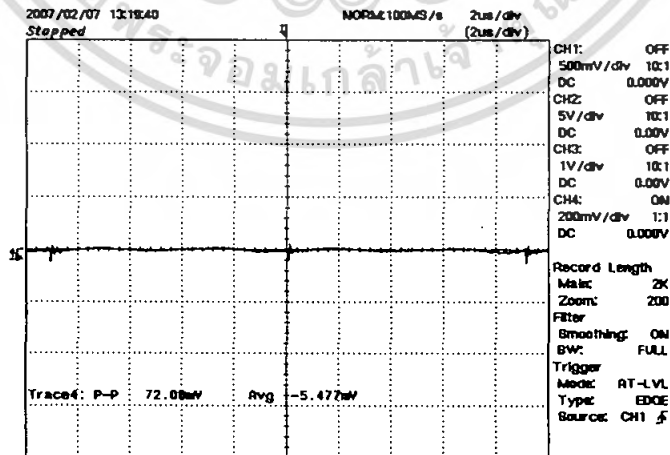
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.44 แสดงกระแส I2

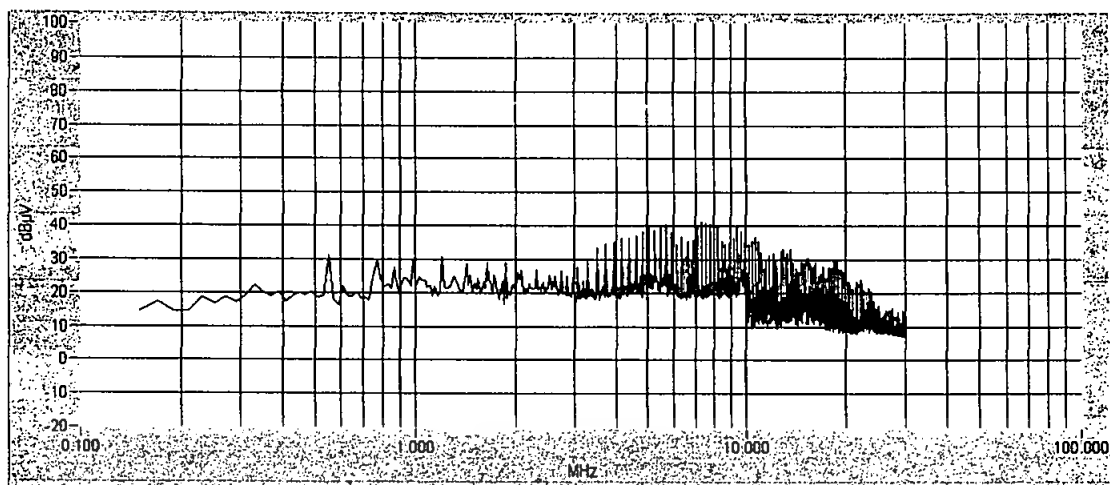


รูปที่ 4.45 แสดงกระแส AB



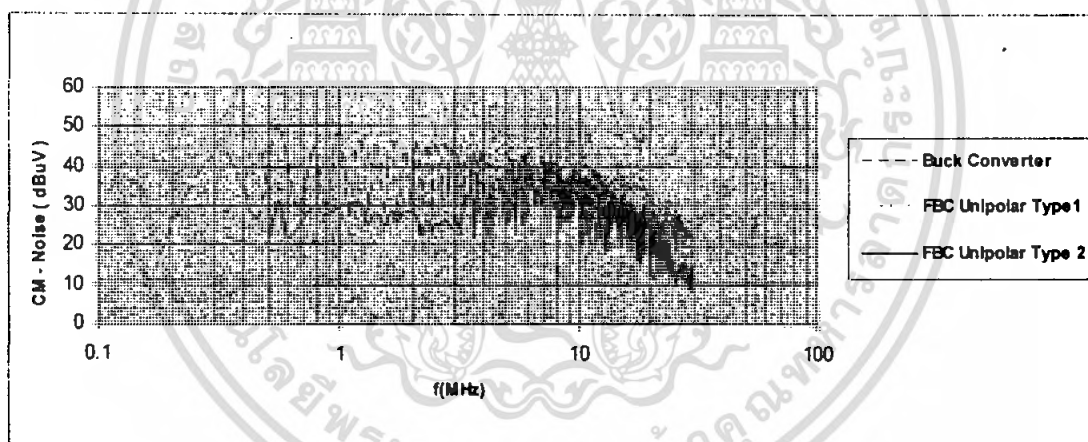
รูปที่ 4.46 แสดงกระแสในสาย AC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



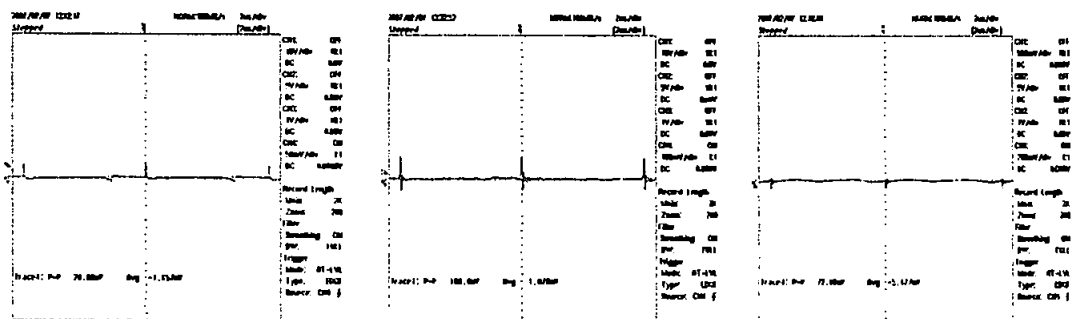
รูปที่ 4.47 แสดงสัญญาณรบกวนของวงจรขับ ฟลูบรีคจ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 2

4.4 เปรียบเทียบการให้กำเนิดสัญญาณรบกวนแบบ คอมมอนโหมด ทั้ง 3 วงจร



รูปที่ 4.48 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณรบกวนทั้ง 3 วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรวัด คอนเวอร์เตอร์

วงจรฟลูบริดจ์
คอนเวอร์เตอร์ใหม่ค1วงจรฟลูบริดจ์
คอนเวอร์เตอร์ใหม่ค2

รูปที่ 4.49 แสดงกระแสคอมมอนโหมดที่ส่งไปยังภายนอกทั้ง 3 วงจร

แรงดันคอมมอนโหมด	ที่ขั้วโหลด วงจรวัดคอนเวอร์เตอร์	10	โวลต์
แรงดันคอมมอนโหมด	ที่ขั้วโหลด วงจรฟลูบริดจ์ โหมด 1	10.8	โวลต์
แรงดันคอมมอนโหมด	ที่ขั้วโหลด วงจรฟลูบริดจ์ โหมด 2	0	โวลต์
แรงดันดิฟเฟอเรนเชียลโหมด	ที่ขั้วโหลด วงจรวัดคอนเวอร์เตอร์	22.3	โวลต์
แรงดันดิฟเฟอเรนเชียลโหมด	ที่ขั้วโหลด วงจรฟลูบริดจ์ โหมด 1	23.2	โวลต์
แรงดันดิฟเฟอเรนเชียลโหมด	ที่ขั้วโหลด วงจรฟลูบริดจ์ โหมด 2	22	โวลต์
แรงดันคอมมอนโหมด	ที่ขั้วแหล่งจ่าย วงจรวัดคอนเวอร์เตอร์	1.7	โวลต์
แรงดันคอมมอนโหมด	ที่ขั้วแหล่งจ่าย วงจรฟลูบริดจ์ โหมด 1	1.2	โวลต์
แรงดันคอมมอนโหมด	ที่ขั้วแหล่งจ่าย วงจรฟลูบริดจ์ โหมด 2	1.2	โวลต์
แรงดันดิฟเฟอเรนเชียลโหมด	ที่ขั้วแหล่งจ่าย วงจรวัดคอนเวอร์เตอร์	34	โวลต์
แรงดันดิฟเฟอเรนเชียลโหมด	ที่ขั้วแหล่งจ่าย วงจรฟลูบริดจ์ โหมด 1	34	โวลต์
แรงดันดิฟเฟอเรนเชียลโหมด	ที่ขั้วแหล่งจ่าย วงจรฟลูบริดจ์ โหมด 2	33.6	โวลต์

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบแรงดันคอมมอนโหมดและดิฟเฟอเรนเชียลโหมดทั้ง 3 วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลองของวงจรบัค คอนเวอร์เตอร์

ผลจากการที่ได้จากการทดลองจะเห็นได้ว่าวงจร บัคคอนเวอร์เตอร์ มีความไม่สมดุลมากที่สายส่งอย่างชัดเจนเนื่อง จากมีการเปลี่ยนแปลง อย่างรวดเร็ว ตามความถี่ของการสวิตช์ ที่ทางเส้นสายส่ง ไป แต่สายส่งกลับ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทำให้อิมพีแดนซ์มีค่าไม่เท่ากัน เป็นสาเหตุของการไม่สมดุลในสายส่ง จากรูปที่ 4.6,4.7,4.8 จะเห็น ได้ชัดว่าแรงดันแบบคอมมอน โหมด ที่ขั้วของโหลด ไม่สามารถที่จะหักล้างกันได้หมด รูปที่4.9 คือ แรงดัน แบบ ดิฟเฟอเรนเชียล โหมด และยังส่งผลให้สัญญาณรบกวนที่กลับไปยัง ภายนอก ได้จากรูปที่ 4.14

5.2 สรุปผลการทดลองของวงจร ฟลูบริคจ์ คอนเวอร์เตอร์ โหมด 1

วงจรฟลูบริคจ์ คอนเวอร์เตอร์ในโหมด 1 นั้น จะมีการวางสวิตช์ในทางด้านสายส่งกลับด้วย แต่ไม่ได้ทำงานพร้อมกันจากรูปที่4.18 จะเห็น ได้ว่า V_{ds1} และ V_{ds2} ไม่ได้ทำงานพร้อมกัน กับสวิตช์ที่อยู่ในสายส่งไป จึงทำให้ อิมพีแดนซ์ ของทั้ง 2 สายมีค่าไม่เท่ากัน วงจรจึงไม่มีความสมดุลในสายส่ง ผลจึงไม่ต่างจาก วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ จากรูปที่4.22,4.23,4.24 แรงดัน แบบคอมมอน โหมด ไม่สามารถหักล้างกันได้ที่ขั้วโหลดรูปที่4.25 คือ แรงดัน แบบ ดิฟเฟอเรนเชียล โหมด (Differential Mode) และยังส่งผลให้สัญญาณรบกวนที่กลับ ไปยัง ภายนอก ได้จากรูปที่ 4.30

5.3 สรุปผลการทดลองของวงจร ฟลูบริคจ์ โหมด 2

วงจรฟลูบริคจ์ คอนเวอร์เตอร์ในโหมด 2 นั้น จะให้สวิตช์ ทำงานพร้อมกัน ทั้ง สายส่งไป และสายส่งกลับ มีการเปลี่ยนแปลงที่เท่ากันจากรูปที่4.35 V_{ds} และ V_{ds2} ทำงานเกือบเท่ากัน ทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน วงจรจึงมีความสมดุลมากขึ้น จากรูปที่ 4.38, 4.39, 4.40 แรงดันแบบคอมมอน โหมดนั้นจะสามารถหักล้างกันได้เกือบหมดที่ ขั้ว โหลดรูปที่4.41 คือ แรงดัน แบบ ดิฟเฟอเรนเชียล โหมด และยังส่งผลให้ลดสัญญาณรบกวนที่กลับ ไปยัง ภายนอกได้ จากรูปที่ 4.46

5.4 สรุปการทดลองทั้งหมด

จากรูปที่ 4.48 จะเห็น ได้ชัดว่า วงจรที่มีความสมดุลมากกว่าจะสามารถลดการเกิดสัญญาณรบกวนแบบ คอมมอน โหมด ได้ดีกว่า

5.5 ข้อเสนอแนะ

ผลจากการทดลองทำให้เห็นได้ว่า ในการออกแบบวงจรที่ต้องให้ความสำคัญในเรื่องของ สัญญาณรบกวนเป็นอันดับแรกๆเช่น อุปกรณ์ ทางการแพทย์ เครื่องบิน เป็นต้น จำเป็นที่จะต้อง ใช้ หลักการสมดุลวงจรในการ เริ่มต้นออกแบบ และใช้หลักการอื่นๆ นำมาประยุกต์ ก็จะสามารถทำให้ ลดการเกิดสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าได้ดี ยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] มงคล อัสวโกวิทกรณ์, วัดสัน ธิรภัทรพงศ์. การลดสัญญาณรบกวน. กรุงเทพมหานคร : ฟิสิกเซนเตอร์ การพิมพ์
- [2] รศ.ดร. วีรเชษฐ์ ชันเงิน, วุฒิพล ชารathiเศรษฐ์. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง Power Electronics. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พรินต์ติ้ง
- [3] รศ.ดร. โยธิน เปรมปราณีรัชต์, วิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมมอเตอร์, กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2526.
- [4] Henry W. Ott. **Noise reduction techniques in electronic systems** Whippany NJ : [s.n.], 1975
- [5] จินตน์ชัย จินตนามณีรัตน์. เทคนิคการบาลานซ์วงจรเพื่อลดสัญญาณรบกวนผ่านสายตัวนำแบบคอมมอนโหมดในวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ **DC motor drive with circuit balancing technique to reduce common mode conducted noise** วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมระบบควบคุม บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, 2547.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

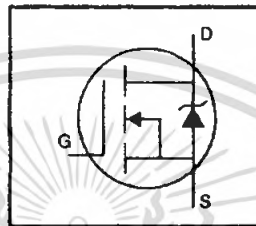
International IR Rectifier

PD-9.512B

IRFP460

HEXFET[®] Power MOSFET

- Dynamic dv/dt Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- Isolated Central Mounting Hole
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements



$$V_{DSS} = 500V$$

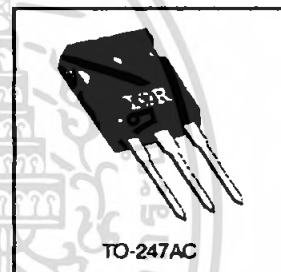
$$R_{DS(on)} = 0.27\Omega$$

$$I_D = 20A$$

Description

Third Generation HEXFETs from International Rectifier provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-247 package is preferred for commercial-industrial applications where higher power levels preclude the use of TO-220 devices. The TO-247 is similar but superior to the earlier TO-218 package because of its isolated mounting hole. It also provides greater creepage distance between pins to meet the requirements of most safety specifications.



DATA SHEETS

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
I_D @ $T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	20	A
I_D @ $T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	13	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	80	
P_D @ $T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	280	W
	Linear Derating Factor	2.2	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy ②	960	mJ
I_{AR}	Avalanche Current ③	20	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy ④	28	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ⑤	3.5	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to +150	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds		
	Mounting Torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf-in (1.1 N-m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	—	0.45	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	—	0.24	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	—	40	

1025

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRFP460

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

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	500	—	—	V	$V_{GS}=0V, I_D=250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.63	—	V/°C	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D=1mA$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.27	Ω	$V_{GS}=10V, I_D=12A$ ①
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS}=V_{GS}, I_D=250\mu A$
g_{fs}	Forward Transconductance	13	—	—	S	$V_{DS}=50V, I_D=12A$ ②
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	$V_{DS}=500V, V_{GS}=0V$
		—	—	250	μA	$V_{DS}=400V, V_{GS}=0V, T_J=125^\circ\text{C}$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS}=20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100	nA	$V_{GS}=-20V$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	210	nC	$I_D=20A$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	29	nC	$V_{DS}=400V$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	110	nC	$V_{GS}=10V$ See Fig. 6 and 13 ③
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	18	—	ns	$V_{DD}=250V$
t_r	Rise Time	—	59	—	ns	$I_D=20A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	110	—	ns	$R_G=4.3\Omega$
t_f	Fall Time	—	58	—	ns	$R_D=13\Omega$ See Figure 10 ④
L_D	Internal Drain Inductance	—	5.0	—	nH	Between lead, 6 mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	13	—	nH	
C_{iss}	Input Capacitance	—	4200	—	pF	$V_{GS}=0V$
C_{oss}	Output Capacitance	—	870	—	pF	$V_{DS}=25V$
C_{riss}	Reverse Transfer Capacitance	—	350	—	pF	$f=1.0MHz$ See Figure 5

Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	20	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	80	A	
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.8	V	$T_J=25^\circ\text{C}, I_S=20A, V_{GS}=0V$ ②
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	570	860	ns	$T_J=25^\circ\text{C}, I_F=20A$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	5.7	8.8	μC	$di/dt=100A/\mu s$ ③
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S+L_D)				

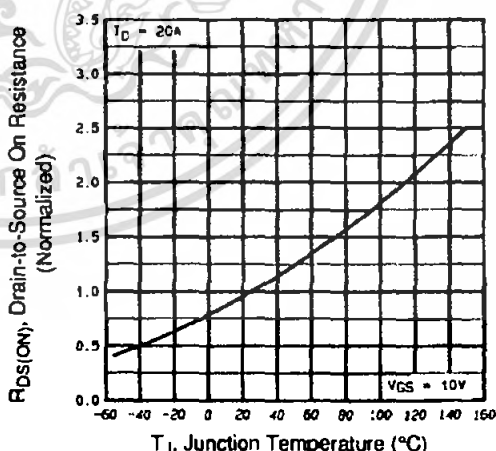
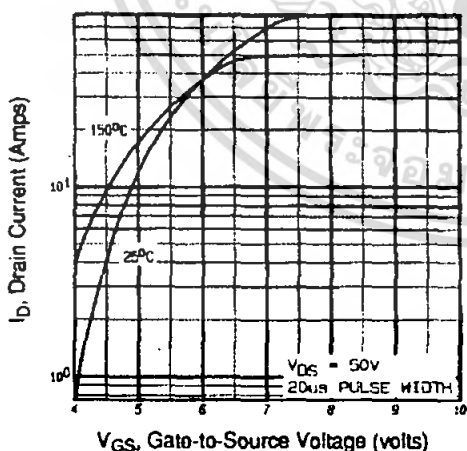
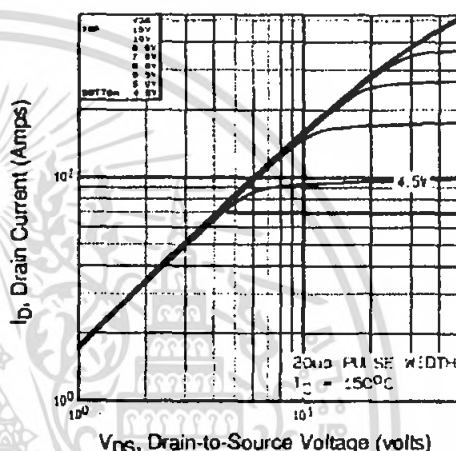
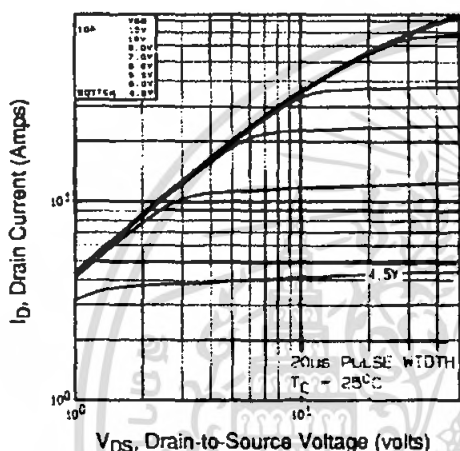
Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature (See Figure 11)
- ② $V_{DD}=50V$, starting $T_J=25^\circ\text{C}$, $L=4.3mH$, $R_G=25\Omega$, $I_{AS}=20A$ (See Figure 12)
- ③ $I_{SD}\leq 20A$, $di/dt\leq 160A/\mu s$, $V_{DD}\leq V_{(BR)DSS}$, $T_J\leq 150^\circ\text{C}$
- ④ Pulse width $\leq 300\mu s$; duty cycle $\leq 2\%$.



IRFP460

DATA SHEETS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRFP460

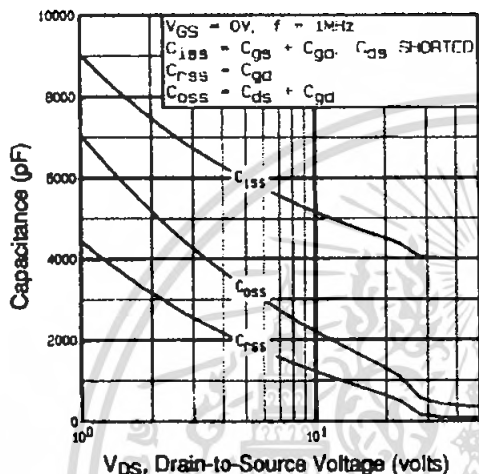


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

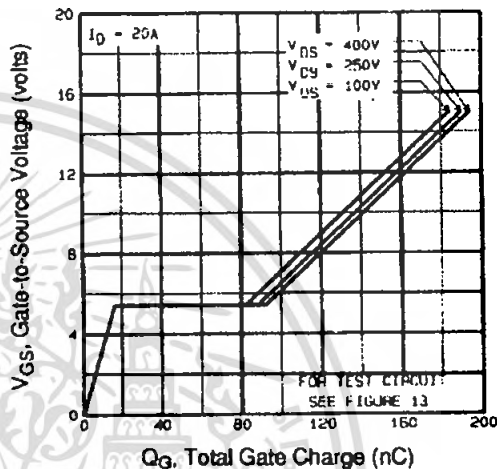


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

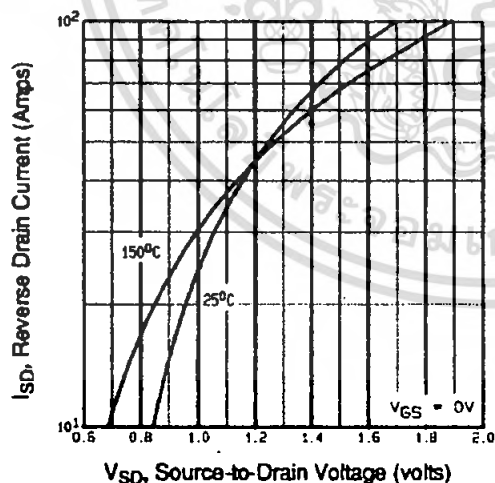


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

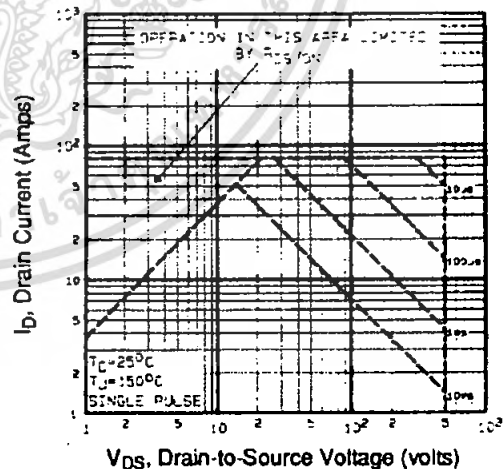


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



IRFP460

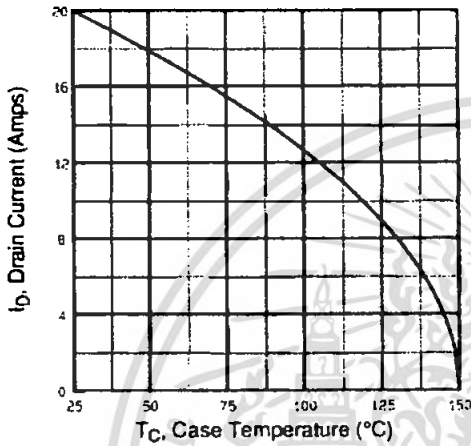


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

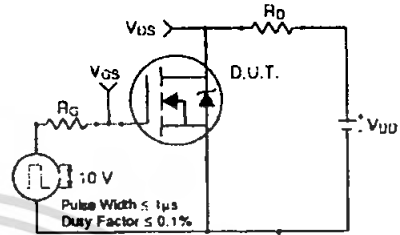


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

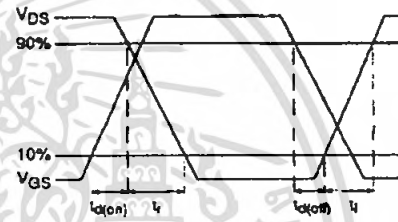


Fig 10b. Switching Time Waveforms

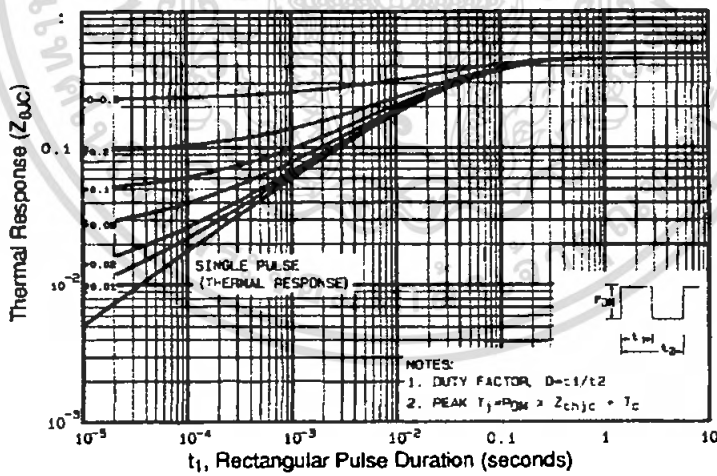


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

DATA SHEETS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRFP460

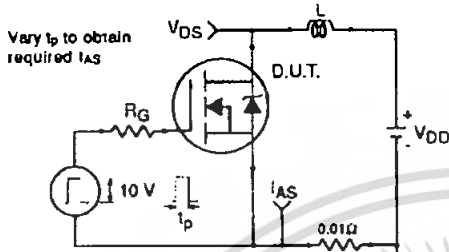


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

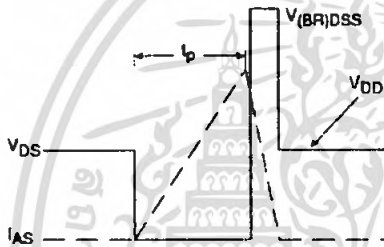


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

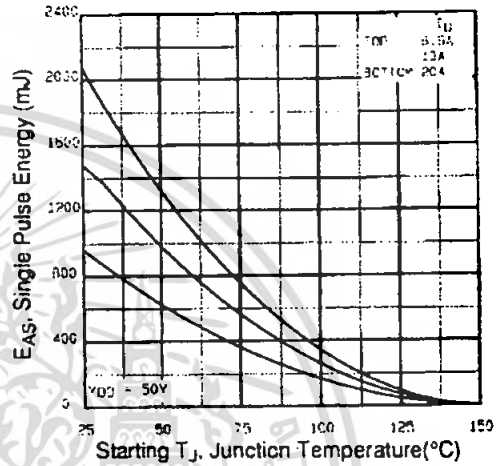


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

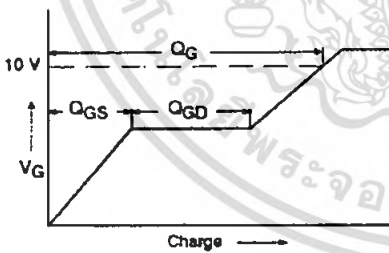


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

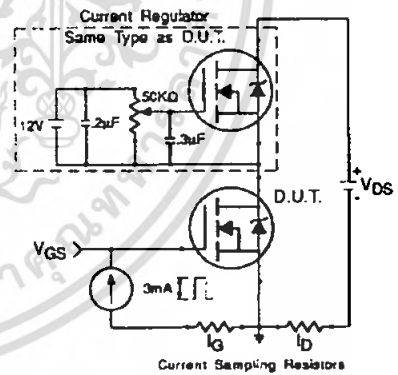


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

Appendix A: Figure 14, Peak Diode Recovery dv/dt Test Circuit – See page 1505

Appendix B: Package Outline Mechanical Drawing – See page 1511

Appendix C: Part Marking Information – See page 1517

International
IR Rectifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOSHIBA Photocoupler GaAlAs Ired & Photo-IC

TLP250

- Transistor Inverter
- Inverter For Air Conditionor
- IGBT Gate Drive
- Power MOS FET Gate Drive

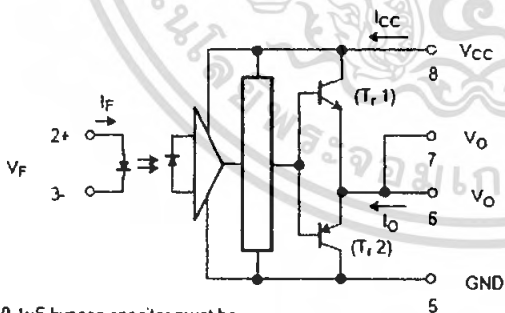
The TOSHIBA TLP250 consists of a GaAlAs light emitting diode and a integrated photodetector.
 This unit is 8-lead DIP package.
 TLP250 is suitable for gate driving circuit of IGBT or power MOS FET.

- Input threshold current: $I_F = 5\text{mA (max.)}$
- Supply current (I_{CC}): 11mA (max.)
- Supply voltage (V_{CC}): 10-35V
- Output current (I_O): $\pm 1.5\text{A (max.)}$
- Switching time (t_{pLH}/t_{pHL}): $1.5\mu\text{s (max.)}$
- Isolation voltage: $2500V_{rms} \text{ (min.)}$
- UL recognized: UL1577, file No E67349
- Option (D4) type
 VDE approved: DIN VDE0884/06.92.certificate No. 76823
 Maximum operating insulation voltage: 630VPK
 Highest permissible over voltage: 4000VPK

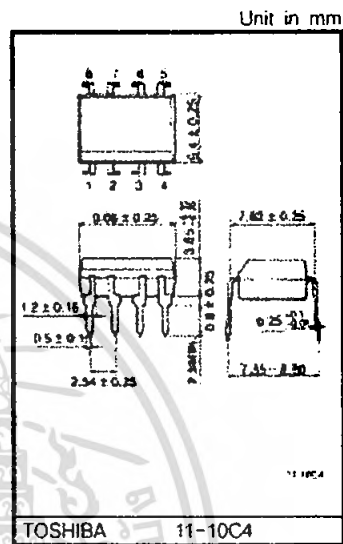
(Note) When a VDE0884 approved type is needed, please designate the "option (D4)"

- Creepage distance: 6.4mm(min.)
- Clearance: 6.4mm(min.)

Schematic



A 0.1μF bypass capacitor must be connected between pin 8 and 5 (See Note 5).



Pin Configuration (top view)



- 1: N.C.
- 2: Anode
- 3: Cathode
- 4: N.C.
- 5: GND
- 6: V_O (Output)
- 7: V_O
- 8: V_{CC}

Truth Table

		Tr1	Tr2
Input LED	On	On	Off
	Off	Off	On

TOSHIBA

TLP250

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Characteristic		Symbol	Rating	Unit	
LED	Forward current	I_F	20	mA	
	Forward current derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta I_F / \Delta T_a$	-0.36	mA / °C	
	Peak transient forward current (Note 1)	I_{FPT}	1	A	
	Reverse voltage	V_R	5	V	
	Junction temperature	T_j	125	°C	
Detector	"H" peak output current ($P_W \leq 2.5\mu s, f \leq 15kHz$) (Note 2)	I_{OPH}	-1.5	A	
	"L" peak output current ($P_W \leq 2.5\mu s, f \leq 15kHz$) (Note 2)	I_{OPL}	+1.5	A	
	Output voltage	V_O	(Ta ≤ 70°C)	35	V
			(Ta = 85°C)	24	
	Supply voltage	V_{CC}	(Ta ≤ 70°C)	35	V
			(Ta = 85°C)	24	
	Output voltage derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta V_O / \Delta T_a$	-0.73	V / °C	
	Supply voltage derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta V_{CC} / \Delta T_a$	-0.73	V / °C	
	Junction temperature	T_j	125	°C	
Operating frequency (Note 3)	f	25	kHz		
Operating temperature range	T_{opr}	-20-85	°C		
Storage temperature range	T_{stg}	-55-125	°C		
Lead soldering temperature (10 s) (Note 4)	T_{sol}	260	°C		
Isolation voltage (AC, 1 min, R.H. ≤ 60%) (Note 5)	BV_S	2500	Vrms		

Note 1: Pulse width $P_W \leq 1\mu s, 300pps$

Note 2: Exponential waveform

Note 3: Exponential waveform, $I_{OPH} \leq -1.0A (\leq 2.5\mu s), I_{OPL} \leq +1.0A (\leq 2.5\mu s)$

Note 4: It is 2 mm or more from a lead root.

Note 5: Device considered a two terminal device: Pins 1, 2, 3 and 4 shorted together, and pins 5, 6, 7 and 8 shorted together.

Note 6: A ceramic capacitor(0.1 μF) should be connected from pin 8 to pin 5 to stabilize the operation of the high gain linear amplifier. Failure to provide the bypassing may impair the switching property. The total lead length between capacitor and coupler should not exceed 1cm.

Recommended Operating Conditions

Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input current, on (Note 7)	$I_{F(ON)}$	7	8	10	mA
Input voltage, off	$V_{F(OFF)}$	0	—	0.8	V
Supply voltage	V_{CC}	15	—	30	V
				20	
Peak output current	I_{OPH}/I_{OPL}	—	—	±0.5	A
Operating temperature	T_{opr}	-20	25	70	°C
				85	

Note 7: Input signal rise time (fall time) < 0.5 μs .

TOSHIBA

TLP250

Electrical Characteristics (Ta = -20~70°C, unless otherwise specified)

Characteristic		Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min.	Typ.*	Max.	Unit	
Input forward voltage		V_F	—	$I_F = 10 \text{ mA}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$		1.6	1.8	V	
Temperature coefficient of forward voltage		$\Delta V_F / \Delta T_a$	—	$I_F = 10 \text{ mA}$	—	-2.0	—	mV / °C	
Input reverse current		I_R	—	$V_R = 5\text{V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$		—	10	μA	
Input capacitance		C_T	—	$V = 0$, $f = 1\text{MHz}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$	—	45	250	pF	
Output current	H* level	I_{OPH}	3	$V_{CC} = 30\text{V}$ (*1)	$I_F = 10 \text{ mA}$ $V_{E-S} = 4\text{V}$	-0.5	-1.5	—	A
	L* level	I_{OPL}	2		$I_F = 0$ $V_{E-S} = 2.5\text{V}$	0.5	2	—	
Output voltage	H* level	V_{OH}	4	$V_{CC1} = +15\text{V}$, $V_{EE1} = -15\text{V}$ $R_L = 200\Omega$, $I_F = 5\text{mA}$	11	12.8	—	V	
	L* level	V_{OL}	5	$V_{CC1} = +15\text{V}$, $V_{EE1} = -15\text{V}$ $R_L = 200\Omega$, $V_F = 0.8\text{V}$	—	-14.2	-12.5		
Supply current	H* level	I_{CCH}	—	$V_{CC} = 30\text{V}$, $I_F = 10\text{mA}$ $T_a = 25^\circ\text{C}$	—	7	—	mA	
	L* level	I_{CCL}	—	$V_{CC} = 30\text{V}$, $I_F = 10\text{mA}$	—	—	11		
				$V_{CC} = 30\text{V}$, $I_F = 0\text{mA}$ $T_a = 25^\circ\text{C}$	—	7.5	—		
Threshold input current	*Output L→H	I_{FLH}	—	$V_{CC1} = +15\text{V}$, $V_{EE1} = -15\text{V}$ $R_L = 200\Omega$, $V_O > 0\text{V}$	—	1.2	5	mA	
	*Output H→L	I_{FHL}	—	$V_{CC1} = +15\text{V}$, $V_{EE1} = -15\text{V}$ $R_L = 200\Omega$, $V_O < 0\text{V}$	0.8	—	—		
Supply voltage		V_{CC}	—		10	—	35	V	
Capacitance (input-output)		C_S	—	$V_S = 0$, $f = 1\text{MHz}$ $T_a = 25^\circ\text{C}$	—	1.0	2.0	pF	
Resistance(input-output)		R_S	—	$V_S = 500\text{V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$ $R, H, S \leq 60\%$	1×10^{12}	10^{14}	—	Ω	

* All typical values are at $T_a = 25^\circ\text{C}$ (*1): Duration of I_O time $\leq 50\mu\text{s}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOSHIBA

TLP250

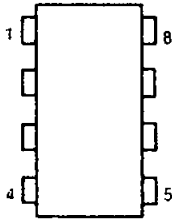
Switching Characteristics (Ta = -20~70°C , unless otherwise specified)

Characteristic	Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min.	Typ.*	Max.	Unit
Propagation delay time	L→H	t_{pLH}	6 $I_F = 8\text{mA}$ (Note 7) $V_{CC1} = +15\text{V}$, $V_{EE1} = -15\text{V}$ $R_L = 200\Omega$	—	0.15	0.5	μs
	H→L	t_{pHL}		—	0.15	0.5	
Output rise time	t_r			—	—	—	
Output fall time	t_f			—	—	—	
Common mode transient immunity at high level output	C_{MH}	7	$V_{CM} = 600\text{V}$, $I_F = 8\text{mA}$ $V_{CC} = 30\text{V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$	-5000	—	—	V / μs
Common mode transient immunity at low level output	C_{ML}	7	$V_{CM} = 600\text{V}$, $I_F = 0\text{mA}$ $V_{CC} = 30\text{V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$	5000	—	—	V / μs

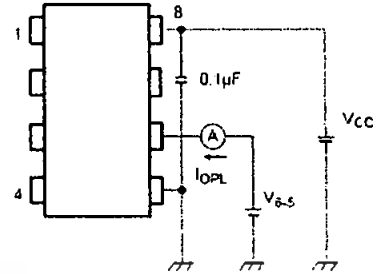
* All typical values are at $T_a = 25^\circ\text{C}$ Note 7: Input signal rise time (fall time) < 0.5 μs .

TOSHIBA**TLP250**

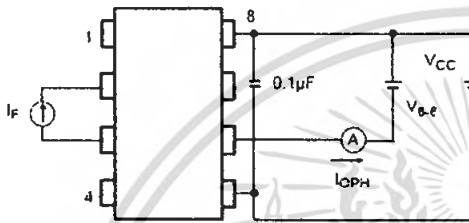
Test Circuit 1.



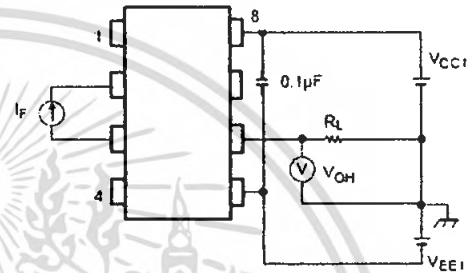
Test Circuit 2 : IOPL



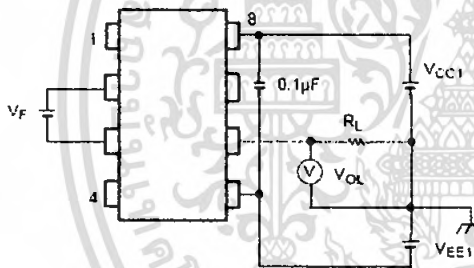
Test Circuit 3 : IOPH



Test Circuit 4 : VOH



Test Circuit 5 : VOL

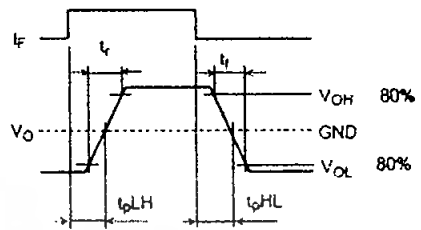
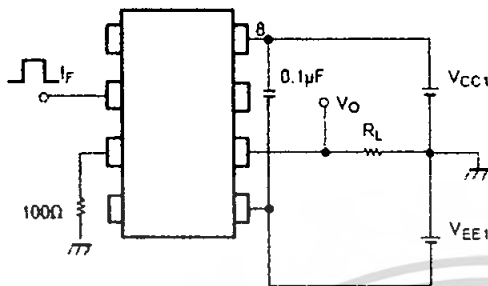


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

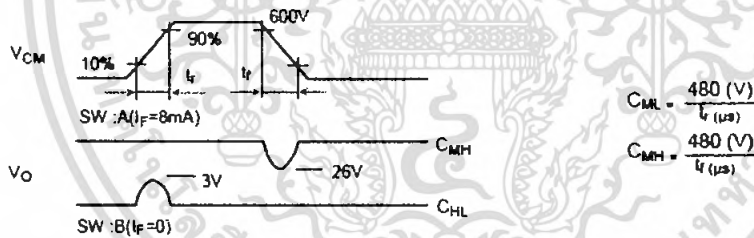
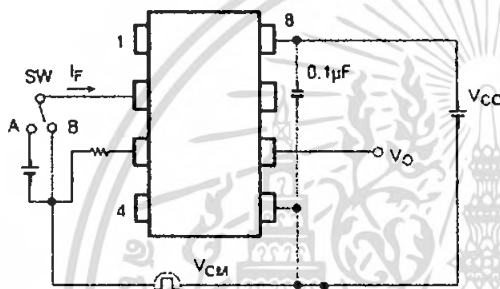
TOSHIBA

TLP250

Test Circuit 6: t_{pLH} , t_{pHL} , t_r , t_f



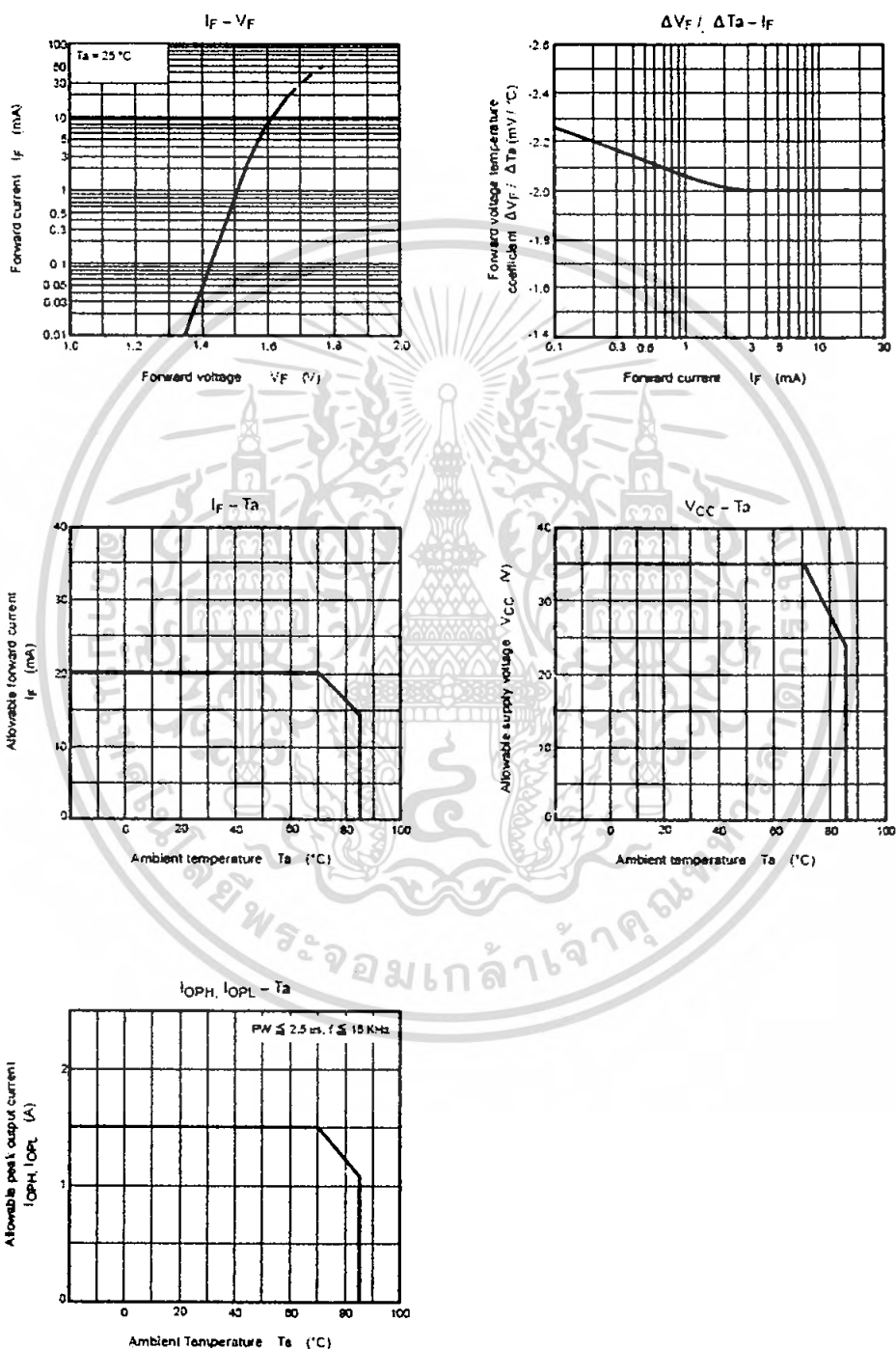
Test Circuit 7: C_{MH} , C_{ML}



$C_{ML}(C_{MH})$ is the maximum rate of rise (fall) of the common mode voltage that can be sustained with the output voltage in the low (high) state.

TOSHIBA

TLP250



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RESTRICTIONS ON PRODUCT USE

- The information contained herein is subject to change without notice.
- The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA for any infringements of patents or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of TOSHIBA or others.
- TOSHIBA is continually working to improve the quality and reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to comply with the standards of safety in making a safe design for the entire system, and to avoid situations in which a malfunction or failure of such TOSHIBA products could cause loss of human life, bodily injury or damage to property.
In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent TOSHIBA products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the "Handling Guide for Semiconductor Devices," or "TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook" etc..
- The TOSHIBA products listed in this document are intended for usage in general electronics applications (computer, personal equipment, office equipment, measuring equipment, industrial robotics, domestic appliances, etc.). These TOSHIBA products are neither intended nor warranted for usage in equipment that requires extraordinarily high quality and/or reliability or a malfunction or failure of which may cause loss of human life or bodily injury ("Unintended Usage"). Unintended Usage include atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, transportation instruments, traffic signal instruments, combustion control instruments, medical instruments, all types of safety devices, etc.. Unintended Usage of TOSHIBA products listed in this document shall be made at the customer's own risk.
- The products described in this document are subject to the foreign exchange and foreign trade laws.
- TOSHIBA products should not be embedded to the downstream products which are prohibited to be produced and sold, under any law and regulations.
- GaAs(Gallium Arsenide) is used in this product. The dust or vapor is harmful to the human body. Do not break, cut, crush or dissolve chemically.

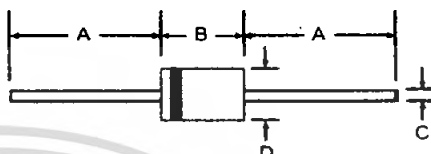


1N4148 / 1N4448

FAST SWITCHING DIODE

Features

- Fast Switching Speed
- General Purpose Rectification
- Silicon Epitaxial Planar Construction



Mechanical Data

- Case: DO-35
- Leads: Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Marking: Type Number
- Weight: 0.13 grams (approx.)

DO-35		
Dim	Min	Max
A	25.40	---
B	---	4.00
C	---	0.60
D	---	2.00
All Dimensions in mm		

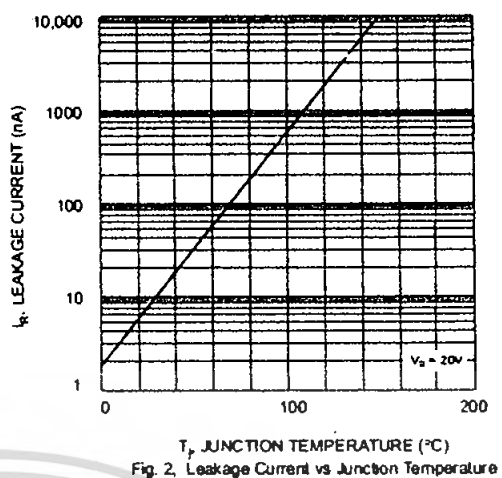
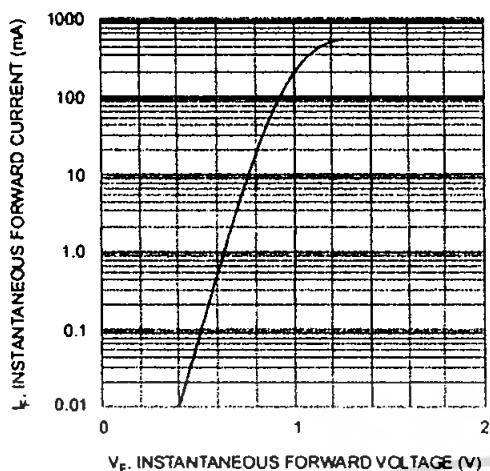
Maximum Ratings @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	1N4148	1N4448	Unit
Non-Repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RM}	100		V
Peak Repetitive Reverse Voltage	V_{RRM}	75		V
Working Peak Reverse Voltage	V_{RWM}	75		V
DC Blocking Voltage	V_R	75		V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	53		V
Forward Continuous Current (Note 1)	I_{FM}	300	500	mA
Average Rectified Output Current (Note 1)	I_O	150		mA
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current @ $t = 1.0\text{s}$	I_{FSM}	1.0		A
@ $t = 1.0\mu\text{s}$		2.0		
Power Dissipation (Note 1) Derate Above 25°C	P_d	500	1.68	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient Air (Note 1)	$R_{\theta JA}$	300		K/W
Operating and Storage Temperature Range	T_j, T_{STG}	-65 to +175		$^\circ\text{C}$

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

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit	Test Condition
Maximum Forward Voltage	V_{FM}	0.62	1.0	V	$I_F = 10\text{mA}$ $I_F = 5.0\text{mA}$ $I_F = 100\text{mA}$
Maximum Peak Reverse Current	I_{RM}	---	5.0	μA	$V_R = 75\text{V}$ $V_R = 70\text{V}, T_j = 150^\circ\text{C}$ $V_R = 20\text{V}, T_j = 150^\circ\text{C}$ $V_R = 20\text{V}$
			50	μA	
			30	μA	
			25	nA	
Capacitance	C_j	---	4.0	pF	$V_R = 0, f = 1.0\text{MHz}$
Reverse Recovery Time	t_r	---	4.0	ns	$I_F = 10\text{mA}$ to $I_R = 1.0\text{mA}$ $V_R = 6.0\text{V}, R_L = 100\Omega$

Notes: 1. Valid provided that device terminals are kept at ambient temperature.

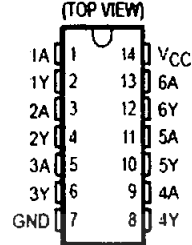


SN5407, SN5417, SN7407, SN7417 HEX BUFFERS/DRIVERS WITH OPEN-COLLECTOR HIGH-VOLTAGE OUTPUTS

SDLS032G - DECEMBER 1983 - REVISED MAY 2004

- 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, SN7417 ... D, N, OR NS PACKAGE

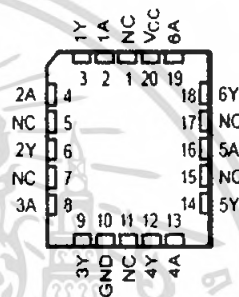


description/ordering information

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 the Boolean function $Y = A$ in positive logic.

SN5407 ... FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC - No internal connection

ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE	ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING	
0°C to 70°C	SOIC - D	Tube	SN7407D	
		Tape and reel	SN7407DR	
		Tube	SN7417D	
		Tape and reel	SN7417DR	
	PDIP - N	Tube	SN7407N	SN7407N
		Tube	SN7417N	SN7417N
SOP - NS	Tape and reel	SN7407NSR	SN7407	
		SN7417NSR	SN7417	
-55°C to 125°C	CDIP - J	Tube	SNJ5407J	
		Tube	SNJ5417J	
	CFP - W	Tube	SNJ5407W	SNJ5407W
LCCC - FK	Tube	SNJ5407FK	SNJ5407FK	

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



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.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated. On products compliant to MIL-PRF-38533, 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 อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN5407, SN5417, SN7407, SN7417
HEX BUFFERS/DRIVERS
WITH OPEN-COLLECTOR HIGH-VOLTAGE OUTPUTS
SDA 5332G - DECEMBER 1983 - REVISED MAY 2004

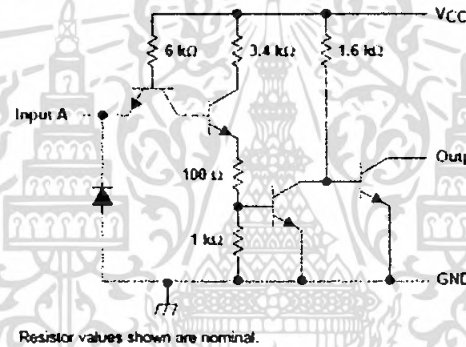
description/ordering information (continued)

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.

logic diagram, each buffer/driver (positive logic)



schematic



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

Supply voltage, V_{CC}	7 V
Input voltage, V_I (see Note 1)	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.

SN5407, SN5417, SN7407, SN7417
HEX BUFFERS/DRIVERS
WITH OPEN-COLLECTOR HIGH-VOLTAGE OUTPUTS

SOLS032G - DECEMBER 1983 - REVISED MAY 2004

recommended operating conditions (see Note 4)

		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	

NOTE 4: All unused inputs of the device must be held at V_{CC} or GND to ensure proper device operation. Refer to the TI application report, *Implications of Slow or Floating CMOS Inputs*, literature number SCBA004.

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 _{CC1}	V _{CC} = MAX.					29	41	mA
I _{CC2}	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		26	ns
t _{PHL}				26			

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN5407, SN5417, SN7407, SN7417
HEX BUFFERS/DRIVERS
WITH OPEN-COLLECTOR HIGH-VOLTAGE OUTPUTS
 SOL5032G - DECEMBER 1983 - REVISED MAY 2004

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

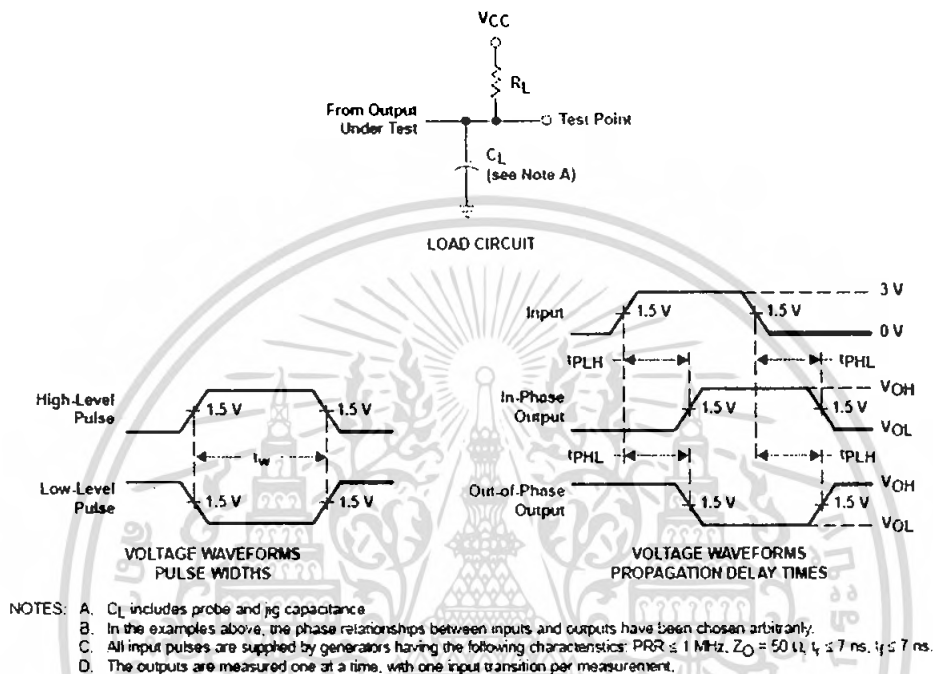


Figure 1. Load Circuit and Voltage Waveforms

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status ⁽¹⁾	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan ⁽²⁾	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp ⁽³⁾
JM3851000803BCA	ACTIVE	CDIP	J	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
JM3851000803BCA	ACTIVE	CFP	W	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
SN5407J	ACTIVE	CDIP	J	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
SN5417J	ACTIVE	CDIP	J	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
SN7407D	ACTIVE	SOIC	D	14	50	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SN7407DR	ACTIVE	SOIC	D	14	2500	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SN7407J	OBSOLETE	CDIP	J	14		None	Call TI	Call TI
SN7407N	ACTIVE	PDIP	N	14	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-NC-NC-NC
SN7407N3	OBSOLETE	PDIP	N	14		None	Call TI	Call TI
SN7407NSR	ACTIVE	SO	NS	14	2000	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SN7417D	ACTIVE	SOIC	D	14	50	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SN7417DR	ACTIVE	SOIC	D	14	2500	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SN7417N	ACTIVE	PDIP	N	14	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-NC-NC-NC
SN7417N3	OBSOLETE	PDIP	N	14		None	Call TI	Call TI
SN7417NSR	ACTIVE	SO	NS	14	2000	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SNJ5407FK	ACTIVE	LCCC	FK	20	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
SNJ5407J	ACTIVE	CDIP	J	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
SNJ5407W	ACTIVE	CFP	W	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
SNJ5417J	ACTIVE	CDIP	J	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC

⁽¹⁾ The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

⁽²⁾ Eco Plan - May not be currently available - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

None: Not yet available Lead (Pb-Free).

Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean "Pb-Free" and in addition, uses package materials that do not contain halogens, including bromine (Br) or antimony (Sb) above 0.1% of total product weight.

⁽³⁾ MSL, Peak Temp. - The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take

reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

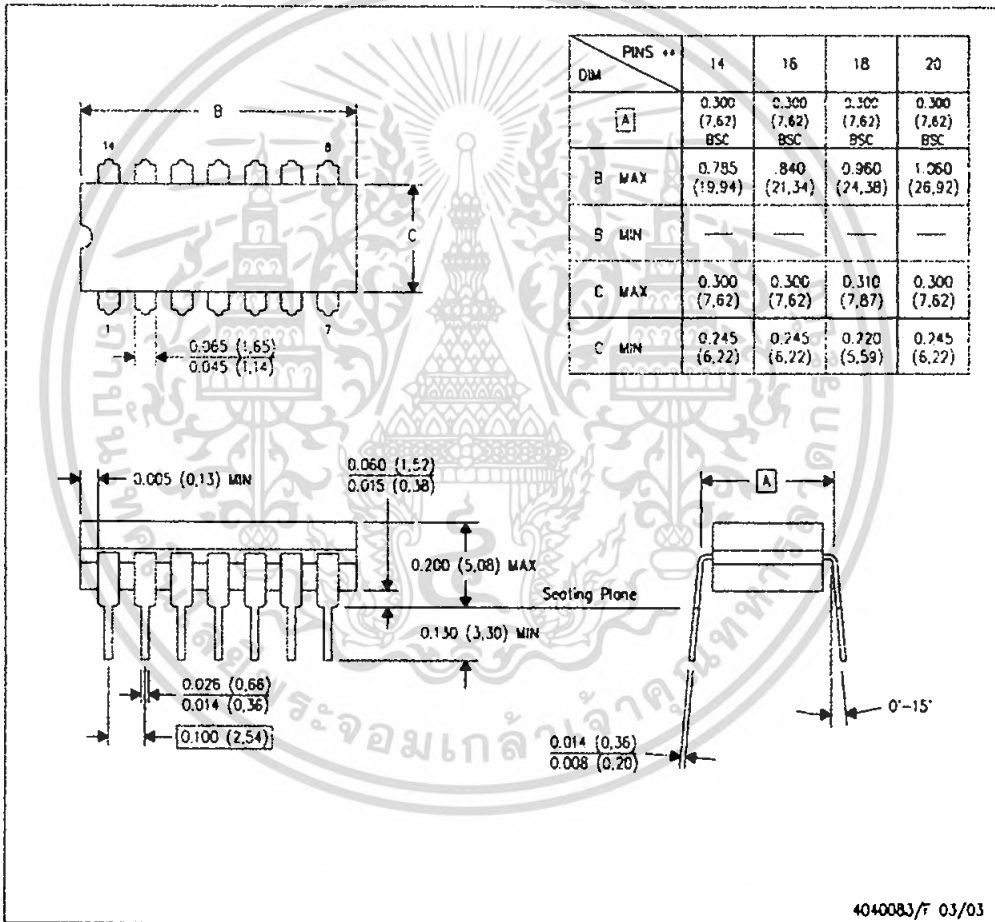
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

J (R-GDIP-T**)
14 LEADS SHOWN

CERAMIC DUAL IN-LINE PACKAGE



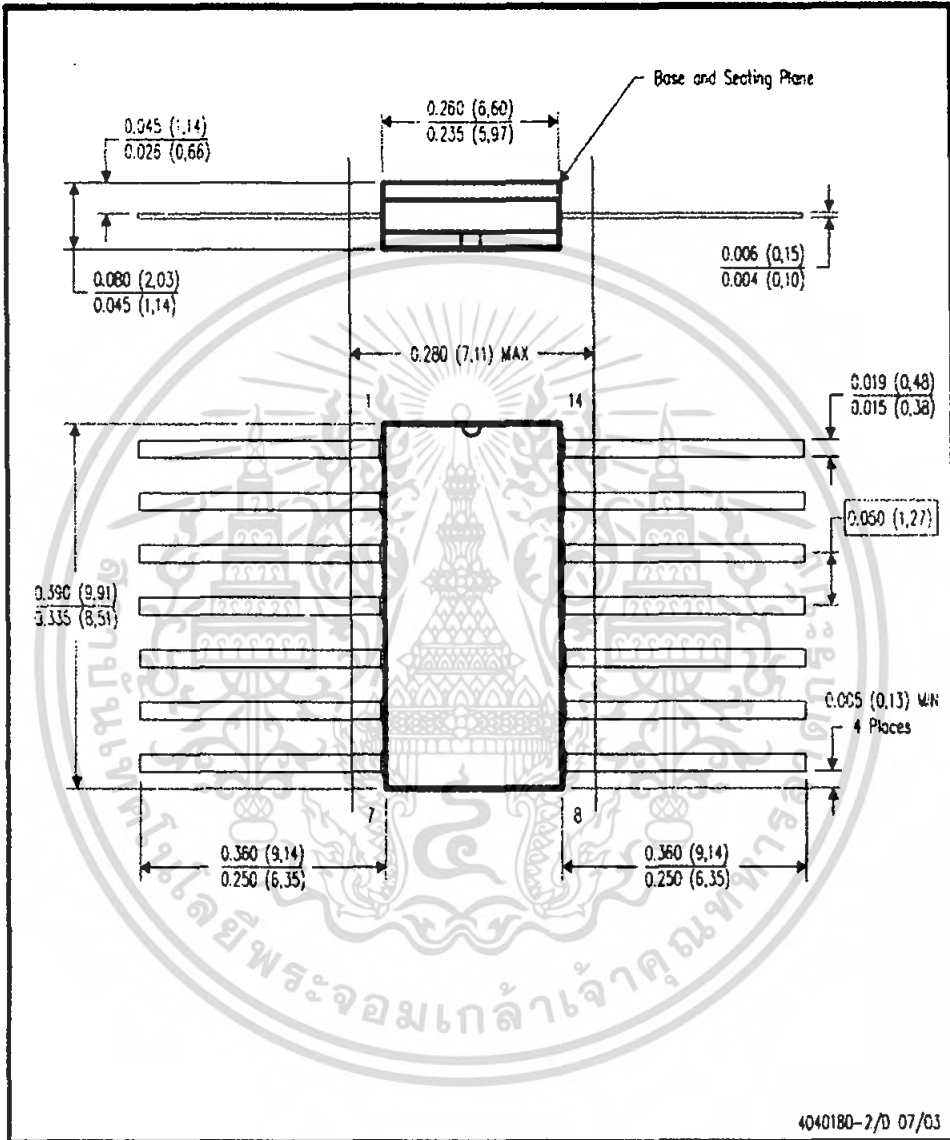
- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. This package is hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
 - D. Index point is provided on cap for terminal identification only on press ceramic glass frit seal only.
 - E. Falls within MIL STD 1835 GDIP1-114, GDIP1-116, GDIP1-118 and GDIP1-120.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL DATA

W (R-GDFP-F14)

CERAMIC DUAL FLATPACK



- NOTES:
- All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - This drawing is subject to change without notice.
 - This package can be hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
 - Index point is provided on cap for terminal identification only.
 - Falls within MIL STD 1835 GDFP1-F14 and JEDEC MO-092AB

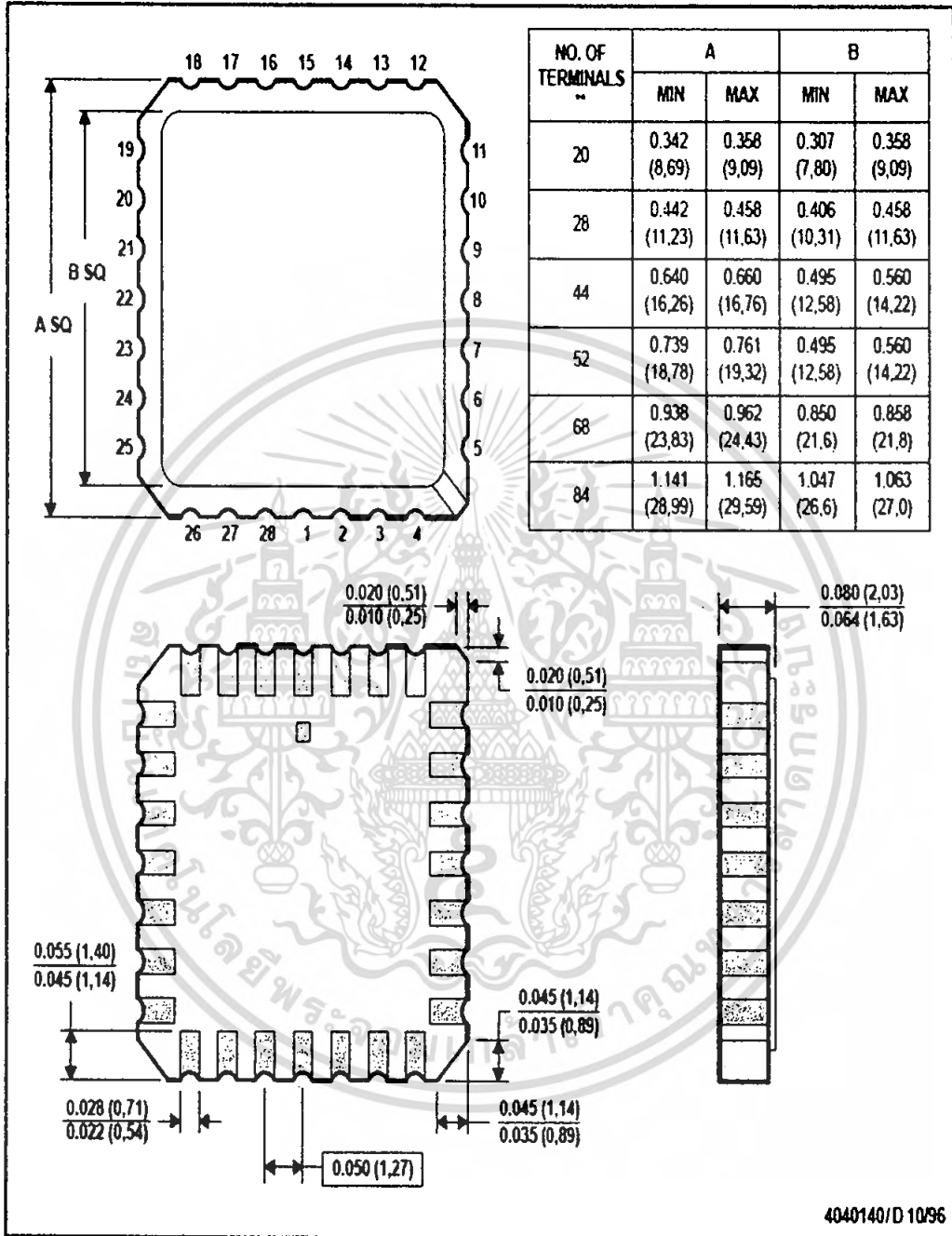


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FK (S-CQCC-N**)

LEADLESS CERAMIC CHIP CARRIER

28 TERMINAL SHOWN



- NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 B. This drawing is subject to change without notice.
 C. This package can be hermetically sealed with a metal lid.
 D. The terminals are gold plated.
 E. Falls within JEDEC MS-004

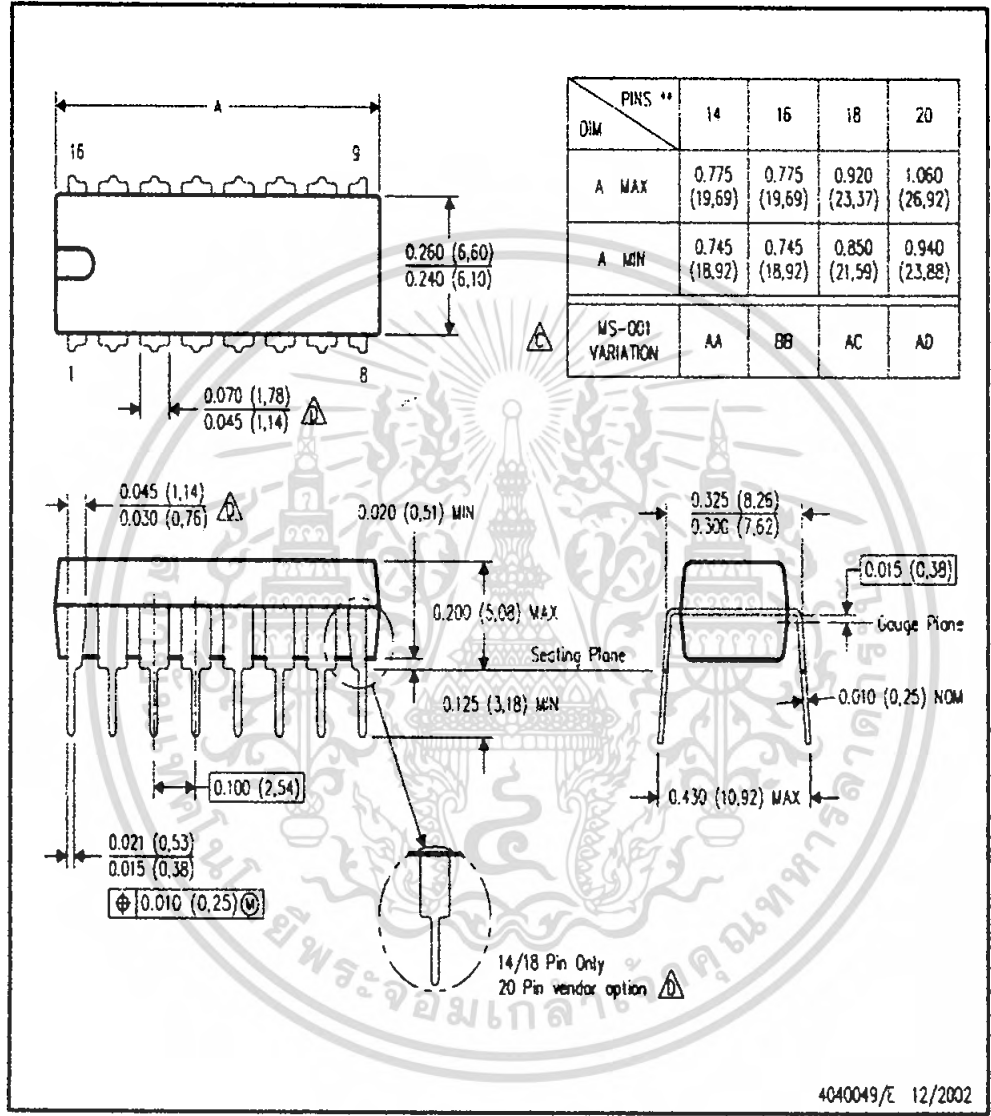
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานทางการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ **TEXAS INSTRUMENTS** ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL DATA

N (R-PDIP-T**)

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE

16 PINS SHOWN

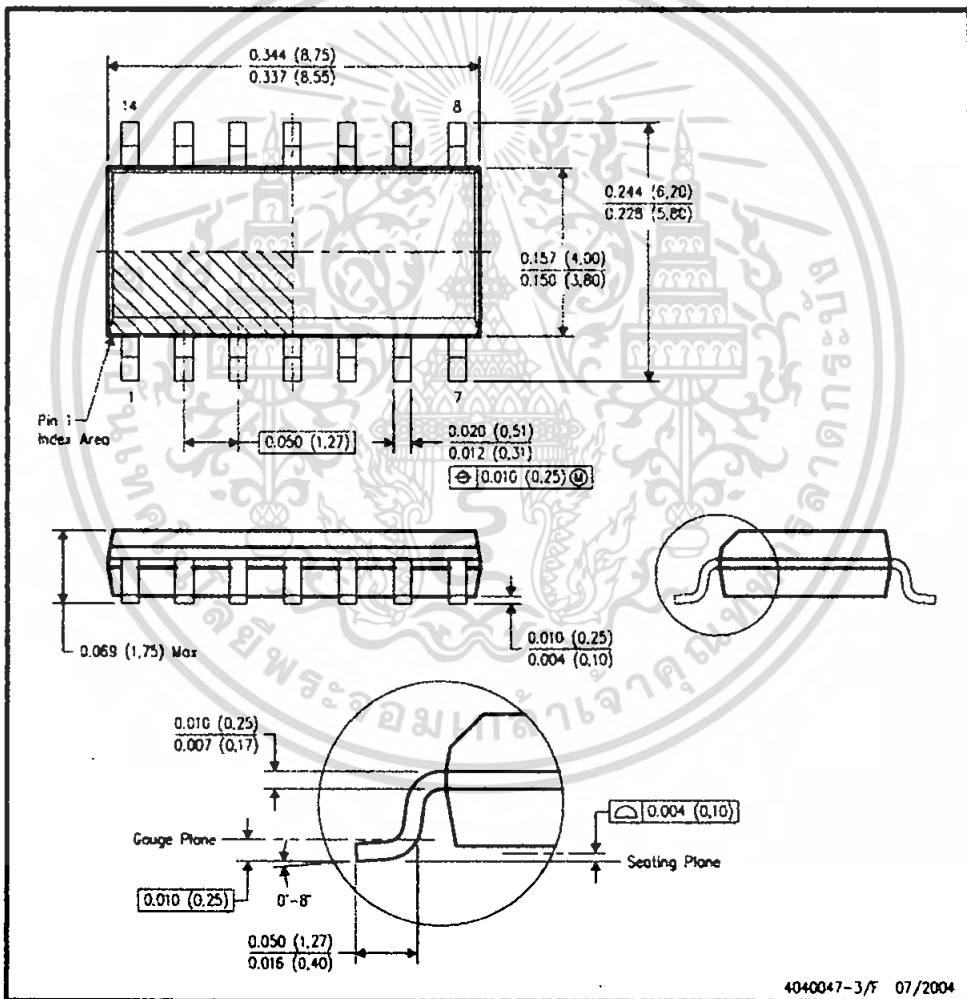


- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - Falls within JEDEC MS-001, except 18 and 20 pin minimum body length (Dim A).
 - The 20 pin end lead shoulder width is a vendor option, either half or full width.

MECHANICAL DATA

D (R-PDSO-G14)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0.006 (0.15).
 - D. Falls within JEDEC MS-012 variation AB.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

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

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

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. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI 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 and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

Products		Applications	
Amplifiers	amplifier.ti.com	Audio	www.ti.com/audio
Data Converters	dataconverter.ti.com	Automotive	www.ti.com/automotive
DSP	dsp.ti.com	Broadband	www.ti.com/broadband
Interface	interface.ti.com	Digital Control	www.ti.com/digitalcontrol
Logic	logic.ti.com	Military	www.ti.com/military
Power Mgmt	power.ti.com	Optical Networking	www.ti.com/opticalnetwork
Microcontrollers	microcontroller.ti.com	Security	www.ti.com/security
		Telephony	www.ti.com/telephony
		Video & Imaging	www.ti.com/video
		Wireless	www.ti.com/wireless

Mailing Address: Texas Instruments
Post Office Box 655303 Dallas, Texas 75265

Copyright © 2005, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้