

การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1  
INDUCTION MOTOR CONTROL 1



โดย

นาย ธีรารัตน์ รัชมีแพทย์  
นาย สุกิจ สังข์สุวรรณ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2542

เลขที่.....  
เลขทะเบียน 36861  
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ที่ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2542

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1  
INDUCTION MOTOR CONTROL 1

ผู้จัดทำ นาย ธารธรณ์ รัศมีแพทย์  
นาย สุกิจ สังข์สุวรรณ



*C. Bunlejan*

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

( อาจารย์ยีนนทวัฒน์ จุลเดชะ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1

## INDUCTION MOTOR CONTROL 1

โดย

นาย ธรารณ รัศมีแพทย์ รหัส 39014227

นาย สุกิจ สังข์สุวรรณ รหัส 39014580

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. นนทวัฒน์ จุลเคชะ

### บทคัดย่อ

วงจรขับเคลื่อนที่จะกล่าวนี้จะอาศัยหม้อแปลงพัลส์ขนาดเล็กพร้อมกับความสามารถในการเป็นหน่วยความจำของตัวมอสเฟตกำลังเองโดยหม้อแปลงพัลส์นี้จะเป็นตัวส่งผ่านพลังงานหรือสัญญาณสองทิศทางได้แก่ สัญญาณขับเคลื่อนปกติและสัญญาณเตือนลัดวงจรระหว่างสัญญาณพัลส์กับ วงจรขับเคลื่อนแยกกราวด์ ซึ่งสามารถปรับช่วงดิวิตีไซเคิลได้กว้าง เป็นตัวแยกกราวด์ของระบบและสามารถใช้งานที่แรงดันสูงได้ และเนื่องจากหม้อแปลงพัลส์ทำการส่งผ่านพลังงาน จึงไม่จำเป็นต้องมีแหล่งจ่ายไฟช่วยทางด้านทุติยภูมิ

### ABSTRACT

This gate drive described hereunder uses a small pulse transformer combined with the memory effect of the Power Mosfet .The transformer is operated as bi-directional energy / signal link ( gate control/Alarm signal ) between signal generator and the floating gate drive . High operating voltage and no floating auxiliary supply is required on secondary side because of using the pulse transformer in order to supply energy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถทำลุล่วงได้จากคำแนะนำหลายอย่างที่ประโยชน์จาก อาจารย์ ดร. นนทวัฒน์ จุลเดชะ รวมทั้งอาจารย์ทั้งสถาบันผู้ให้ความรู้ในหลาย ๆ ด้านตลอดจน เพื่อน ๆ พี่ ๆ คนรอบข้างทั้งหมดที่มีส่วนช่วยเหลือ ( โดยเฉพาะพี่เชกที่ให้computerยืมพิมพ์งาน) จึงขอขอบคุณ ณ โอกาสนี้

ผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ระบบรวม	2
1.2 วงจรขับเคลื่อนแบบต่างๆ	3
1.2.1 วงจรขับเคลื่อนแบบใช้แหล่งจ่ายไฟแยกกราวด์	3
1.2.2 วงจรขับเคลื่อนแบบใช้หม้อแปลงพัลส์	4
1.2.3 วงจรขับเคลื่อนแบบ charge pump	5
1.2.4 วงจรขับเคลื่อนแบบ bootstrap	5
1.2.5 วงจรขับเคลื่อนแบบ carrier drive	6
1.3 หลักการพื้นฐาน	8
1.4 ส่วนประกอบเพิ่มเติม	9
1.5 การทำงานของวงจร	10
1.5.1 วงจรด้านปฐมภูมิ	10
1.5.2 วงจรด้านทุติยภูมิ	11
บทที่ 2 อธิบายการทำงานของวงจร	14
2.1 แสดงวงจรทำงานในส่วนอินพุต	14
2.1.1 การทำงานของวงจรอินพุต	15
2.1.2 อธิบายการทำงานของ L293D	16
2.2 แสดงการทำงานในส่วนเอาต์พุต	18
2.2.1 การทำให้ตัวมอสเฟตกำลังนำกระแส	19
2.2.2 การทำให้ตัวมอสเฟตกำลังหยุดนำกระแส	20
2.2.3 ระบบป้องกันการลัดวงจร	21

2.2.4 ระบบป้องกันการไม่นำกระแสเนื่องจาก กระแสไดโอดรีคอปเวอร์	22
2.2.5 วงจรสัญญาณเตือน	23
2.3 หม้อแปลงพัลส์	24
2.3.1 หน้าที่และการทำงาน	24
2.3.2 คุณลักษณะของวงจรนี้ที่ใช้หม้อแปลง	24
บทที่ 3 ผลการทดลอง	26
บทที่ 4 สรุป	30
บรรณานุกรม	31
ภาคผนวก	32



## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 ระบบโดยรวม	2
รูปที่ 1.2 วงจรขับเคลื่อนแบบใช้แหล่งจ่ายไฟแยกกราวด์	3
รูปที่ 1.3 วงจรขับเคลื่อนแบบใช้หม้อแปลงพัลส์	4
รูปที่ 1.4 วงจรขับเคลื่อนแบบ charge pump	5
รูปที่ 1.5 วงจรขับเคลื่อนแบบ bootstrap	6
รูปที่ 1.6 วงจรขับเคลื่อนแบบ carrier drive	7
รูปที่ 1.7 แสดงไดอะแกรมของวงจร	8
รูปที่ 1.8 แสดงส่วนประกอบของวงจร	9
รูปที่ 1.9 วงจรขับเคลื่อน	10
รูปที่ 1.10 ขั้นตอนการทำงานของวงจรทุติยภูมิ	11
รูปที่ 2.1 วงจรส่วนอินพุต	14
รูปที่ 2.2 ภายใน L293D	15
รูปที่ 2.3 สัญญาณควบคุมการนำและหยุดกระแส	17
รูปที่ 2.4 วงจรส่วนเอาต์พุต	18
รูปที่ 2.5 แสดงการทำให้มอสเฟตกำลังนำกระแส	19
รูปที่ 2.6 แสดงการทำให้มอสเฟตกำลังหยุดนำกระแส	20
รูปที่ 2.7 วงจรตรวจการลัดวงจรของมอสเฟตกำลัง	21
รูปที่ 2.8 ป้องกันไม่ให้ระบบป้องกันการลัดวงจรเนื่องจากไดโอดรีคอปเวอร์	22
รูปที่ 2.9 วงจรเตือนการลัดวงจร	23
รูปที่ 4.1 สัญญาณในการขับเคลื่อน	26
รูปที่ 4.2 สัญญาณการนำกระแสและการหยุดนำกระแส	27
รูปที่ 4.3 ผลการหยุดนำกระแส	28
รูปที่ 4.4 การลัดวงจรในช่วงมอสเฟตกำลังนำกระแส	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

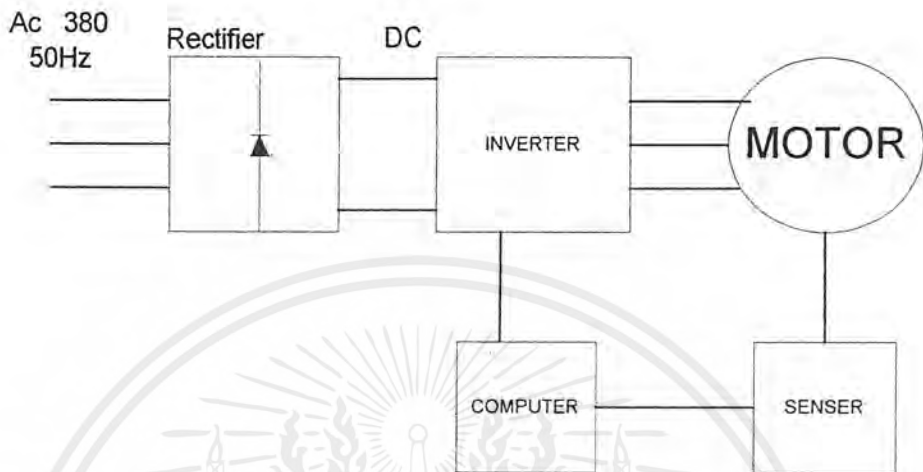
### บทนำ

ปัจจุบันถ้าจะกล่าวถึงมอเตอร์เหนี่ยวนำ ( Induction Motor ) นั้นถูกใช้มากในอุตสาหกรรมทั่วไปในขบวนการผลิตที่มีจำนวนการผลิตมากโดยตัวมอเตอร์เหนี่ยวนำในการทำงานนั้นต้องอาศัยวงจรในการควบคุมจากวงจรอินเวอร์เตอร์ ( Inverter ) เพื่อกำหนดลำดับการทำงานการหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ซึ่งสิ่งที่ควบคุมคือความเร็ว และ ความถี่เป็นค่าตัวแปรที่สำคัญต่อการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำให้ได้ตามจุดประสงค์ของผู้ใช้งาน โดยจากวงจรอินเวอร์เตอร์มีการทำงานซึ่งแปลงแรงดันตรงเป็นแรงดันสลับซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์กำลังที่นำมาใช้เป็นสวิตช์สลับการทำงานจำนวน 6 ตัว โดยค่าแรงดันจะมีค่าสูงมากเมื่อนำไปใช้ค่ากระแสการทำงานจะมีค่ามากตามค่าโหลดที่ใช้งานซึ่งหากเกิดความผิดปกติในการทำงานคือการลัดวงจรที่กระแสการทำงานมีค่ามหาศาลส่งผลให้เกิดความเสียหายมาก เมื่อพิจารณาถึงการทำงานของอุปกรณ์กำลังที่นำมาเป็นสวิตช์จะอาศัยวงจรขั้วเบรกในการนำกระแสและการหยุดนำกระแส รวมถึงการตรวจสอบการลัดวงจรเพื่อทำการหยุดนำกระแสโดยทันที

โดยในปริญญาานิพนธ์นี้ขอขำยการทำงานจะทำในส่วนของวงจรขั้วเบรกที่มีจุดประสงค์หลักดังนี้

1. สามารถควบคุมการนำกระแสและหยุดนำกระแสของอุปกรณ์กำลังได้
2. สามารถตรวจสอบการลัดวงจรในขณะที่อุปกรณ์กำลังนำกระแส เพื่อให้หยุดการนำกระแสได้
3. สามารถตรวจสอบกระแสไดโอดรีคอปเวอร์รี่ เพื่อไม่ให้วงจรป้องกันเกิดการเกิดลัดวงจรทำงาน

## 1.1 . ระบบโดยรวม



รูปที่ 1.1 ระบบโดยรวม

ในการศึกษาวงจรที่ใช้ควบคุมการทำงานของอินดิคชั่นมอเตอร์เราจะพบว่ามีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่หลายส่วนการควบคุมดังนี้

- วงจร Rectifier : เป็นวงจรเรียงกระแสใช้ทำการแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง เพื่อป้อนให้กับวงจร inverter
- วงจร Inverter : หน้าที่คือเพื่อควบคุมลำดับการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่จังหวะการทำงานสลับเฟสกัน
- วงจร sensor : ทำการแปลงค่าความเร็วรอบให้อยู่ในรูปค่าที่สามารถป้อนกลับเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ตามที่ต้องการ
- ส่วนของ COMPUTER : ทำการคำนวณค่าป้อนกลับสู่การควบคุมระบบให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ( CLOSE LOOP CONTROL )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาในส่วนที่อยู่ใน INVERTER โดยส่วนย่อยนั้นจะประกอบด้วยการนำตัวอุปกรณ์กำลังที่นำมาเป็นสวิตช์จำนวน 6 ตัว มาต่อกันประกอบกันควบคุมการทำงาน ซึ่งรายละเอียดในโครงงานนี้จะเป็นการทำวงจรขับสวิตช์หนึ่งตัว ( มอสเฟตกำลัง )

## 1.2 วงจรขับเกตแบบต่างๆ

### 1.2.1 วงจรขับเกตแบบใช้แหล่งจ่ายไฟแยกกราวด์

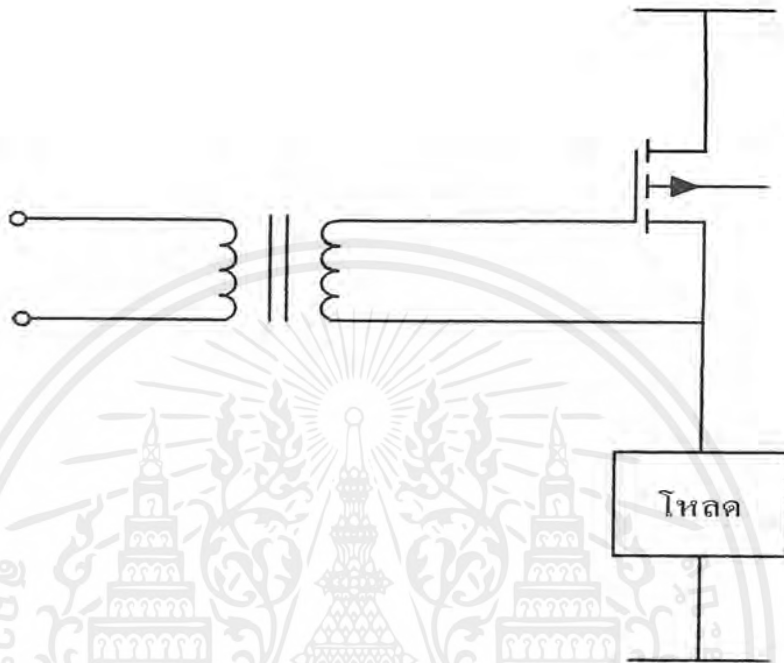


รูปที่ 1.2 วงจรขับเกตแบบใช้แหล่งจ่ายไฟแยกกราวด์

สามารถควบคุมขาเกตได้ตลอดช่วงความถี่ของการใช้งาน การยกระดับสัญญาณอ้างอิงกับกราวด์สามารถทำได้หลายแบบโดยที่ตัวกระดัดสัญญาณ ( level shifter ) จะต้องมีทนแรงดันสูง ๆ ได้ซึ่งมีการสวิตช์เร็วด้วยเวลาหน่วงที่น้อยที่สุดและกินกำลังน้อย แต่วงจรแบบนี้มีข้อเสียคือราคาแพงเนื่องจากต้องใช้แหล่งจ่ายไฟเป็นตัวอิสระ ( ใช้แหล่งจ่ายไฟหนึ่งตัวสำหรับอุปกรณ์แต่ละตัว ) ดังนั้น ถ้าใช้อุปกรณ์กำลังหลายตัวต้องใช้แหล่งจ่ายไฟหลายชุด นอกจากนั้นออปโตไอโซเลเตอร์ที่ใช้เมื่อเทียบกับวงจรแล้วมีราคาแพง มีค่าแบนด์วิดท์จำกัดและไวต่อสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

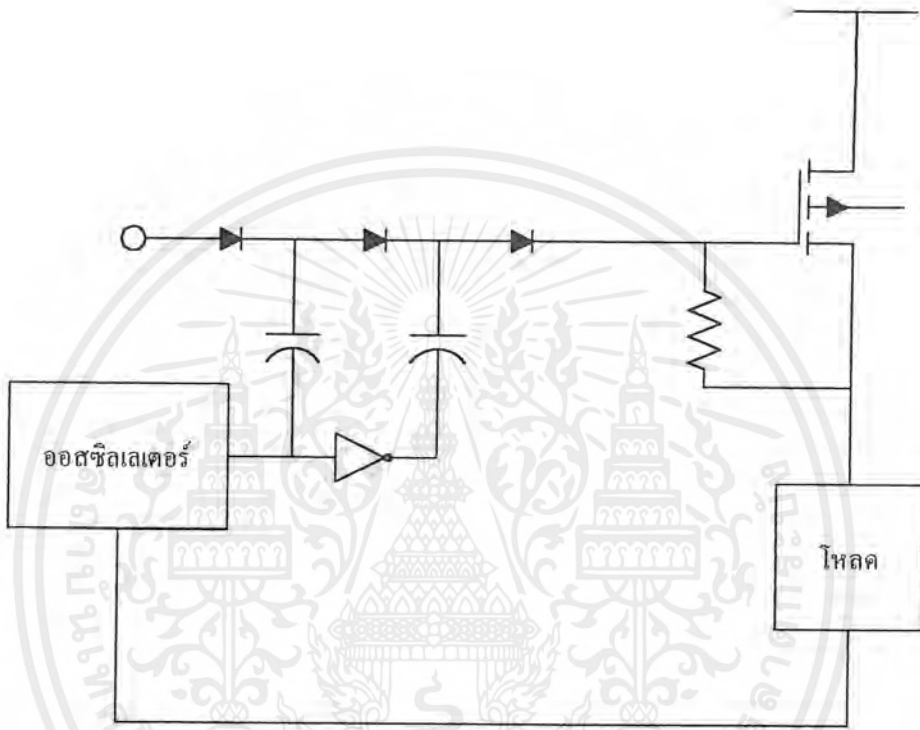
### 1.2.2 วงจรขับเคลื่อนแบบใช้หม้อแปลงพัลส์ ( Pulse Transformer )



รูปที่ 1.3 วงจรขับเคลื่อนแบบใช้หม้อแปลง

มีข้อดีคือวงจรไม่ซับซ้อนและใช้งานได้ดีพอสมควรแต่มีข้อจำกัดหลายประการคือ การทำงานในช่วงความถี่ที่กว้างกว่าต้องมีเทคนิคที่ซับซ้อนช่วย เมื่อความถี่ที่ใช้งานลดลงต้องใช้หม้อแปลงขนาดใหญ่ขึ้น

### 1.2.3 วงจรขับเกตแบบ Charge Pump



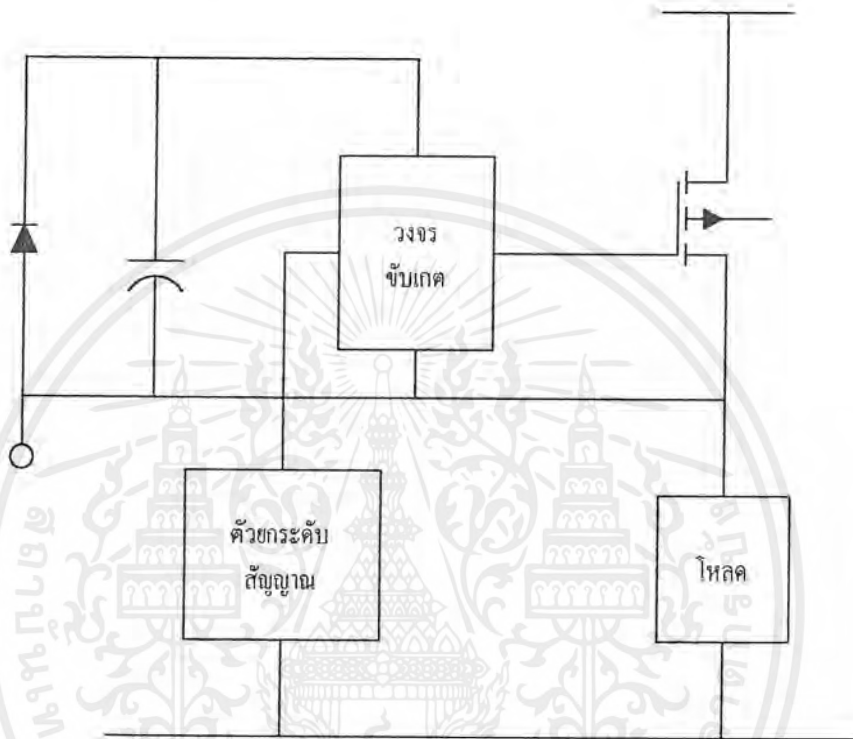
รูปที่ 1.4 วงจรขับเกตแบบ charge pump

วงจรมีสามารถนำมาใช้กับงานที่ให้อุปกรณ์กำลังมีช่วงเวลานำกระแสยาวนาน ซึ่งจะถูควบคุมโดยตัวยกระดับสัญญาณหรือตัวบีบอัดแต่อาจต้องใช้การบีบอัดเพื่อคงค่าแรงดันมากกว่าสองสภาวะเนื่องจากวงจรที่แรงดันที่ใช้ประสิทธิภาพไม่ดีพอ

### 1.1.4 วงจรขับเกตแบบ Bootstrap

เป็นวงจรง่ายและไม่ซับซ้อนเหมือนกับแบบใช้หม้อแปลงพัลส์ ในการใช้งานกับดิวตี้ไซเคิลกว้าง ๆ สามารถควบคุมเวลาในการนำกระแสและดิวตี้ไซเคิลได้จากการรีเฟรชตัวเก็บประจุ bootstrap แต่กำลังที่ใช้ในวงจรจะสูญเสียมา ถ้าตัวเก็บประจุถูกชาร์จจากแรงดันสูงและต้องมีตัวยกระดับสัญญาณในการใช้งานที่ซับซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



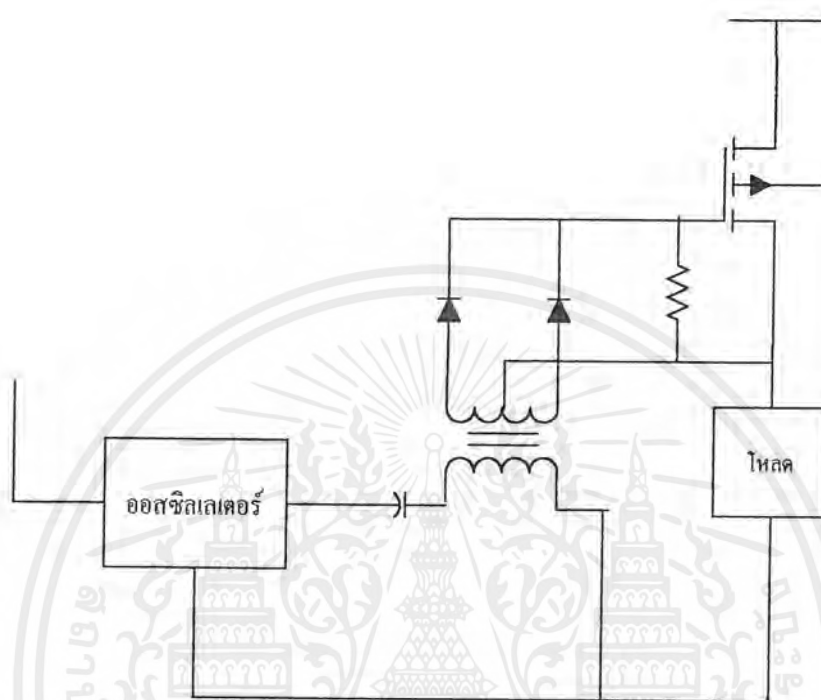
รูปที่ 1.5 วงจรขับเคลื่อนแบบ bootstrap

### 1.2.5 วงจรขับเคลื่อนแบบ Carrier drive

สามารถควบคุมขาเกตด้วยคาบเวลาที่ไม่จำกัดแต่จะถูกจำกัดสมรรถนะในการสวิตชิงสามารถแก้ไขได้โดยเพิ่มวงจรเข้าไปอีก

จะเห็นได้ว่าวงจรขับเคลื่อนที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นยังมีข้อเสียอยู่หลายประการ ถึงแม้ว่าในปัจจุบันได้มีการทำวงจรออกมาเป็นไอซีขายในท้องตลาด แต่ไม่ค่อยได้รับความไว้วางใจจากผู้ใช้เพราะระบบการแยกกราวด์จะใช้เซมิคอนดักเตอร์เป็นตัวแยกระหว่าง วงจรควบคุมและวงจรรันอุปกรณ์กำลัง เมื่อใช้งานไปเป็นระยะเวลานานสารเซมิคอนดักเตอร์มีโอกาสเสื่อมได้ทำให้ประสิทธิภาพการแยกอิสระลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



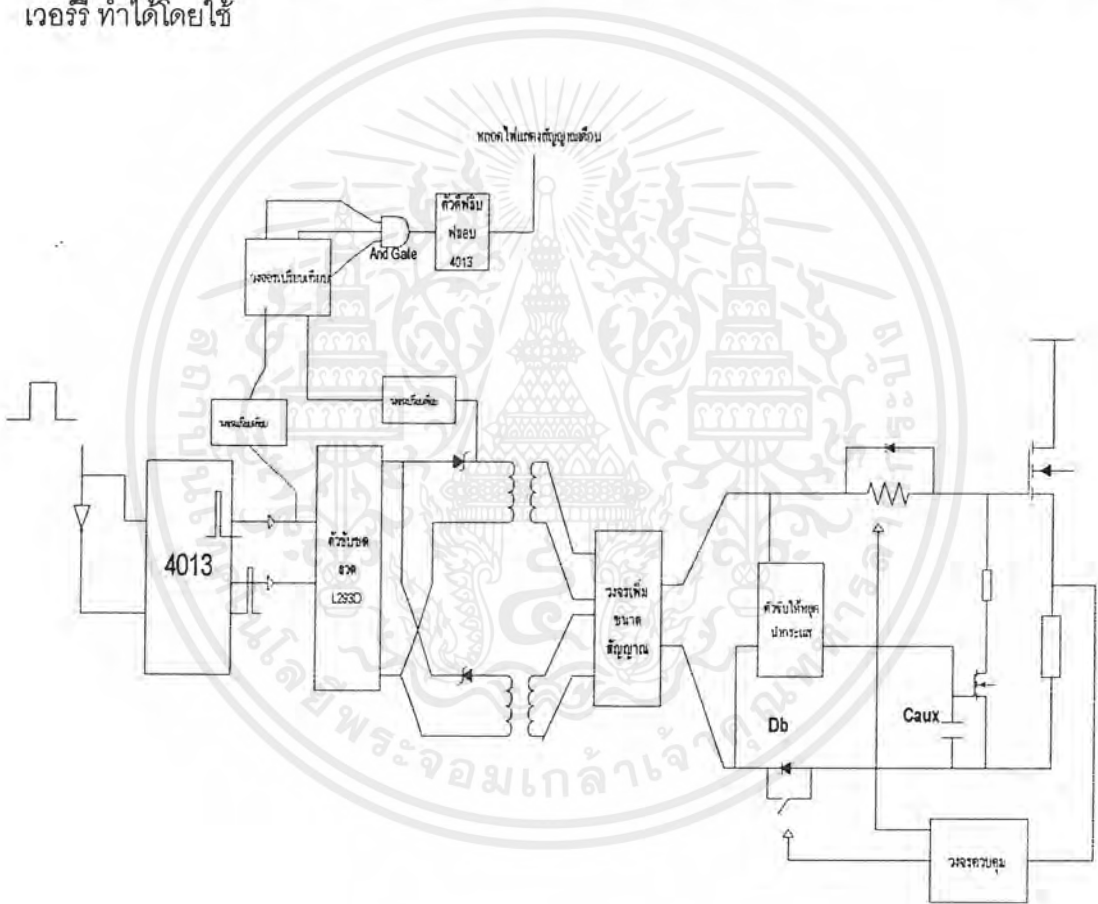
รูปที่ 1.6 วงจรขับเกตแบบ carrier drive

สำหรับวงจรที่ออกแบบมาในปริณญานิพนธ์นี้ จะมีคุณลักษณะโดยหลักคือ เป็นวงจรขับเกตที่มีวงจรย่อยในส่วนปฐมภูมิ และทุติยภูมิหม้อแปลงพัลส์เป็นตัวแยกระบบกราวด์ซึ่งหม้อแปลงพัลส์นี้จะเป็นตัวส่งผ่านพลังงานจากด้านปฐมภูมิไปยังด้านทุติยภูมิ เพื่อเป็นสัญญาณที่ใช้ขับเกตรวมถึงหม้อแปลงพัลส์นี้ยังใช้ในการส่งสัญญาณเตือนการลัดวงจร ที่มาจากด้านทุติยภูมิไปยังด้านปฐมภูมิเพื่อเตือนผู้ใช้งานถึงความผิดปกติของวงจร



## 1.4 ส่วนประกอบเพิ่มเติม

จากหลักการพื้นฐานที่ผ่านมา แสดงได้ในวงจรรูปที่ 1.2 โดยตัวอุปกรณ์กำลัง (  $Q_m$  ) คือตัวมอสเฟตกำลังโดยมีตัวเก็บประจุภายในของมอสเฟตกำลัง (  $C_{gs}$  ) จะเป็นตัวจำกัดสถานะขณะนำกระแส และ ตัวเก็บประจุ  $C_{aux}$  จะเป็นตัวจำกัดสถานะหยุดนำกระแสซึ่งจะทำหน้าที่รักษาค่าอิมพีแดนซ์ของขาเกตและขาซอร์สของมอสเฟตกำลังให้มีค่าต่ำ ในส่วนระบบป้องกันการลัดวงจรและระบบป้องกันการไม่นำกระแสของ มอสเฟตกำลังเนื่องจากกระแสไดโอดรีคอฟเวอร์รี่ ทำได้โดยใช้



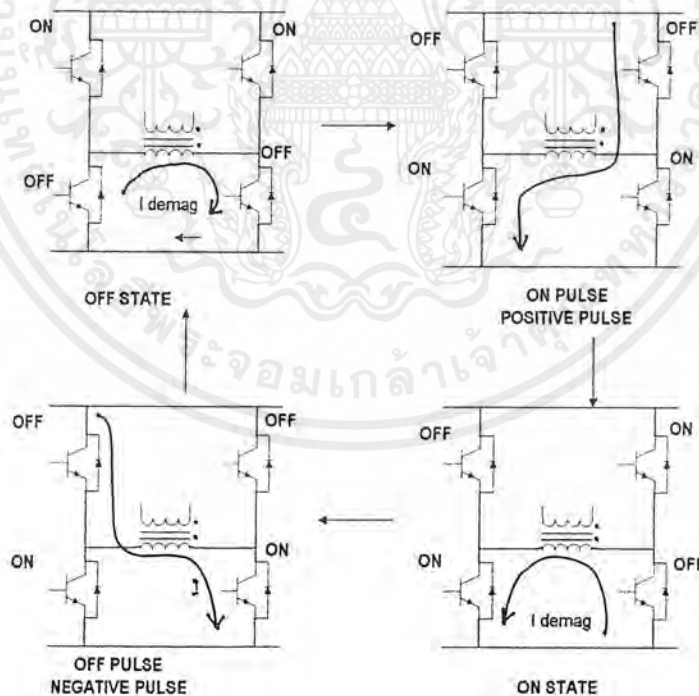
รูปที่ 1.8 แสดงส่วนประกอบของวงจร

## 1.5 การทำงานของวงจร

เมื่อพิจารณาจากวงจรส่วนปฐมภูมิและทุติยภูมิ จากบล็อกไดอะแกรมซึ่งประกอบด้วยตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์ทางด้านปฐมภูมิหม้อแปลงพัลส์ และวงจรทางด้านทุติยภูมิที่แยกอิสระจากด้านปฐมภูมิซึ่งจะทำงานได้โดยไม่ต้องมีแหล่งจ่ายไฟ แต่จะทำงานตามสัญญาณกระตุ้นจากหม้อแปลงพัลส์ที่กำหนดจากส่วนปฐมภูมิ

### 1.5.1 วงจรปฐมภูมิ (primary circuit)

เป็นวงจรที่กำเนิดสัญญาณพัลส์ลูกเล็กที่มีดิวิตีไซเคิลต่ำผ่านหม้อแปลงพัลส์ ส่งไปยังด้านทุติยภูมิเพื่อทำการนำกระแส และหยุดนำกระแสของอุปกรณ์กำลัง ไม่เพียงเท่านั้นมันยังสามารถที่จะรับรู้สัญญาณจากด้านทุติยภูมิได้เมื่อในกรณีที่เกิดการลัดวงจร ซึ่งตัวหม้อแปลงพัลส์จะเป็นตัวส่งสัญญาณทั้งไปและกลับ แสดงการทำงานของหม้อแปลงพัลส์ดังนี้



รูปที่ 1.9 วงจรขับเคลื่อน

จากรูปที่ 1.9 เมื่อการทำงานส่งสัญญาณเพื่อทำการขับเคลื่อนมอเตอร์กำลัง ซึ่งเป็นสภาวะปกติ สัญญาณของกระแสพัลส์ที่เป็นบวกจะเป็นสัญญาณที่ทำให้อุปกรณ์กำลังนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

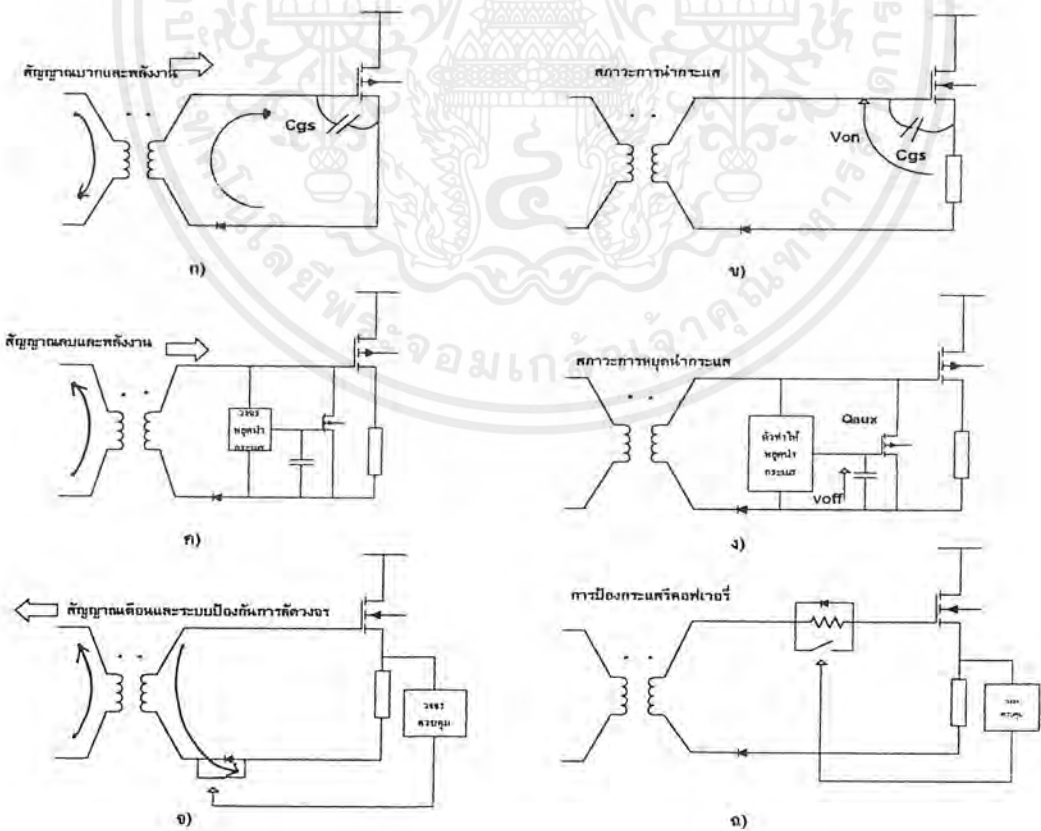
กระแสช่วงเวลา ทำงานเพื่อคายกระแสดีแมกนีไตซิง ( demagnetizing current ) สัญญาณพัลส์ที่เป็นลบจะเป็นสัญญาณที่ทำให้ ตัวมอสเฟตกำลังทำการหยุดนำกระแสและขณะคายกระแสดีแมกนีไตซิงของหม้อแปลงพัลส์

**เมื่อเกิดการลัดวงจร**

การทำงานขณะลัดวงจร จะเริ่มมาจากการคายประจุออกมาของตัวเก็บประจุอินพุตแฝง(Cgs) ผ่านด้านทุติยภูมิ จะทำให้เกิดสัญญาณพัลส์ที่เป็นลบของกระแสที่ขดทุติยภูมิที่จุดเริ่มต้นของการไหลของกระแสดีแมกนีไตซิง โดยการกำหนดไซเคิลการทำงานที่วงจรด้านอินพุตของหม้อแปลงพัลส์จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านส่งสัญญาณ สามารถนำค่าแรงดันผ่านวงจรเปรียบเทียบกับไปใช้ เป็นสัญญาณเตือนเพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้เกิดการลัดวงจรขึ้น

**1.5.2 วงจรด้านทุติยภูมิ ( secondary circuit )**

การทำงานจะเริ่มเมื่อมีสัญญาณ จากขดหม้อแปลงพัลส์ ซึ่งจะแตกต่างตามไซเคิลการทำงานดังนี้



**รูปที่ 1.10 ขั้นตอนการทำงานของวงจรทุติยภูมิ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### สัญญาณพัลส์นำกระแส ( Turn on pulse )

รูป ก) และ ข) แสดงการทำงาน กระแสชาร์จประจุ ( charge circuit ) ของตัวเก็บประจุแฝงในตัวมอสเฟตกำลัง ( Cgs ) เมื่อมีสัญญาณพัลส์ที่เป็นบวกเข้ามาที่ด้านปรัฐมภูมิ จึงเกิดแรงดันตกคร่อมขาเกต และขาซอร์ส มีค่าประมาณบวก 15 โวลต์ เนื่องจากตัวเก็บประจุอินพุตแฝงของมอสเฟตกำลังทำการชาร์จประจุ เมื่อสัญญาณพัลส์ดังกล่าวหายไป จะทำให้แรงดันของหม้อแปลงด้านทุติยภูมิมีค่าประมาณเป็น ศูนย์ และเนื่องจากมีไดโอด ( Db ) ดังกล่าวจะป้องกันไม่ให้ตัวเก็บประจุภายในมอสเฟตกำลัง (Cgs) คายประจุออกมาได้ จึงทำให้อุปกรณ์กำลังรักษาสถานะการนำกระแสได้ดังรูปที่ 1.10

### สัญญาณพัลส์หยุดนำกระแส ( Turn off pulse )

ในทางตรงกันข้ามจากรูป ค) และ ง) เมื่อเกิดสัญญาณลบเข้ามาที่ขดปรัฐมภูมิจะทำให้ตัวเก็บประจุอินพุตของตัวมอสเฟตคายประจุออกมาเนื่องจากตัวเก็บประจุ ( auxiliary capacitor : Caux ) ทำให้ Qaux นำกระแสเมื่อสัญญาณพัลส์หายไป ตัวเก็บประจุแฝงในมอสเฟตกำลัง ( Cgs ) ไม่สามารถคายประจุได้ จึงทำให้สภาวะการหยุดนำกระแสยังคงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งในขณะนั้นค่าอิมพีแดนซ์ระหว่างขาเกตและขาซอร์สของตัวมอสเฟตกำลังมีค่าต่ำ ทำให้การนำกระแสจะไม่เกิดขึ้นได้

### การป้องกันกระแสลัดวงจร ( Short Circuit Protection )

เมื่ วงจรเกิดทำงานผิดพลาดตามรูป ฉ) เกิดการลัดวงจรขึ้นจะมีตัวตรวจจับกระแสคือตัวต้านทาน ( Rs ) โดยเมื่อลัดวงจรขึ้นนั้น วงจรจะทำการตัดตัวไดโอดบล็อก ( Db ) ออกทำให้ตัวเก็บประจุแฝงในมอสเฟตกำลังสามารถ คายประจุกลับไปผ่านหม้อแปลงพัลส์ได้ สัญญาณจะถูกตรวจจับโดยวงจรปรัฐมภูมิ ซึ่งจะเป็นสัญญาณที่มาจากเงื่อนไขของวงจรเปรียบเทียบ

### การป้องกันการไม่นำกระแสเนื่องจากเกิดกระแสไดโอดรีคอฟเวอร์

การทำงานของมอสเฟตกำลัง เมื่อกำลังปรับเปลี่ยนสภาวะขึ้น-ลง ขณะที่สวิตช์เปลี่ยนสภาวะ จากช่วงหยุดนำกระแส เป็นช่วงนำกระแสจะเกิดกระแสไดโอดรีคอฟเวอร์ ซึ่งเป็นกระแสที่มีค่าใกล้เคียงกับกระแสลัดวงจร ที่เกิดขึ้นขณะตัวมอสเฟตกำลังทำการนำกระแสอยู่ ปรากฏการณ์นี้จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านตัวมอสเฟตกำลังเพียงพอที่จะ ทำให้เกิดการตรวจจับการลัด

วงจรได้ ระบบป้องกันการลัดวงจรทำงาน ซึ่งในช่วงเวลารีคอปเวอร์นี้ต้องทำให้ระบบลัดวงจรไม่ทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

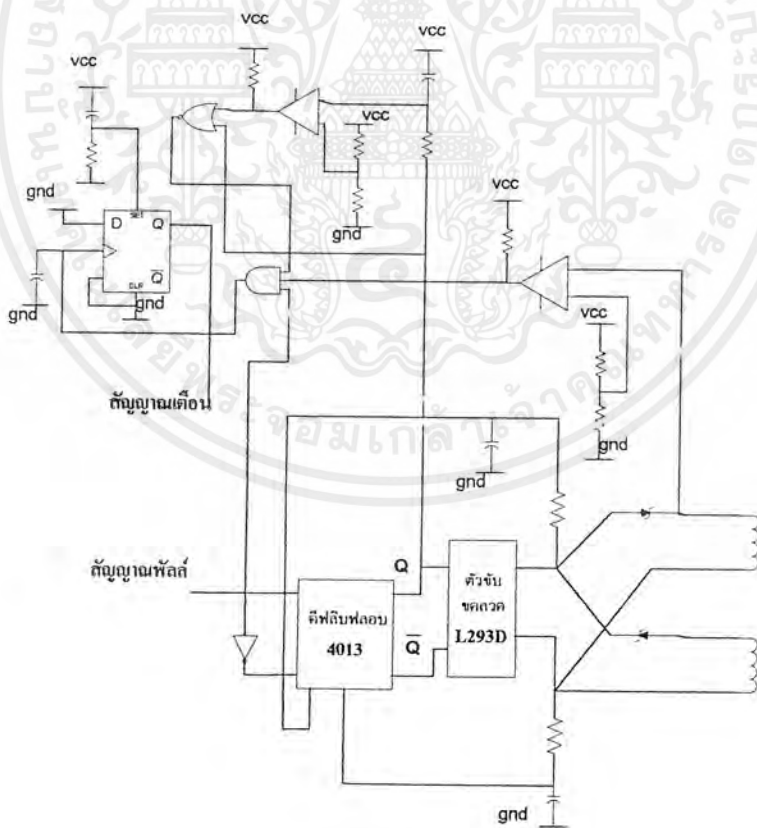
## บทที่ 2

### อธิบายการทำงานของวงจร

#### 2.1 แสดงวงจรการทำงานในส่วนอินพุต ( Input circuit )

ส่วนประกอบของวงจรด้านอินพุตที่สำคัญมีดังนี้

- 4049
- 4013
- L293D
- LM 339
- 1N4148

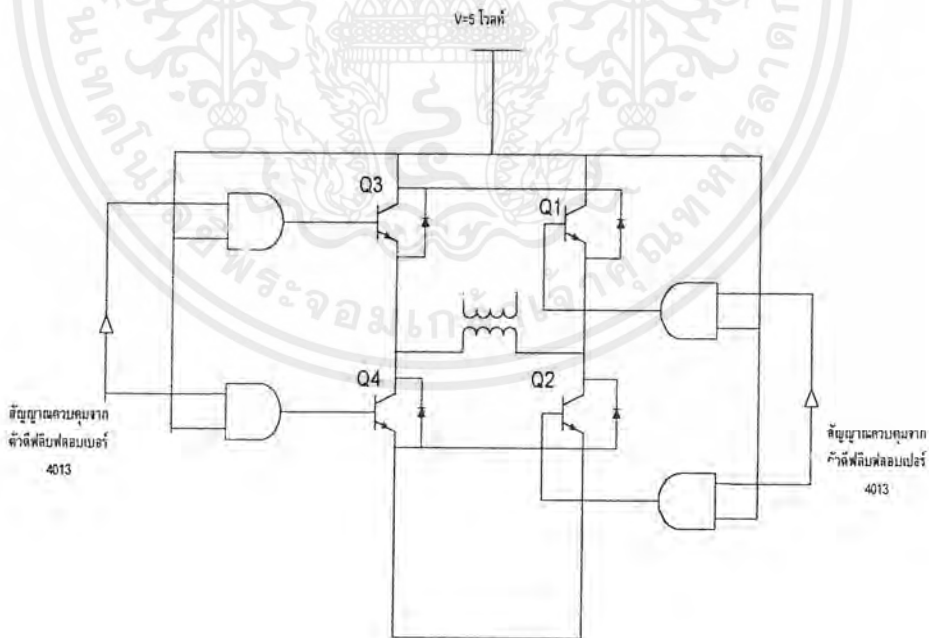


รูปที่ 2.1 วงจรส่วนอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 ทำงานของวงจรอินพุต

เมื่อทำการจ่ายสัญญาณพัลส์เพื่อทำการกำหนดไซเคิลการทำงานของตัวมอดเฟตกำลังทางด้านทุติยภูมิ ซึ่งสัญญาณนี้จะป้อนเป็นอินพุตเข้าที่ตัวดีฟลิปฟลอปเบอร์ 4013 หนึ่งและเป็นอินพุตเข้าตัวอินเวอร์เตอร์ 4049 ซึ่งค่าอินเวอร์สที่ได้จะเป็นค่าอินพุตของตัวดีฟลิปฟลอปอีกขาหนึ่งเพราะฉะนั้นสัญญาณเอาต์พุตของตัวดีฟลิปฟลอป 4013 จะมีสองค่าที่เป็นการทริกสัญญาณขอขาขึ้นและขาลงของสัญญาณอินพุตสองค่าที่เป็นค่าอินเวอร์สกัน เพื่อทำการสร้างสัญญาณพัลส์บวกและพัลส์ลบช่วงสั้น ๆ ทำการส่งต่อไปยังหม้อแปลงพัลส์ เพื่อทำการควบคุมให้ตัวมอดเฟตให้น้ำกระแส และหยุดน้ำกระแสตามลำดับ ซึ่งจากตัวดีฟลิปฟลอป 4013 ค่าเอาต์พุตสองค่า ( Q , Q ) จะเกิดจากการทริกสัญญาณพัลส์ ( จากสัญญาณอินพุตที่เข้ามา ) ทั้งสัญญาณพัลส์ที่ขอขาขึ้น และ ขอลงลง เมื่อได้ค่าสัญญาณเอาต์พุตของตัวดีฟลิปฟลอป 4013 ที่เป็นสัญญาณพัลส์บวกและลบในช่วงเวลาสั้น ๆ นำไปต่อกับตัวL293D ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวขับกระแสจ่ายให้หม้อแปลงพัลส์ โดยวงจรภายในของL293D นี้จะประกอบด้วย ทหรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 วงจรภายในL293D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายการกำหนดการทำงานของ L293D มีดังนี้

ตัว Q1 : ทำการทริกช่วงขอบขาลงจากสัญญาณพัลส์เดิม

ตัว Q2 : รับสัญญาณจากการอินเวอร์สจากสัญญาณพัลส์ที่ส่งมาจากตัวดีฟลิปฟลอป

ตัว Q3 : ทำการทริกช่วงขอบขาขึ้นจากสัญญาณเดิม

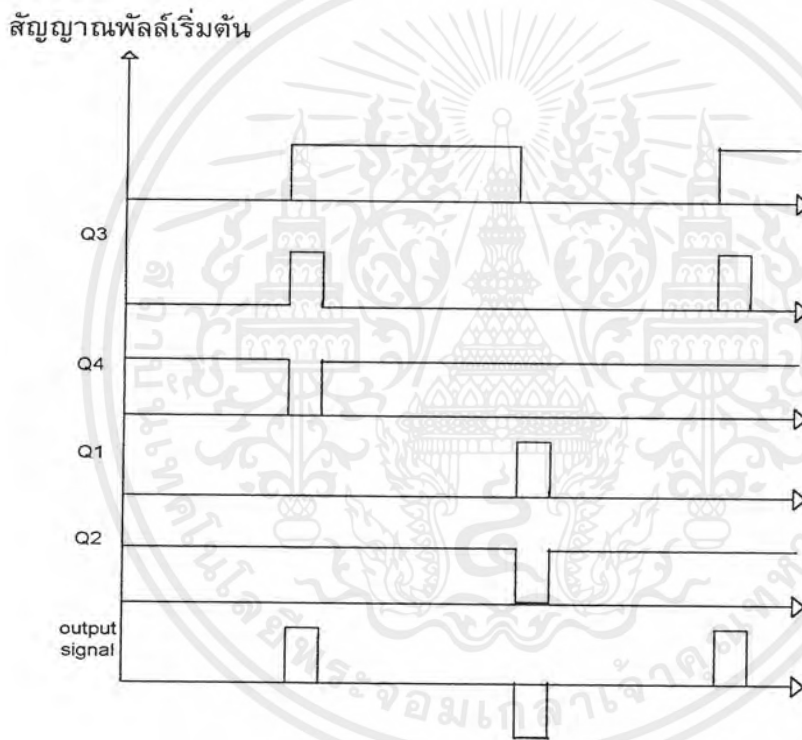
ตัว Q4 : รับสัญญาณจากการอินเวอร์สจากสัญญาณพัลส์ที่ส่งมาจากตัวดีฟลิปฟลอป

### 2.1.2 อธิบายการทำงานของ L293D

จากวงจรตามรูป สัญญาณพัลส์จะควบคุมทรานซิสเตอร์ในวงจรทั้ง 4 ตัว สัญญาณพัลส์ที่ขอบขาขึ้น จะทำให้ตัว Q2 และ Q3 เกิดกระแสไหลผ่าน Q3 ไปยังขดลวดของหม้อแปลงพัลส์ต่อไปยังตัว Q2 ครบรอบการทำงานซึ่งจะได้สัญญาณพัลส์บวกออกมา หลังจากนั้นตัว Q3 จะหยุดนำกระแสในขณะที่ตัว Q2 ยังนำกระแสอยู่ ในช่วงเวลานี้จะมีการคายพลังงานจากขดลวดหม้อแปลงในรูปของกระแสดีแมกนีไตซ์ โดยอาศัยตัวไดโอดเป็นตัวผ่านกระแสของตัว Q4 ไปยังตัว Q2

พิจารณาในช่วงขอบขาลงของสัญญาณพัลส์ ตัวทรานซิสเตอร์ภายในจะเป็นคู่การทำงานมาเป็นตัว Q4 และ Q1 โดยกระแสจะไหลผ่านจาก Q1 ไปยังขดลวดหม้อแปลงพัลส์ ทำการส่งต่อไปยังตัว Q4 ทำให้ได้สัญญาณพัลส์ลบออกมา หลังจากนั้นตัว Q4 จะหยุดนำกระแสแต่ตัว Q1 ยังนำกระแสอยู่ จึงมีการคายพลังงานออกมาเช่นเดียวกับการทำงานในช่วงแรก โดยไดโอดของตัว Q2 จะเป็นตัวผ่านกระแสที่อยู่ในรูปกระแสดีแมกนีไตซ์ผ่านตัว Q4 การทำงานจะเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ทำให้ได้สัญญาณออกมาตามที่ต้องการซึ่งสามารถกำหนดความถี่การทำงานจากตัวจ่ายสัญญาณพัลส์ในตอนเริ่มต้น ซึ่งแสดงลักษณะของสัญญาณได้ดังนี้

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



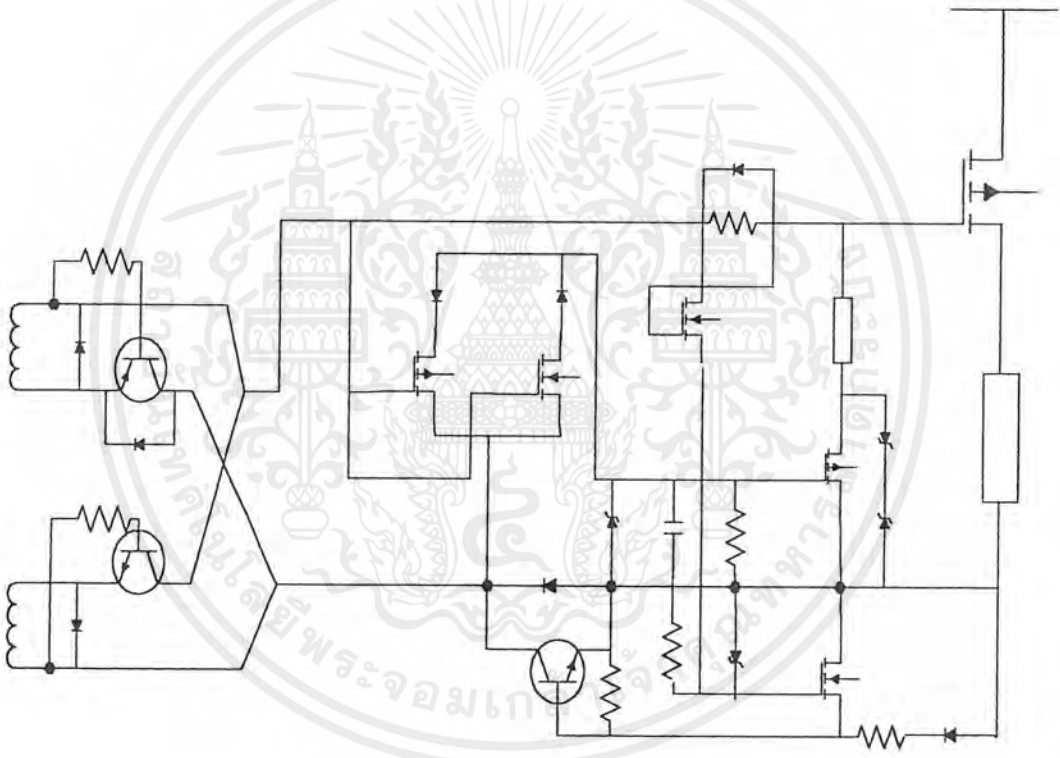
รูปที่ 2.3 สัญญาณควบคุมการนำและหยุดกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ **36861** ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 การทำงานของวงจรเอาต์พุต

ส่วนประกอบของวงจรด้านพุทิตยภูมิมีดังนี้

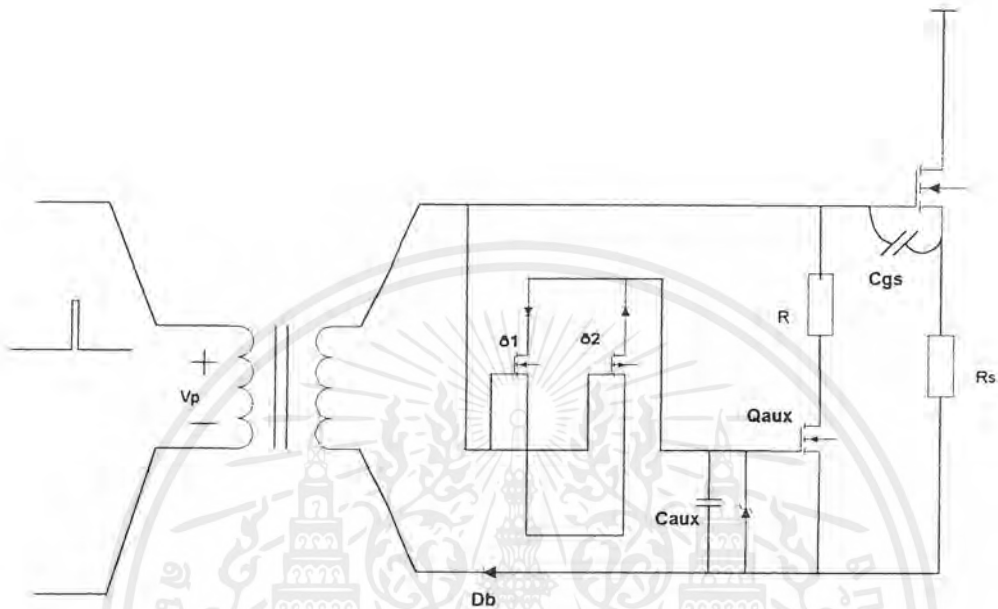
- 1) การทำให้ตัวมอสเฟตนำกระแส
- 2) การทำให้ตัวมอสเฟตหยุดนำกระแส
- 3) ระบบป้องกันการลัดวงจร
- 4) ระบบป้องกันการไม่นำกระแสเนื่องจากกระแสไดโอดรีคอปเวอร์



รูปที่ 2.4 วงจรส่วนเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

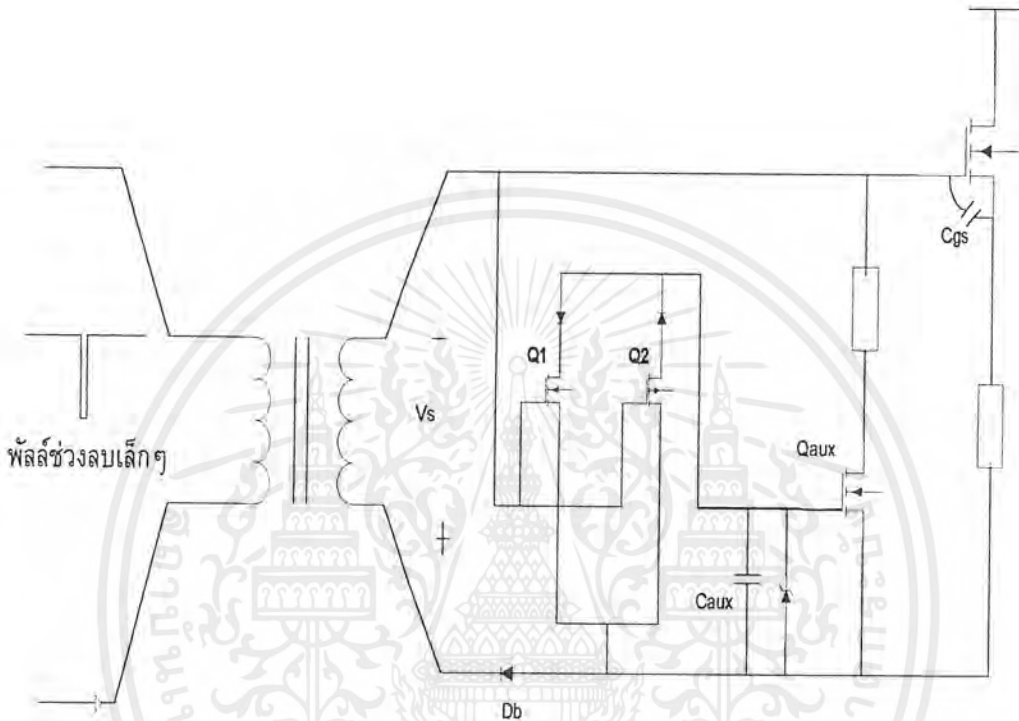
### 2.2.1 การทำให้ตัวมอสเฟตกำลังนำกระแส ( Turn On )



รูปที่ 2.5 แสดงการทำให้มอสเฟตกำลังนำกระแส

- 1 ) เมื่อมีสัญญาณพัลส์บวกช่วงสั้น ๆ จากหม้อแปลงพัลส์ จะเข้าไปชาร์จตัวเก็บประจุแผ่น (  $C_{gs}$  ) จนมีแรงดันสูงพอที่จะทำให้ตัวมอสเฟตกำลังเกิดการนำกระแส
- 2 ) ในขณะที่เดียวกันพัลส์บวกจะทำให้ตัว  $Q_{aux}$  นำกระแส ทำให้ตัวเก็บประจุ  $C_{aux}$  คายประจุออกมาจนแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ  $C_{aux}$  มีค่าเป็นศูนย์ ส่งผลทำให้มอสเฟตกำลังไม่นำกระแสตลอดช่วงที่มีพัลส์เป็นบวก
- 3 ) เมื่อสัญญาณพัลส์บวกหายไป ตัวเก็บประจุแผ่น  $C_{gs}$  จะคายประจุไม่ได้เนื่องจากมีไดโอด  $D_b$  บล็อกไว้ ทำให้ขาเกตและขาซอร์สของตัวมอสเฟตเป็นบวกอยู่

## 2.2.2 การทำให้ตัวมอสเฟตกำลังหยุดนำกระแส (Turn Off)



รูปที่ 2.6 แสดงการทำให้มอสเฟตกำลังหยุดนำกระแส

การคายประจุของตัวเก็บประจุแผ่น (Cgs) เป็นจุดเริ่มต้นของการหยุดนำกระแสของตัวมอสเฟตกำลัง การทำงานมีดังต่อไปนี้

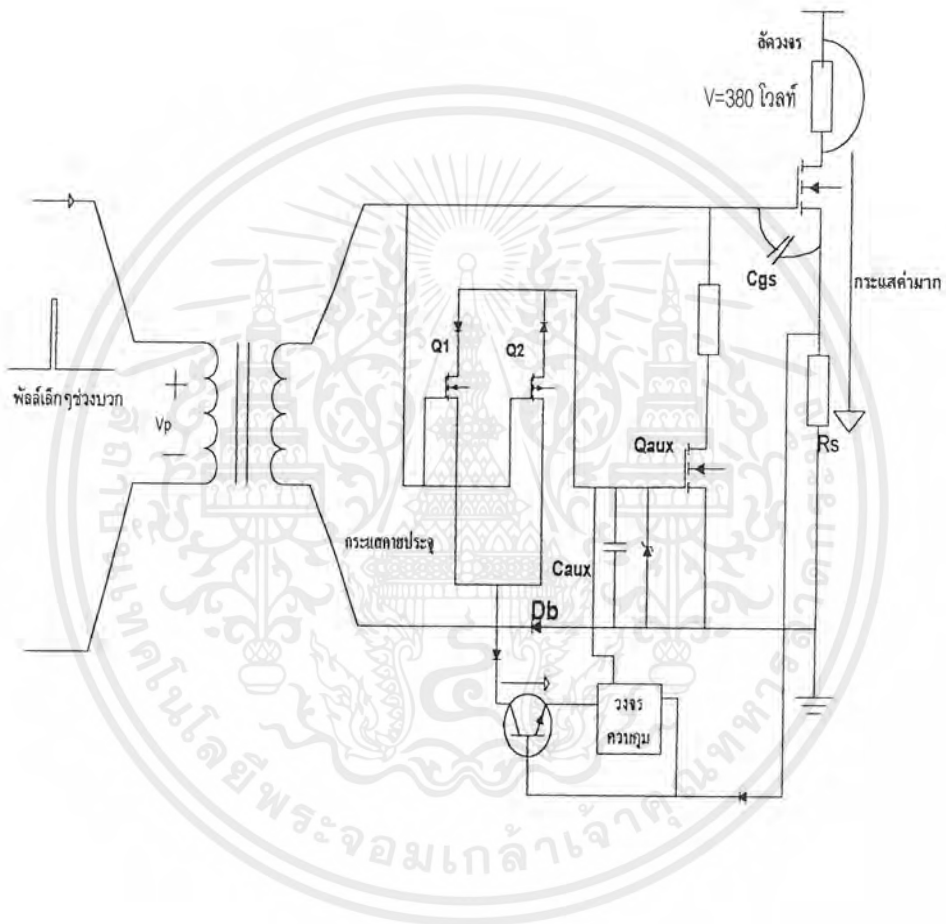
1 ) เมื่อมีพัลส์ช่วงลบสั้น ๆ ซึ่งเกิดต่อจากพัลส์ช่วงบวกสั้น ๆ ถูกป้อนเข้ามาที่หม้อแปลงพัลส์ มีผลทำให้มอสเฟต Q2 ทำงานนำกระแสไปชาร์จตัวเก็บประจุ (Caux) จนมีแรงดันตกคร่อมขาเกต และขาซอร์สของตัวมอสเฟต (Qaux) ทำให้ตัวมอสเฟตนำกระแส

2 ) ตัวเก็บประจุแผ่น (Cgs) สามารถคายประจุได้ เมื่อตัวมอสเฟต (Qaux) นำกระแส ซึ่งจะซาร์จผ่าน R1 ทำให้ตัวมอสเฟตหยุดนำกระแสได้ จะเห็นได้ว่าเมื่อยังไม่มีสัญญาณพัลส์บวกเข้ามาที่หม้อแปลงพัลส์ ตัวเก็บประจุ (Caux) จะไม่สามารถคายประจุได้ ทำให้ตัวมอสเฟตกำลังรักษาสถานะการนำกระแสได้ตลอดเวลาจนกว่าจะมีสัญญาณควบคุมจากอินพุตไปยังตัวมอสเฟตกำลังเพื่อนำกระแสอีกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 ) ถ้าแรงดันตกคร่อมของตัวมอดเฟต(  $Q_{aux}$  )มีค่ามากไปอาจให้เสียหายได้ จึงต้องมีตัวป้องกันค่าแรงดันที่สูงคือ ซีเนอร์ไดโอด  $D_i$  ต่อขนานเข้าไป

### 2.2.3 ระบบป้องกันการลัดวงจร ( Short Circuit Protection )



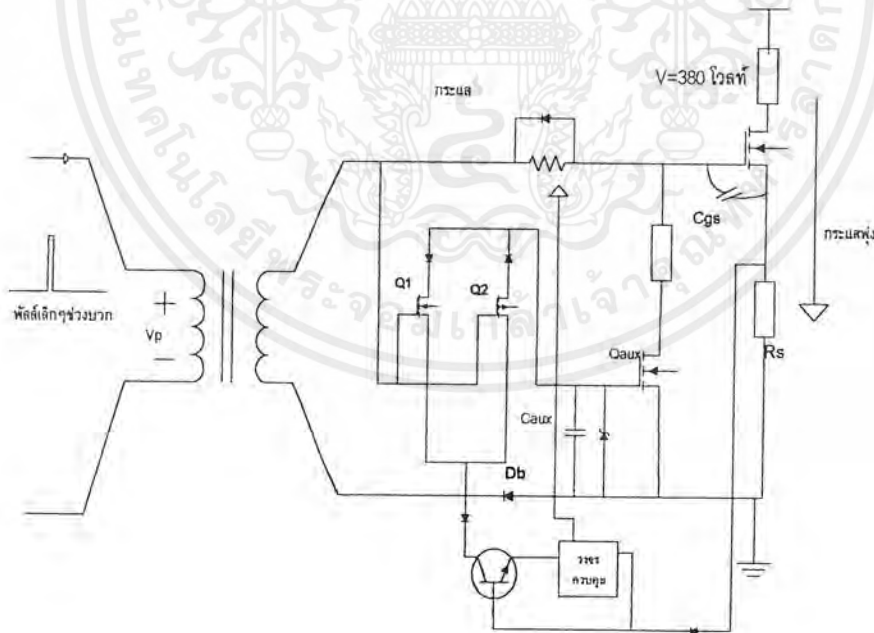
รูปที่ 2.7 การป้องกันการลัดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้นที่โหลด จะทำให้เกิดค่ากระแสจำนวนมากไหลผ่านตัวมอสเฟตกำลัง ส่งผลทำให้เกิดความเสียหายได้ ดังนั้นจึงต้องทำให้ตัวมอสเฟตหยุดนำกระแสโดยเร็วที่สุดสามารถทำได้โดยวิธีการคาย ประจุแฝงของตัวมอสเฟตกำลัง (  $C_{gs}$  )

1 ) ในวงจรป้องกันจะมีการตรวจจับกระแสที่ไหลผ่านตัวมอสเฟตกำลัง เมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้นซึ่งทำให้เกิดค่าแรงดันตกคร่อม  $R_s$  จนทำให้ทรานซิสเตอร์ T นำกระแสได้ ส่งผลให้ตัวเก็บประจุ (  $C_{gs}$  ) สามารถคายประจุได้ ทำให้ตัวมอสเฟตกำลังหยุดนำกระแสได้ทันก่อนการเกิดความเสียหายได้

## 2.2.4 ระบบป้องกันการไม่นำกระแสของตัวมอสเฟตกำลังเนื่องจาก กระแสไดโอดรีคอปเวอร์รี

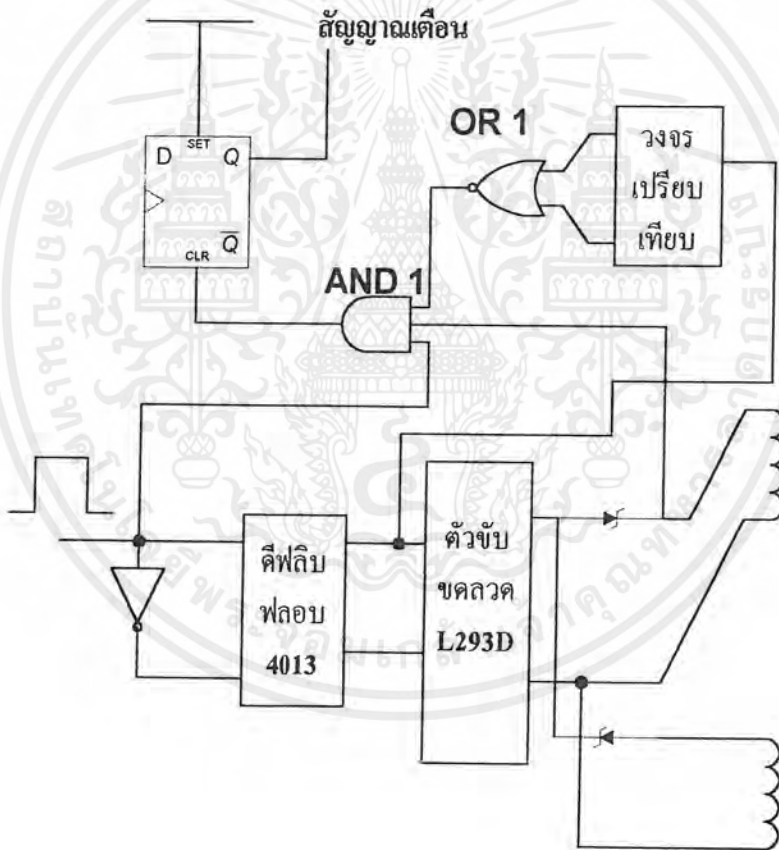


รูปที่ 2.8 ป้องกันไม่ไห้ระบบป้องกันการลัดวงจรเนื่องจากกระแสไดโอดรีคอปเวอร์รี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่ตัวมอสเฟตกำลังเริ่มนำกระแส นั้น จะเกิดกระแสพุ่งไหลผ่านตัวมอสเฟตกำลัง ซึ่งมีค่าเพียงพอที่จะทำให้ระบบป้องกันการลัดวงจรทำงาน ซึ่งส่งผลทำให้ตัวมอสเฟตกำลังนำกระแสไม่ได้เนื่องจากตัวเก็บประจุแผ่น (Cgs) สามารถคายประจุผ่านทรานซิสเตอร์ T ได้ ดังนั้นต้องทำให้ระบบป้องกันการลัดวงจรไม่ทำงานในเวลาที่ช่วงสัญญาณพัลส์ควบคุมเป็นบวกให้นำกระแสได้

### 2.2.5 วงจรเตือน ( ALARM SIGNAL )



รูปที่ 2.9 วงจรเตือนการลัดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป้าของวงจรนี้เพื่อเตือนว่าเกิดการลัดวงจรขึ้นที่โหลดด้านเอาต์พุตโดยขณะที่เกิดการลัดวงจร จะมี กระแสที่เกิดจากการคายประจุของตัวเก็บประจุแฝง Cgs ของมอสเฟตกำลัง ไหลจากวงจรด้านเอาต์พุตผ่าน หม้อแปลงพัลส์มายังวงจรด้านปฐมภูมิ โดยวงจรเตือนจะทำงานได้จะต้องมีสัญญาณเพื่อไปทำการเซตค่า CLK ของตัวดีฟลิปฟลอป 4013 ทำงานโดยเงื่อนไข มาจากตัวแอนเกต ซึ่งเอาต์ได้ค่า " 1 " เพราะฉะนั้น ขาอินพุตสามขาจึงต้องเป็นค่า " 1 " ทั้ง สามขาทั้งหมดซึ่ง สองจากสามค่าได้มาจากการนำสัญญาณ เอาต์พุตพัลส์บวกของ L293D และที่จุดที่สัญญาณเข้าหม้อแปลงพัลส์บวก ( ตัวที่ 1 ) นำมาผ่านวงจรเปรียบเทียบ และอีกขาที่เหลือจะนำสัญญาณโดยตรงจากตัวกำหนดพัลส์ที่ป้อนเข้ามา

## 2.3 หม้อแปลงพัลส์

### 2.3.1 หน้าทีและการทำงาน

1. ทำการส่งสัญญาณควบคุมลำดับการทำงานของมอสเฟตกำลังทั้งพัลส์บวกและพัลส์จากทางด้านอินพุตไปด้านเอาต์พุต
2. เป็นตัวแยกทางไฟฟ้าระหว่างวงจรทางด้านปฐมภูมิ และ ด้านทุติยภูมิได้อย่างอิสระ ซึ่งเมื่อนำไปทำวงจรอินเวอร์สเตอร์ที่ใช้อุปกรณ์กำลังหลายตัว ซึ่งใช้แหล่งจ่ายไฟเพียงชุดเดียวเท่านั้น
3. สามารถเลือกใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็กได้เนื่องจากพลังงานในการส่งผ่านมีค่าน้อยมาก

### 2.3.2 คุณสมบัติของวงจรที่ใช้หม้อแปลงพัลส์

1. จากวงจรรวมที่ต้องการขับตัวมอสเฟตที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ทั้งหมดในวงจร จะได้รับสัญญาณพัลส์เล็ก ๆ จากหม้อแปลงพัลส์ดังนั้นจึงไม่ต้องการแหล่งจ่ายไฟช่วยจึงมีเพียงแหล่งจ่ายไฟสำหรับวงจรควบคุมเพียงชุดเดียวเท่านั้น
2. สามารถปรับความถี่ทำงานได้กว้าง เนื่องจากใช้หม้อแปลงพัลส์ที่ให้กำเนิดพัลส์ซึ่งมีช่วงดิวิตไ้ขนาดเล็กน้อยมาก ในกรณีนี้ทำงานในความถี่ต่ำ สามารถทำให้ตัวอุปกรณ์กำลังมีช่วงเวลาในการนำกระแสได้ยาวนานโดยไม่มีกรคายประจุของตัวเก็บประจุแฝง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

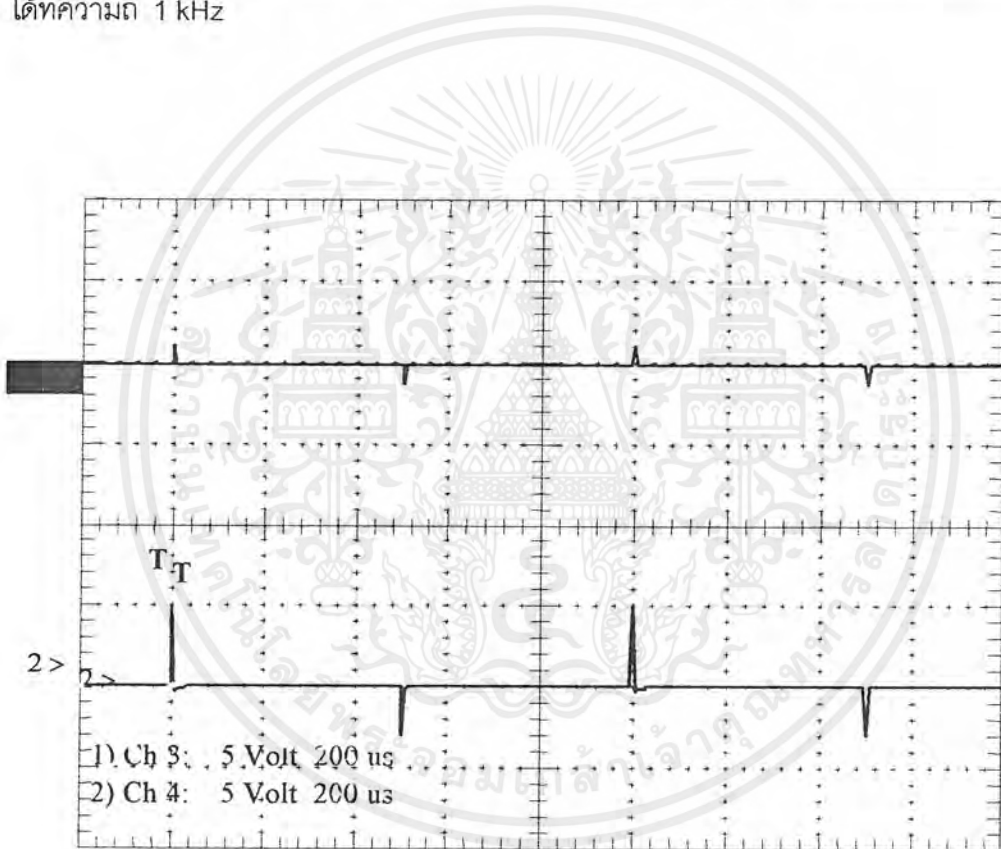
3. พลังงานที่ในการขับอุปกรณ์กำลังมีค่าต่ำ ซึ่งสามารถใช้หม้อแปลงขนาดเล็กได้ และสามารถใช้ขดลวดพันหม้อแปลงเพียงไม่กี่รอบ
4. ระบบกรวดซ์ของวงจรขั้วมีการแยกเป็นอิสระ
5. หลีกเลี่ยงการนำกระแสอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันแบบทันทีทันใดจากภายนอกเนื่องจากอิมพีแดนซ์เอาต์พุตของขาเกตอยู่ในสถานะหยุดนำกระแส ( อิมพีแดนซ์ระหว่างขาเกตและ ขาซอร์สมีค่าต่ำ )
6. มีระบบป้องกันการลัดวงจรจากด้านทุติยภูมิโดยทันที แต่จะไม่ทำงานเมื่อกระแสไดโอดรีคอปเวอร์
7. ส่งสัญญาณเตือนเมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้นจากการคายประจุของตัวเก็บประจุอินฟูดแฝง ของอุปกรณ์กำลังผ่านหม้อแปลงพัลส์ทำงานในโหมดย้อนกลับ



### บทที่ 3

#### ผลการทดลอง

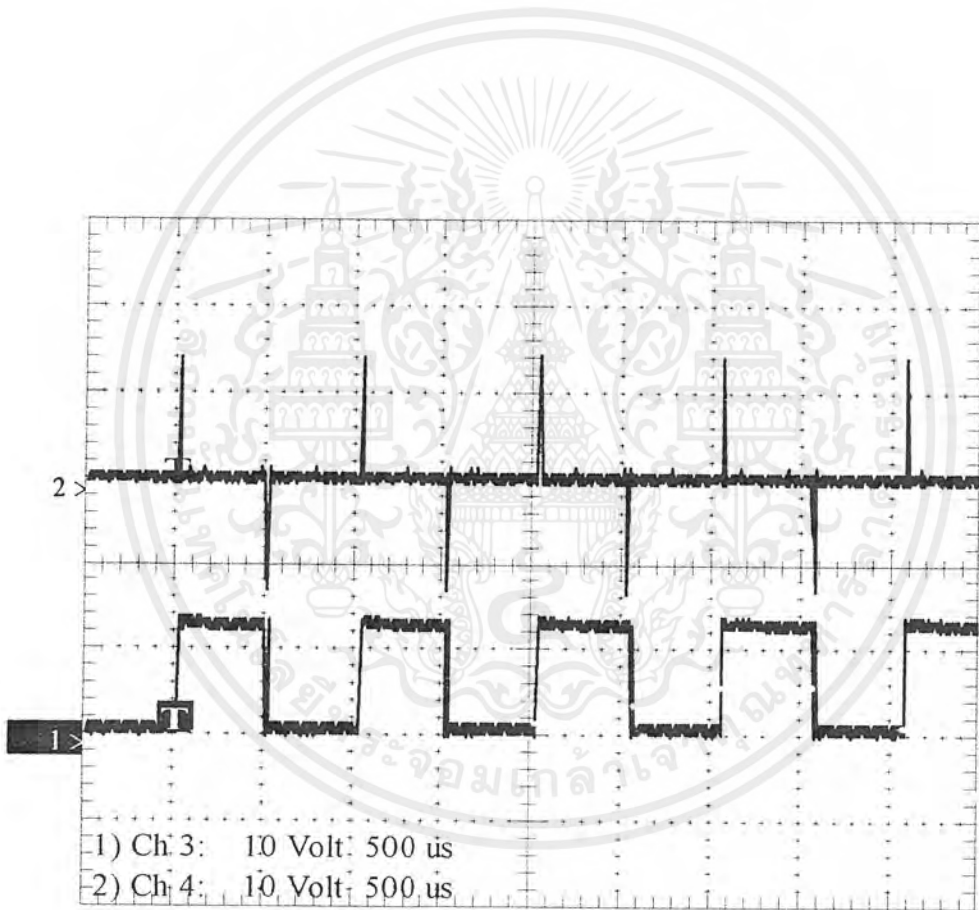
จากวงจรดังกล่าวข้างต้น ( จากรูปที่ 4.2 ) ซึ่งได้นำไปขับตัวมอสเฟตกำลังเบอร์ STW8NB ( N-CHANNEL 900 V -1.1 -8A - TO-247 ) วงจรทางด้านอินพุตของหม้อแปลงพัลส์ จะกำหนดพัลส์ควบคุมขนาดเล็กๆ สามารถควบคุมมอสเฟตกำลังนำกระแสและหยุดนำกระแส ได้ที่ความถี่ 1 kHz



รูปที่ 4.1 สัญญาณในการขับเกต

- 1) แสดงถึงสัญญาณพัลส์ที่วัดตกคร่อมหม้อแปลงพัลส์ทางด้านปฐมภูมิ
- 2) แสดงถึงสัญญาณพัลส์ที่วัดตกคร่อมหม้อแปลงพัลส์ทางด้านทุติยภูมิ

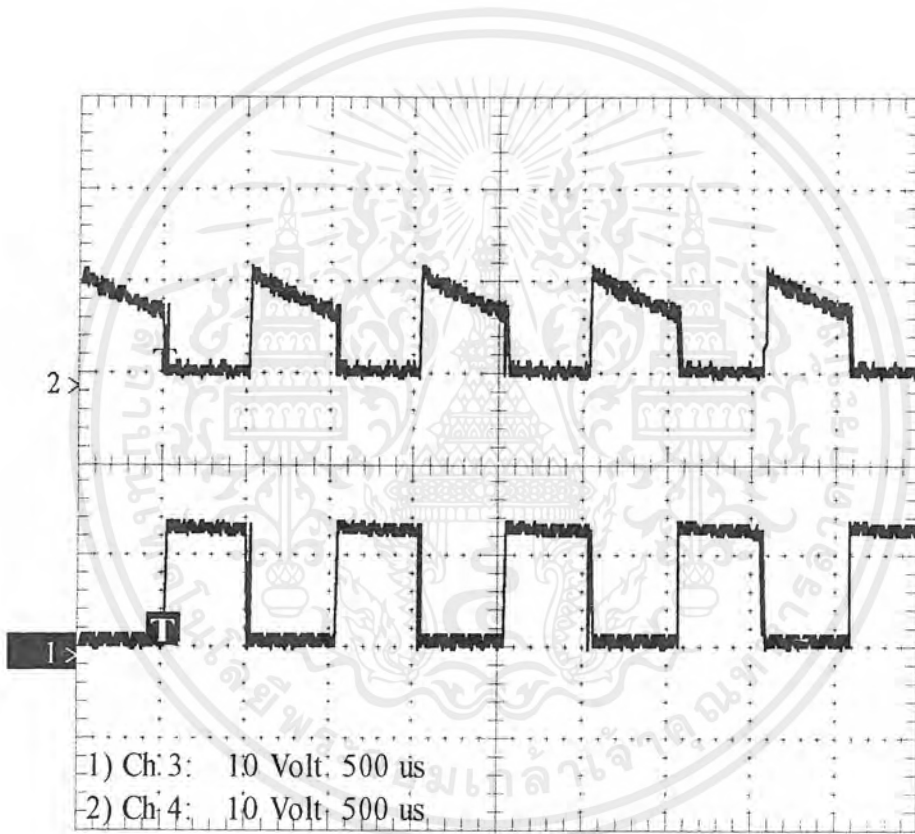
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.2 สัญญาณการนำกระแสและการหยุดนำกระแส

- 1) สัญญาณขับเคลื่อนตัวมอสเฟตกำลัง
- 2) สัญญาณที่ขาเกตและขาซอร์สตัวมอสเฟตกำลัง

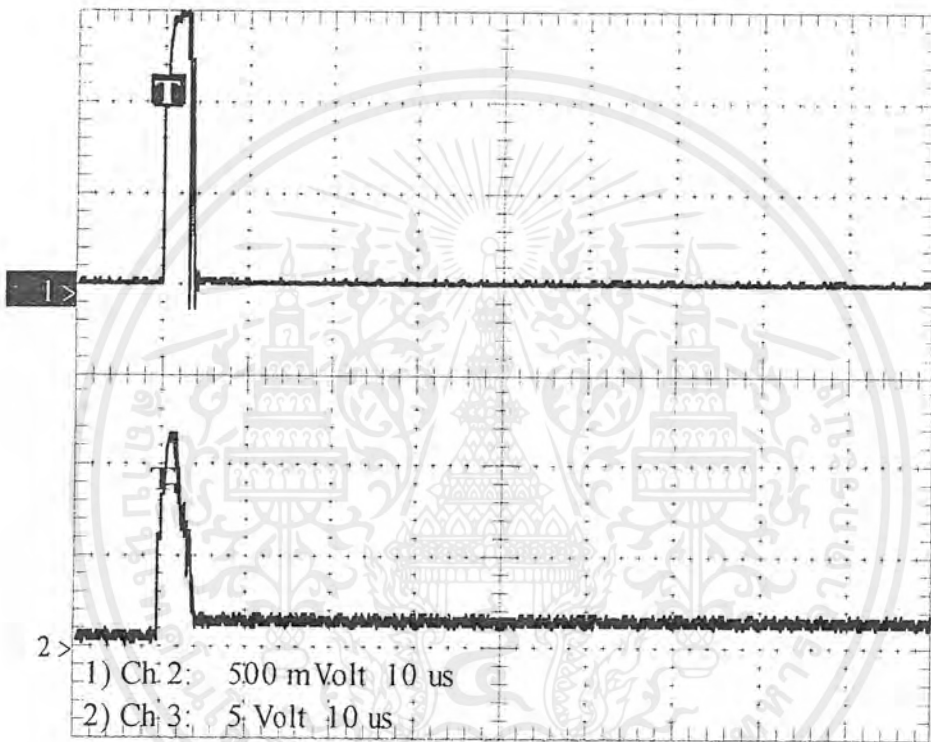
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงการหยุดนำกระแส

- 1.) สัญญาณที่ขาเกตและขาซอร์สตัวมอสเฟตกำลัง
- 2.) สัญญาณที่วัดตกคร่อมตัวเก็บประจุซึ่งจำลองสถานะการหยุดนำกระแส ( Caux )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การลัดวงจรในช่วงมอสเฟตกำลังนำกระแส

- 1) กระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้น
- 2) สัญญาณที่ขาเกตและขาซอร์สตัวมอสเฟตกำลังขณะนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

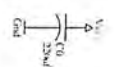
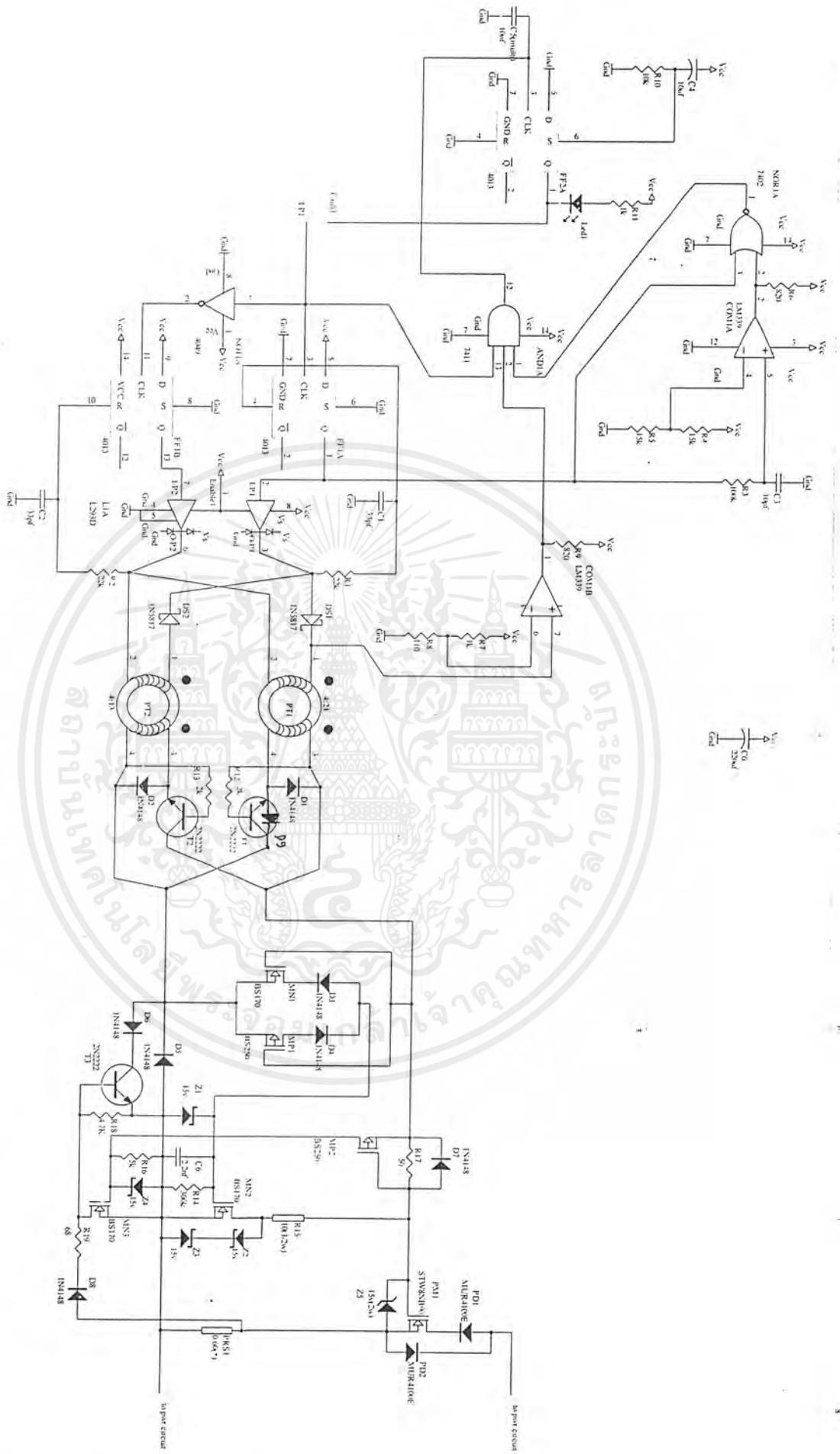
### สรุป

จากวงจรที่ขับเคลื่อนอสเฟตกำลังนี้ เป็นวงจรที่ใช้ขับแบบแยกอิสระ ระหว่างวงจรควบคุม ด้านอินพุตและวงจรด้านเอาต์พุตโดยใช้หม้อแปลงพัลส์ พลังงานที่จ่ายให้วงจรมีค่าต่ำจึงสามารถเลือก หม้อแปลงขนาดเล็กได้ ใช้กับวงจรที่มีราคาถูกเนื่องจากไม่สิ้นเปลืองแหล่งจ่ายไฟเมื่อนำมาต่อกับตัวมอสเฟตกำลังกันหลายชุด การกำหนดความถี่การทำงานโดยการปรับค่าจากตัวกำเนิดพัลส์ ซึ่งถ้าพัลส์บวกจะควบคุมช่วงเวลานำกระแสแต่ถ้าเป็นพัลส์ลูปลบจะควบคุมการหยุดนำกระแส

วงจรทางด้านเอาต์พุตสามารถออกแบบให้มีคุณสมบัติในการจ่ายสถานะการนำกระแสและการหยุดนำกระแสของมอสเฟตกำลังได้ โดยถ้ามีสัญญาณควบคุมให้ตัวมอสเฟตนำกระแส เมื่อควบคุมให้นำกระแสได้แล้ว จะมีแรงดันตกคร่อมขาเกตและซอร์สเป็นค่าบวกตลอดเวลา จึงสามารถที่จะนำกระแสได้

ตลอดจนกว่าจะมีพัลส์ลูปลบมาทำการหยุดนำกระแส จะเป็นการจ่ายสถานะโดยค่าอิมพีแดนซ์ที่ขาเกตและซอร์สของมอสเฟตกำลังมีค่าต่ำตลอดช่วงนำกระแสทำให้มอสเฟตกำลังนำกระแสเอง

เมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้นจะมีกระแสจำนวนมากไหลผ่านตัวสวิตช์ ทำให้ตัวมอสเฟตเสียหาย ได้จึงต้องมีระบบป้องกันขึ้น โดยใช้ตัวต้านทาน (RS) เมื่อกระแสเกินขีดความสามารถระบบป้องกัน จะทำการคายประจุของตัวเก็บประจุแฝงเพื่อทำให้มอสเฟตกำลังหยุดนำกระแสได้ก่อนเกิดความเสียหาย หม้อแปลงกระแสที่ใช้ทำให้เกิดการแยกอิสระระหว่างกระแสทางวงจรที่ใช้มอสเฟตกำลังเป็นสวิตช์และกระแสที่ใช้ควบคุมวงจรป้องกันการลัดวงจร ทั้งยังมีขนาดเล็ก มีประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่าย ราคาถูก

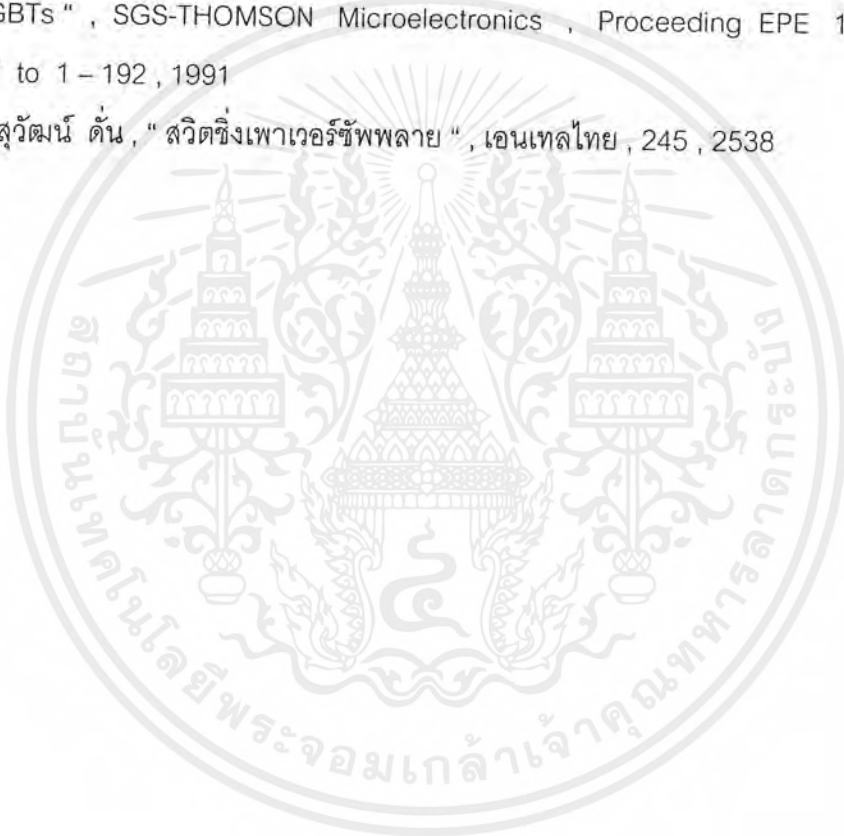


Title	
Size	Number
B	
Date	14.10.2000
Drawn By	A. SATHIYANATHAN
Sheet of	
Drawn By	
Revision	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ใ้มีการแก้ไข ทังสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บรรณานุกรม

- 1 ) Ned Mohan , Tore M.Undeland , William P.Roins , " Power electronics : converters, applications , and design " , John Wiley & Son , 667 , 1989
- 2 ) Muhammad Harunur Rashid , "Power Electronics Circuits Devices And Applications " , Prentice-Hall , 584, 1988
- 3 ) J.M. Bourgeois , " A NEW ISOLATED GATE DRIVE FOR POWER MOSFETs AND IGBTs " , SGS-THOMSON Microelectronics , Proceeding EPE 1991 , 1 – 187 to 1 – 192 , 1991
- 4 ) สุวัฒน์ ดัน , " สวิตซ์เพาเวอร์ซีพหลาย " , เอนเทลไทย , 245 , 2538





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# STW8NB90

## N - CHANNEL 900V - 1.1Ω - 8A - TO-247 PowerMESH™ MOSFET

PRELIMINARY DATA

TYPE	V <sub>DSS</sub>	R <sub>DS(on)</sub>	I <sub>D</sub>
STW8NB90	900 V	< 1.45 Ω	8 A

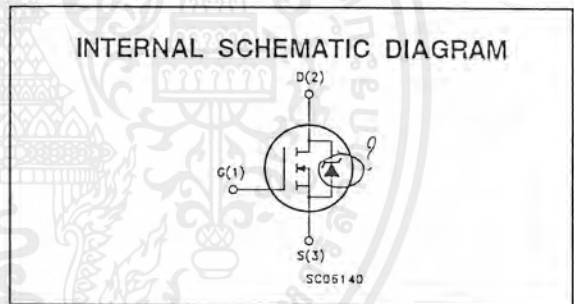
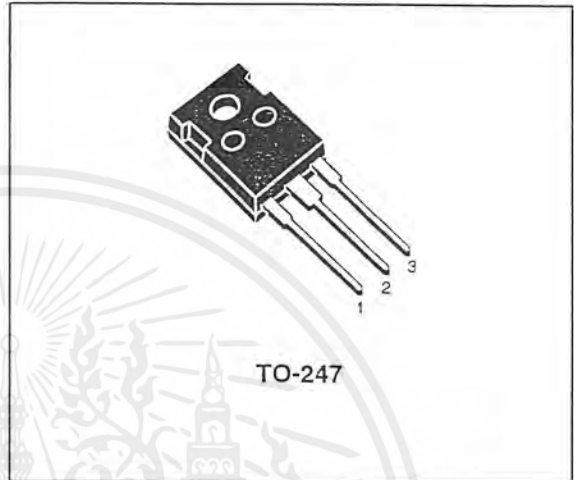
- TYPICAL R<sub>DS(on)</sub> = 1.1 Ω
- EXTREMELY HIGH dv/dt CAPABILITY
- 100% AVALANCHE TESTED
- VERY LOW INTRINSIC CAPACITANCES
- GATE CHARGE MINIMIZED

### DESCRIPTION

Using the latest high voltage MESH OVERLAY™ process, STMicroelectronics has designed an advanced family of power MOSFETs with outstanding performances. The new patent pending strip layout coupled with the Company's proprietary edge termination structure, gives the lowest R<sub>DS(on)</sub> per area, exceptional avalanche and dv/dt capabilities and unrivalled gate charge and switching characteristics.

### APPLICATIONS

- SWITCH MODE POWER SUPPLIES (SMPS)
- DC-AC CONVERTERS FOR WELDING EQUIPMENT AND UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLIES AND MOTOR DRIVE
- HIGH CURRENT, HIGH SPEED SWITCHING



### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V <sub>DS</sub>	Drain-source Voltage (V <sub>GS</sub> = 0)	900	V
V <sub>DGR</sub>	Drain- gate Voltage (R <sub>GS</sub> = 20 kΩ)	900	V
V <sub>GS</sub>	Gate-source Voltage	± 30	V
I <sub>D</sub>	Drain Current (continuous) at T <sub>c</sub> = 25 °C	8	A
I <sub>D</sub>	Drain Current (continuous) at T <sub>c</sub> = 100 °C	5	A
I <sub>DM</sub> (*)	Drain Current (pulsed)	32	A
P <sub>tot</sub>	Total Dissipation at T <sub>c</sub> = 25 °C	190	W
	Derating Factor	1.52	W/°C
dv/dt (1)	Peak Diode Recovery voltage slope	4	V/ns
T <sub>stg</sub>	Storage Temperature	-65 to 150	°C
T <sub>j</sub>	Max. Operating Junction Temperature	150	°C

(\*) Pulse width limited by safe operating area

(1) I<sub>SD</sub> ≤ 8 A, ≤ 200 A/μs, V<sub>DD</sub> ≤ V<sub>(BR)DSS</sub>, T<sub>j</sub> ≤ T<sub>JMAX</sub>

## THERMAL DATA

$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	0.66	$^{\circ}C/W$
$R_{thj-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	30	$^{\circ}C/W$
$R_{thc-sink}$	Thermal Resistance Case-sink	Typ	0.1	$^{\circ}C/W$
$T_l$	Maximum Lead Temperature For Soldering Purpose		300	$^{\circ}C$

## AVALANCHE CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	Max Value	Unit
$I_{AR}$	Avalanche Current, Repetitive or Not-Repetitive	8	A
$E_{AS}$	Single Pulse Avalanche Energy (starting $T_l = 25^{\circ}C$ , $I_D = I_{AR}$ , $V_{DD} = 50 V$ )	700	mJ

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_{case} = 25^{\circ}C$  unless otherwise specified)

OFF

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source Breakdown Voltage	$I_D = 250 \mu A$ $V_{GS} = 0$	900			V
$I_{DSS}$	Zero Gate Voltage Drain Current ( $V_{GS} = 0$ )	$V_{DS} = \text{Max Rating}$ $V_{DS} = \text{Max Rating}$ $T_c = 100^{\circ}C$			1 50	$\mu A$ $\mu A$
$I_{GSS}$	Gate-body Leakage Current ( $V_{DS} = 0$ )	$V_{GS} = \pm 30 V$			$\pm 100$	nA

ON (\*)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	$V_{DS} = V_{GS}$ $I_D = 250 \mu A$	3	4	5	V
$R_{DS(on)}$	Static Drain-source On Resistance	$V_{GS} = 10V$ $I_D = 4 A$		1.1	1.45	$\Omega$
$I_{D(on)}$	On State Drain Current	$V_{DS} > I_{D(on)} \times R_{DS(on)max}$ $V_{GS} = 10 V$	8			A

## DYNAMIC

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$g_{fs} (*)$	Forward Transconductance	$V_{DS} > I_{D(on)} \times R_{DS(on)max}$ $I_D = 4 A$	1.5	8		S
$C_{iss}$	Input Capacitance	$V_{DS} = 25 V$ $f = 1 MHz$ $V_{GS} = 0$		2120	2865	pF
$C_{oss}$	Output Capacitance			225	305	pF
$C_{rss}$	Reverse Transfer Capacitance			23	31	pF

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

## SWITCHING ON

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$t_{d(on)}$ $t_r$	Turn-on Time Rise Time	$V_{DD} = 450\text{ V}$ $I_D = 3.5\text{ A}$ $R_G = 4.7\ \Omega$ $V_{GS} = 10\text{ V}$		25 12	35 16	ns ns
$Q_g$ $Q_{gs}$ $Q_{gd}$	Total Gate Charge Gate-Source Charge Gate-Drain Charge	$V_{DD} = 720\text{ V}$ $I_D = 7.4\text{ A}$ $V_{GS} = 10\text{ V}$ $R_G = 4.7\ \Omega$ $V_{GS} = 10\text{ V}$		51 12.5 23.5	72	nC nC nC

## SWITCHING OFF

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$t_{r(off)}$ $t_f$ $t_c$	Off-voltage Rise Time Fall Time Cross-over Time	$V_{DD} = 720\text{ V}$ $I_D = 7.4\text{ A}$ $R_G = 4.7\ \Omega$ $V_{GS} = 10\text{ V}$		22 15 31	31 21 44	ns ns ns

## SOURCE DRAIN DIODE

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$I_{SD}$ $I_{SDM}(\bullet)$	Source-drain Current Source-drain Current (pulsed)				8 32	A A
$V_{SD}(\ast)$	Forward On Voltage	$I_{SD} = 8\text{ A}$ $V_{GS} = 0$			1.6	V
$t_{rr}$ $Q_{rr}$ $I_{RRM}$	Reverse Recovery Time Reverse Recovery Charge Reverse Recovery Current	$I_{SD} = 7.4\text{ A}$ $di/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}$ $V_{DD} = 100\text{ V}$ $T_j = 150\text{ }^\circ\text{C}$		700 6.3 18		ns $\mu\text{C}$ A

(\*) Pulsed: Pulse duration = 300  $\mu\text{s}$ , duty cycle 1.5 %

(•) Pulse width limited by safe operating area





Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 1998 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Mexico - Morocco - The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.

<http://www.st.com>

**PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVER WITH DIODES**

- 600mA OUTPUT CURRENT CAPABILITY PER CHANNEL
- 1.2A PEAK OUTPUT CURRENT (non repetitive) PER CHANNEL
- ENABLE FACILITY
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)
- INTERNAL CLAMP DIODES

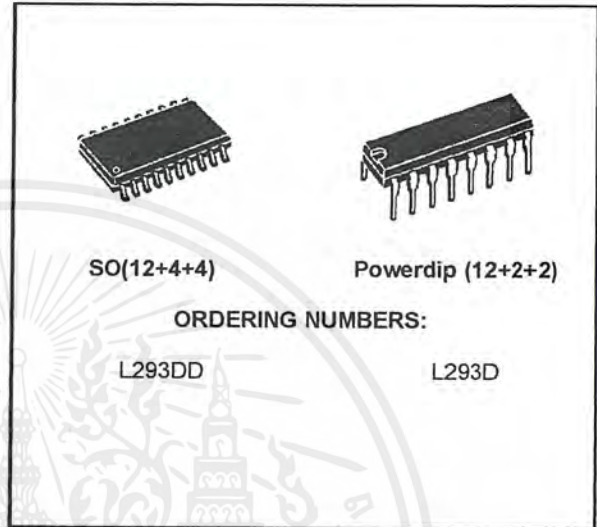
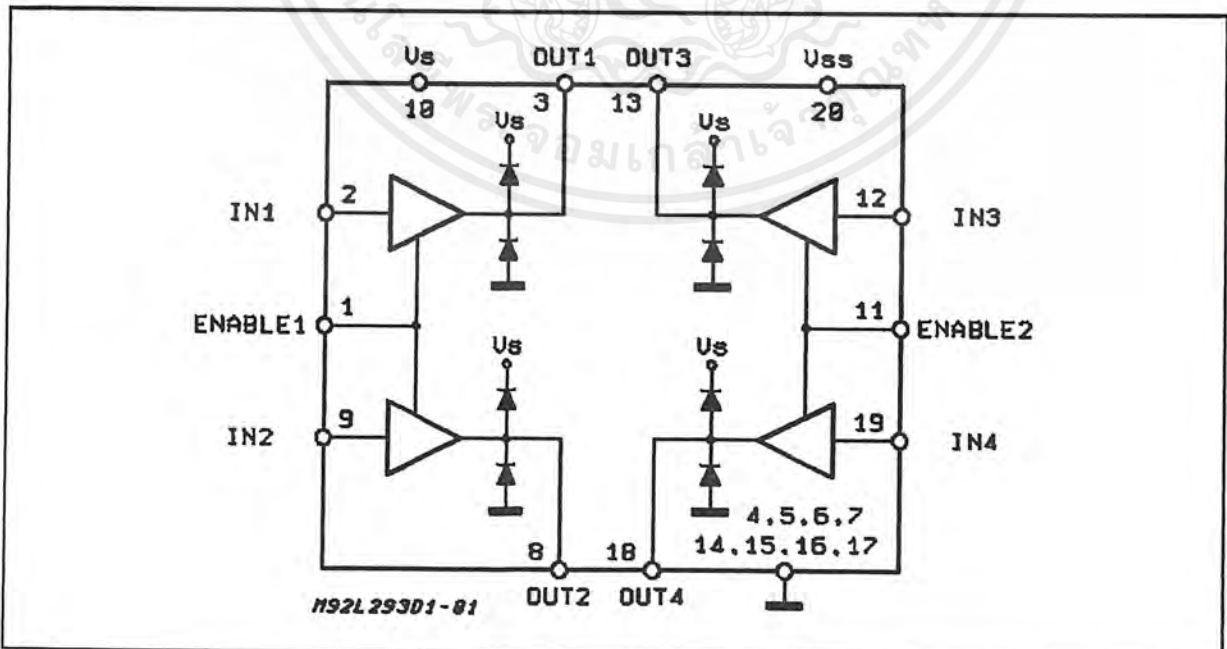
**DESCRIPTION**

The Device is a monolithic integrated high voltage, high current four channel driver designed to accept standard DTL or TTL logic levels and drive inductive loads (such as relays solenoides, DC and stepping motors) and switching power transistors.

To simplify use as two bridges each pair of channels is equipped with an enable input. A separate supply input is provided for the logic, allowing operation at a lower voltage and internal clamp diodes are included.

This device is suitable for use in switching applications at frequencies up to 5 kHz.

**BLOCK DIAGRAM**



The L293D is assembled in a 16 lead plastic package which has 4 center pins connected together and used for heatsinking

The L293DD is assembled in a 20 lead surface mount which has 8 center pins connected together and used for heatsinking.



**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (for each channel,  $V_S = 24\text{ V}$ ,  $V_{SS} = 5\text{ V}$ ,  $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_S$	Supply Voltage (pin 10)		$V_{SS}$		36	V
$V_{SS}$	Logic Supply Voltage (pin 20)		4.5		36	V
$I_S$	Total Quiescent Supply Current (pin 10)	$V_i = L$ ; $I_o = 0$ ; $V_{en} = H$		2	6	mA
		$V_i = H$ ; $I_o = 0$ ; $V_{en} = H$		16	24	mA
		$V_{en} = L$			4	mA
$I_{SS}$	Total Quiescent Logic Supply Current (pin 20)	$V_i = L$ ; $I_o = 0$ ; $V_{en} = H$		44	60	mA
		$V_i = H$ ; $I_o = 0$ ; $V_{en} = H$		16	22	mA
		$V_{en} = L$		16	24	mA
$V_{IL}$	Input Low Voltage (pin 2, 9, 12, 19)		-0.3		1.5	V
$V_{IH}$	Input High Voltage (pin 2, 9, 12, 19)	$V_{SS} \leq 7\text{ V}$	2.3		$V_{SS}$	V
		$V_{SS} > 7\text{ V}$	2.3		7	V
$I_{IL}$	Low Voltage Input Current (pin 2, 9, 12, 19)	$V_{IL} = 1.5\text{ V}$			-10	$\mu\text{A}$
$I_{IH}$	High Voltage Input Current (pin 2, 9, 12, 19)	$2.3\text{ V} \leq V_{IH} \leq V_{SS} - 0.6\text{ V}$		30	100	$\mu\text{A}$
$V_{enL}$	Enable Low Voltage (pin 1, 11)		-0.3		1.5	V
$V_{enH}$	Enable High Voltage (pin 1, 11)	$V_{SS} \leq 7\text{ V}$	2.3		$V_{SS}$	V
		$V_{SS} > 7\text{ V}$	2.3		7	V
$I_{enL}$	Low Voltage Enable Current (pin 1, 11)	$V_{enL} = 1.5\text{ V}$		-30	-100	$\mu\text{A}$
$I_{enH}$	High Voltage Enable Current (pin 1, 11)	$2.3\text{ V} \leq V_{enH} \leq V_{SS} - 0.6\text{ V}$			$\pm 10$	$\mu\text{A}$
$V_{CE(sat)H}$	Source Output Saturation Voltage (pins 3, 8, 13, 18)	$I_o = -0.6\text{ A}$		1.4	1.8	V
$V_{CE(sat)L}$	Sink Output Saturation Voltage (pins 3, 8, 13, 18)	$I_o = +0.6\text{ A}$		1.2	1.8	V
$V_F$	Clamp Diode Forward Voltage	$I_o = 600\text{ nA}$		1.3		V
$t_r$	Rise Time (*)	0.1 to 0.9 $V_o$		250		ns
$t_f$	Fall Time (*)	0.9 to 0.1 $V_o$		250		ns
$t_{on}$	Turn-on Delay (*)	0.5 $V_i$ to 0.5 $V_o$		750		ns
$t_{off}$	Turn-off Delay (*)	0.5 $V_i$ to 0.5 $V_o$		200		ns

(\*) See fig. 1.

TRUTH TABLE (one channel)

Input	Enable (*)	Output
H	H	H
L	H	L
H	L	Z
L	L	Z

Z = High output impedance  
 (\*) Relative to the considered channel

Figure 1: Switching Times

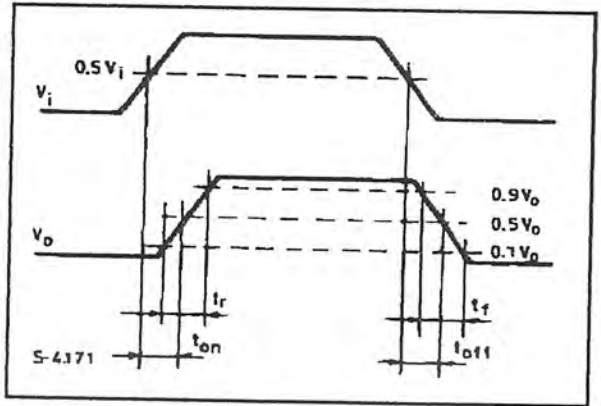
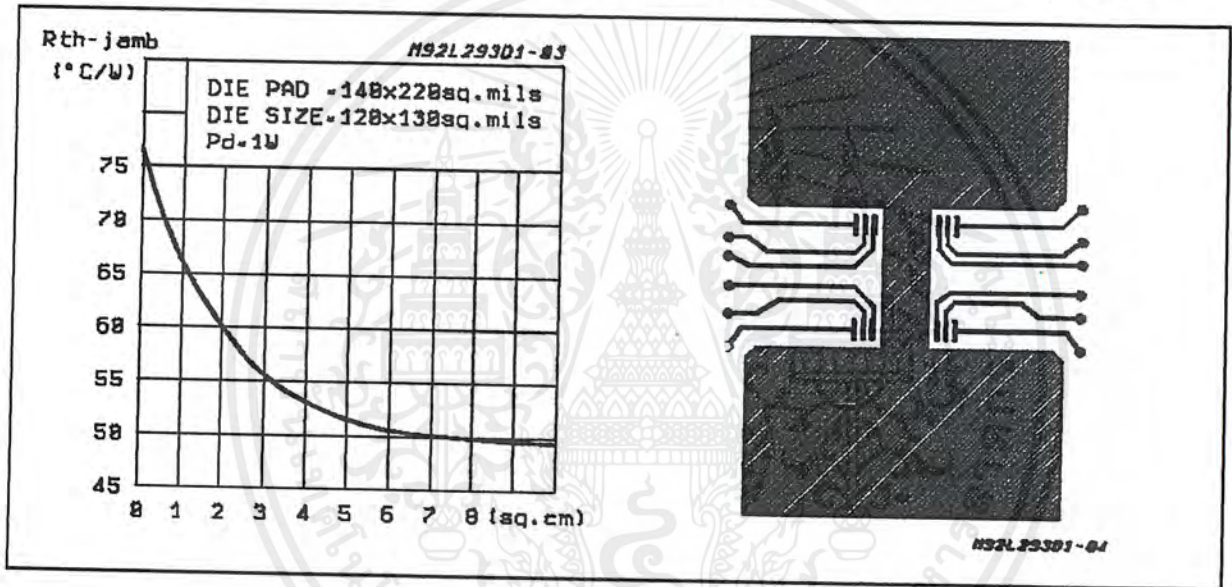
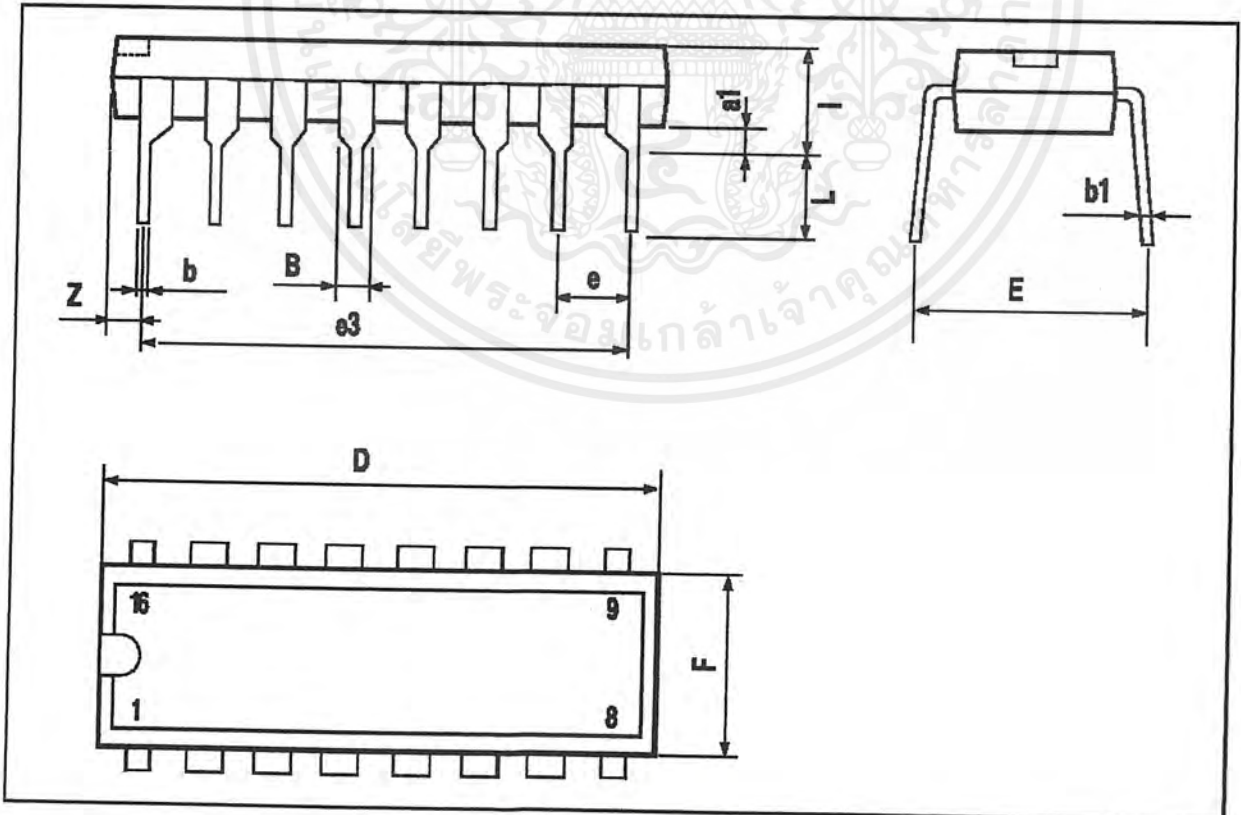


Figure 2: Junction to ambient thermal resistance vs. area on board heatsink (SO12+4+4 package)



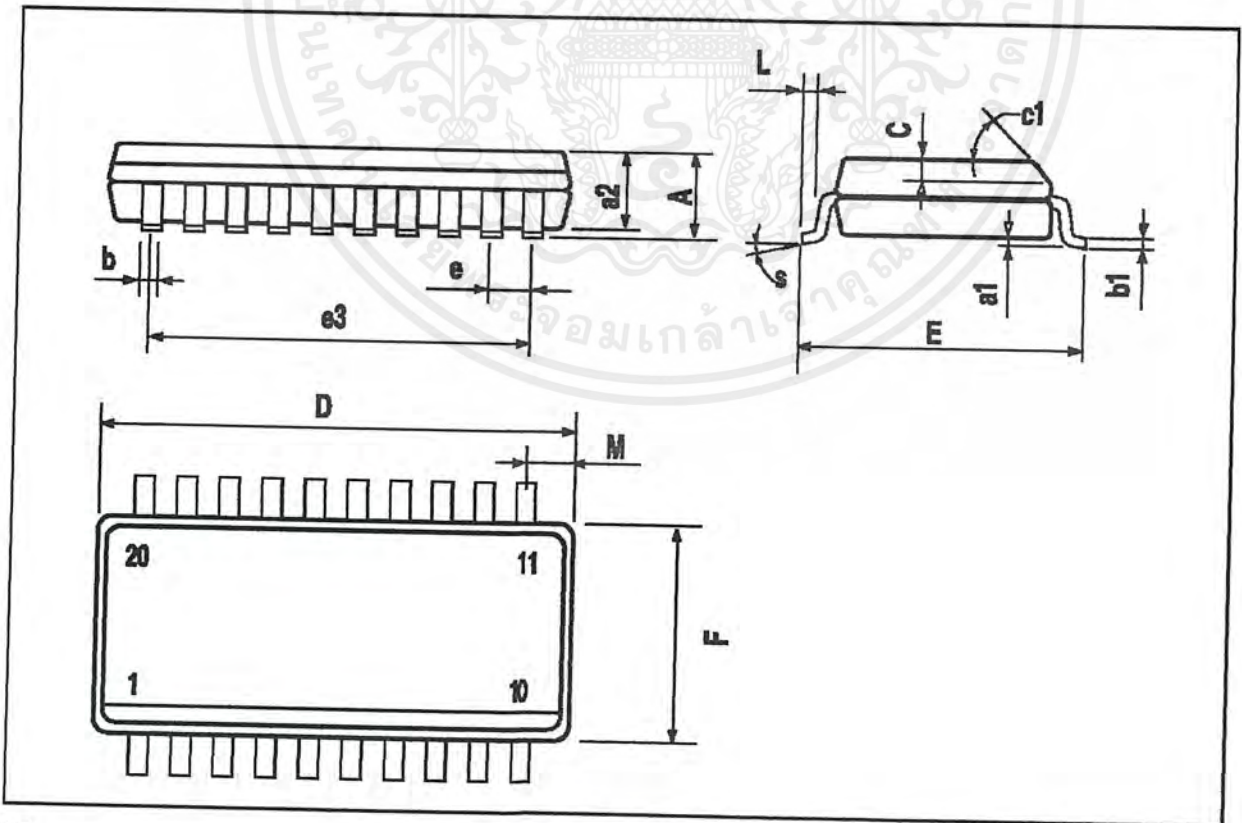
## POWERDIP16 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.85		1.40	0.033		0.055
b		0.50			0.020	
b1	0.38		0.50	0.015		0.020
D			20.0			0.787
E		8.80			0.346	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.10			0.280
I			5.10			0.201
L		3.30			0.130	
Z			1.27			0.050



SO20 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			2.65			0.104
a1	0.1		0.2	0.004		0.008
a2			2.45			0.096
b	0.35		0.49	0.014		0.019
b1	0.23		0.32	0.009		0.013
C		0.5			0.020	
c1		45			1.772	
D		1	12.6		0.039	0.496
E	10		10.65	0.394		0.419
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
F		1	7.4		0.039	0.291
G	8.8		9.15	0.346		0.360
L	0.5		1.27	0.020		0.050
M			0.75			0.030
S	8° (max.)					





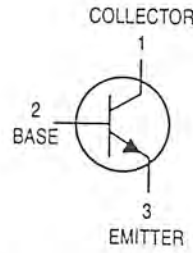
Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, SGS-THOMSON Microelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of SGS-THOMSON Microelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. SGS-THOMSON Microelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of SGS-THOMSON Microelectronics.

© 1996 SGS-THOMSON Microelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved  
 SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco - The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.

# Amplifier Transistors

## NPN Silicon



**P2N2222A**



CASE 29-04, STYLE 17  
TO-92 (TO-226AA)

### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	40	Vdc
Collector-Base Voltage	$V_{CBO}$	75	Vdc
Emitter-Base Voltage	$V_{EBO}$	6.0	Vdc
Collector Current — Continuous	$I_C$	600	mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	625 5.0	mW mW/°C
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	1.5 12	Watts mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150	°C

### THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>				
Collector-Emitter Breakdown Voltage ( $I_C = 10 \text{ mAdc}, E = 0$ )	$V_{(BR)CEO}$	40	—	Vdc
Collector-Base Breakdown Voltage ( $I_C = 1 \mu\text{Adc}, E = 0$ )	$V_{(BR)CBO}$	75	—	Vdc
Emitter-Base Breakdown Voltage ( $I_E = 1 \mu\text{Adc}, C = 0$ )	$V_{(BR)EBO}$	6.0	—	Vdc
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 60 \text{ Vdc}, E_{(off)} = 3.0 \text{ Vdc}$ )	$I_{CEX}$	—	10	nAdc
Collector Cutoff Current ( $V_{CB} = 60 \text{ Vdc}, E = 0$ ) ( $V_{CB} = 60 \text{ Vdc}, E = 0, A_T = 15^\circ\text{C}$ )	$I_{CBO}$	—	0.01 10	$\mu\text{Adc}$
Emitter Cutoff Current ( $V_{EB} = 3.0 \text{ Vdc}, C = 0$ )	$I_{EBO}$	—	10	nAdc
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 10 \text{ V}$ )	$I_{CEO}$	—	10	nAdc
Base Cutoff Current ( $V_{CE} = 60 \text{ Vdc}, E_{(off)} = 3.0 \text{ Vdc}$ )	$I_{BEX}$	—	20	nAdc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ในวัตถุประสงค์อื่นใด



SWITCHING TIME EQUIVALENT TEST CIRCUITS

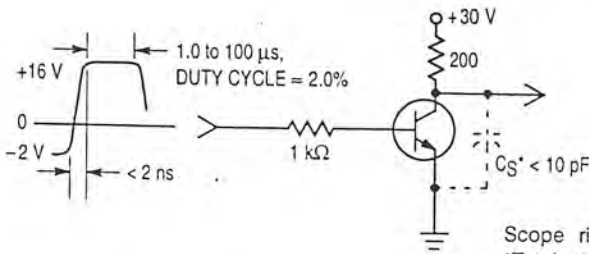


Figure 1. Turn-On Time

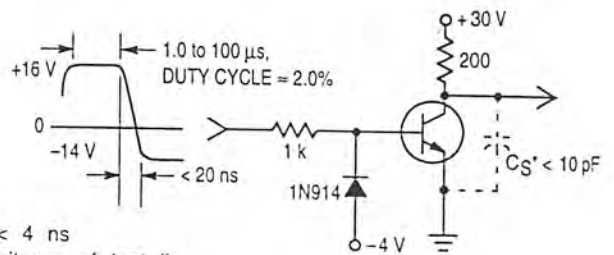


Figure 2. Turn-Off Time

Scope rise time <math>< 4\text{ ns}</math>  
 \*Total shunt capacitance of test jig, connectors, and oscilloscope.

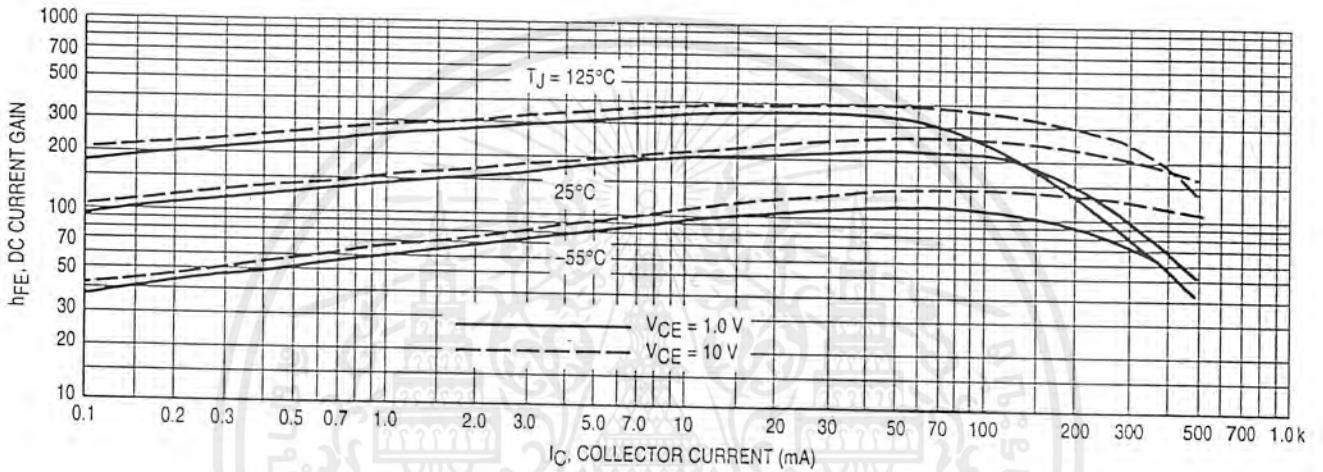


Figure 3. DC Current Gain

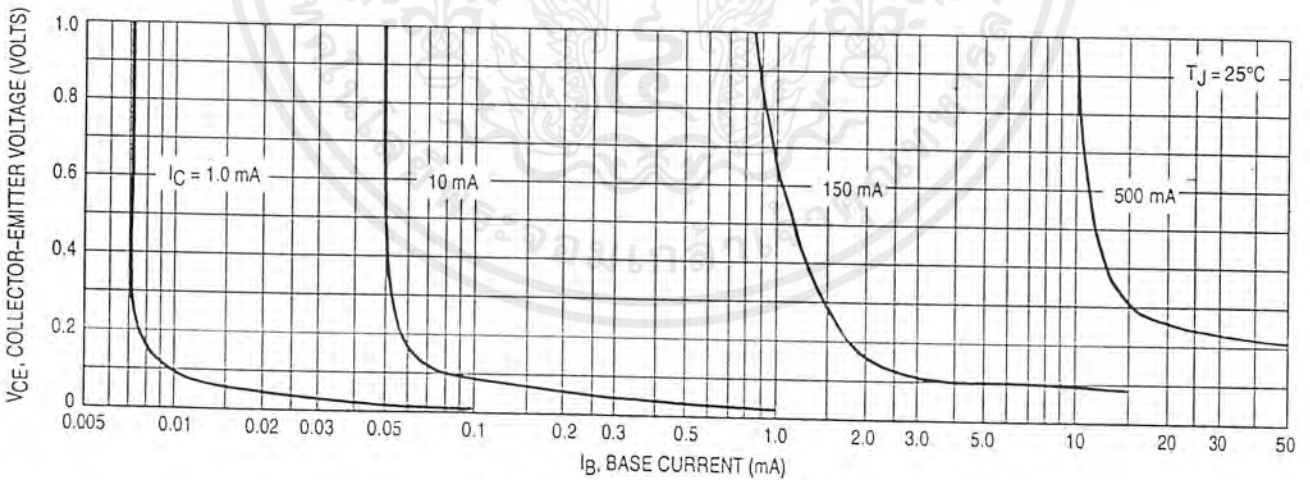


Figure 4. Collector Saturation Region

**P2N2222A**

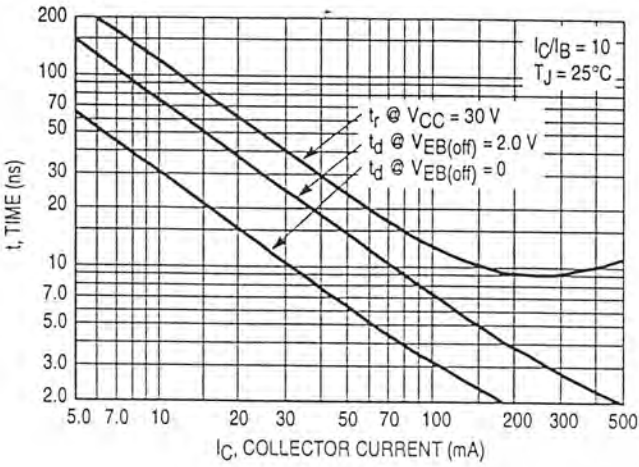


Figure 5. Turn-On Time

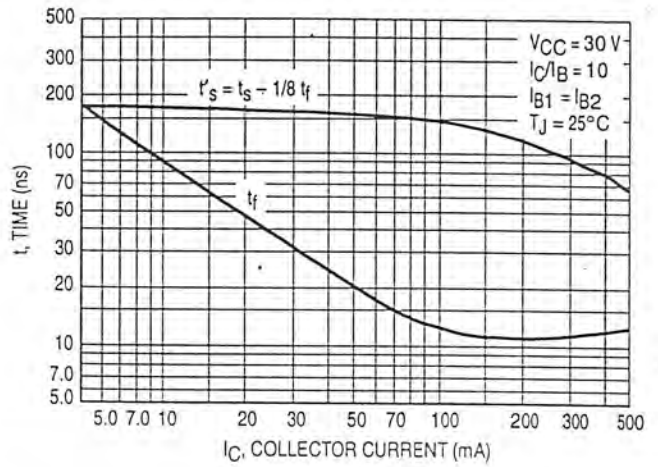


Figure 6. Turn-Off Time

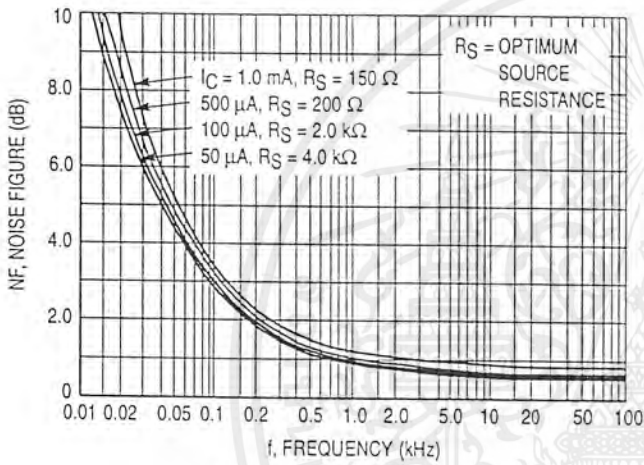


Figure 7. Frequency Effects

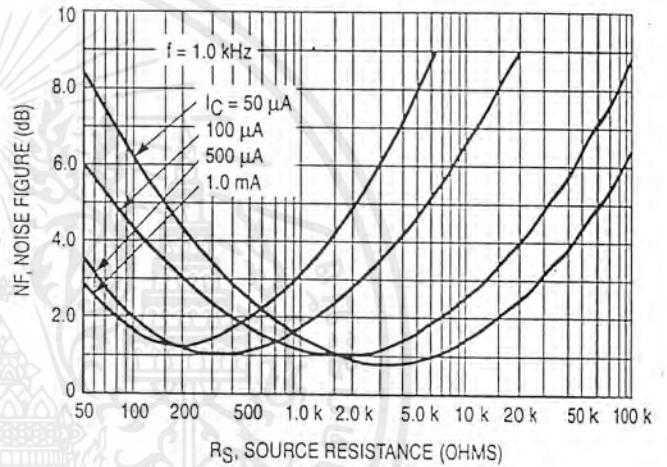


Figure 8. Source Resistance Effects

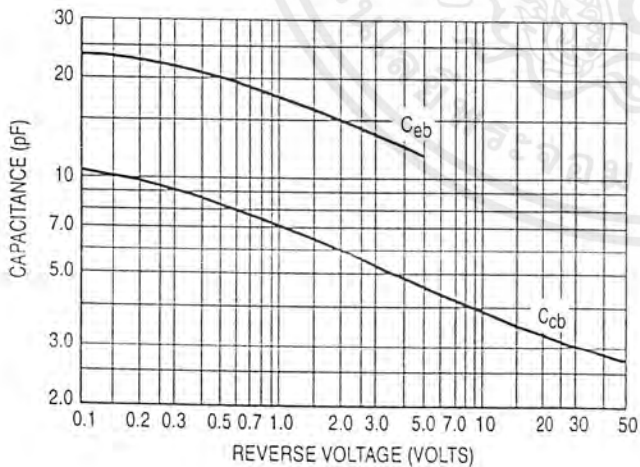


Figure 9. Capacitances

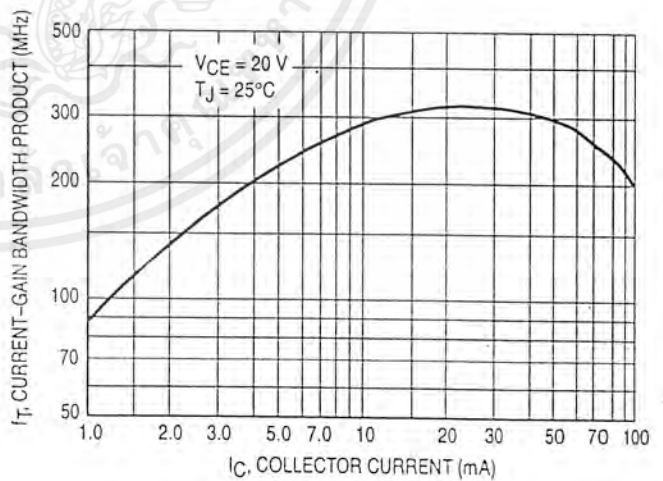


Figure 10. Current-Gain Bandwidth Product

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

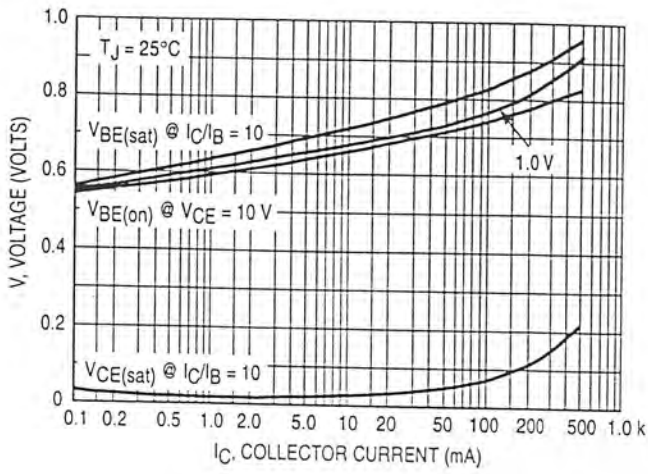


Figure 11. "On" Voltages

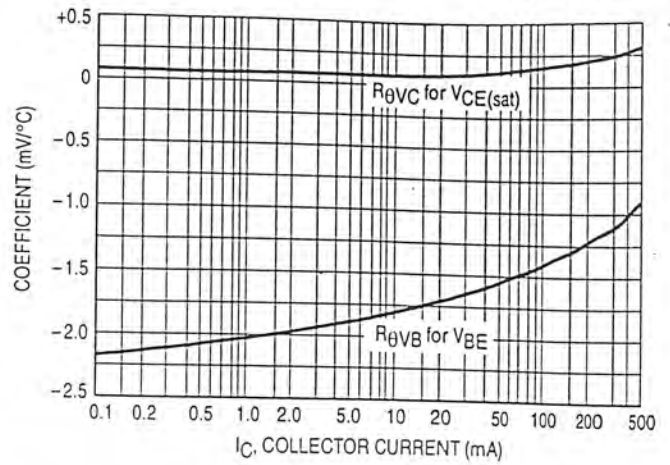
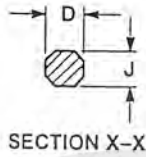
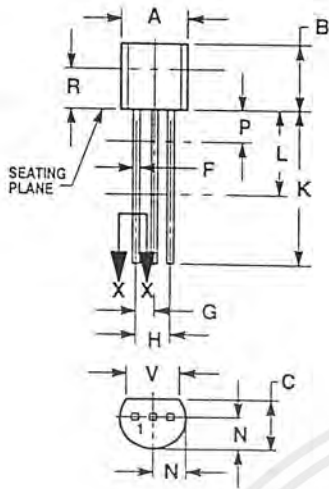


Figure 12. Temperature Coefficients



PACKAGE DIMENSIONS



NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. CONTOUR OF PACKAGE BEYOND DIMENSION R IS UNCONTROLLED.
4. DIMENSION F APPLIES BETWEEN P AND L. DIMENSION D AND J APPLY BETWEEN L AND K MINIMUM. LEAD DIMENSION IS UNCONTROLLED \* P AND BEYOND DIMENSION K MINIMUM.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.175	0.205	4.45	5.20
B	0.170	0.210	4.32	5.33
C	0.125	0.155	3.18	4.19
D	0.016	0.022	0.41	0.55
F	0.016	0.019	0.41	0.48
G	0.045	0.055	1.15	1.39
H	0.095	0.105	2.42	2.66
J	0.015	0.020	0.39	0.50
K	*0.500	—	12.70	—
L	0.250	—	6.35	—
N	0.080	0.105	2.04	2.66
P	—	0.100	—	2.54
R	0.115	—	2.93	—
V	0.135	—	3.43	—

CASE 029-04  
(TO-226AA)  
ISSUE AD

STYLE 17:

1. COLLECTOR
2. BASE
3. EMITTER

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or specifically disclaims any and all liability including without limitation consequential or incidental damages. Parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary. Operating parameters, including electrical, must be validated for each customer application by customer technical experts. Motorola does not convey license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implantation in the body or applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and Motorola are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution; P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036 1-800-441-2447 or 602-303-5454

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center, 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

MFAX: RMAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE 602-244-6609  
INTERNET: http://Design-NET.com

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park, 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298



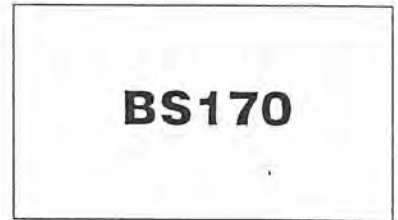
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ P2N2222A/D

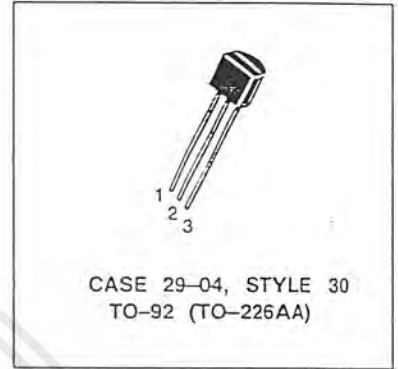
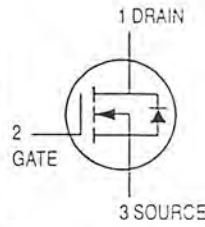


# TMOS FET Switching

## N-Channel — Enhancement



**BS170**



### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Drain-Source Voltage	$V_{DS}$	60	Vdc
Gate-Source Voltage	$V_{GS}$	$\pm 20$	Vdc
— Continuous	$V_{GS}$	$\pm 20$	Vdc
— Non-repetitive ( $t \leq 50\mu s$ )	$V_{GSM}$	$\pm 40$	Vpk
Drain Current(1)	$I_D$	0.5	Adc
Total Device Dissipation @ $T_c = 25^\circ C$	$P_D$	350	mW
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150	$^\circ C$

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS $T_c = 25^\circ C$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	-----	------

#### OFF CHARACTERISTICS

Gate Reverse Current ( $V_{GS} = 15$ Vdc, $V_{DS} = 0$ )	$I_{GSS}$	—	0.01	10	nAdc
Drain-Source Breakdown Voltage ( $V_{GS} = 0, I_D = 10\mu A$ )	$V_{(BR)DSS}$	60	90	—	Vdc

#### ON CHARACTERISTICS(2)

Gate Threshold Voltage ( $V_{DS} = V_{GS}, I_D = 1.0$ mAdc)	$V_{GS(Th)}$	0.8	2.0	3.0	Vdc
Static Drain-Source On Resistance ( $V_{GS} = 10$ Vdc, $I_D = 200$ mAdc)	$r_{DS(on)}$	—	1.8	5.0	$\Omega$
Drain Cutoff Current ( $V_{DS} = 25$ Vdc, $V_{GS} = 0$ Vdc)	$I_{D(off)}$	—	—	0.5	$\mu A$
Forward Transconductance ( $V_{DS} = 10$ Vdc, $I_D = 250$ mAdc)	$g_{fs}$	—	200	—	mmhos

#### SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS

Input Capacitance ( $V_{DS} = 10$ Vdc, $V_{GS} = 0$ , $f = 1.0$ MHz)	$C_{iss}$	—	—	60	pF
---	-----------	---	---	----	----

#### SWITCHING CHARACTERISTICS

Turn-On Time ( $I_D = 0.2$ Adc) See Figure 1	$t_{on}$	—	4.0	10	ns
Turn-Off Time ( $I_D = 0.2$ Adc) See Figure 1	$t_{off}$	—	4.0	10	ns

- The Power Dissipation of the package may result in a lower continuous drain current.
- Pulse Test: Pulse Width  $\leq 30\mu s$ , Duty Cycle  $\leq 2.0\%$ .

REV 1

RESISTIVE SWITCHING

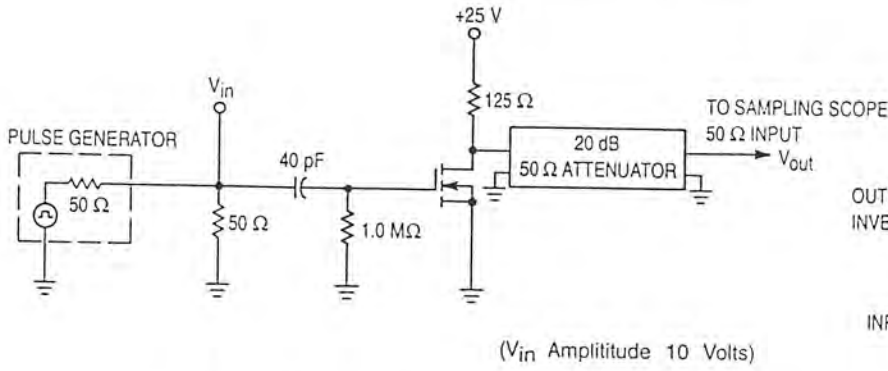


Figure 1. Switching Test Circuit

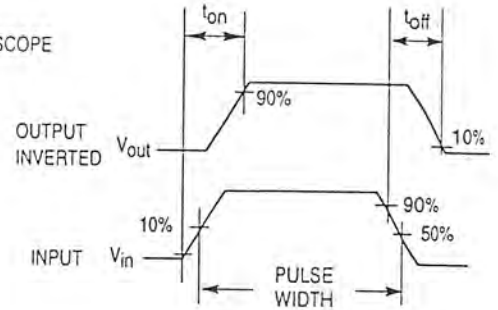


Figure 2. Switching Waveforms

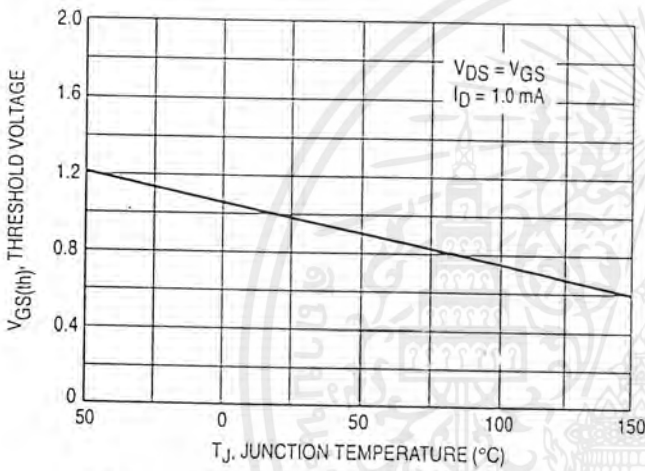


Figure 3.  $V_{GS(th)}$  Normalized versus Temperature

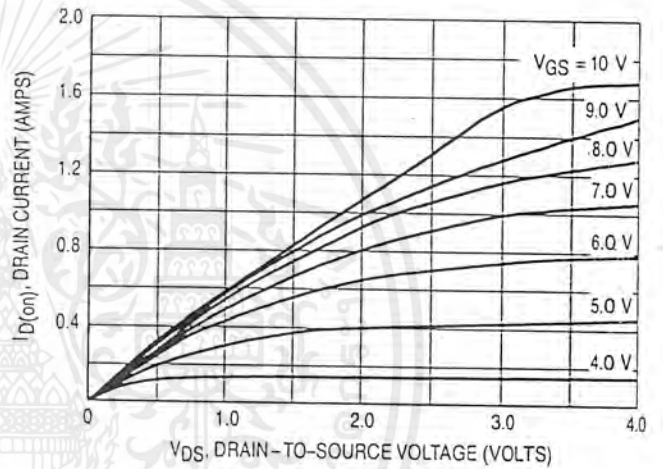


Figure 4. On-Region Characteristics

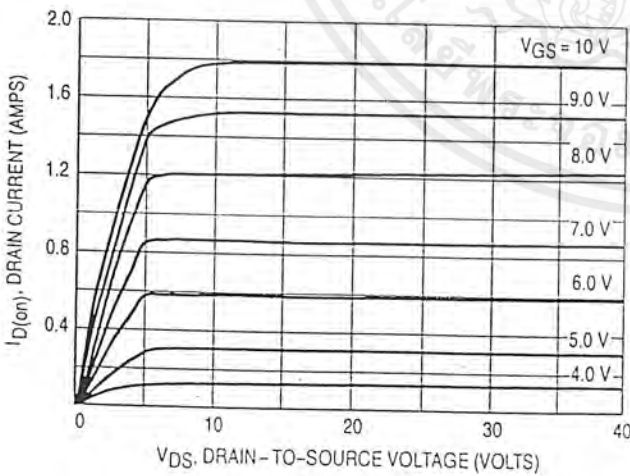


Figure 5. Output Characteristics

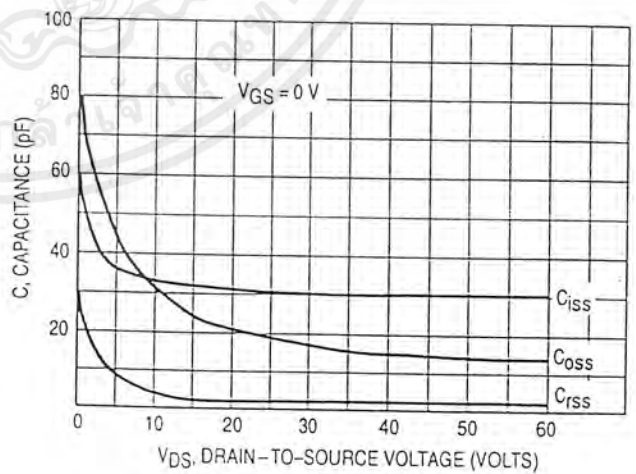
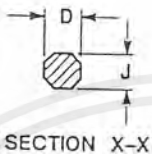
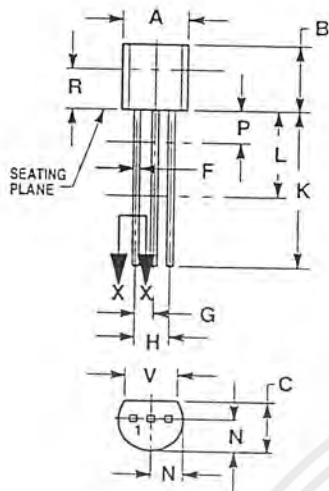


Figure 6. Capacitance versus Drain-To-Source Voltage

PACKAGE DIMENSIONS



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
  3. CONTOUR OF PACKAGE BEYOND DIMENSION R IS UNCONTROLLED.
  4. DIMENSION F APPLIES BETWEEN P AND L. DIMENSION D AND J APPLY BETWEEN L AND K. LEAD DIMENSION IS UNCONTROLLED IN P AND BEYOND DIMENSION K MINIMUM.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.175	0.205	4.45	5.20
B	0.170	0.210	4.32	5.33
C	0.125	0.165	3.18	4.19
D	0.016	0.022	0.41	0.55
F	0.016	0.019	0.41	0.48
G	0.045	0.055	1.15	1.39
H	0.095	0.105	2.42	2.66
J	0.015	0.020	0.39	0.50
K	0.500	—	12.70	—
L	0.250	—	6.35	—
N	0.080	0.105	2.04	2.66
P	—	0.100	—	2.54
R	0.115	—	2.93	—
V	0.135	—	3.43	—

CASE 029-04  
(TO-226AA)  
ISSUE AD

STYLE 30:  
PIN 1. DRAIN  
2. GATE  
3. SOURCE



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

How to reach us: USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution; P.O. Box 5405, Denver, Colorado 80217. 303-675-2140 or 1-800-441-2447 JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center, 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 81-3-3521-8315 Mfax™: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE08-244-6609 ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park - US & Canada ONLY 1-800-774-1848 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298 INTERNET: http://motorola.com/sps Mfax is a trademark of Motorola, Inc.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์อื่นใด  
BS170/D  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้