

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องกำเนิดและรับสัญญาณพัลส์อัลตราซาวนด์
PULSE - RECIEVER MACHINE



ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกำเนิดและรับสัญญาณพัลส์อัลตราซาวด์
PULSE – RECIEVER MACHINE

โดย

นายเทพศิรินทร์ วินิจสร รหัส 47010290

นายวุฒิพงษ์ ทำนุพันธ์ รหัส 47010740



ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงาน ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องกำเนิดและรับสัญญาณพัลส์อัลตราซาวนด์

ผู้จัดทำ

นายเทพศิรินทร์ วินิจสร รหัส 47010290

นายวุฒิพงษ์ ทำนุพันธ์ รหัส 47010740



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกำเนิดและรับสัญญาณพัลส์อัลตราซาวด์

นายเทพศิรินทร์ วินิจสร รหัส 47010290

นายวุฒิพงษ์ ทำนุพันธุ์ รหัส 47010740

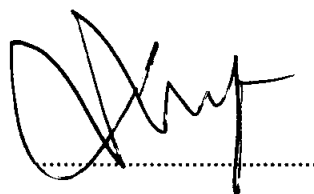
ดร.ศิริเดช บุญแสง อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นโครงการการสร้างเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์สำหรับหัวโพรบอัลตราซาวด์ โดยหลักการทำงานของวงจรเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์นี้ ใช้ไอซีสร้างสัญญาณความถี่เบอร์ 555 เพื่อใช้ควบคุมการเปิด-ปิดการทำงาน ของทรานซิสเตอร์และมอสเฟต ให้ทำการสะสมพลังงานไว้ที่ขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ เมื่อทำการเก็บสะสมพลังงานไปช่วงระยะเวลาหนึ่งจะเกิดเป็นค่าแรงดันและกระแสที่สูง จากนั้นวงจรส่งสัญญาณให้มอสเฟตหยุดทำงาน ค่าพลังงานที่สะสมเอาไว้นั้นก็จะถูกส่งต่อไปยังตัวส่งสัญญาณคลื่นอัลตราซาวด์ หลังจากนั้นสร้างวงจรในส่วนรับสัญญาณพัลส์อัลตราซาวด์ ซึ่งจะรับสัญญาณพัลส์อัลตราซาวด์จากหัวโพรบอัลตราซาวด์เข้ามาในวงจร จะมีวงจรตัดสัญญาณที่ได้จากตัวส่งออกเพื่อให้เหลือแต่สัญญาณขนาดเล็ก ซึ่งเป็นสัญญาณอัลตราซาวด์ที่เราต้องการเท่านั้น หลังจากนั้นจะนำสัญญาณอัลตราซาวด์ที่ได้ไปเข้าวงจรขยายสัญญาณเพื่อขยายขนาดของสัญญาณอัลตราซาวด์ที่ได้มาต่อไป

โครงการนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการทดสอบได้



(ดร.ศิริเดช บุญแสง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PULSE – RECIEVER MACHINE

Mr.Thepsirin Vinijsorn ID. 47010290

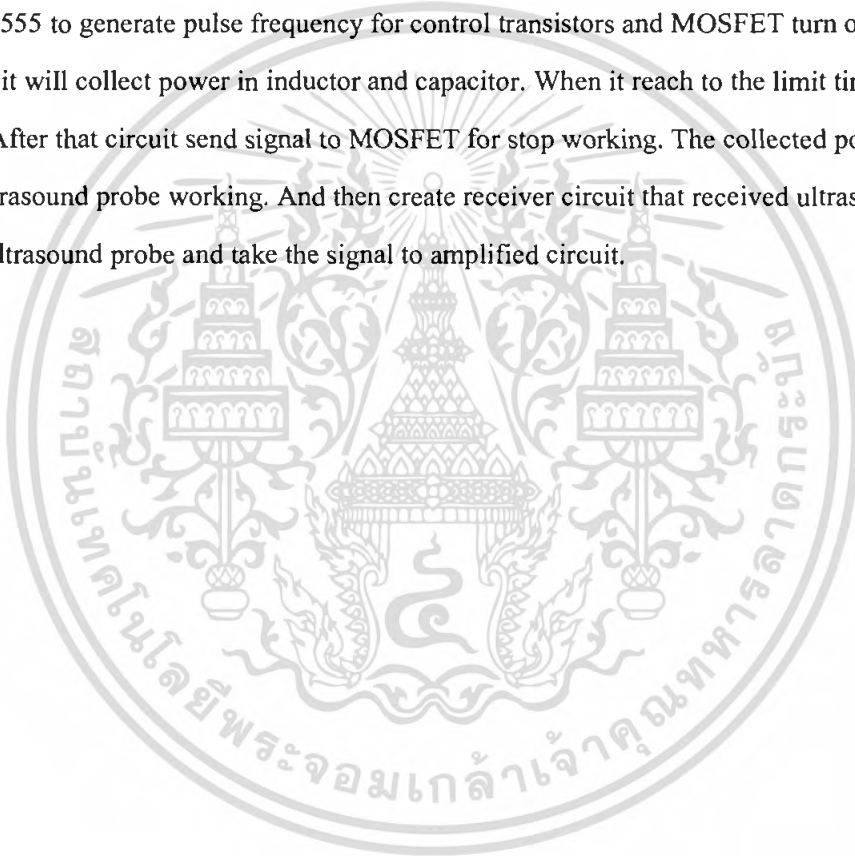
Mr.Wuttipong Tamnupan ID. 47010740

Dr.Siridatch Boonsang Advisor

Education Year 2007

Abstract

This project is construction pulse generator for ultrasound probe. This circuits used timing IC NE555 to generate pulse frequency for control transistors and MOSFET turn on – turn off. The circuit will collect power in inductor and capacitor. When it reach to the limit time for high power. After that circuit send signal to MOSFET for stop working. The collected power will transfer to ultrasound probe working. And then create receiver circuit that received ultrasound signal from ultrasound probe and take the signal to amplified circuit.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการนี้สามารถสำเร็จร่วรงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณอาจารย์ศิริเดช บุญแสง ที่คอยแนะนำ ให้คำปรึกษา และข้อคิดเห็นที่ชี้ระหว่างการทำโครงการนี้ และขอบคุณคุณพ่อคุณแม่ ที่คอยเป็นกำลังใจให้สามารถโครงการนี้จนสำเร็จ และสุดท้ายขอขอบคุณชุมชนมุณีเส็กทรอนิกส์ที่คอยอำนวยความสะดวกในการอำนวยความสะดวกในการขีมืออุปกรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย

Abstract

สารบัญ

สารบัญภาพ

สารบัญกราฟ

บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง	3
	2.1 ทฤษฎีคลื่นอัลตราโซนิก	
	2.2 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์	
	2.3 หลักการของเทคนิคการตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง	
บทที่ 3	เครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์	14
	3.1 เครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulser)	
	3.2 ความสัมพันธ์ของช่วงเวลาของ Pulser System	
บทที่ 4	วงจรรับสัญญาณ	18
	4.1 ส่วนประกอบของวงจรรับสัญญาณ	
บทที่ 5	การออกแบบวงจร	20
	5.1 วงจรสร้างความถี่	
	5.2 วงจรให้กำเนิดเอาต์พุตแรงดันสูง	
บทที่ 6	ผลการทดลอง	25
	6.1 ผลการทดลอง	
บทที่ 7	สรุปผลการทดลองและแนวทางการแก้ไข	27
	7.1 สรุปผลการทดลอง	
	7.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	
	กิตติกรรมประกาศ	28
	ภาคผนวก	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงถึงช่วงคลื่นความถี่ที่ถูกนำมาใช้งาน	3
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว	4
รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามขวาง	5
รูปที่ 2.4 ผลและวงจรเสมือนของเปียโซอิเล็กทริก	7
รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของ Angle Beams	10
รูปที่ 2.6 เครื่องตรวจสอบคลื่นเสียงด้วยความถี่สูงแบบ Automated Scanning	11
รูปที่ 2.7 Pulsar-receivers	12
รูปที่ 2.8 ลักษณะของคลื่นเสียงในแบบ Near Field และ Far Field	12
รูปที่ 2.9 หลักการทำงานของทรานสดิวเซอร์แบบ contact	13
รูปที่ 2.10 เครื่องตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงมีความถี่สูง สำหรับของเหลวที่มีปริมาตรต่ำ	13
รูปที่ 3.1 เครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์	14
รูปที่ 3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์	14
รูปที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเครื่องสร้างสัญญาณพัลส์	15
รูปที่ 3.4 แสดงการต่อทรานสดิวเซอร์เข้ากับเครื่อง PULSER แบบ Pulse-Echo Mode	16
รูปที่ 3.5 แสดงสัญญาณที่ได้จากการต่อวงจรแบบ Pulse-Echo Mode	17
รูปที่ 3.6 แสดงการต่อทรานสดิวเซอร์เข้ากับเครื่อง PULSER แบบ Through Transmission Mode	17
รูปที่ 3.7 แสดงสัญญาณที่ได้จากการต่อวงจรแบบ Through Transmission Mode	17
รูปที่ 4.1 วงจรตัดสัญญาณแรงดันสูง	18
รูปที่ 4.2 วงจรขยายสัญญาณบัฟเฟอร์	19
รูปที่ 5.1 แสดงขาของไอซีเบอร์ NE555	20
รูปที่ 5.2 วงจรส่วนสร้างสัญญาณพัลส์	23
รูปที่ 5.3 วงจรส่วนรับสัญญาณอัลตราซาวด์	24
รูปที่ 6.4 สัญญาณอัลตราโซนิก	26

สารบัญกราฟ

หน้า

กราฟที่ 6.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์สัญญาณInputต่อสัญญาณOutputของวงจรตัดแรงดันสูง	25
กราฟที่ 6.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไบอัสกับกระแสที่ขาEmitter	25
กราฟที่ 6.3	แสดงความสัมพันธ์อัตราขยายกับความถี่ของวงจรขยาย	26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในการตรวจสอบวัสดุต่างๆ โดยไม่ทำลายชิ้นงานนั้นมีวิธีการหลากหลายให้ได้เลือกใช้ ไม่ว่าจะเป็นการตรวจสอบเชิงแสงและการมองเห็น การทะลุผ่าน การตรวจสอบสภาพความเป็นแม่เหล็ก แม่เหล็กไฟฟ้า การแผ่รังสีการทดสอบการกระจายของเสียง การทดสอบรอยร้าว และการตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ทำให้หลายๆ เทคนิคได้รับความนิยมทั้งในภาคอุตสาหกรรมและห้องปฏิบัติการ ตั้งแต่ปีโรครเคมีไปจนถึงอุตสาหกรรมรถยนต์เลยทีเดียว ในบรรดาเทคนิคต่างๆ นั้น วิธีการที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ซึ่งกว่า 10 ปีที่ผ่านมาที่การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยม ผู้เชี่ยวชาญหลายฝ่ายต่างลงความเห็นว่า เทคโนโลยีสารสนเทศได้มีส่วนช่วยผลักดันให้เครื่องตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงมีประสิทธิภาพและศักยภาพมากยิ่งขึ้นในราคาที่ต่ำ การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงจึงก้าวเข้ามามีบทบาทสำคัญสำหรับเทคโนโลยีการตรวจสอบโดยไม่ทำให้ชิ้นงานเสียหาย

โดยทั่วไปผู้คนโดยส่วนใหญ่มักจะคุ้นเคยกับการตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงที่ใช้ในวงการแพทย์ นั่นก็คือ การอัลตราซาวด์ของหญิงมีครรภ์ โดยย่อแล้วการตรวจสอบด้วยวิธีนี้คือการส่งผ่านคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงไปยังวัตถุต่างๆ เพื่อทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะหรือสมบัติของวัตถุนั้นๆ เพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ไฟฟ้าแรงสูง (piezoelectric transducer) เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้กระตุ้นสัทธิไฟฟ้าให้สร้างคลื่นเสียง

นอกเหนือจากทางการแพทย์แล้ว การตรวจสอบงานด้านอื่นด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงก็จะมีคุณสมบัติและความสามารถคล้ายคลึงกับอัลตราซาวด์ เช่น ในทางวัสดุศาสตร์ เมื่อคลื่นเสียงผ่านเข้าไปยังวัสดุและสะท้อนกลับมาเป็นสัญญาณดิจิทัลก็จะสามารถตรวจสอบความหนาหรือรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นภายในได้ ซึ่งในปัจจุบันเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมาก

การประยุกต์ใช้งาน

เครื่องตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ได้ถูกนำไปพัฒนาใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ปีโตรเคมี ฟอสซิลและเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ การต่อเรือ การทำเหมืองแร่ อุตสาหกรรมรถยนต์ การก่อสร้าง โลหะ การบิน เป็นต้น ตัวอย่างของการนำเครื่องตรวจสอบนี้ไปใช้งานได้แก่

- การวัดความหนาของวัสดุต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโลหะ กระจก ท่อ เซรามิกส์พลาสติกขึ้นรูปพลาสติกที่บรรจุอาหาร/เครื่องคั้ม กระจกหุ้มข้างของเครื่องบิน ถังน้ำมันรถยนต์ แก้วขวดแก้ว อุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นต้น
- การวัดระดับของของเหลว ความสูงของตะกอนในบ่อพักอุตสาหกรรม เป็นต้น
- ใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพในงานด้านธรณีวิทยา การวัดรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นภายในชิ้นงานที่เป็นโลหะ พลาสติก เช่น เรือ หรือแท่นขุดเจาะน้ำมัน เป็นต้น
- ฯลฯ

วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ

- เพื่อศึกษาวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ (PULSER) ที่ใช้ในการขับหัวโพรบอัลตราซาวนด์
- ทำการทดลองการจำลองการทำงานเพื่อตรวจสอบวัดลักษณะของสัญญาณภายในวงจรว่ามีลักษณะเป็นเช่นใด ลักษณะของเอาต์พุตที่ได้มีค่าอย่างไร
- เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาการใช้งาน และการตรวจสอบรอยแตกร้าวในวัสดุด้วยคลื่นความถี่สูงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

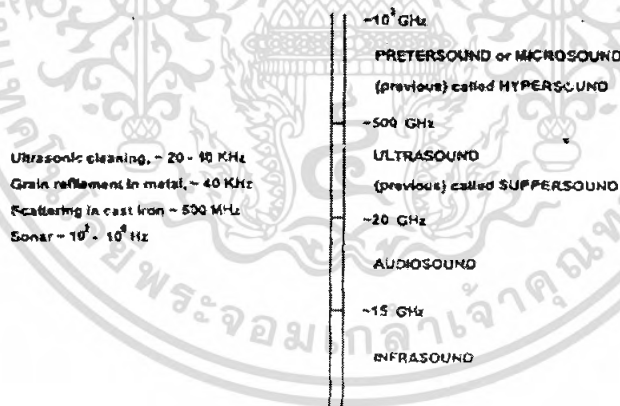
2.1 ทฤษฎีคลื่นอัลตราโซนิก

2.1.1 คุณสมบัติและธรรมชาติของคลื่นอัลตราโซนิก

หลักการของการสะท้อนกลับของคลื่นเสียง คือ สนามของพลังงานจะถูกส่งกระจายออกมาจากตัวส่ง ถ้ากระทบกับวัตถุพลังงานบางส่วนจะสะท้อนกลับไปที่ตัวส่งด้วย แต่การใช้วัตถุที่เป็นตัวรับที่เหมาะสมจะสามารถรับการสะท้อนกลับของสัญญาณได้ดี และเวลาที่ใช้ในการเดินทางสามารถนำมาคำนวณระยะทางได้ด้วย ดังนั้นการศึกษาถึงธรรมชาติของคลื่นจะทำให้เข้าใจในการนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างถูกต้อง

2.1.2 คลื่นอัลตราโซนิก

คลื่นอัลตราโซนิก คือ คลื่นเสียงที่มีความสูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมนุษย์จะได้ยินคลื่นความถี่เสียงที่มีความถี่ตั้งแต่ 20 เฮิร์ต จนถึงความถี่ 20 กิโลเฮิร์ต ดังนั้นคลื่นความถี่อัลตราโซนิกจึงหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ต นั่นเอง

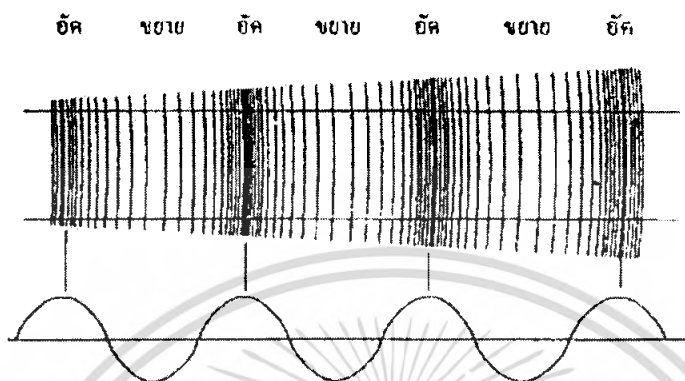


รูปที่ 2.1 แสดงถึงช่วงคลื่นความถี่ที่ถูกนำมาใช้งาน

2.1.3 ชนิดของคลื่นอัลตราโซนิก

คลื่นอัลตราโซนิกที่เดินทางผ่านตัวกลางต่างๆ มีหลายชนิดด้วยกันซึ่งแต่ละชนิดแตกต่างกันตามการเคลื่อนที่ของอนุภาคในตัวกลางนั้น โดยสามารถแบ่งได้เป็นดังนี้

2.1.3.1 คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) คือ คลื่นที่อนุภาคตัวกลางมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น

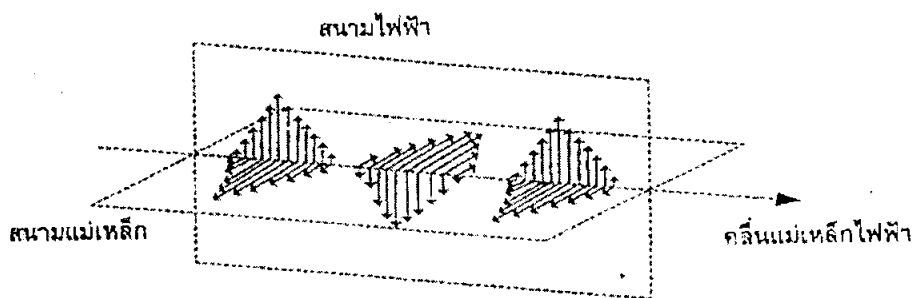


รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว

จากรูปจะเห็นว่ามีส่วนที่เป็นคลื่นอัด (Compression) ซึ่งก็คือ คลื่นที่มีช่วงอนุภาคของตัวกลางมีความดันสูง และคลื่นขยาย (Rarefaction) คือ คลื่นที่มีช่วงอนุภาคของตัวกลางมีความดันต่ำและเมื่อนำค่าของความดันที่เปลี่ยนตามระยะทางมาเขียนกราฟจะได้เป็นกราฟรูปไซน์ (Sine Wave) โดยยอดคลื่นจะตรงกับส่วนขยาย ระยะทางระหว่างส่วนอัดถึงส่วนอัด หรือส่วนขยายถึงส่วนขยาย คือ 1 ความยาวคลื่น และมีคาบเวลาเป็น T ซึ่งเท่ากับ $\frac{1}{f}$ โดยจุดที่เป็นแกนนั้นมีความดันเท่ากับ 1 บรรยากาศ

2.1.3.2 คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) คือ คลื่นที่ทุกๆ จุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น คลื่นชนิดนี้จะเดินทางผ่านตัวกลางที่มีขนาดตัวกลางใหญ่กว่าขนาดของความยาวคลื่น และสามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งได้ คลื่นชนิดนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวและก๊าซได้

คลื่นตามขวางมีลักษณะเหมือนขั้วบวกและขั้วลบ ซึ่งเป็นเหตุผลที่ว่า การเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคเป็นไปในทิศทางเดียว เช่น ในระนาบตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ไปจากต้นกำเนิดของคลื่นตามขวาง เป็นพื้นที่หน้าเรียบของระนาบที่เกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคอันเนื่องมาจากการแกว่ง ความหนาของตัวกลางจะไม่เปลี่ยนแปลง โดยการเคลื่อนที่ของคลื่นตามขวางจะมีความเร็วน้อยกว่าความเร็วของคลื่นชนิดตามยาวในขณะที่เดินทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน ดังนั้นที่ความถี่เดียวกันคลื่นความยาว คลื่นตามขวางจะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าความยาวคลื่นของคลื่นตามยาวเสมอ



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามขวาง

2.1.3.3 คลื่นผิวหน้า (Surface Wave or Ray eight) คือ คลื่นชนิดหนึ่งซึ่งคล้ายกับคลื่นตามขวาง แต่จะต่างกันตรงที่การเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคไม่เป็นเพียงในทิศทางการตั้งฉากกับทิศทางที่เคลื่อนที่เพียงอย่างเดียว แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นด้วย จึงทำให้คลื่นเคลื่อนที่ไปตามแนวระนาบในแนวนอน ด้วยเหตุนี้คลื่นจึงเดินทางไปเฉาะบนผิวของตัวกลางเท่านั้น

2.1.4 ความถี่และความยาวคลื่น (Frequency And Wave length)

ความถี่ คือ จำนวนของการออสซิลเลทที่สมบูรณ์จากแหล่งกำเนิดคลื่นภายในหนึ่งวินาที คลื่นที่ถูกส่งจากแหล่งกำเนิดเดียวกันจะเดินทางที่ความถี่เดียวกัน

ความยาวคลื่น คือ ระยะทางที่คลื่นเดินทางระหว่างการสั่นที่สมบูรณ์หรือการเดินทางครบหนึ่งรอบ (1 cycle) สามารถกล่าวได้ว่าความยาวคลื่นเป็นระยะทางระหว่างการอัดอย่างต่อเนื่อง (Successive Compression) หรือการเบาบางของอากาศ (rare-fraction) การอัด คือ การที่บริเวณนั้นมีความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันมากกว่าบริเวณรอบๆ ส่วนการเบาบางเป็นบริเวณเฉาะที่การเกิดการลดความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันสัมพันธ์ กับแรงดันของบรรยากาศปกติ

ความถี่และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์กันดังสมการต่อไปนี้

$$c = f\lambda$$

โดยที่ c คือ ความเร็วในการเดินทางของคลื่นมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

λ คือ ความยาวของคลื่นมีหน่วยเป็นเมตร (m)

f คือ ความเร็วมีหน่วยเป็นเฮิรต (Hz)

2.1.5 ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก

ความเร็วที่ยอมรับได้ของคลื่นในอากาศที่อุณหภูมิความสัมพัทธ์ที่ใช้ จะเป็นดังสมการ

$$v = 331.45 + 0.607T \quad (m/s)$$

โดยที่ v คือ ความเร็วของคลื่นในตัวกลางอากาศ

T คือ อุณหภูมิของคลื่นในอากาศ (องศาเซลเซียส)

2.1.6 ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิก

ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิกที่ถูกวัดในรูปแบบของคลื่นอัลตราโซนิก จะมีหน่วยเป็น w/cm^2 ซึ่งเป็นการไหลของพลังงานผ่านพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร ซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการเดินทางของคลื่นในเวลา 1 วินาที

2.1.7 การลดทอนของคลื่นอัลตราโซนิก

เมื่อคลื่นเดินทางผ่านตัวกลาง ถ้าคลื่น (Beam) ของคลื่นอัลตราโซนิกจะสูญเสียความเข้มซึ่งเกิดจากการสูญเสียของคลื่นอัลตราโซนิกหรือเกิดจากการดูดซับพลังงานส่วนหนึ่งของคลื่น โดยตัวกลางที่เคลื่อนที่ผ่านพลังงานดูดซับนี้จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน การดูดซับพลังงานความร้อนนี้ขึ้นกับลักษณะ ความยืดหยุ่นและความหนาแน่นของวัสดุ รวมทั้งความถี่ของคลื่นที่ใช้ถ้ายังมีความถี่สูงพลังงานก็จะยิ่งถูกดูดซับมาก

2.2 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์

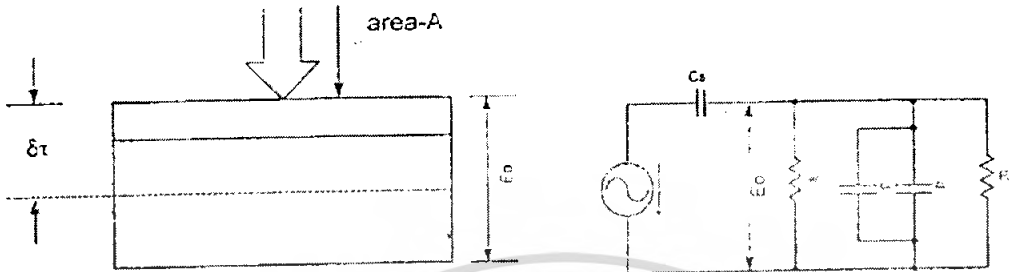
การเกิดคลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปแบบอื่น ให้เป็นพลังงานกลโดยการสั่นไปมา หรือเกิดจากการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกลทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิกกระจายออกไปในอากาศ ดังนั้นจึงถือว่าคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นคลื่นกล (Mechanical Wave) คลื่นอัลตราโซนิกสามารถสร้างได้โดยตัวทรานสดิวเซอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยหลักการสร้างจะมีหลายวิธีดังนี้

- แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric Transducer) ซึ่งแปลงพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกลโดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ที่ค่าหนึ่ง
- แบบแมกนีโตสทริกทีฟ (Magnetrostrictive Transducer) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้น
- แบบอิเล็กโตรสทริกทีฟ (Electrostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล

2.2.1 ปรัชญาการเพียโซอิเล็กทริก

เพียโซอิเล็กทริกเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำให้พลังงานเกิดการเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่งได้ กล่าวคือ ถ้าป้อนแรงกลให้แก่ Solid Crystalline Dielectric ก็จะเกิดความเค้น (Stress) ภายในคริสตอล ทำให้ผลึกคริสตอลผิดรูปไป เช่น

พวกควอทซ์ (Quartz) ผลที่ได้ก็คือประจุจะเปลี่ยนไป การผิดรูปร่างของแลตทิสเป็นผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างการแทนที่ (Displacement) ของประจุบวกและลบในแลตทิสเปลี่ยนไป



รูปที่ 2.4 ผลและวงจรเสมือนของเพียโซอิเล็กทริก

การแทนที่ของประจุภายในจะเท่ากับประจุภายนอกของขั้วตรงกันข้ามของคริสตอล เรียกว่าผลของเพียโซอิเล็กทริก การวัดประจุทำได้โดยการต่อขั้วอิเล็กโทรดเข้าที่ผิวด้านนอก แล้ววัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสองขนาด (magnitude) และการมีขั้ว (polarity) ของประจุบนผิวที่ถูกเหนี่ยวนำ (induced surface charge) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดและทิศทางของแรง (F) ที่มากระทำที่ความถี่ปานกลาง และความถี่สูง E_0 ที่คล่อมโหลดหาได้โดยนำค่าของ C_c และ C_z มาแบ่งแรงดันจากสมการนี้

$$E_0 = \frac{E_c}{C_c + C_1}$$

โดยค่าเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความถี่ ถ้าแรงดันเอาท์พุท มีค่ามากสามารถทำให้ลดลงได้โดยการเพิ่มค่า C_1 ต่อขานานเข้าที่ความถี่ต่ำ ค่า E_0 คร่อมโหลดหาได้จากค่ารีแอกแตนซ์ของ C_c และอิมพีแดนซ์ของ C_1 และ R_1 ที่ต่อขานานกัน ค่า E_0 นี้ขึ้นกับความถี่ และจะลดลงถ้าความถี่ลดลง การตอบสนองต่อความถี่สามารถปรับปรุงได้โดยการใช้ทรานสดิวเซอร์ที่มีค่าคาปาซิแตนซ์สูง หรือโดยการเพิ่มความต้านทานของโหลด R_1

2.2.2 วัสดุเพียโซอิเล็กทริก

วัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น Quartz , Tourmaline , Sulphate , Barium Titanate และ Zirconate Titanate (TZI) โดยทั่วไปแล้ว พวกควอทซ์และคริสตอลที่เป็นวัสดุเพียโซอิเล็กทริกธรรมชาติจะมีขั้วของมันเองตามธรรมชาติ แต่ขั้วของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่สังเคราะห์ขึ้นมา เช่น แบเรียมไทเทเนท จะต้องนำมาอบคริสตอลภายในแรงดันและวางวัสดุที่ได้ขึ้นในแรงดันสนามไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟตรงมาก หลังจากทำตามขั้นตอนนี้แล้วจะมีขั้วตามแนวทิศทางสนาม และประพฤติกรรมตามคุณสมบัติของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก สำหรับชิ้นส่วนที่ทำมาจากวัสดุสังเคราะห์นี้ไม่มี

ข้อจำกัดทางขนาด โดยโครงสร้างของคริสตอลและยังสามารถทำให้มีรูปร่าง ขนาดต่างๆ และทิศทางของขั้วก็จะถูกสร้างขึ้นระหว่างขั้นตอนการผลิต

2.2.3 ชนิดของเปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์

เปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

- แบบ Generation-action Transducer ใช้เป็นตัวรับ โดยแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะหาได้จากแรงดันและความถี่ที่มากระทำต่อวัตถุเปียโซอิเล็กทริก
- แบบ Motor-action Transducer ใช้เป็นตัวส่ง โดยการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิกจะขึ้นอยู่กับขนาดความสูงและความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ ในทั้งสองกรณีค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุ

2.2.4 การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ

เมื่อเซรามิกได้รับสัญญาณมาตกร้อมจะทำให้ชั้นสารเซรามิกโก่งงอ ทำให้เกิดการอัดอากาศโดยรอบขึ้นมา ดังนั้นถ้าป้อนสัญญาณเป็นห้วงๆ (electrically pulse) จากการออสซิลเลท ก็จะทำให้ชั้นสารโก่งงอมากหรือน้อย ขนาดและทิศทางตามที่ต้องการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณไฟฟ้าจากการออสซิลเลทนั้นออกไป โดยทั่วไปกำลังเอาท์พุทที่ออกมาจะลดลงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังงานที่ป้อนให้ แต่เอาท์พุทจะสูงที่ค่านี้โดยประมาณ ก็ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ที่ป้อนเข้าชั้นสารเซรามิกตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ที่เป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชั้นสารเซรามิกนั้นๆ ส่วนที่ความถี่อื่นๆ กำลังเอาท์พุทจะลดลงกว่านี้ ส่วนการทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวรับ มักมีการทำงานตรงข้ามกับตัวส่ง คือ เมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของชั้นสารเซรามิกเข้ามา จะทำให้ชั้นสารโก่งตัวไปมาและเกิดสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กขึ้นคร่อมที่ขั้วทั้งสองด้านของตัวมัน

คุณสมบัติโดยทั่วไปของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก คือ มีความต้านทานแรงดันไฟตรงสูงมาก โดยมีค่าประมาณ 100 เมกกะโอห์ม แต่ในขณะที่มันทำงานความต้านทานไฟสลัจะมีค่าลดลง

2.2.5 ข้อควรระวังการใช้งานตัวรับตัวส่งทรานสดิวเซอร์

- เพื่อป้องกันมิให้โครงสร้างภายในเสียหาย โดยที่ไม่ควรให้ตัวทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระแทกหรือตกจากที่สูง
- ทรานสดิวเซอร์ที่มีการขายกันโดยทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อมตัวมันได้ไม่เกิน 20 *Vrms* ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ในขีดจำกัดนี้

- ความถี่เรโซแนนซ์ (คือความถี่ที่ตัวทรานสดิวเซอร์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด) ของทรานสดิวเซอร์จะมีค่าประมาณ 40 กิโลเฮิร์ต (Bandwidth) สำหรับตัวส่ง และประมาณ 5 กิโลเฮิร์ต สำหรับตัวรับ จะเห็นว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าแถบความถี่ของตัวส่งเล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับสามารถรับความถี่ที่ออกมาจากตัวส่งได้ทั้งหมด
- อุณหภูมิที่ใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ในช่วง -20 ถึง +60 องศาเซลเซียส
- ตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30 องศา ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 เดซิเบล ในทำนองเดียวกัน ถ้าคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนของตัวรับประมาณ 30 องศา ความไวหรือขนาดของแรงดันที่ออกมาจะลดลง จึงควรทำให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งตรงกันมากที่สุด อย่างไรก็ตามกรณีที่อยู่ในห้องจะเกิดการเบี่ยงเบนจากกันได้มาก เพราะคลื่นเสียงอัลตราโซนิกสามารถสะท้อนกำแพงและวัตถุที่อยู่ในห้องทำให้คลื่นเสียงเข้าหาตัวรับได้หลายทิศทาง
- อัลตราโซนิกสามารถทำให้เป็นลำแคบได้โดยใช้เลนส์ที่เรียกว่า Plan Concave Lens วางข้างหน้าของทรานสดิวเซอร์ แต่การทำให้เป็นลำแคบจะทำให้ Near Field สั้นลงและ Far Field กระจายกว้างขึ้นทำให้เป็นลำคลื่นเหมาะสำหรับการใช้ทรานสดิวเซอร์ที่สร้างคลื่นสูงที่เหมาะสมสำหรับใช้ในทางการแพทย์ (Ultrasound) ที่มีความถี่ตั้งแต่ 2 ถึง 5 เมกะเฮิร์ต เพื่อใช้ตรวจในเนื้อเยื่อมีการส่งเป็นลำแคบ
- กรณีที่ใช้งานตัวรับจะต้องมีความต้านทานต่อขานานกับตัวรับ เพื่อทำหน้าที่เป็นโหลดตามปกติแล้วตัวต้านทานจะมีค่าประมาณ 10 ถึง 100 กิโลโอห์ม ถ้าใช้ความต้านทานค่าต่ำลงความถี่เรโซแนนซ์จะลดลง ถ้าใช้กับงานที่มีสัญญาณรบกวนมาก ควรใช้โหลดที่มีค่าความต้านทานสูงขึ้นเพื่อให้ตัวส่งมีความไวและมีความถี่แคบ
- ตามปกติแล้วจะสามารถนำตัวส่งและตัวรับมาใช้งานแทนกันได้ โดยต้องให้ความถี่เรโซแนนซ์มีค่าตรงกัน
- คลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้สามารถส่งไปที่เป้าหมายได้อย่างเจาะจง การมีทิศทางของคลื่นอัลตราโซนิกทำให้สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย

2.3 หลักการของเทคนิคการตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงมีหลายเทคนิคด้วยกัน ซึ่งประกอบไปด้วย

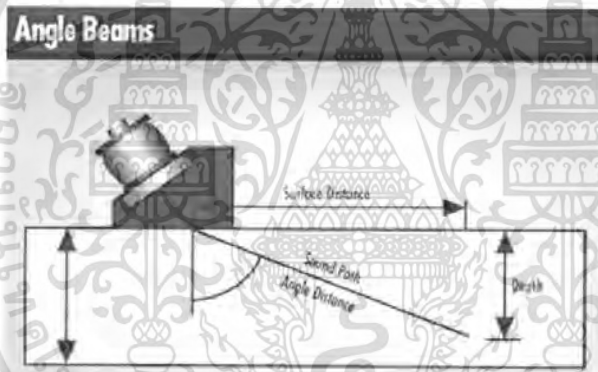
- Pulse-echo เทคนิคนี้จะใช้คลื่นเสียงจังหวะสั้นๆ ผ่านเข้าไปยังชิ้นส่วนที่คิดว่าเกิดความเสียหายหรือแตกหัก เทคนิคนี้เหมาะสำหรับการตรวจวัดรอยแตกร้าวหรือความหนาของวัสดุ โดยเป็นไปตาม

สมการ $d = \frac{vt}{2}$ ขณะที่ d คือ ระยะห่างระหว่างผิวหน้าชิ้นงานและเครื่องตรวจวัด

v คือความเร็วของคลื่นเสียง และ t คือเวลาที่คลื่นเสียงเดินทางไป-กลับ 1 รอบ

- Angle-beam มุมของคลื่นเสียงสะท้อนที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวบ่งบอกว่ามีรอยแตกร้าวในชิ้นงาน
- Crack-tip diffraction เทคนิคนี้ใช้ในการตรวจวัดความยาวของรอยแตกในชิ้นงาน ถ้าสัญญาณที่ส่งกลับมีความอ่อนแอกว่ารอยแตกมีความยาว (เส้นทางเดินของคลื่นยาว ทำให้พลังงานลดลง)
- Automated Scanning ระบบนี้นิยมใช้เมื่อชิ้นงานและทรานสดิวเซอร์ต้องจมอยู่ใต้น้ำ

นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีใหม่ คือ Laser ultrasonic inspection ที่ใช้ลำเลเซอร์ในการสร้างคลื่นเสียงความถี่สูงและการรวบรวมสัญญาณ ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีของทรานสดิวเซอร์ทำให้เกิดการพัฒนาของเทคนิค air-coupled ultrasonic ซึ่งยินยอมให้คลื่นเสียงผ่านไปในอากาศและชิ้นงาน แล้วคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับยังคงมีสัญญาณที่แรงพอในการที่จะตรวจสอบ



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของ Angle Beams

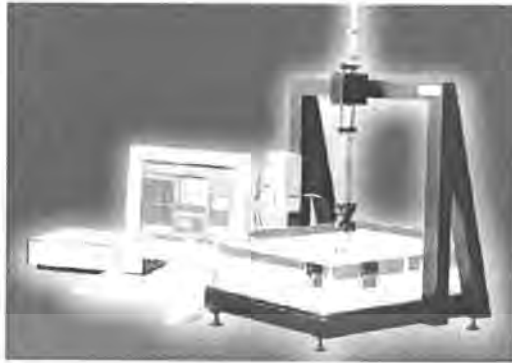
2.3.1 หลักการของเครื่องมือ

องค์ประกอบหลัก 3 อย่างของเครื่องตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ได้แก่ ทรานสดิวเซอร์ ซึ่งทำหน้าที่ปล่อยคลื่นเสียง คอมพิวเตอร์ในการแสดงผล และ pulser-receiver ที่ทำหน้าที่เสมือนตัวแปลงสัญญาณระหว่างทรานสดิวเซอร์และจอแสดงผล

2.3.1.1 Pulser-receivers

ในส่วนของ pulser จะเป็นตัวให้กำเนิดสัญญาณไฟฟ้าในขณะที่ทรานสดิวเซอร์จะเปลี่ยนให้เป็นคลื่นเสียง และในส่วนของ receiver จะทำการขยายสัญญาณคลื่นเสียงความถี่สูงที่มาจากทรานสดิวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 เครื่องตรวจสอบคลื่นเสียงด้วยความถี่สูงแบบ Automated Scanning

2.3.1.2 Transducers

การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงนั้นขึ้นกับทรานสดิวเซอร์ที่นำมาใช้ ทรานสดิวเซอร์ที่เป็นเซรามิกส์จะให้สัญญาณกระแสไฟฟ้าแล้วเปลี่ยนให้เป็นพลังงานเสียง และเปลี่ยนจากสัญญาณเสียงกลับเป็นกระแสไฟฟ้า โดยจะสร้างคลื่นกลผ่านเข้าไปในชิ้นงานและเปลี่ยนสัญญาณที่สะท้อนกลับให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่สามารถตรวจวัดและอ่านผลได้

ทรานสดิวเซอร์แบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ แบบ contact และแบบ immersion ทรานสดิวเซอร์แบบ contact จะใช้ประโยชน์ของน้ำหรือน้ำมันในการทำให้ผิวหน้าของชิ้นงานเรียบหรือป้องกันการเกิดช่องอากาศขึ้นในชิ้นงาน สำหรับทรานสดิวเซอร์แบบ immersion นั้นจะใช้สำหรับตัวอย่างที่เป็นของเหลว และมีการป้องกันไม่ให้น้ำไหลเข้า-ออกได้ เพื่อลดโอกาสที่จะทำให้เกิดโพรงอากาศ ทรานสดิวเซอร์ประเภทนี้สามารถใช้งานได้ในช่วง near field (คลื่นเสียงยังไม่เป็นรูปแบบ) และ far field (คลื่นเสียงมีความเป็นรูปแบบและมีความเรียบ) ซึ่งทรานสดิวเซอร์โดยทั่วไปจะไม่สามารถตรวจสอบชิ้นงานได้ในช่วง near field นอกจากนี้ยังมีทรานสดิวเซอร์แบบอื่นๆ อีก ได้แก่

- ทรานสดิวเซอร์แบบ dual-element ซึ่งใช้ element 2 ตัวในการรับ-ส่งสัญญาณ
- ทรานสดิวเซอร์แบบ angle-beam สามารถเป็นได้ทั้ง contact และ immersion โดยตรวจวัดมุมของคลื่นเสียงสะท้อนที่ต่างไปจากเดิม
- ทรานสดิวเซอร์แบบ delay line เป็นทรานสดิวเซอร์ประเภท contact
- ทรานสดิวเซอร์แบบ high-frequency ซึ่งใช้ความถี่ตั้งแต่ 0.5 เมกกะเฮิร์ต ไปจนถึง 50 เมกกะเฮิร์ต โดยยังมีค่าความถี่สูงมากเท่าไรจะยิ่งมีความไวมากขึ้นเท่านั้น
- ทรานสดิวเซอร์แบบ normal incidence shear wave เป็นทรานสดิวเซอร์ที่ให้ shear wave ผ่านเข้าไปยังตัวอย่างโดยตรงโดยไม่ต้องใช้ angle-beam wedge

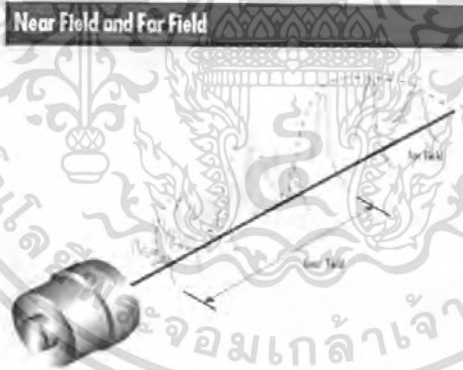
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 Pulser-receivers

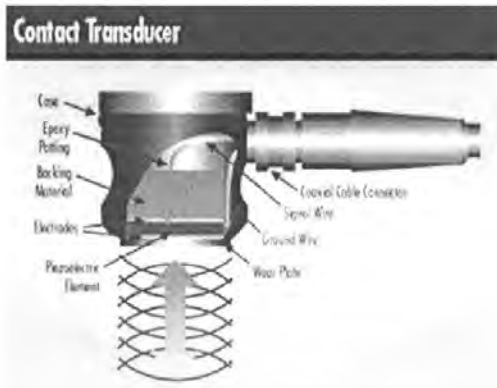
2.3.1.3 การแสดงผล

เครื่องตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงจะมีการแสดงผลออกมาได้ 3 ค่าที่เรียกว่า A-scan, B-scan และ C-scan โดย A-scan จะเป็นการแสดงผลปริมาณสัมพัทธ์ของพลังงานที่ได้รับในแกนตั้งฉากและเวลาที่คลื่นผ่านไปในแกนนอน ค่า B-scan แสดงภาคตัดขวางของเวลาในแกนนอนกับตำแหน่งของทรานสดิวเซอร์ และ C-scan จะแสดงภาพในระนาบที่ขนานกับรูปแบบการสแกนของทรานสดิวเซอร์ ช่องว่างที่เกิดขึ้นจะแสดงรอยร้าวในวัสดุ



รูปที่ 2.8 ลักษณะของคลื่นเสียงในแบบ Near Field และ Far Field

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 หลักการทำงานของทรานสดิวเซอร์แบบ contact

2.3.2 ข้อดีและข้อจำกัดของเทคนิค

ข้อดี

การตรวจสอบด้วยวิธีนี้มีความไว ให้ประสิทธิภาพในการตรวจวัดรอยร้าว ได้ดีกว่าวิธีการอื่น มีความแม่นยำสูงในการคำนวณตำแหน่งของคลิ่นสะท้อนรวมถึงการประเมินขนาดและรูปร่าง วิธีการนี้ต้องการการเตรียมตัวอย่างเพียงเล็กน้อย แสดงผลได้อย่างทันที รายละเอียดของภาพสามารถสร้างขึ้นได้ด้วยระบบอัตโนมัติ

ข้อจำกัด

ตัวอย่างที่นำมาตรวจสอบจะต้องสามารถให้คลื่นเสียงผ่านได้ ผู้ที่จะใช้การตรวจสอบด้วยวิธีการนี้จะต้องมีความชำนาญและได้รับการฝึกอบรมเป็นอย่างดีดีกว่าวิธีการอื่น วัสดุที่มีความขรุขระ รูปร่างผิดปกติ มีขนาดเล็กมาก หรือไม่เป็นเนื้อเดียวกันจะทำให้การตรวจสอบด้วยวิธีการนี้ลำบาก เหล็กหล่อหรือวัสดุอื่นๆ ที่มีเนื้อหยาบจะยินยอมให้คลื่นเสียงผ่านได้ในปริมาณต่ำและให้สัญญาณรบกวนสูงทำให้ยากในการตรวจสอบ ถ้ารอยร้าวอยู่ในทิศทางที่ขนานกับคลื่นเสียงก็ไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการนี้



รูปที่ 2.10 เครื่องตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงมีความถี่สูง สำหรับของเหลวที่มีปริมาตรต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

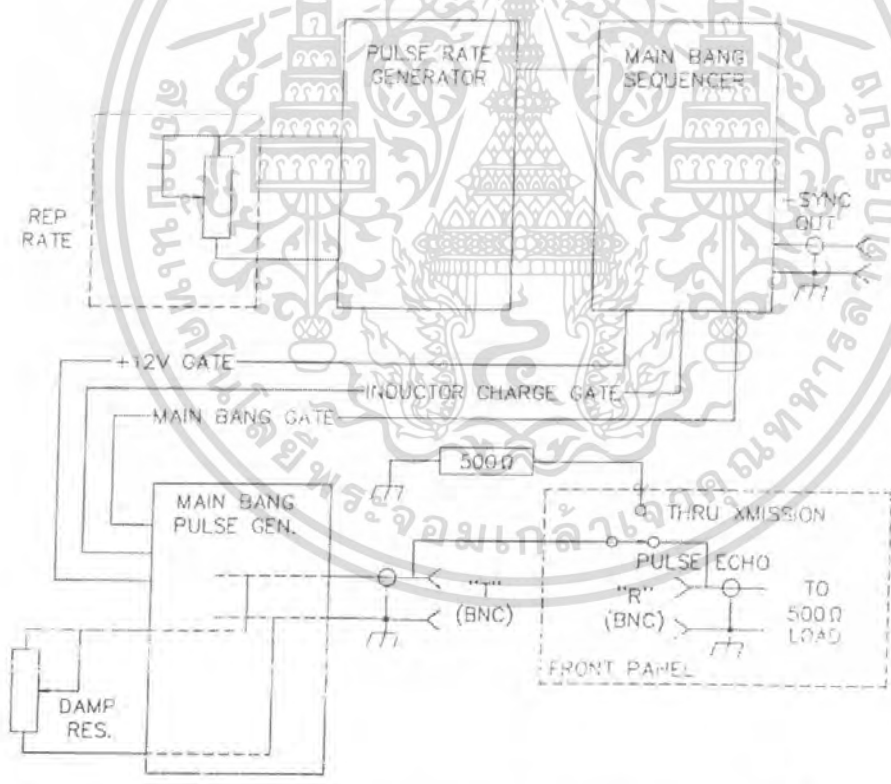
บทที่ 3

เครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์

3.1 เครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulser)



รูปที่ 3.1 เครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์



รูปที่ 3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

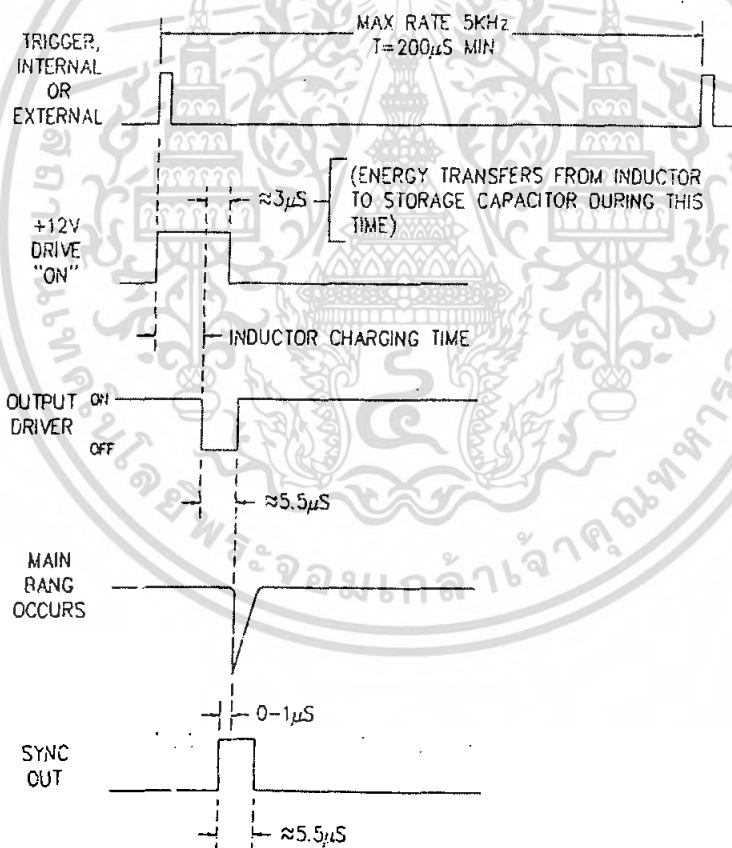
3.1.1 ส่วนของ PULSER RATE GENERATOR AND MAIN BANG SEQUENCER

ส่วนสร้างสัญญาณกระตุ้นการทำงาน วงจรส่วนนี้จะใช้ Microcontroller(AT89C51) ทำการสร้างสัญญาณสี่เหลี่ยม (Pulse) ต่อเนื่องออกมายังเอาต์พุต เพื่อที่จะนำสัญญาณความถี่นี้ไปใช้ในการควบคุมการทำงานในส่วนอื่นๆ คือ ส่วนสร้างคาบเวลาการเก็บสะสมพลังงานไว้ในขดลวดเหนี่ยวนำ ส่วนควบคุมสัญญาณเอาต์พุต และส่วนสร้างสัญญาณซิงโครนัส

3.1.2 ส่วนของ MAIN BANG GENERATOR

ส่วนสร้างสัญญาณควบคุมสัญญาณเอาต์พุต สัญญาณในส่วนนี้จะนำไปใช้เป็นตัวควบคุมมอเตอร์ให้เปิดหรือปิดการทำงาน เพื่อนำค่าแรงดันที่เกิดการสะสมไว้ส่งต่อออกไปยังเอาต์พุตของวงจร โดยสัญญาณเอาต์พุตของวงจรนี้จะมีลักษณะเป็นพัลส์ลบที่มีค่าแรงดันและกระแสสูง และสามารถปรับขนาดของแรงดันเอาต์พุตได้จากวงจรส่วน DAMP RES

3.2 ความสัมพันธ์ของช่วงเวลาของ Pulser System



รูปที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเครื่องสร้างสัญญาณพัลส์

3.2.1 กราฟแสดงสัญญาณ DRIVER ON

กราฟนี้จะแสดงสัญญาณที่ขาเอาต์พุตของวงจรส่วนของ MAIN BANG SEQUENCER ซึ่งเกิดจากMicrocontrollor (AT89C51) สัญญาณในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่นำไปสร้างคาบเวลาการเก็บสะสมพลังงานไว้ในขดลวดเหนี่ยวนำ

3.2.2 OUTPUT DRIVER

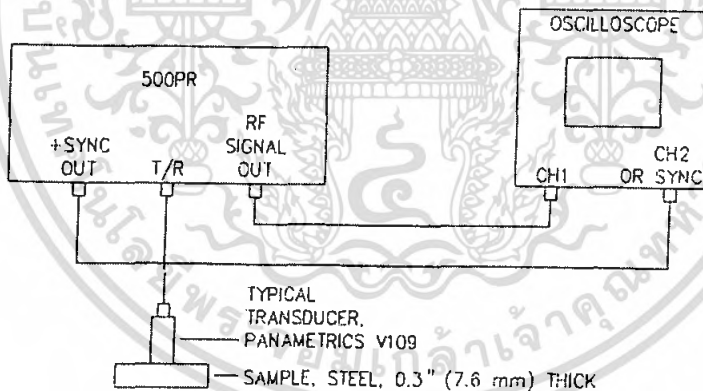
กราฟนี้เป็นกราฟที่แสดงสัญญาณจากวงจรส่วนขับมอสเฟตให้หยุดทำงาน เพื่อให้ได้สัญญาณเอาต์พุตเกิดขึ้นตามเวลาที่ต้องการ โดยเวลาที่เกิดการออฟของมอสเฟตนั้นจะเกิดขึ้นก่อนที่สัญญาณในส่วน MAIN BANG SEQUENCER จะออฟ ในช่วงเวลานี้จะเป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทพลังงานจากขดลวดเหนี่ยวนำไปเก็บไว้ยังตัวเก็บประจุต่อไป

3.2.3 MAIN BANG OCCURS

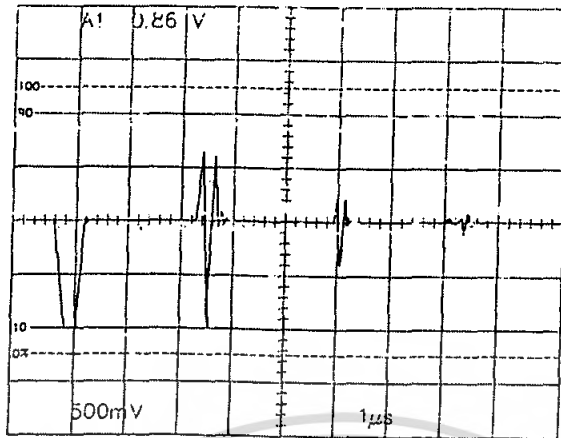
กราฟแสดงการเกิดแรงดันเอาต์พุตของวงจร ซึ่งจะมีลักษณะเป็นพัลส์ลบแรงดันและกระแสดูสูง

3.2.4 SYNC OUT

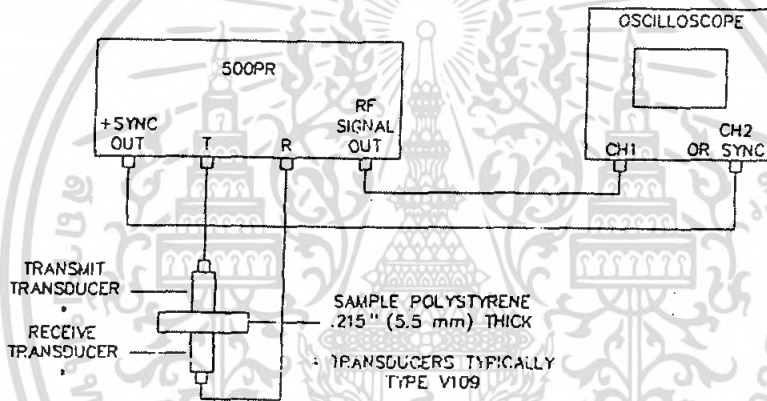
กราฟแสดงสัญญาณเชิง ไครน์สที่เพิ่มขึ้นเพื่อส่งสัญญาณให้รู้ว่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรกำลังจะเกิดขึ้นแล้ว สัญญาณนี้จะเกิดขึ้นก่อนที่แรงดันเอาต์พุตวงจรจะเกิดขึ้นอีกที



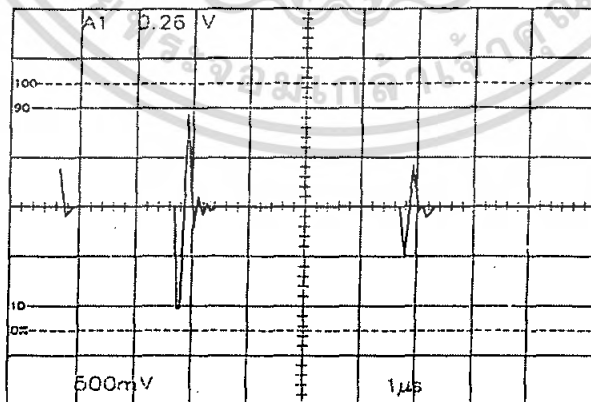
รูปที่ 3.4 แสดงการต่อทรานสดิวเซอร์เข้ากับเครื่อง PULSER แบบ Pulse-Echo Mode



รูปที่ 3.5 แสดงสัญญาณที่ได้จากการต่อวงจรแบบ Pulse-Echo Mode



รูปที่ 3.6 แสดงการต่อทรานสดิวเซอร์เข้ากับเครื่อง PULSER แบบ Through Transmission Mode

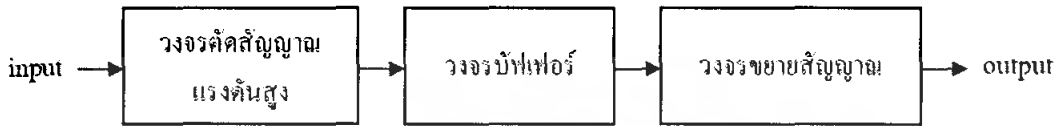


รูปที่ 3.7 แสดงสัญญาณที่ได้จากการต่อวงจรแบบ Through Transmission Mode

บทที่ 4

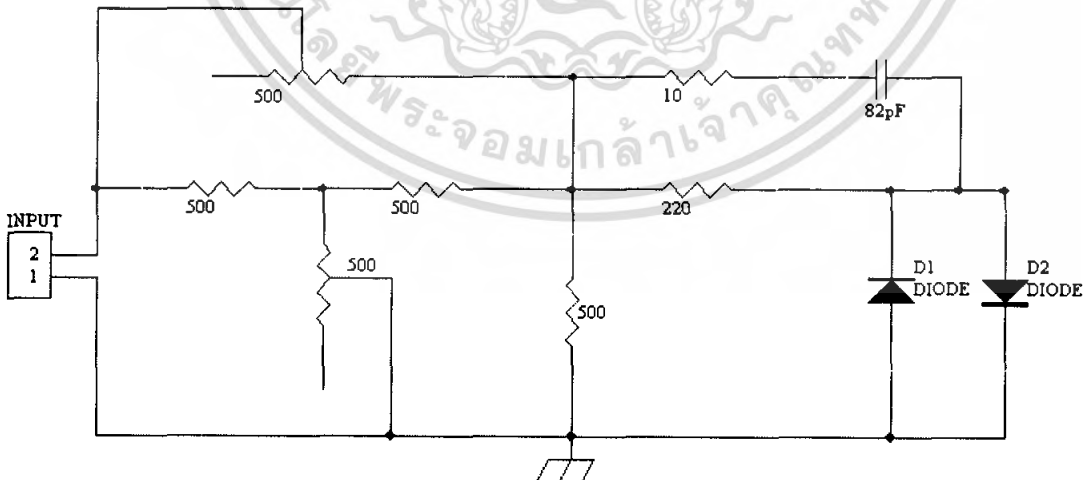
วงจรรับสัญญาณ

4.1 ส่วนประกอบของวงจรรับสัญญาณ



4.1.1 วงจรตัดสัญญาณแรงดันสูง

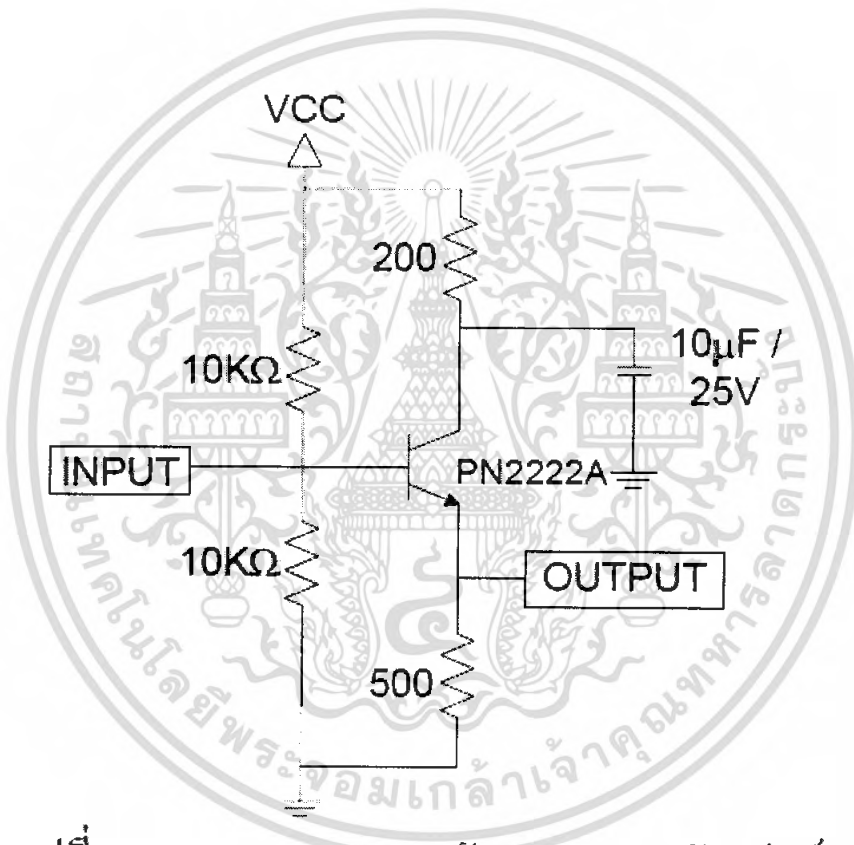
วงจรในส่วนนี้จะรับสัญญาณพัลส์อัลตราโซนิกจากหัวโพรบอัลตราซาวด์ ซึ่งเป็นสัญญาณสะท้อนจากการต่อหัวโพรบอัลตราซาวด์แบบ Pulse-Echo Mode และรับสัญญาณแรงดันสูงที่ส่งออกมาพร้อมกันจากวงจรส่วน Pulser ด้วย เนื่องจากสัญญาณพัลส์ที่ออกมาจากวงจร Pulser นั้นเป็นสัญญาณในลักษณะของพัลส์ลบที่มีค่าแรงดันสูง ซึ่งไม่ใช่เป็นสัญญาณอัลตราซาวด์ที่เราต้องการ ดังนั้นวงจรในส่วนนี้จะทำหน้าที่ตัดสัญญาณแรงดันสูงดังกล่าวออกเพื่อให้เหลือแต่สัญญาณอัลตราซาวด์ที่สะท้อนกลับเข้ามายังหัวโพรบอัลตราซาวด์และรับเข้ามาในวงจร ซึ่งจะมีขนาดเล็กมากและเป็นสัญญาณที่เราต้องการ สัญญาณแรงดันสูงนั้นแม้จะถูกกำจัดออกไปไม่หมด แต่ก็จะถูกทำให้เหลือเพียงแค่สัญญาณขนาดเล็กที่เราไม่ต้องการเท่านั้น



รูปที่ 4.1 วงจรตัดสัญญาณแรงดันสูง

4.1.2 วงจรบัฟเฟอร์

วงจรส่วนนี้จะเป็นวงจรขยายใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ PN2222 มาต่อเป็นแบบ Common Collector มีอัตราขยายของวงจรเท่ากับ 1 ซึ่งก็คือวงจรบัฟเฟอร์นั่นเอง วงจรนี้มีหน้าที่รับสัญญาณเข้ามาทางอินพุต จากนั้นสัญญาณที่ออกไปทางเอาต์พุตจะเป็นสัญญาณที่มีลักษณะเช่นเดียวกับกับสัญญาณอินพุต แต่จะใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายไฟแทนเพื่อให้วงจรสามารถขับกระแสได้มากขึ้น



รูปที่ 4.2 แสดงวงจรขยายสัญญาณแบบบัฟเฟอร์

บทที่ 5

การออกแบบวงจร

5.1 วงจรสร้างความถี่

วงจรจะใช้ไอซีสร้างสัญญาณความถี่ เพื่อทำหน้าที่สร้างความถี่ที่ใช้เป็นสัญญาณกระตุ้นการทำงานของวงจรส่วนอื่นและความถี่ที่ใช้ในการทำหน้าที่ควบคุมการสะสมและปล่อยพลังงานออกไปยังเอาต์พุท โดยสามารถแบ่งวงจรในส่วนที่ทำการสร้างความถี่นี้ออกได้เป็น 5 ส่วน ดังนี้

5.1.1 ส่วนสร้างสัญญาณกระตุ้นการทำงาน

วงจรส่วนนี้จะใช้ Microcontroller (AT89C51) ทำหน้าที่สร้างความถี่กระตุ้นการทำงานของวงจรส่วนอื่น โดยจะต่อเป็น Pulse ที่ถี่ขึ้นต่อเนื่องความถี่ 20kHz ออกมายังขาเอาต์พุท

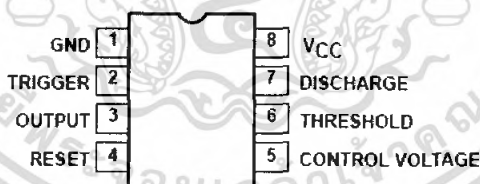
5.1.2 ส่วนสร้างคาบเวลาการเก็บสะสมพลังงานไว้ในขดลวดเหนี่ยวนำ

วงจรส่วนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ NE555 นำมาต่อแบบ โมโนสเตเบิล โดยใช้สัญญาณที่ได้จากวงจรในส่วนที่ 1 เป็นสัญญาณทริกให้วงจรในส่วนนี้ทำงานซึ่งวงจรจะทำงานในช่วงขอบขาลงของสัญญาณพัลส์ในส่วนแรก

ค่าคาบเวลาการออนของวงจรแบบ โมโนสเตเบิลสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\Delta T = 1.1 \times R_A \times C$$

โดยที่ ΔT คือ ค่าคาบเวลาที่เอาต์พุทมีสถานะเป็น High หลังจากถูกกระตุ้น



รูปที่ 5.1 แสดงขาของไอซีเบอร์ NE555

5.1.3 ส่วนสร้างคาบเวลาการถ่ายเทพลังงานจากขดลวดเหนี่ยวนำไปเก็บสะสมไว้ในตัวเก็บประจุ

วงจรส่วนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ NE555 มาต่อเป็นวงจร โมโนสเตเบิลทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงเวลาจากสัญญาณที่ได้ในวงจรส่วนที่สองออกไปอีกเล็กน้อย เพื่อใช้เป็นช่วงคาบเวลาให้ขดลวดเหนี่ยวนำทำการถ่ายเทพลังงานที่สะสมเอาไว้ผ่านไดโอดไปเก็บสะสมเอาไว้ในตัวเป็นประจุ โดยขดลวดเหนี่ยวนำ

จะเก็บสะสมพลังงานเอาไว้ในรูปแบบของกระแส และมีการถ่ายเทพลังงานไปเก็บไว้ในรูปแบบของแรงดัน ตามหลักการของ $V = L \frac{di}{dt}$ ในวงจรส่วนนี้จะทำงานที่ขอบขาลงของสัญญาณพัลส์ แต่อาศัยการต่อทรานซิสเตอร์เป็นลักษณะของสวิตช์ลงกราวด์และต่อพูลอัพเอาไว้ และทรานซิสเตอร์ที่ใช้เป็นชนิด เอ็น-พี-เอ็น ทำให้เมื่อสัญญาณที่มาจากวงจรในส่วนที่สองขณะอนั้นทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเสมือนเป็นสวิตช์ต่อลงกราวด์ทำให้ไอซีได้รับสัญญาณพัลส์เป็นขอบขาลงไอซีจึงทำงานเป็นตัวหน่วงเวลาโดยอาศัยค่าคาบเวลาจากการปรับค่า R และค่า C เอาท์พุทที่ออกมาจากไอซีจะนำไปใช้ขับทรานซิสเตอร์เพื่อใช้เป็นตัวจ่ายแรงดันและกระแสแทนและยังเป็นสวิตช์ควบคุมการ charge ขดลวดเหนี่ยวนำด้วย

5.1.4 ส่วนสร้างสัญญาณควบคุมสัญญาณเอาท์พุท

วงจรส่วนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ NE555 มาต่อเป็นวงจร โมโนสเตเบิลทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมมอเตอร์ให้เกิดการออฟชั่น (โดยปกติมอเตอร์จะนำกระแสอยู่ตลอดเวลาเพื่อต่อวงจรลงกราวด์พลังงานจึงยังเก็บสะสมในขดลวดเหนี่ยวนำต่อไป) ทำให้พลังงานที่เก็บสะสมเอาไว้ในขดลวดเหนี่ยวนำจะถูกถ่ายเทไปเก็บไว้ในตัวเก็บประจุเกิดเป็นค่าแรงดันสูงขึ้น โดยวงจรจะอาศัยสัญญาณขอบขาลงของพัลส์ที่ได้จากวงจรส่วนที่สองเป็นตัวกระตุ้นให้วงจรในส่วนนี้ทำงาน ในช่วงการทำงานก่อนหน้าซึ่งส่วนที่สามจะทำงานในช่วงที่เป็นพัลส์อนของส่วนที่สองเกิดการสะสมพลังงานเอาไว้ในขดลวดเหนี่ยวนำ (มอเตอร์นำกระแสต่อลงกราวด์อยู่) พอมาถึงในส่วนนี้เมื่อมอเตอร์เกิดการออฟชั่นพลังงานที่สะสมเอาไว้จึงถ่ายเทจากขดลวดเหนี่ยวนำมาเก็บสะสมไว้ที่ตัวเก็บประจุได้ และเมื่อมอเตอร์เกิดการนำกระแสอีกครั้งค่าพลังงานทั้งแรงดันและกระแสที่เก็บสะสมเอาไว้ในตัวเก็บประจุนี้ จะเกิดการถ่ายเทออกไปสู่โหลดของวงจรที่เป็นหัวโพรบของอัลตราซาวนด์ได้ โดยสัญญาณเอาท์พุทที่ได้นี้จะมีลักษณะเป็นพัลส์ลบที่มีค่าแรงดันและกระแสสูง (Negative Pulses)

5.1.5 ส่วนสร้างสัญญาณซิงโครนัส

วงจรส่วนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ NE555 มาต่อเป็นวงจร โมโนสเตเบิลเช่นกัน โดยอาศัยสัญญาณจากวงจรในส่วนที่สองมาเป็นสัญญาณกระตุ้นให้วงจรทำงาน วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณเพื่อไปบอกให้เครื่องวัดรู้ว่าในขณะที่วงจรได้ส่งเอาท์พุทออกไปยังหัวโพรบอัลตราซาวนด์แล้ว จึงจะรู้ว่าเวลาใดที่ตัวส่งส่งสัญญาณออกมา เพื่อที่จะทำการตรวจสอบสัญญาณที่วัดได้ตรงกับช่วงที่กำลังวัดด้วย ในช่วงที่ไม่ได้ทำการส่งสัญญาณออกมาอาจมีสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการอื่นๆ เข้ามา ทำให้อาจวัดไม่ตรงจุดที่ต้องการ จึงมีวงจรส่วนนี้ขึ้นมาเพื่อบอกให้รู้ว่าคุณค่าเวลาช่วงใดที่เรากำลังวัดอยู่เพื่อให้

ตรวจสอบได้ถูกต้องด้วย ค่าคาบเวลาการอนของวงจรในส่วนนี้จะเป็นการอนในขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตอยู่ในสภาวะนำกระแสอยู่เลยไปจนถึงช่วงที่เพาเวอร์มอสเฟตเปลี่ยนสถานะเป็นออฟอีกครั้งหนึ่ง

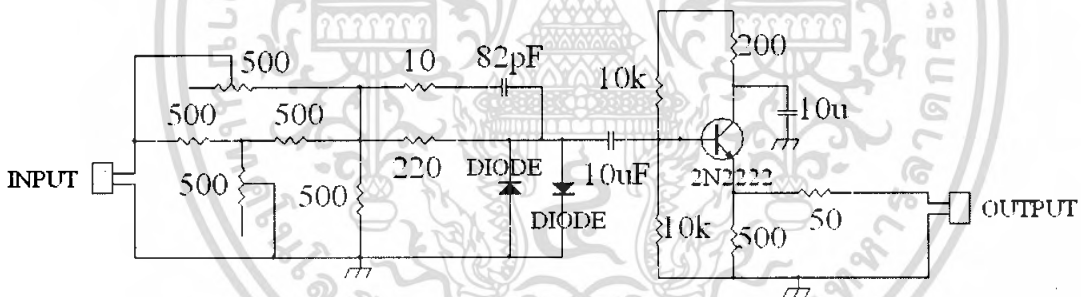
5.2 วงจรให้กำเนิดเอาต์พุตแรงดันสูง

วงจรส่วนที่จะกำเนิดค่าแรงดันสูงนี้ จะใช้สัญญาณจากไอซีซึ่งทำการหน่วงเวลามาแล้วจากส่วนที่สาม มาต่อเข้ากับทรานซิสเตอร์ ในวงจรนี้จะใช้การต่อทรานซิสเตอร์แบบคาลริงตัน เพราะว่กระแสที่ได้จากไอซีเบอร์ NE555 นั้นมีค่าไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้ขับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ให้จ่ายกระแสและแรงดันได้เต็มที่ เมื่อทรานซิสเตอร์นำกระแสแรงดันจากแหล่งจ่ายจะถูกจ่ายให้กับขดลวดเหนี่ยวนำ (ช่วงนี้มอสเฟตมีสถานะออฟอยู่) ทำให้กระแสจะถูกสะสมเอาไว้ในขดลวด และในขณะที่มอสเฟตมีสถานะนำกระแสแล้ว (เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ยังคงนำกระแสอยู่) ค่ากระแสที่สะสมเอาไว้ในขดลวดนี้จะถูกถ่ายเทผ่านไดโอดไปเก็บสะสมไว้ยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต ในรูปแบบของ

$V = L \frac{di}{dt}$ และเนื่องจากการเปลี่ยนสถานะนั้นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วด้วย ทำให้ค่ากระแสและแรงดันที่เกิดขึ้นนี้มีค่าสูงมาก (แต่เป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ) ค่าแรงดันที่เกิดขึ้นนี้จะถูกจำกัดไว้ไม่เกิน 400 โวลต์ โดยต่อซีเนอร์ไดโอดเบอร์ 1N6303 ซึ่งเป็นซีเนอร์ที่ใช้คงค่าระดับแรงดันเอาไว้ จำนวน 2 ตัว (ค่าแรงดันซีเนอร์แต่ละตัวมีค่าเท่ากับ 200 โวลต์) หลังจากนั้นก่อนที่สัญญาณเอาต์พุตจะออกมาจากวงจรจะส่งสัญญาณซิงโครนัสออกไปก่อนเพื่อสื่อสารกับอุปกรณ์วัดตัวอื่นให้รู้ว่า สัญญาณเอาต์พุตจากวงจรกำลังจะถูกส่งออกไปแล้ว เมื่อสัญญาณซิงโครนัสถูกส่งออกมาแล้วสัญญาณเอาต์พุตจะถูกส่งออกมา ซึ่งค่าแรงดันที่ได้จากเอาต์พุตนี้จะมีลักษณะเป็นพัลส์ลบ (negative pulse) เพราะว่ทิศทางของกระแสนั้นจะมีทิศย้อนกลับเข้าไปในวงจรและหัวโพรบอัลตราซาวนด์จะทำงานที่แรงดันมีค่าติดลบด้วย ที่บริเวณเอาต์พุตนี้จะต่อตัวต้านทานปรับค่าได้เอาไว้เพื่อใช้ในการปรับขนาดของสัญญาณ (damping) ให้ได้ตามที่ต้องการ

5.3 วงจรรับสัญญาณพัลส์อัลตราซาวด์

เนื่องจากสัญญาณที่ส่งมาจากหัวโพรบอัลตราซาวด์และเครื่องสร้างสัญญาณพัลส์จะมีทั้งสัญญาณที่ต้องการและไม่ต้องการ ดังนั้นเมื่อผ่านเข้ามาจะต้องทำการตัดสัญญาณแรงดันสูงออกเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายแก่วงจรรับในส่วนอื่นๆ วงจรในส่วนของวงจรตัดสัญญาณแรงดันสูงออกนี้จะใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บเพื่อป้องกันกระแสและแรงดันที่สูงออกได้ส่วนหนึ่งในวงจรส่วนนี้จะมีไดโอดสองตัวต่อกลับข้างและขนานกันอยู่ ต่อเข้ากับบริเวณที่สัญญาณผ่านมากับกราวด์ของวงจร เมื่อมีแรงดันไฟสูงผ่านเข้ามาไดโอดทั้งสองตัวนี้จะฟอร์เวิร์ดไบอัสแรงดันลงกราวด์ทั้งแรงดันทางด้านบวกและทางด้านลบ (ใช้ไดโอดสองตัวต่อกลับข้างขนานกัน) ทำให้เหลือแต่เฉพาะแรงดันค่าน้อยๆ เท่านั้น จากนั้นจะนำไปผ่านวงจรขยายแบบ Common Collector โดยใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ PN2222 ซึ่งวงจรนี้จะมีอัตราขยายเท่ากับ 1 นั่นคือ เป็นวงจรบัฟเฟอร์แทนนั่นเอง เนื่องจากเราต้องการจ่ายกระแสให้กับโหลดและกระแสที่เกิดขึ้นมาพร้อมกับสัญญาณอัลตราซาวด์อาจมีค่าไม่เพียงพอ จึงได้ทำการต่อวงจรบัฟเฟอร์ช่วยในการจ่ายกระแสให้แทน หลังจากผ่านวงจรบัฟเฟอร์แล้วเราต่อเข้ากับวงจรขยายสัญญาณอีกชุดหนึ่ง

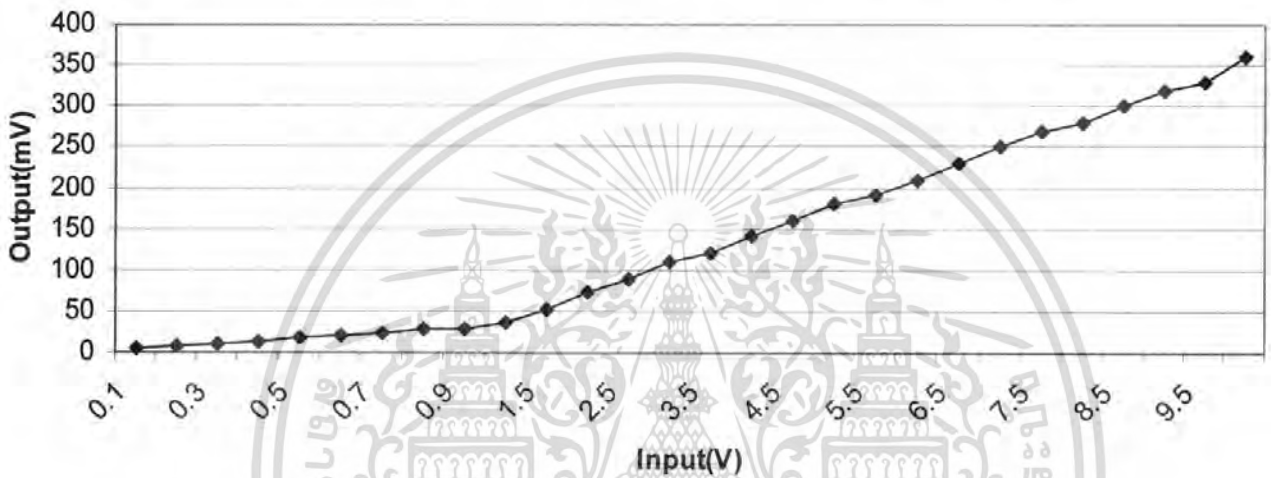


รูปที่ 5.3 วงจรส่วนรับสัญญาณอัลตราซาวด์

บทที่ 6

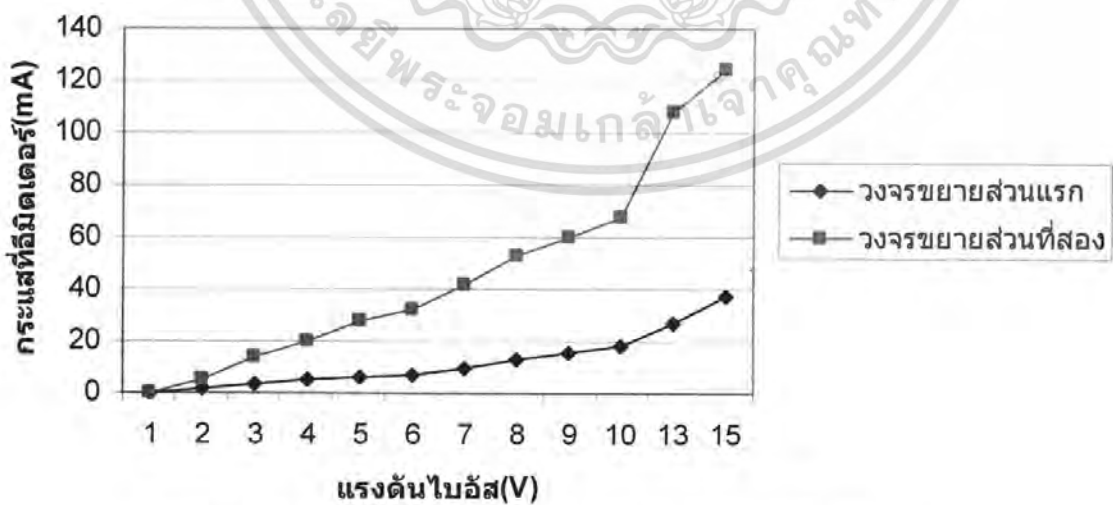
ผลการทดลอง

กราฟแสดงความสัมพันธ์สัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุต



กราฟที่ 6.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์สัญญาณInputต่อสัญญาณOutputของวงจรตัดแรงดันสูง

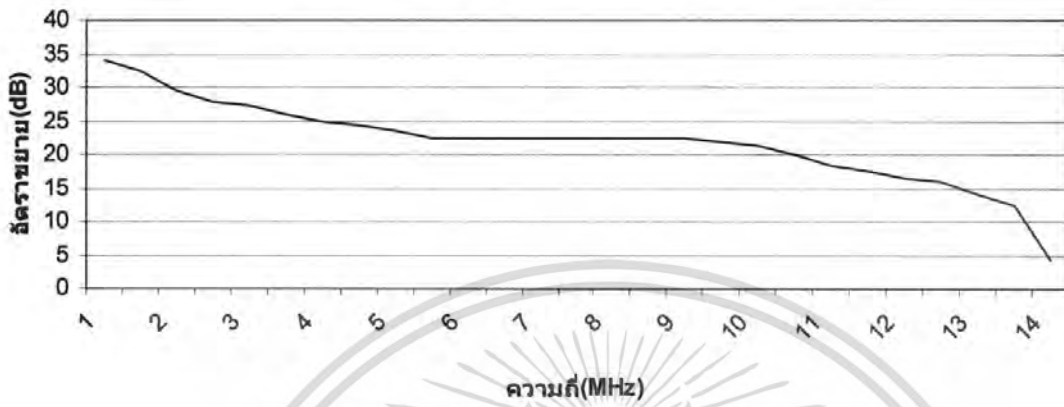
กราฟความสัมพันธ์แรงดันไบอัสกับกระแสที่อิมิตเตอร์



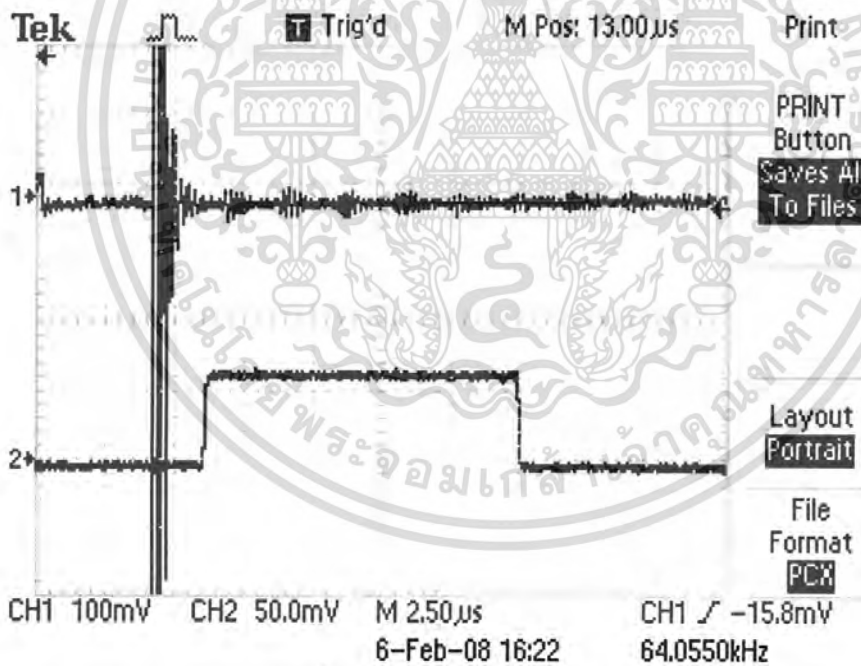
กราฟที่ 6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์แรงดันไบอัสกับกระแสที่ขาEmitter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราขยายกับความถี่



กราฟที่ 6.3 แสดงความสัมพันธ์อัตราขยายกับความถี่ของวงจรขยาย



รูปที่ 6.4 สัญญาณอัตราไชนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองวงจรตัวส่งสัญญาณPulseไปกระตุ้นTransducer ยังมีลักษณะที่ไม่ดีเท่าที่ควรทำให้สัญญาณที่ส่งออกไปมีส่วนของคลื่นที่ไม่ต้องการปนอยู่ด้วย และทำให้การอ่านค่าผิดพลาดไปได้

สัญญาณอัลตราโซนิก เป็นคลื่นความถี่สูงทำให้ในการรับสัญญาณมีสัญญาณรบกวนเข้ามาปะปนเป็นจำนวนมาก ทำให้ข้อมูลที่ได้อาจผิดเพี้ยนไป และวงจรขยายที่ใช้ในนั้นมีการตอบสนองต่อความถี่ที่ไม่ดีเท่าที่ควร เพราะเมื่อความถี่ยิ่งสูงขึ้นสัญญาณก็จะมีค่าลดลง ซึ่งมีสาเหตุมาจากตัวเก็บประจุแฝงในทรานซิสเตอร์เมื่อความถี่สูงขึ้นค่าตัวเก็บประจุก็จะมีผลมากขึ้นทำให้สัญญาณที่ได้มีขนาดเล็กลงดังนั้นข้อมูลที่ส่งมาขยายได้ไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้การอ่านค่าอาจผิดเพี้ยนไปได้

วิธีการแก้ไขคือการสร้างแผ่น PCB ให้มี Ground ที่ใหญ่และส่วนของทองแดงที่นำสัญญาณควรวางอยู่ข้างกับส่วนของGround เพื่อที่สนามแม่เหล็กที่เกิดภายในวงจร จะหักล้างกันออกไป ซึ่งจะทำให้สัญญาณรบกวนลดน้อยลง





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Code มีใช้ในการเขียนโปรแกรมสร้างPulse

```
#include<reg51.h>
#define porta P1
#define NORMAL 1
#define PRESS 0
sbit abc = porta^0;

void delay1(void) // delay 100us
{
    TMOD = 0x21;
    TH0=0xFF;
    TL0=0xA6;
    TF0 = 0;
    TR0= 1 ;
    while (TF0==0);
    TR0=0;
}

void delay2(void) //delay 300us
{
    delay1();
    delay1();
    delay1();
}

void main()
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
while(1)
{
abc=1;
delay(1);

abc=0;
delay(2);
}
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1N/FDLL 914/A/B / 916/A/B / 4148 / 4448



DO-35



LL-34

THE PLACEMENT OF THE EXPANSION GAP
HAS NO RELATIONSHIP TO THE LOCATION
OF THE CATHODE TERMINAL

COLOR BAND MARKING

DEVICE	1ST BAND	2ND BAND
FLL914	BLACK	BROWN
FLL914A	BLACK	GRAY
FLL914B	BROWN	BLACK
FLL916	BLACK	RED
FLL916A	BLACK	WHITE
FLL916B	BROWN	BROWN
FLL4148	BLACK	BROWN
FLL4448	BROWN	BLACK

Small Signal Diode

Absolute Maximum Ratings*

$T_J = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{RRM}	Maximum Repetitive Reverse Voltage	100	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current	200	mA
I_{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current Pulse Width = 1.0 second Pulse Width = 1.0 microsecond	1.0	A
		4.0	A
T_{sto}	Storage Temperature Range	-65 to +200	$^\circ\text{C}$
T_J	Operating Junction Temperature	175	$^\circ\text{C}$

* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 200 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics

Symbol	Characteristic	Max	Units
		1N/FDLL 914/A/B / 4148 / 4448	
P_D	Power Dissipation	500	mW
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	300	$^\circ\text{C/W}$

1N/FDLL 914/A/B / 916/A/B / 4148 / 4448

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Small Signal Diode
(continued)

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

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
V_R	Breakdown Voltage	$I_R = 100 \mu\text{A}$ $I_R = 5.0 \mu\text{A}$	100 75		V V
V_F	Forward Voltage	1N914B/4448 1N916B 1N914/916/4148 1N914A/916A 1N916B 1N914B/4448	620 630	720 730 1.0 1.0 1.0 1.0	mV mV V V V V
I_R	Reverse Current	$V_R = 20 \text{ V}$ $V_R = 20 \text{ V}, T_A = 150^\circ\text{C}$ $V_R = 75 \text{ V}$		25 50 5.0	nA μA μA
C_T	Total Capacitance	1N916A/B/4448 1N914A/B/4148		2.0 4.0	pF pF
t_r	Reverse Recovery Time	$I_F = 10 \text{ mA}, V_R = 6.0 \text{ V (60mA)}$ $I_R = 1.0 \text{ mA}, R_L = 100\Omega$		4.0	ns

Typical Characteristics

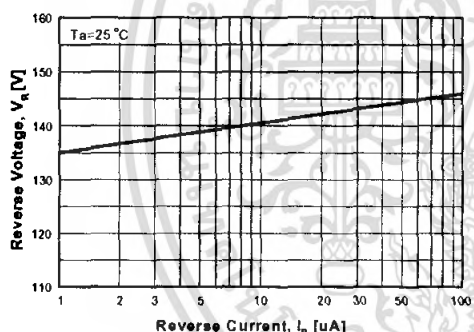


Figure 1. Reverse Voltage vs Reverse Current
BV - 1.0 to 100 μA

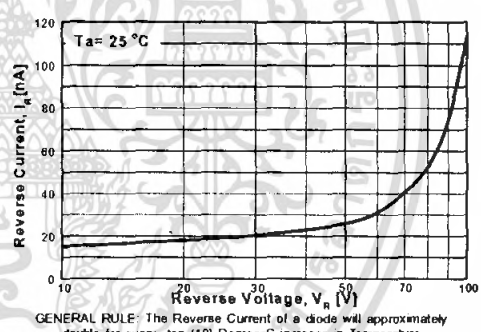


Figure 2. Reverse Current vs Reverse Voltage
IR - 10 to 100 V

GENERAL RULE: The Reverse Current of a diode will approximately double for every ten (10) Degree C increase in Temperature

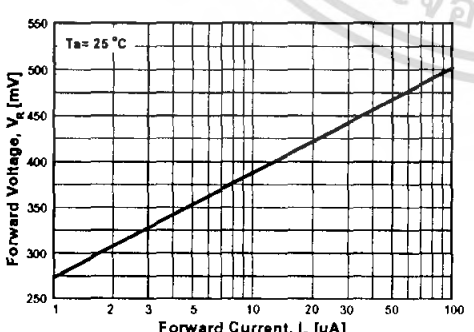


Figure 3. Forward Voltage vs Forward Current
VF - 1 to 100 μA

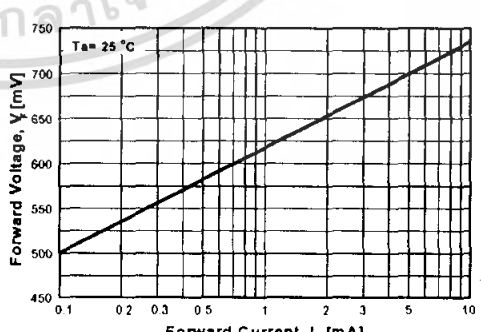


Figure 4. Forward Voltage vs Forward Current
VF - 0.1 to 10 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Small Signal Diode
(continued)

Typical Characteristics (continued)

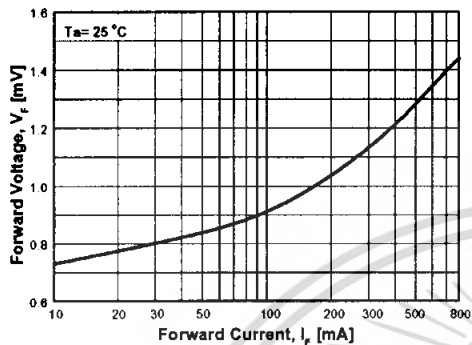


Figure 5. Forward Voltage vs Forward Current
VF - 10 to 800 mA

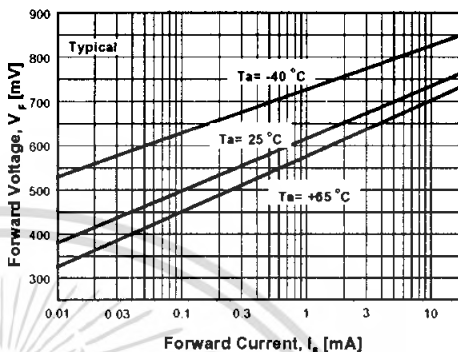


Figure 6. Forward Voltage vs Ambient Temperature
VF - 0.01 - 20 mA (-40 to +65 Deg C)

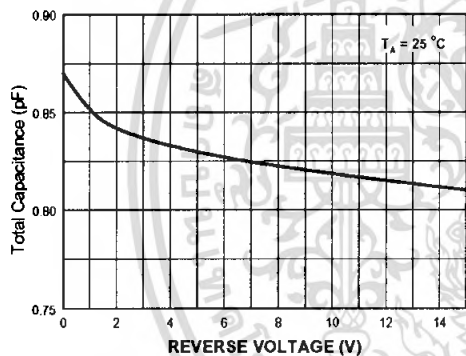


Figure 7. Total Capacitance

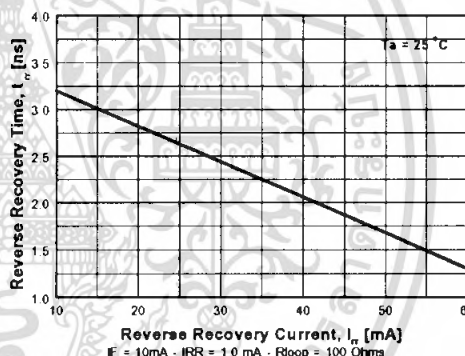


Figure 8. Reverse Recovery Time vs Reverse Recovery Current

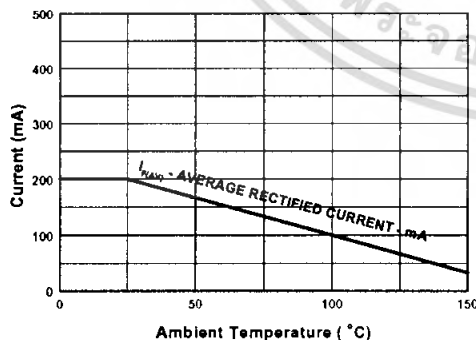


Figure 9. Average Rectified Current ($I_{F(AV)}$) versus Ambient Temperature (T_A)

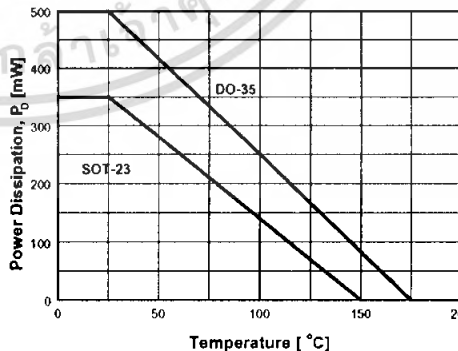


Figure 10. Power Derating Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

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

ACE ^x ™	FAST [®]	MICROWIRE™	SILENT SWITCHER [®]	UHC™
Bottomless™	FAST ^r ™	OPTOLOGIC [®]	SMART START™	UltraFET [®]
CoolFET™	FRFET™	OPTOPLANAR™	SPM™	VCX™
CROSSVOLT™	GlobalOptoisolator™	PACMAN™	STAR*POWER™	
DenseTrench™	GTO™	POP™	Stealth™	
DOMETM	HiSeC™	Power247™	SuperSOT™-3	
EcoSPARK™	PC™	PowerTrench [®]	SuperSOT™-6	
E ² CMOSTM	ISOPLANAR™	QFET™	SuperSOT™-8	
EnSigna™	LittleFET™	QST™	SyncFET™	
FACT™	MicroFET™	QT Optoelectronics™	TinyLogic™	
FACT Quiet Series™	MicroPak™	Quiet Series™	TruTranslation™	

STAR*POWER is used under license

DISCLAIMER

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

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

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

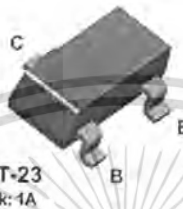
Rev. H5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2N3904



MMBT3904



PZT3904



NPN General Purpose Amplifier

This device is designed as a general purpose amplifier and switch. The useful dynamic range extends to 100 mA as a switch and to 100 MHz as an amplifier.

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

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CE0}	Collector-Emitter Voltage	40	V
V_{CB0}	Collector-Base Voltage	60	V
V_{EB0}	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I_C	Collector Current - Continuous	200	mA
T_J, T_{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max			Units
		2N3904	*MMBT3904	**PZT3904	
P_D	Total Device Dissipation	625	350	1,000	mW
	Derate above 25 $^\circ\text{C}$	5.0	2.8	8.0	mW/ $^\circ\text{C}$
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3			$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	357	125	$^\circ\text{C/W}$

* Device mounted on FR-4 PCB 1.6" X 1.6" X 0.06"

** Device mounted on FR-4 PCB 36 mm X 18 mm X 1.5 mm; mounting pad for the collector lead min. 6 cm².

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NPN General Purpose Amplifier (continued)

Electrical Characteristics

 $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
OFF CHARACTERISTICS					
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 1.0\text{ mA}, I_B = 0$	40		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10\ \mu\text{A}, I_E = 0$	60		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 10\ \mu\text{A}, I_C = 0$	6.0		V
I_{BL}	Base Cutoff Current	$V_{CE} = 30\text{ V}, V_{EB} = 3\text{V}$		50	nA
I_{CEX}	Collector Cutoff Current	$V_{CE} = 30\text{ V}, V_{EB} = 3\text{V}$		50	nA

ON CHARACTERISTICS*

h_{FE}	DC Current Gain	$I_C = 0.1\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$	40	300	
		$I_C = 1.0\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$	70		
		$I_C = 10\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$	100		
		$I_C = 50\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$	60		
		$I_C = 100\text{ mA}, V_{CE} = 1.0\text{ V}$	30		
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{ mA}, I_B = 1.0\text{ mA}$		0.2	V
		$I_C = 50\text{ mA}, I_B = 5.0\text{ mA}$		0.3	V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{ mA}, I_B = 1.0\text{ mA}$	0.65	0.85	V
		$I_C = 50\text{ mA}, I_B = 5.0\text{ mA}$		0.95	V

SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS

f_T	Current Gain - Bandwidth Product	$I_C = 10\text{ mA}, V_{CE} = 20\text{ V},$ $f = 100\text{ MHz}$	300		MHz
C_{obo}	Output Capacitance	$V_{CB} = 5.0\text{ V}, I_E = 0,$ $f = 1.0\text{ MHz}$		4.0	pF
C_{ibo}	Input Capacitance	$V_{EB} = 0.5\text{ V}, I_C = 0,$ $f = 1.0\text{ MHz}$		8.0	pF
NF	Noise Figure	$I_C = 100\ \mu\text{A}, V_{CE} = 5.0\text{ V},$ $R_S = 1.0\text{ k}\Omega, f = 10\text{ Hz to }15.7\text{ kHz}$		5.0	dB

SWITCHING CHARACTERISTICS

t_d	Delay Time	$V_{CC} = 3.0\text{ V}, V_{BE} = 0.5\text{ V},$ $I_C = 10\text{ mA}, I_{B1} = 1.0\text{ mA}$		35	ns
t_r	Rise Time				
t_s	Storage Time	$V_{CC} = 3.0\text{ V}, I_C = 10\text{ mA}$ $I_{B1} = I_{B2} = 1.0\text{ mA}$		200	ns
t_f	Fall Time				

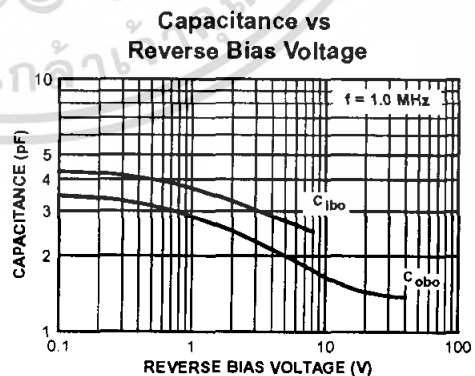
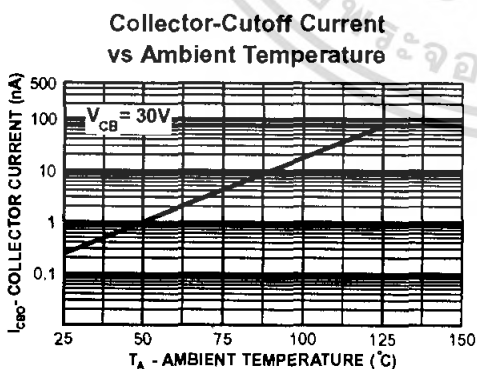
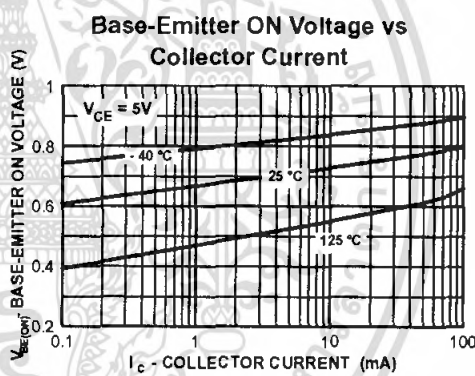
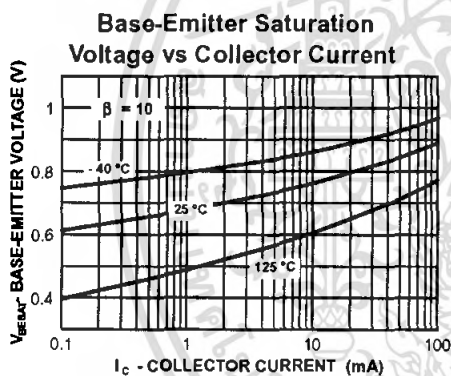
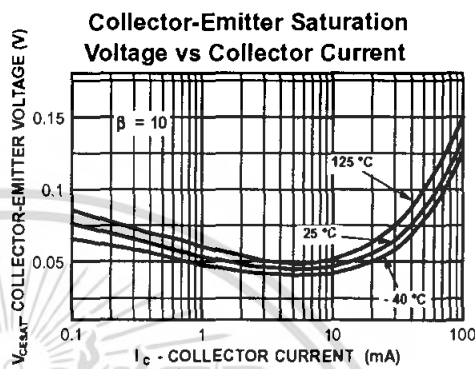
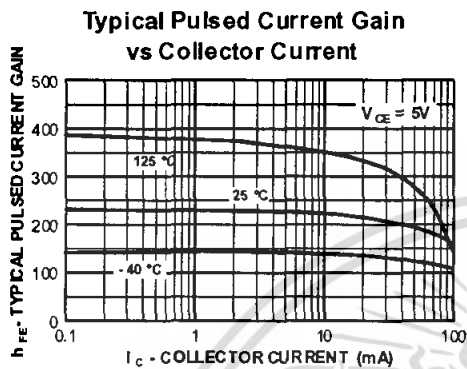
*Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\ \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$

Spice Model

NPN (Is=6.734f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=74.03 Bf=416.4 Ne=1.259 Ise=6.734 Ikf=66.78m Xtb=1.5 Br=.7371 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=1 Cjc=3.638p Mjc=.3085 Vjc=.75 Fc=.5 Cje=4.493p Mje=.2593 Vje=.75 Tr=239.5n Tf=301.2p Itf=.4 Vtf=4 Xtf=2 Rb=10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics

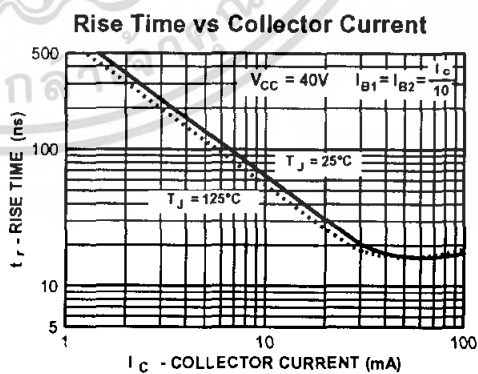
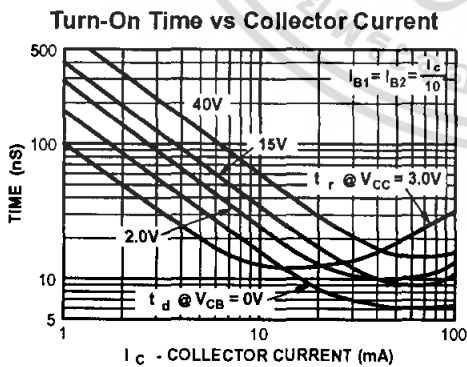
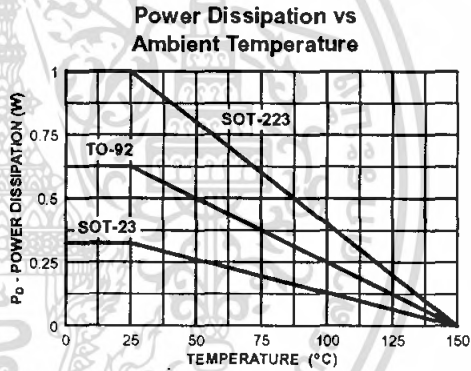
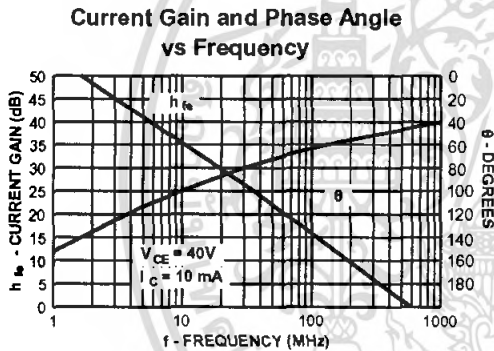
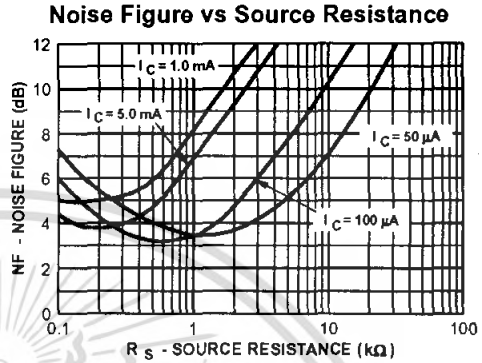
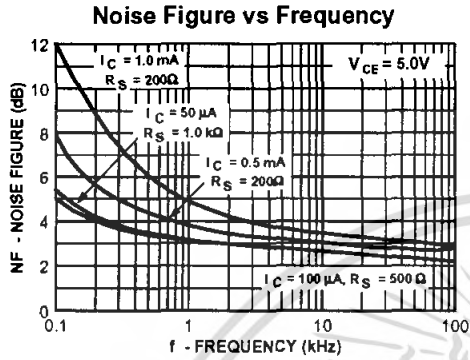


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NPN General Purpose Amplifier
(continued)

2N3904 / MMBT3904 / PZT3904

Typical Characteristics (continued)



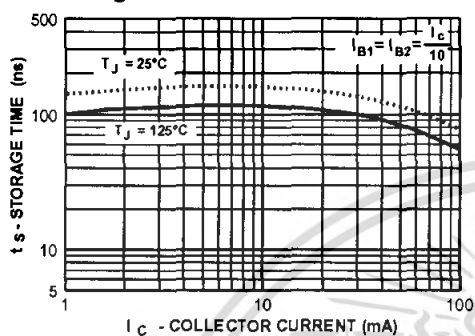
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NPN General Purpose Amplifier
(continued)

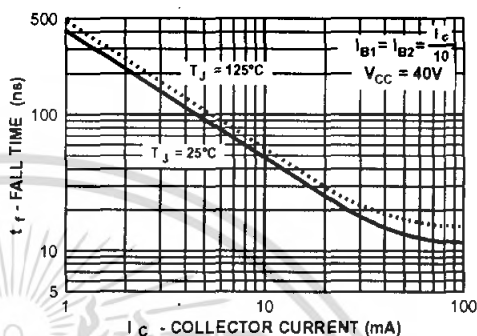
2N3904 / MMBT3904 / PZT3904

Typical Characteristics (continued)

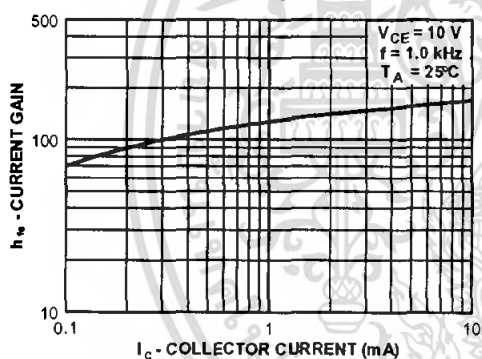
Storage Time vs Collector Current



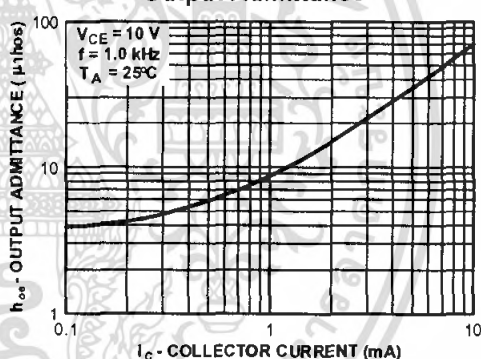
Fall Time vs Collector Current



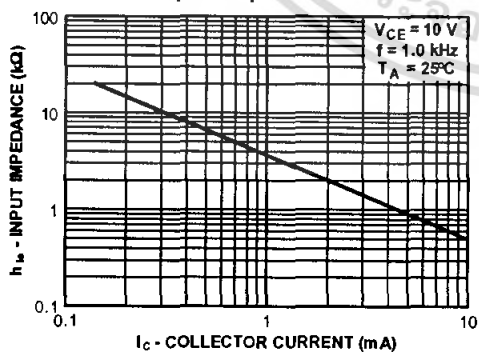
Current Gain



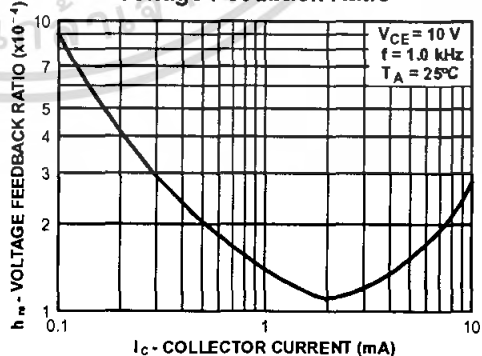
Output Admittance



Input Impedance



Voltage Feedback Ratio



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits

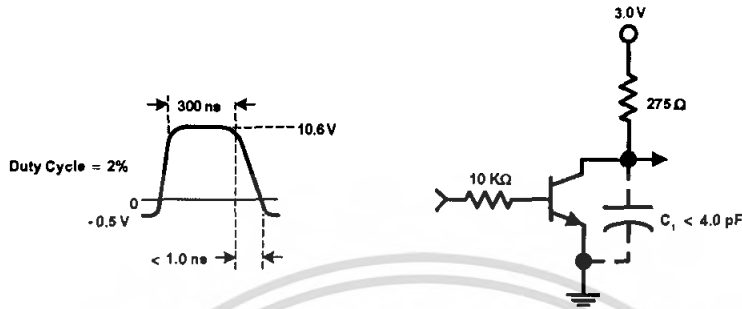


FIGURE 1: Delay and Rise Time Equivalent Test Circuit

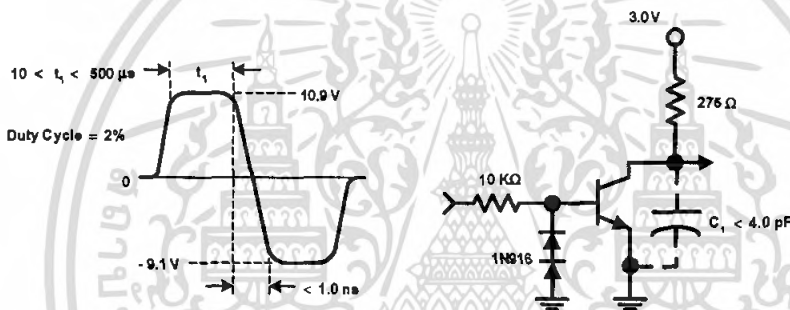


FIGURE 2: Storage and Fall Time Equivalent Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

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

ACEx™	FASTr™	PowerTrench®	SyncFET™
Bottomless™	GlobalOptoisolator™	QFET™	TinyLogic™
CoolFET™	GTO™	QS™	UHC™
CROSSVOLT™	HiSeC™	QT Optoelectronics™	VCX™
DOME™	ISOPLANAR™	Quiet Series™	
E ² CMOS™	MICROWIRE™	SILENT SWITCHER®	
EnSigna™	OPTOLOGIC™	SMART START™	
FACT™	OPTOPLANAR™	SuperSOT™-3	
FACT Quiet Series™	PACMAN™	SuperSOT™-6	
FAST®	POP™	SuperSOT™-8	

DISCLAIMER

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

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

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

Rev G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

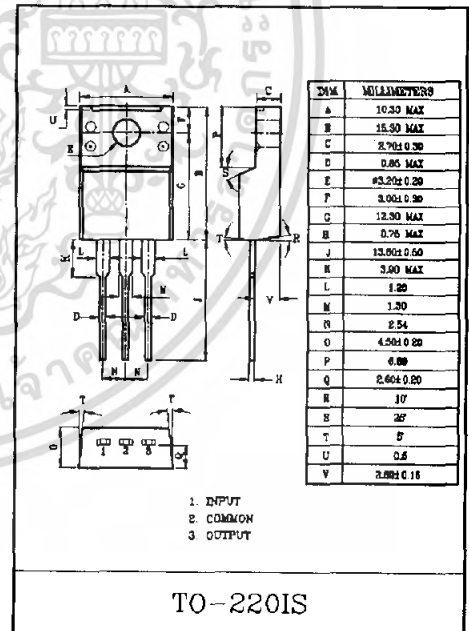
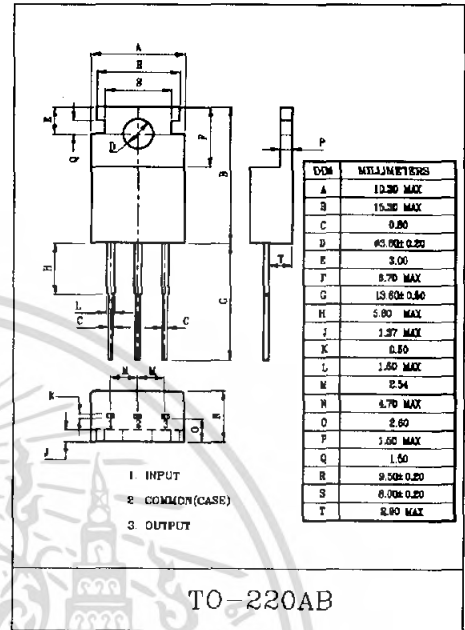
THREE TERMINAL POSITIVE VOLTAGE REGULATORS 5V, 6V, 8V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V, 20V, 24V.

FEATURES

- Suitable for C-MOS, TTL, the Other Digital IC's Power Supply.
- Internal Thermal Overload Protection.
- Internal Short Circuit Current Limiting.
- Output Current in Excess of 1A.
- Satisfies IEC-65 Specification. (International Electrotechnical Commission).

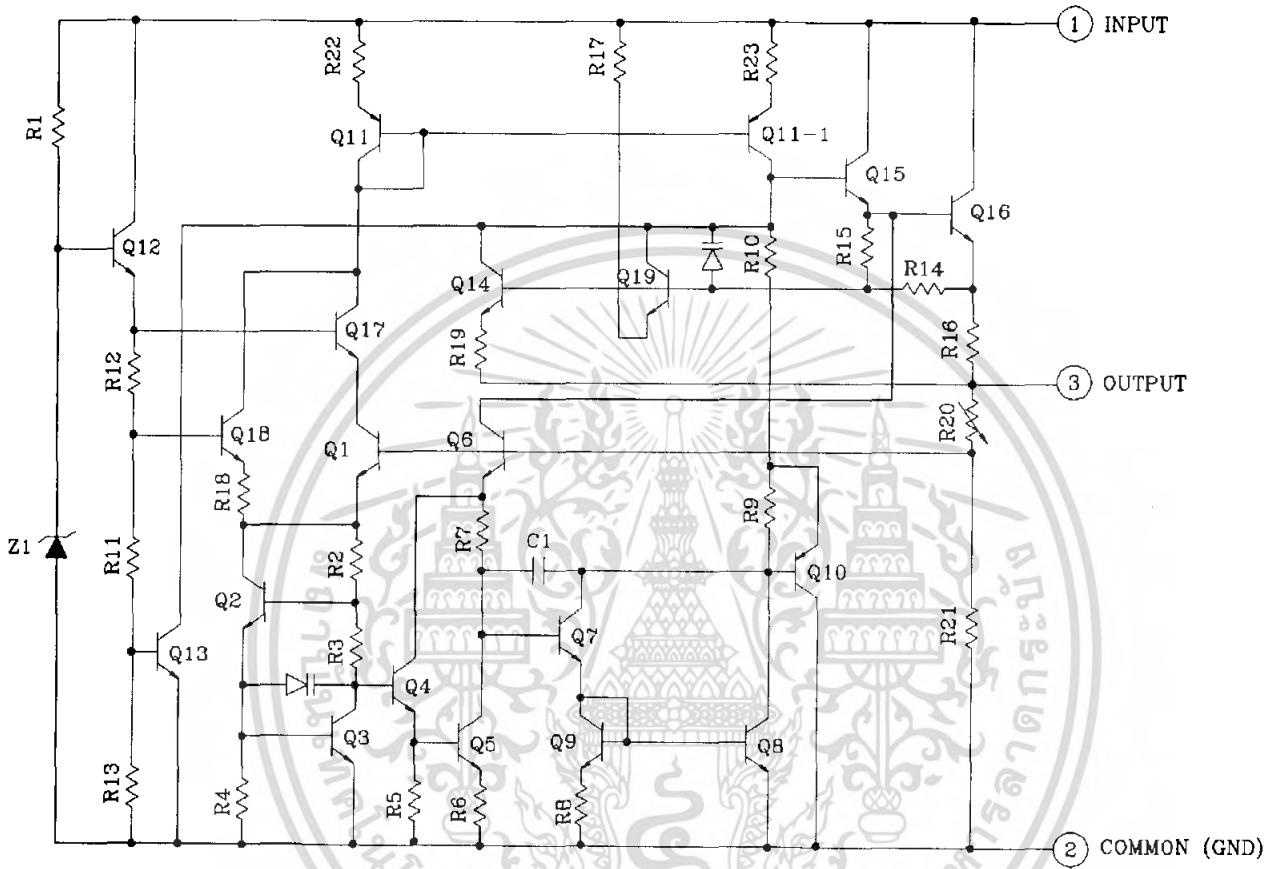
MAXIMUM RATINGS (Ta=25°C)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	RATING	UNIT
Input Voltage	KIA7805AP/API~ KIA7815AP/API	V _{IN}	35	V
	KIA7818AP/API~ KIA7824AP/API		40	
Power Dissipation (Tc=25°C)		P _D	20.8	W
Power Dissipation (Without Heatsink)	KIA7805API~ KIA7824API	P _D	2.0	W
Operating Junction Temperature		T _j	-30~150	°C
Storage Temperature		T _{stg}	-55~150	°C



KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

EQUIVALENT CIRCUIT



KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7805AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=10V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	4.8	5.0	5.2	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_j=25^{\circ}C$	$7.0V \leq V_{IN} \leq 25V$	-	3	100	mV
				$8.0V \leq V_{IN} \leq 12V$	-	1	50	
Load Regulation	Reg load	1	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	15	100	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	5	50	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$7.0V \leq V_{IN} \leq 20V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	4.75	-	5.25	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.2	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$7.0V \leq V_{IN} \leq 25V$	-	-	1.3	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	50	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $8.0V \leq V_{IN} \leq 18V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$	62	78	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	1.6	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-0.6	-	mV/ $^{\circ}C$	

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7806AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=11V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	5.75	6.0	6.25	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_j=25^{\circ}C$	$8.0V \leq V_{IN} \leq 25V$	-	4	120	mV
				$9V \leq V_{IN} \leq 13V$	-	2	60	
Load Regulation	Reg load	1	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	15	120	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	5	60	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$8V \leq V_{IN} \leq 21V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	5.7	-	6.3	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.3	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$8V \leq V_{IN} \leq 25V$	-	-	1.3	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	55	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $9V \leq V_{IN} \leq 19V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$	61	77	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	1.5	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-0.7	-	mV/ $^{\circ}C$	

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7808AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=14V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	7.7	8.0	8.3	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_j=25^{\circ}C$	$10.5V \leq V_{IN} \leq 25V$	-	6	160	mV
				$11V \leq V_{IN} \leq 17V$	-	2	80	
Load Regulation	Reg load	1	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	160	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4	80	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$10.5V \leq V_{IN} \leq 23V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	7.6	-	8.4	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.3	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$10.5V \leq V_{IN} \leq 25V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	70	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $11.5V \leq V_{IN} \leq 21.5V$ $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$	58	74	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	1.1	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-1.0	-	mV/ $^{\circ}C$	

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7809AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=15V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	8.64	9.0	9.36	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_j=25^{\circ}C$	$11.5V \leq V_{IN} \leq 26V$	-	7.0	180	mV
				$13V \leq V_{IN} \leq 19V$	-	2.5	90	
Load Regulation	Reg load	1	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	180	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4.0	90	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$11.5V \leq V_{IN} \leq 26V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	8.55	-	9.45	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.3	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$11.5V \leq V_{IN} \leq 26V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	75	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $12.5V \leq V_{IN} \leq 22.5V$ $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$	56	72	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	1.0	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-1.1	-	mV/ $^{\circ}C$	

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7810AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=16V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	9.6	10.0	10.4	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_j=25^{\circ}C$	$12.5V \leq V_{IN} \leq 27V$	-	8	200	mV
				$14V \leq V_{IN} \leq 20V$	-	2.5	100	
Load Regulation	Reg load	1	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	200	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4	100	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$12.5V \leq V_{IN} \leq 25V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	9.5	-	10.5	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.3	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$12.5V \leq V_{IN} \leq 27V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	80	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $13.5V \leq V_{IN} \leq 23.5V$ $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$	55	72	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	0.9	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-1.3	-	mV/ $^{\circ}C$	

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7812AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=19V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	11.5	12.0	12.5	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_j=25^{\circ}C$	$14.5V \leq V_{IN} \leq 30V$	-	10	240	mV
				$16V \leq V_{IN} \leq 22V$	-	3	120	
Load Regulation	Reg load	1	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	240	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4	120	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$14.5V \leq V_{IN} \leq 27V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	11.4	-	12.6	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.3	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$14.5V \leq V_{IN} \leq 30V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	90	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $15V \leq V_{IN} \leq 25V$ $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$	55	71	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{sc}	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	0.7	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-1.6	-	mV/ $^{\circ}C$	

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7815AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=23V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	14.4	15.0	15.6	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_j=25^{\circ}C$	$17.5V \leq V_{IN} \leq 30V$	-	11	300	mV
				$20V \leq V_{IN} \leq 26V$	-	3	150	
Load Regulation	Reg load	1	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	300	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4	150	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$17.5V \leq V_{IN} \leq 30V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	14.25	-	15.75	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.4	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$17.5V \leq V_{IN} \leq 30V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	110	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $18.5V \leq V_{IN} \leq 28.5V$ $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$	54	70	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	0.5	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-2.0	-	mV/ $^{\circ}C$	

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7818AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=27V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	17.3	18.0	18.7	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_j=25^{\circ}C$	$21V \leq V_{IN} \leq 33V$	-	13	360	mV
				$24V \leq V_{IN} \leq 30V$	-	4	180	
Load Regulation	Reg load	1	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	360	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4	180	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$21V \leq V_{IN} \leq 33V$, $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	17.1	-	18.9	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.5	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$21V \leq V_{IN} \leq 33V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$, $I_{OUT}=50mA$	-	125	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $22V \leq V_{IN} \leq 32V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$	52	68	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	0.4	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-2.5	-	mV/ $^{\circ}C$	

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

KIA7820AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=29V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	19.2	20.0	20.8	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_j=25^{\circ}C$	$23V \leq V_{IN} \leq 35V$	-	15	400	mV
				$26V \leq V_{IN} \leq 32V$	-	5	200	
Load Regulation	Reg load	1	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	400	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4	200	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$23V \leq V_{IN} \leq 35V$ $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	19.0	-	21.0	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.6	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$23V \leq V_{IN} \leq 35V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	135	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $24V \leq V_{IN} \leq 34V$, $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$	50	66	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	0.4	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-3.0	-	mV/ $^{\circ}C$	

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

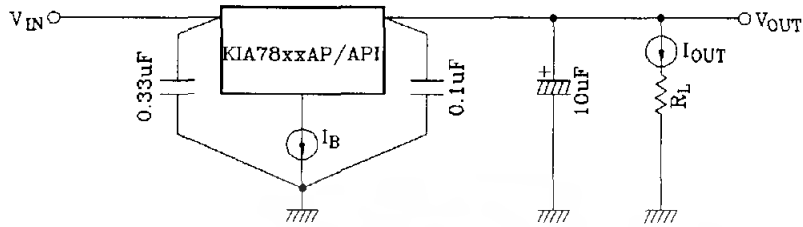
KIA7824AP/API

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=33V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	23.0	24.0	25.0	V	
Input Regulation	Reg line	1	$T_j=25^{\circ}C$	$27V \leq V_{IN} \leq 38V$	-	18	480	mV
				$30V \leq V_{IN} \leq 36V$	-	6	240	
Load Regulation	Reg load	1	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.4A$	-	12	480	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	4	240	
Output Voltage	V_{OUT}	1	$27V \leq V_{IN} \leq 38V$, $5.0mA \leq I_{OUT} \leq 1.0A$, $P_o \leq 15W$	22.8	-	25.2	V	
Quiescent Current	I_B	1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.6	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	1	$27V \leq V_{IN} \leq 38V$	-	-	1.0	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	1	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$ $I_{OUT}=50mA$	-	150	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	1	$f=120Hz$, $28V \leq V_{IN} \leq 38V$ $I_{OUT}=50mA$, $T_j=25^{\circ}C$	50	66	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current	I_{SC}	1	$T_j=25^{\circ}C$	-	0.3	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-3.5	-	mV/ $^{\circ}C$	

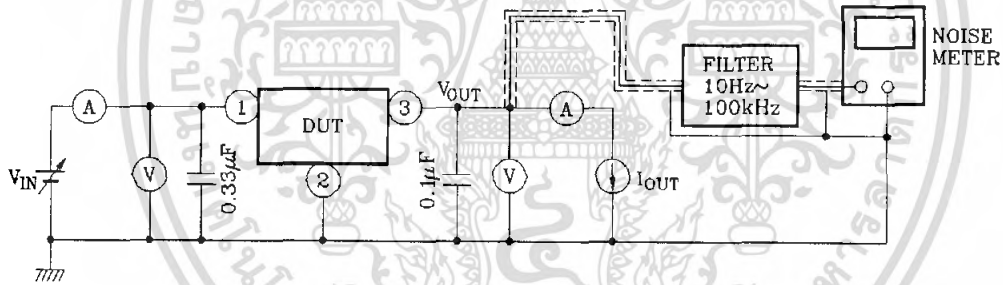
KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

TEST CIRCUIT1/STANDARD APPLICATION CIRCUIT

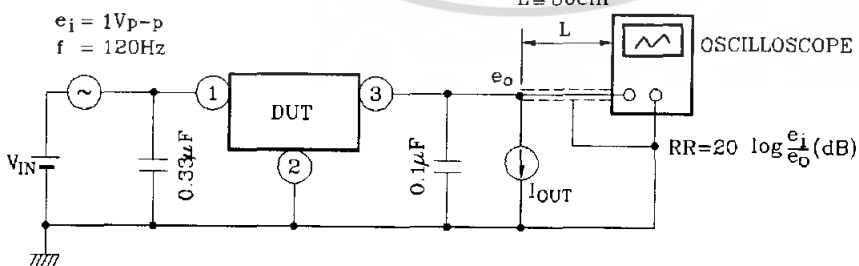


TEST CIRCUIT

1. V_{OUT} , Reg. line, Reg. load, V_{OUT} , I_B , ΔI_B , V_{NO} , $\Delta V_{OUT} / \Delta I_L$, $V_{IN} - V_{OUT}$, TC_{VO}



2. RR

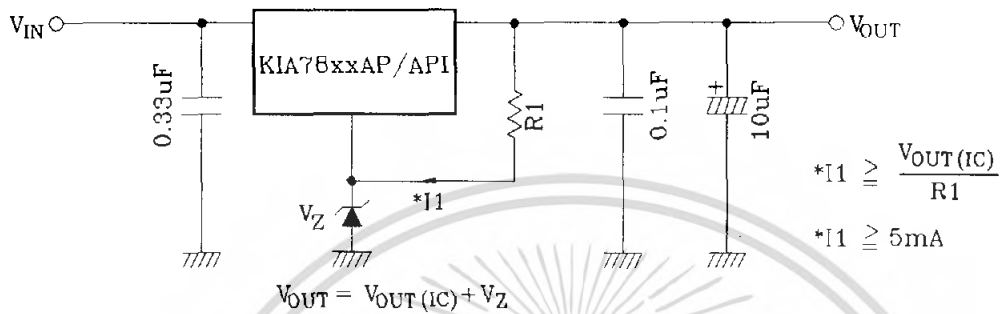


KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

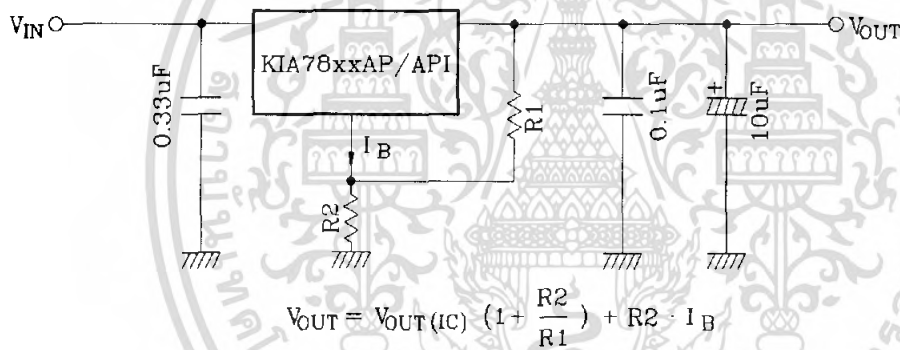
APPLICATION CIRCUIT

(1) VOLTAGE BOOST REGULATOR

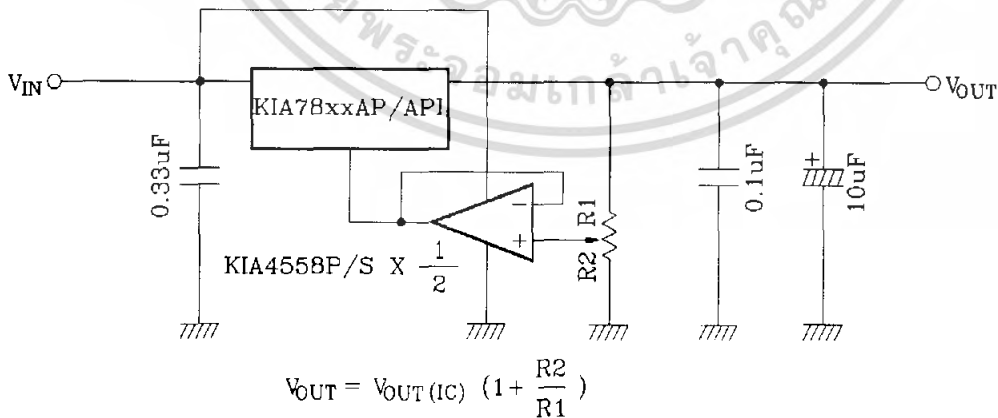
(a) Voltage boost by use of zener diode



(b) Voltage boost by use of resistor

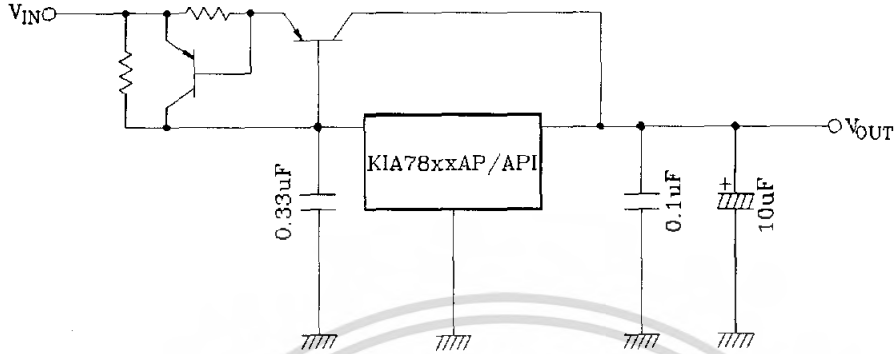


(c) Adjustable output regulator



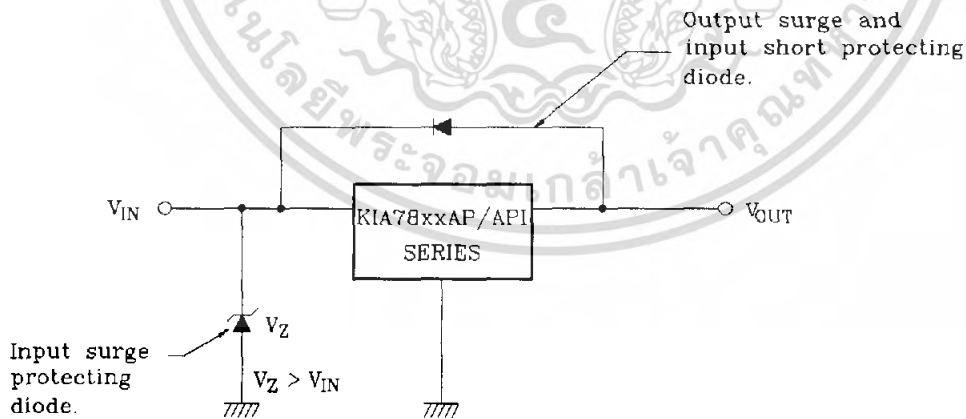
KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API

(2) CURRENT BOOST REGULATOR



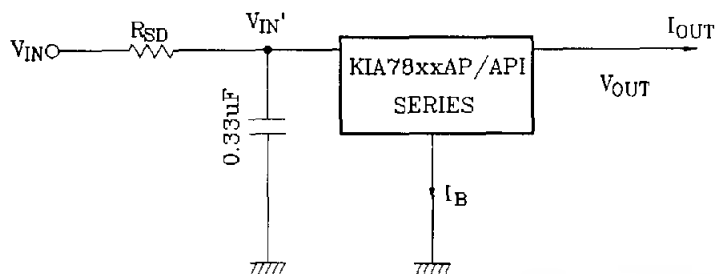
PRECAUTIONS ON APPLICATION

- (1) In regard to GND, be careful not to apply a negative voltage to the input/output terminal. Further, special care is necessary in case of a voltage boost application.
- (2) When a surge voltage exceeding maximum rating is applied to the input terminal or when a voltage in excess of the input terminal voltage is applied to the output terminal, the circuit may be destroyed. Specially, in the latter case, great care is necessary. Further, if the input terminal shorts to GND in a state of normal operation, the output terminal voltage becomes higher than the input voltage (GND potential), and the electric charge of a chemical capacitor connected to the output terminal flows into the input side, which may cause the destruction of circuit. In these cases, take such steps as a zener diode and a general silicon diode are connected to the circuit, as shown in the following figure.



- (3) When the input voltage is too high, the power dissipation of three terminal regulator increase because of series regulator, so that the junction temperature rises. In such a case, it is recommended to reduce the power dissipation by inserting the power limiting resistor R_{SD} in the input terminal, and to reduce the junction temperature as a result.

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API



The power dissipation P_D of IC is expressed in the following equation.

$$P_D = (V_{IN'} - V_{OUT}) \cdot I_{OUT} + V_{IN'} \cdot I_B$$

If $V_{IN'}$ is reduced below the lowest voltage necessary for the IC, the parasitic oscillation will be caused according to circumstances.

In determining the resistance value of R_{SD} , design with margin should be made by making reference to the following equation.

$$R_{SD} < \frac{V_{IN} - V_{IN'}}{I_{OUT} + I_B}$$

(4) Connect the input terminal and GND, and the output terminal and GND, by capacitor respectively. The capacitances should be determined experimentally because they depend on printed patterns. In particular, adequate investigation should be made so that there is no problem even at time of high or low temperature.

(5) Installation of IC for power supply

For obtaining high reliability on the heat sink design of the regulator IC, it is generally required to derate more than 20% of maximum junction temperature ($T_j, MAX.$) Further, full consideration should be given to the installation of IC to the heat sink.

(a) Heat sink design

The thermal resistance of IC itself is required from the viewpoint of the design of elements, but the thermal resistance from the IC package to the open air varies with the contact thermal resistance.

Table 1 shows how much the value of the contact thermal resistance ($\theta_c + \theta_s$) is changed by insulating sheet (mica) and heat sink grease.

TABLE 1.

UNIT: °C/W

PACKAGE	MODEL NO.	TORQUE	MICA	$\theta_c + \theta_s$
TO-220AB	KIA78xxAP	6kg·cm	Not Provided	0.3~0.5(1.5~2.0)
			Provided	2.0~2.5(4.0~6.0)

The figures given in parentheses denote the values at time of no grease.

The package of regulator IC serves as GND, therefore, usually use the value at time of "no mica"

KIA7805AP/API~KIA7824AP/API

(b) Silicon grease

When a circuit not exceeding maximum rating is designed, it is to be desired that the grease should be used if possible. If it is required that the contact thermal resistance is reduced from the view-point of the circuit design, It is recommended that the following methods be adopted.

A: Use Thercon (Fuji High Polymer Kogyo K.K)

B: Use SC101 (Torei Silicon) or G-640 (GE), if grease is used.

(c) Torque

When installing IC on a heat sink or the like, tighten the IC with the torque of less than the rated value. If it is tightened with the torque in excess of the rated value, sometimes the internal elements of the IC are adversely affected. Therefore, great care should be given to the installing operation. Further, if polycarbonate screws are used, the torque causes a change with the passage of time, which may lessen the effect of radiation.

(6) IEC (International Electronical Commission)-65 Specification.

(a) IEC (International Electronical Commission)-65 is the standard, parts testing method, machinery and tools (used in connecting main power directly and indirectly) Which are used at home and general building. The purpose of the above standard is not to breaking out the risk which is related to an electric shock, a heating, a fire and the damage of surrounding parts in the case of normal or abnormal operating.

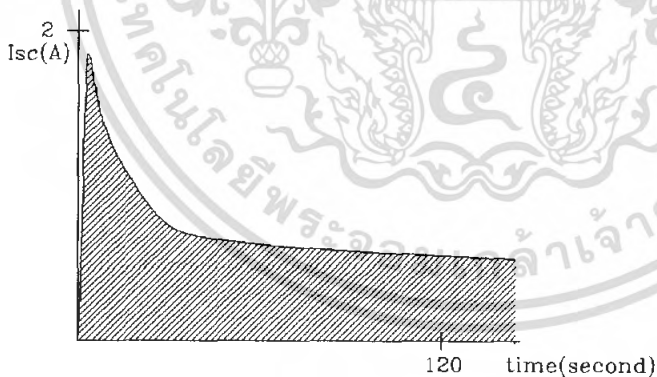
(b) In case temperature is limited by temperature overheating prevention device, fuse or the operation of fuse resistor

One must calculate the temperature of PCB substrate in 2 minute.

$\Delta T \leq 110^\circ\text{C}$ regulated

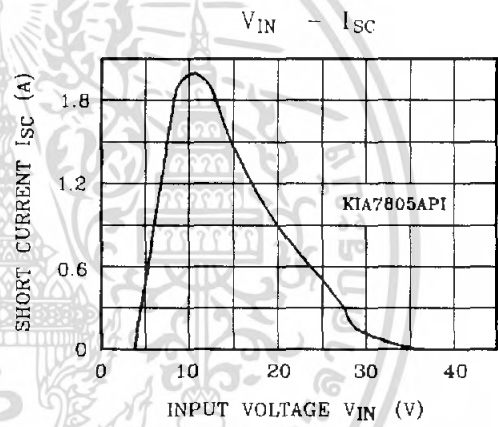
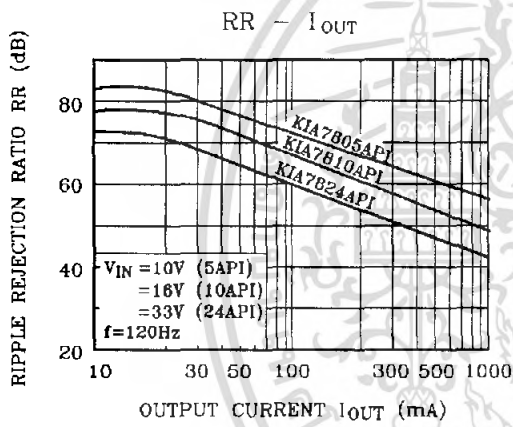
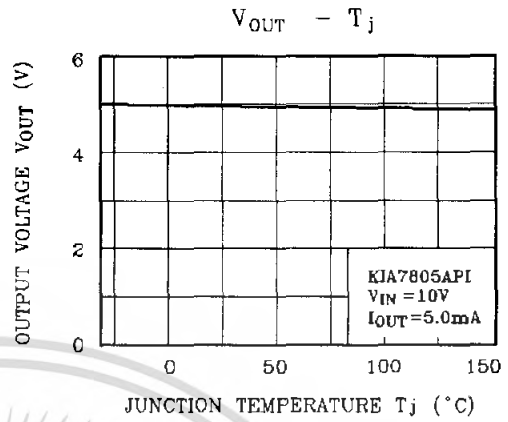
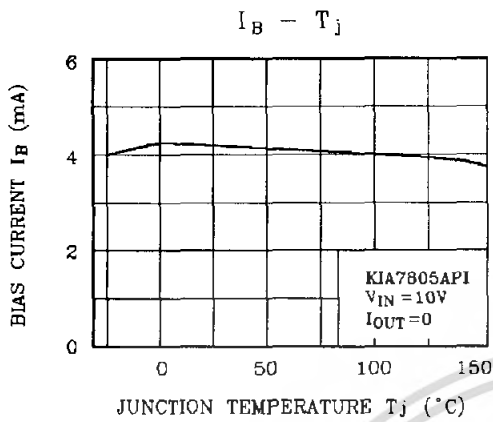
$\Delta T = T(\text{The PCB substrate temperature in 2 minute}) - T_a(\text{Ambient temperature})$

(c) Graph

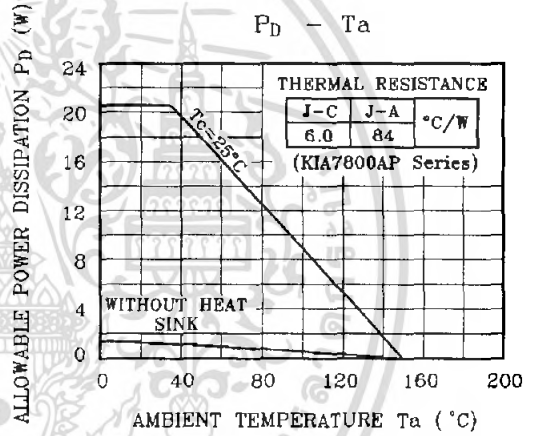
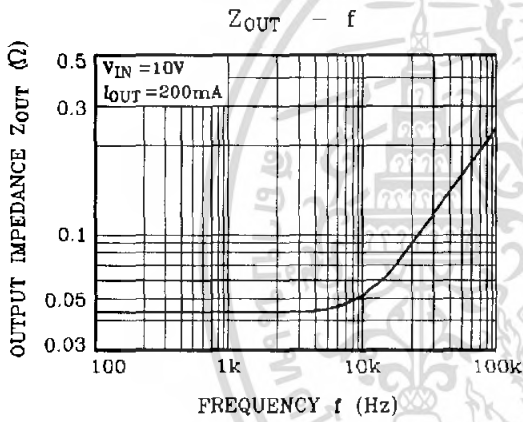
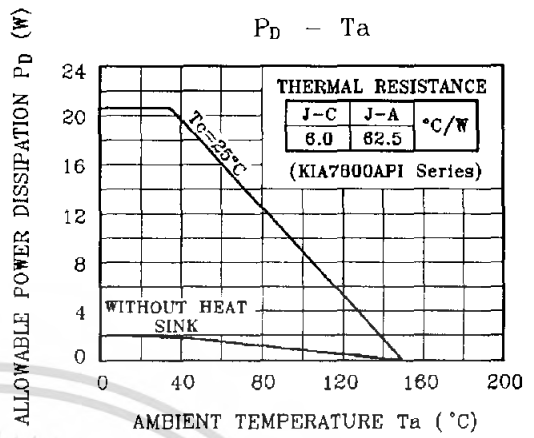
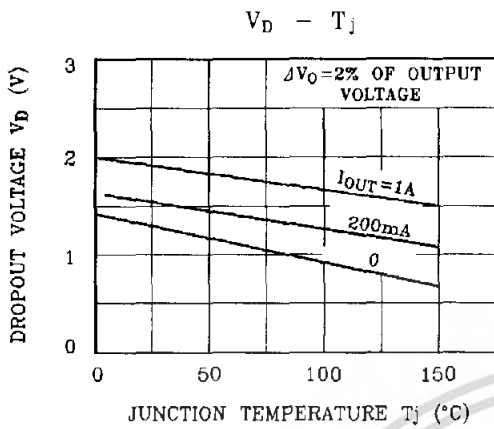


As the territory of the deviant line appear by the heat, as the area is wider, $T(\text{The PCB substrate temperature in 2 minute})$ is becoming high.

KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API



KIA7805AP/API ~ KIA7824AP/API



4.5A, 500V, 1.500 Ohm, N-Channel Power MOSFET

This N-Channel enhancement mode silicon gate power field effect transistor is an advanced power MOSFET designed, tested, and guaranteed to withstand a specified level of energy in the breakdown avalanche mode of operation. All of these power MOSFETs are designed for applications such as switching regulators, switching converters, motor drivers, relay drivers, and drivers for high power bipolar switching transistors requiring high speed and low gate drive power. These types can be operated directly from integrated circuits.

Formerly developmental type TA17415.

Ordering Information

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
IRF830	TO-220AB	IRF830

NOTE: When ordering, include the entire part number.

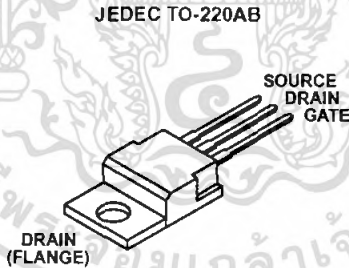
Features

- 4.5A, 500V
- $r_{DS(ON)} = 1.500\Omega$
- Single Pulse Avalanche Energy Rated
- SOA is Power Dissipation Limited
- Nanosecond Switching Speeds
- Linear Transfer Characteristics
- High Input Impedance
- Related Literature
 - TB334 "Guidelines for Soldering Surface Mount Components to PC Boards"

Symbol



Packaging



IRF830

Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

	IRF830	UNITS
Drain to Source Voltage (Note 1)	V_{DS}	500 V
Drain to Gate Voltage ($R_{GS} = 20k\Omega$) (Note 1)	V_{DGR}	500 V
Continuous Drain Current	I_D	4.5 A
$T_C = 100^\circ\text{C}$	I_D	3.0 A
Pulsed Drain Current (Note 3)	I_{DM}	18 A
Gate to Source Voltage	V_{GS}	± 20 V
Maximum Power Dissipation	P_D	75 W
Linear Derating Factor		0.6 $W/^\circ\text{C}$
Single Pulse Avalanche Energy Rating (Note 4)	E_{AS}	300 mJ
Operating and Storage Temperature	T_J, T_{STG}	-55 to 150 $^\circ\text{C}$
Maximum Temperature for Soldering		
Leads at 0.063in (1.6mm) from Case for 10s.	T_L	300 $^\circ\text{C}$
Package Body for 10s, See Techbrief 334	T_{pkg}	260 $^\circ\text{C}$

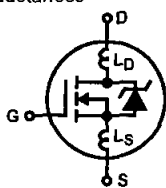
CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

- $T_J = 25^\circ\text{C}$ to 125°C .

Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Drain to Source Breakdown Voltage	BV_{DSS}	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$ (Figure 10)	500	-	-	V	
Gate to Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}, I_D = 250\mu A$	2.0	-	4.0	V	
Zero-Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	$V_{DS} = \text{Rated } BV_{DSS}, V_{GS} = 0V$	-	-	25	μA	
		$V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}, V_{GS} = 0V, T_J = 125^\circ\text{C}$	-	-	250	μA	
On-State Drain Current (Note 2)	$I_{D(ON)}$	$V_{DS} > I_{D(ON)} \times r_{DS(ON)MAX}, V_{GS} = 10V$	4.5	-	-	A	
Gate to Source Leakage	I_{GSS}	$V_{GS} = \pm 20V$	-	-	± 100	nA	
Drain to Source On Resistance (Note 2)	$r_{DS(ON)}$	$V_{GS} = 10V, I_D = 2.5A$ (Figures 8, 9)	-	1.3	1.5	Ω	
Forward Transconductance (Note 2)	g_{fs}	$V_{DS} \geq 10V, I_D = 2.7A$ (Figure 12)	2.5	4.2	-	S	
Turn-On Delay Time	$t_{d(ON)}$	$V_{DD} = 250V, I_D \approx 4.5A, R_G = 12\Omega, R_L = 54\Omega$	-	10	17	ns	
Rise Time	t_r	MOSFET Switching Times are Essentially Independent of Operating Temperature.	-	15	23	ns	
Turn-Off Delay Time	$t_{d(OFF)}$		-	33	53	ns	
Fall Time	t_f		-	16	23	ns	
Total Gate Charge (Gate to Source + Gate to Drain)	$Q_{g(TOT)}$		$V_{GS} = 10V, I_D \approx 4.5A, V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}$ $I_{g(REF)} = 1.5mA$ (Figure 14) Gate Charge is Essentially Independent of Operating Temperature.	-	22	32	nC
Gate to Source Charge	Q_{gs}		-	3.5	-	nC	
Gate to Drain "Miller" Charge	Q_{gd}		-	11	-	nC	
Input Capacitance	C_{ISS}	$V_{GS} = 0V, V_{DS} = 25V, f = 1.0MHz$ (Figure 11)	-	600	-	pF	
Output Capacitance	C_{OSS}		-	100	-	pF	
Reverse-Transfer Capacitance	C_{RSS}		-	20	-	pF	
Internal Drain Inductance	L_D	Measured from the Contact Screw on Tab to Center of Die	Modified MOSFET Symbol Showing the Internal Devices Inductances	-	3.5	-	nH
		Measured from the Drain Lead, 6mm (0.25in) From Package to Center of Die		-	4.5	-	nH
Internal Source Inductance	L_S	Measured from the Source Lead, 6mm (0.25in) From Header to Source Bonding Pad		-	7.5	-	nH
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$			-	-	1.67	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	Free Air Operation	-	-	62.5	$^\circ\text{C/W}$	



IRF830

Source to Drain Diode Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Continuous Source to Drain Current	I_{SD}	Modified MOSFET	-	-	4.5	A
Pulse Source to Drain Current (Note 3)	I_{SDM}	Symbol Showing the Integral Reverse P-N Junction Diode	-	-	18	A
Source to Drain Diode Voltage (Note 2)	V_{SD}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 4.5\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$ (Figure 13)	-	-	1.6	V
Reverse Recovery Time	t_{rr}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 4.5\text{A}$, $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	180	350	760	ns
Reverse Recovered Charge	Q_{RR}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 4.5\text{A}$, $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	0.96	2.2	4.3	μC

NOTES:

2. Pulse test: pulse width $\leq 300\mu\text{s}$, duty cycle $\leq 2\%$.
3. Repetitive rating: pulse width limited by Max junction temperature. See Transient Thermal Impedance curve (Figure 3).
4. $V_{DD} = 50\text{V}$, starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $L = 25\text{mH}$, $R_G = 25\Omega$, peak $I_{AS} = 4.5\text{A}$.

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified

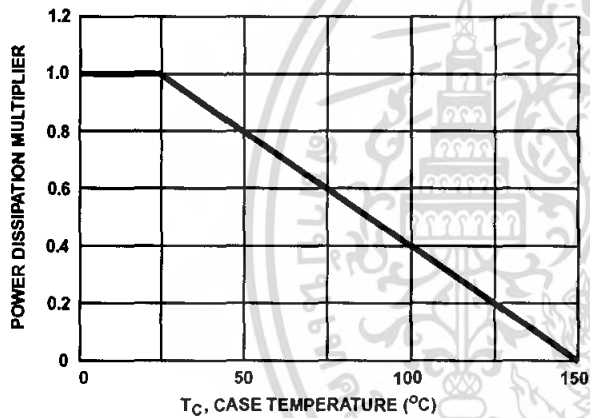


FIGURE 1. NORMALIZED POWER DISSIPATION vs CASE TEMPERATURE

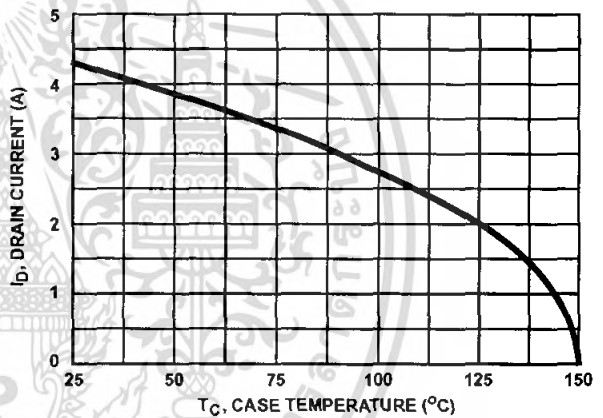


FIGURE 2. MAXIMUM CONTINUOUS DRAIN CURRENT vs CASE TEMPERATURE

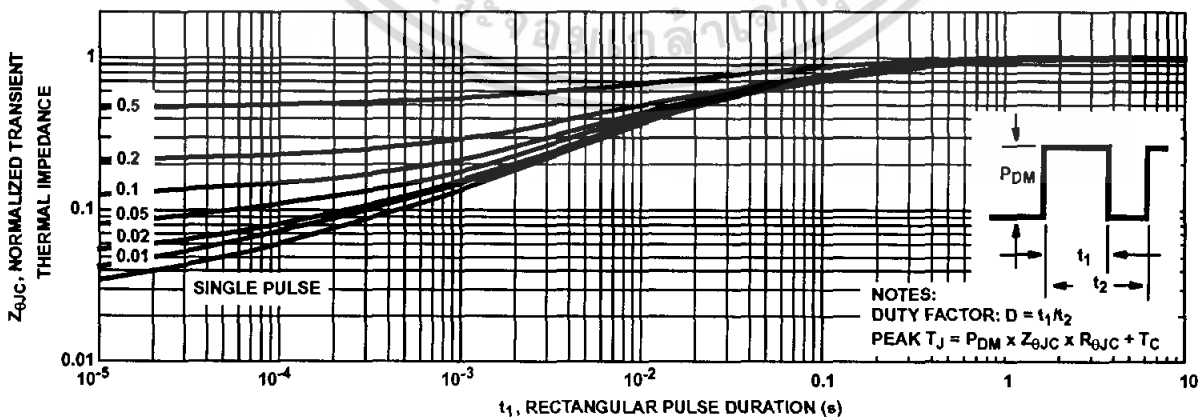


FIGURE 3. NORMALIZED MAXIMUM TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

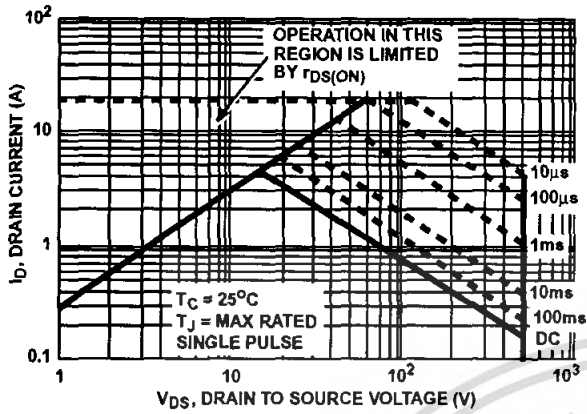


FIGURE 4. FORWARD BIAS SAFE OPERATING AREA

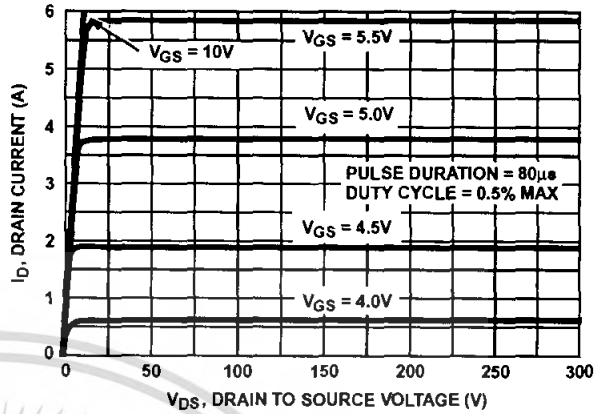


FIGURE 5. OUTPUT CHARACTERISTICS

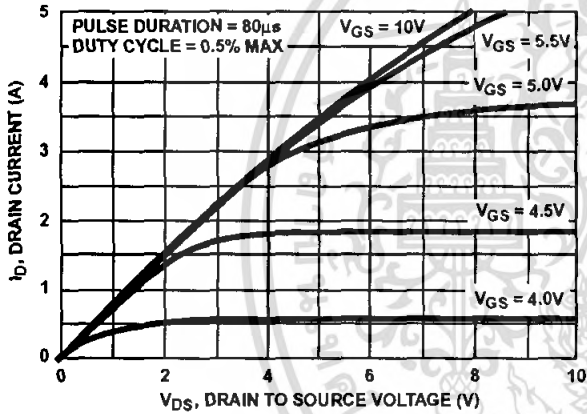


FIGURE 6. SATURATION CHARACTERISTICS

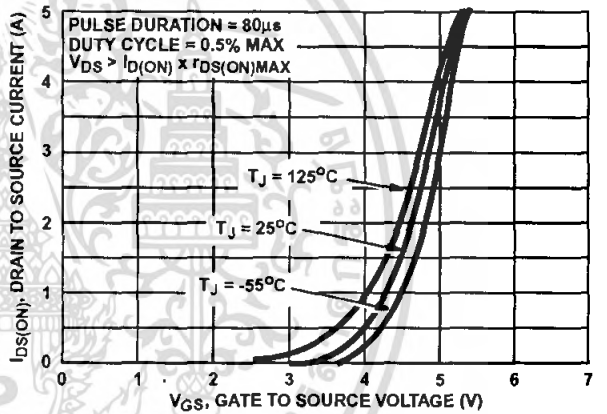


FIGURE 7. TRANSFER CHARACTERISTICS

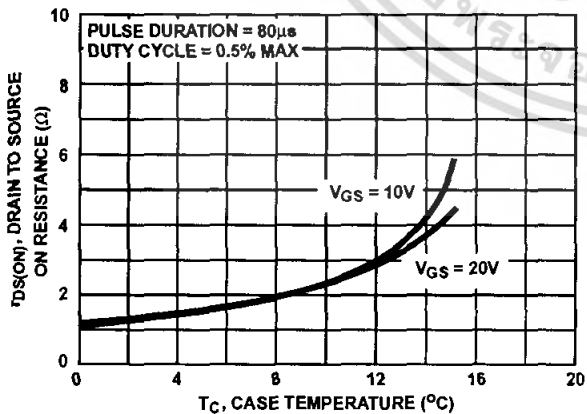


FIGURE 8. DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs GATE VOLTAGE AND DRAIN CURRENT

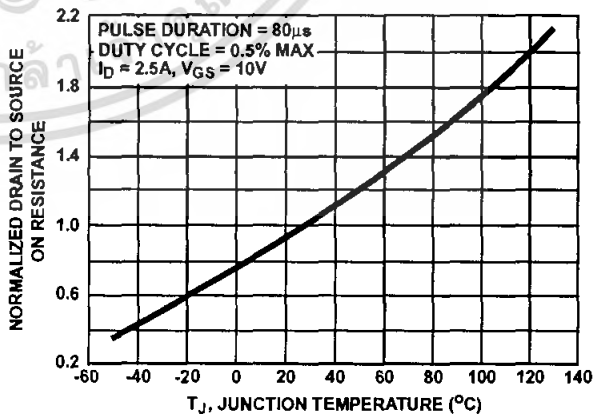


FIGURE 9. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs JUNCTION TEMPERATURE

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

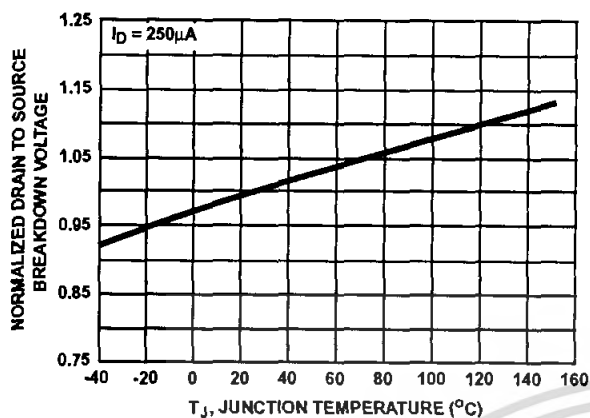


FIGURE 10. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE BREAKDOWN VOLTAGE vs JUNCTION TEMPERATURE

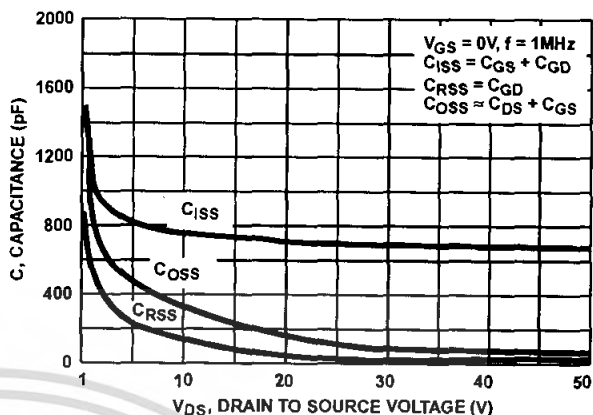


FIGURE 11. CAPACITANCE vs DRAIN TO SOURCE VOLTAGE

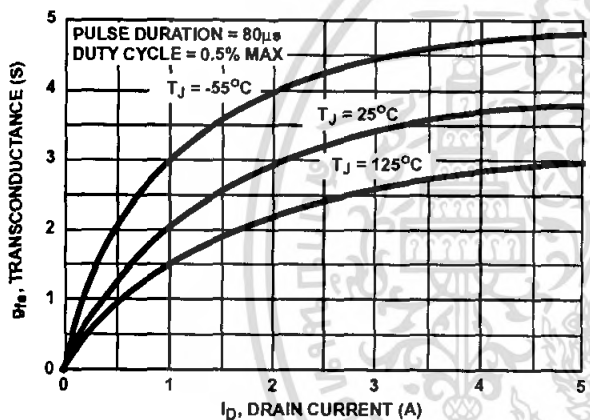


FIGURE 12. TRANSCONDUCTANCE vs DRAIN CURRENT

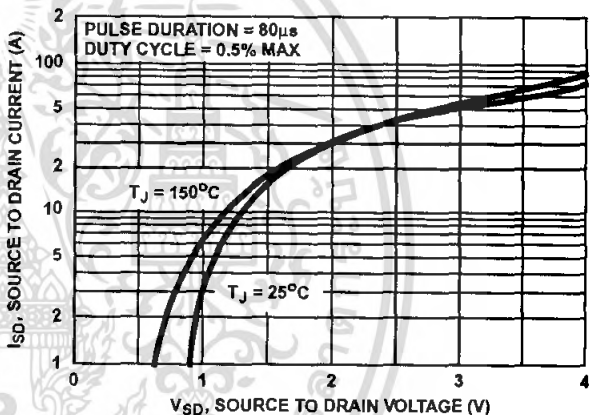


FIGURE 13. SOURCE TO DRAIN DIODE VOLTAGE

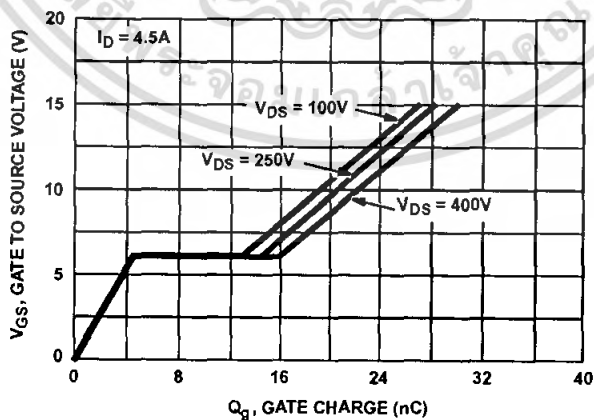


FIGURE 14. GATE TO SOURCE VOLTAGE vs GATE CHARGE

Test Circuits and Waveforms

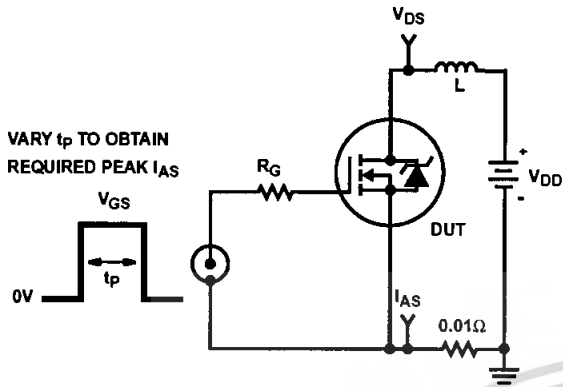


FIGURE 15. UNCLAMPED ENERGY TEST CIRCUIT

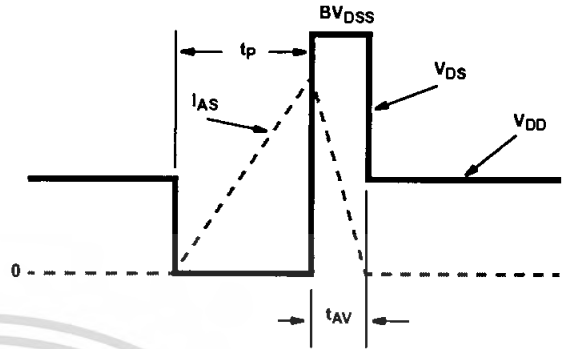


FIGURE 16. UNCLAMPED ENERGY WAVEFORMS

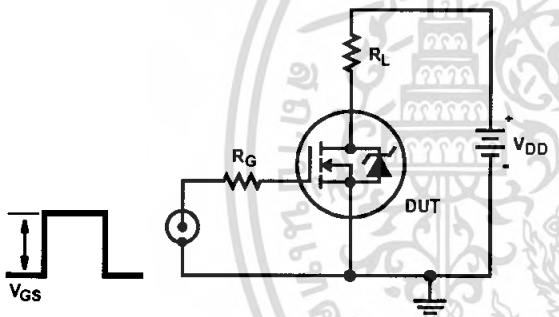


FIGURE 17. SWITCHING TIME TEST CIRCUIT

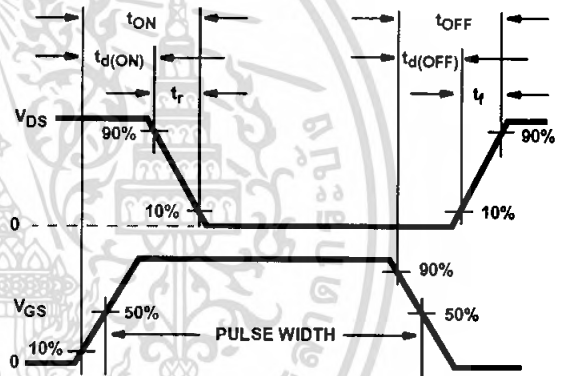


FIGURE 18. RESISTIVE SWITCHING WAVEFORMS

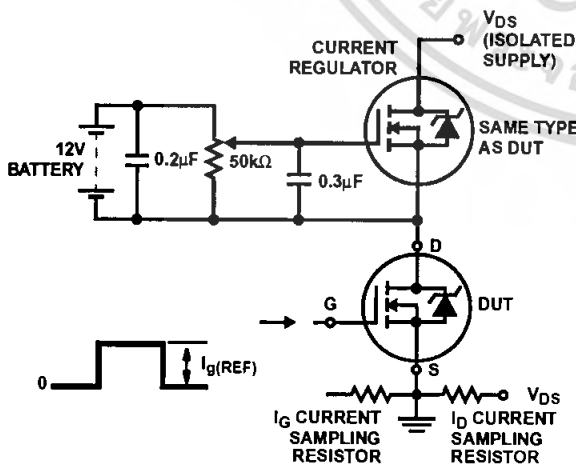


FIGURE 19. GATE CHARGE TEST CIRCUIT

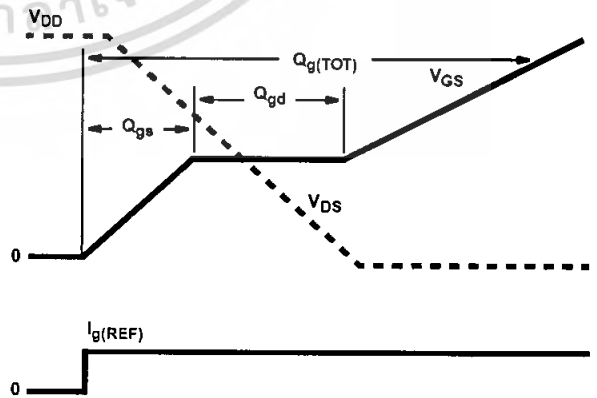


FIGURE 20. GATE CHARGE WAVEFORMS



All Intersil semiconductor products are manufactured, assembled and tested under ISO9000 quality systems certification.

Intersil semiconductor products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use; nor for any infringements 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 Intersil or its subsidiaries.

For information regarding Intersil Corporation and its products, see web site <http://www.intersil.com>

Sales Office Headquarters

NORTH AMERICA

Intersil Corporation
P. O. Box 883, Mail Stop 53-204
Melbourne, FL 32902
TEL: (407) 724-7000
FAX: (407) 724-7240

EUROPE

Intersil SA
Mercure Center
100, Rue de la Fusee
1130 Brussels, Belgium
TEL: (32) 2.724.2111
FAX: (32) 2.724.22.05

ASIA

Intersil (Taiwan) Ltd.
7F-6, No. 101 Fu Hsing North Road
Taipei, Taiwan
Republic of China
TEL: (886) 2 2716 9310
FAX: (886) 2 2715 3029

Copyright © Each Manufacturing Company.

All Datasheets cannot be modified without permission.

This datasheet has been download from :

www.AllDataSheet.com

100% Free DataSheet Search Site.

Free Download.

No Register.

Fast Search System.

www.AllDataSheet.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15A, 400V - 600V Ultrafast Diodes

The MUR1540, MUR1560, RURP1540, and RURP1560 are ultrafast diodes ($t_{rr} < 55ns$) with soft recovery characteristics. They have a low forward voltage drop and are of planar, silicon nitride passivated, ion-implanted, epitaxial construction.

These devices are intended for use as energy steering/clamping diodes and rectifiers in a variety of switching power supplies and other power switching applications. Their low stored charge and ultrafast recovery with soft recovery characteristics minimizes ringing and electrical noise in many power switching circuits, thus reducing power loss in the switching transistor.

Formerly developmental type TA09905.

Ordering Information

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
MUR1540	TO-220AC	MUR1540
RURP1540	TO-220AC	RURP1540
MUR1560	TO-220AC	MUR1560
RURP1560	TO-220AC	RURP1560

NOTE: When ordering, use the entire part number.

Symbol



Features

- Ultrafast with Soft Recovery <55ns
- Operating Temperature 175°C
- Reverse Voltage Up to 600V
- Avalanche Energy Rated
- Planar Construction

Applications

- Switching Power Supply
- Power Switching Circuits
- General Purpose

Packaging



Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ C$, Unless Otherwise Specified

	MUR1540 RURP1540	MUR1560 RURP1560	UNITS
Peak Repetitive Reverse Voltage V_{RRM}	400	600	V
Working Peak Reverse Voltage V_{RWM}	400	600	V
DC Blocking Voltage V_R	400	600	V
Average Rectified Forward Current ($T_C = 145^\circ C$) $I_{F(AV)}$	15	15	A
Repetitive Peak Surge Current (Square Wave 20kHz) I_{FRM}	30	30	A
Nonrepetitive Peak Surge Current (Halfwave 1 Phase 60Hz) I_{FSM}	200	200	A
Maximum Power Dissipation P_D	100	100	W
Avalanche Energy (See Figures 7 and 8) E_{AVL}	20	20	mJ
Operating and Storage Temperature T_{STG}, T_J	-55 to 175	-55 to 175	°C

MUR1540, MUR1560, RURP1540, RURP1560

Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

SYMBOL	TEST CONDITION	MUR1540, RURP1540			MUR1560, RURP1560			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_F	$I_F = 15\text{A}$	-	-	1.25	-	-	1.5	V
	$I_F = 15\text{A}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	1.12	-	-	1.2	V
I_R	$V_R = 400\text{V}$	-	-	100	-	-	-	μA
	$V_R = 600\text{V}$	-	-	-	-	-	100	μA
	$V_R = 400\text{V}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	500	-	-	-	μA
	$V_R = 600\text{V}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	-	-	-	500	μA
t_{rr}	$I_F = 1\text{A}, di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	-	55	-	-	55	ns
	$I_F = 15\text{A}, di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	-	60	-	-	60	ns
t_a	$I_F = 15\text{A}, di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	30	-	-	30	-	ns
t_b	$I_F = 15\text{A}, di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	17	-	-	20	-	ns
$R_{\theta JC}$		-	-	1.5	-	-	1.5	$^\circ\text{C}/\text{W}$

DEFINITIONS

V_F = Instantaneous forward voltage ($p_w = 300\mu\text{s}$, $D = 2\%$).

I_R = Instantaneous reverse current.

t_{rr} = Reverse recovery time at $di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$ (See Figure 6), summation of $t_a + t_b$.

t_a = Time to reach peak reverse current at $di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$ (See Figure 6).

t_b = Time from peak I_{RM} to projected zero crossing of I_{RM} based on a straight line from peak I_{RM} through 25% of I_{RM} (See Figure 6).

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

p_w = pulse width.

D = duty cycle.

Typical Performance Curves

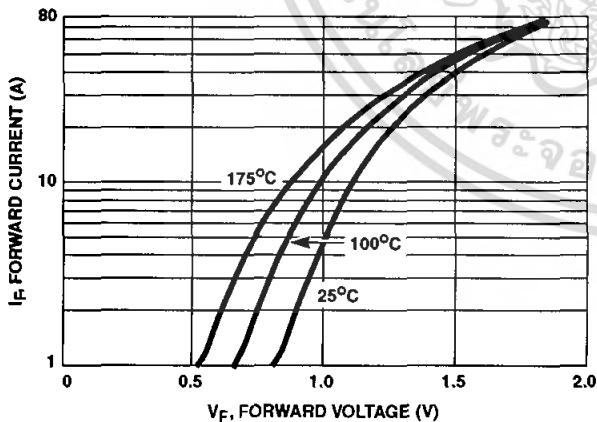


FIGURE 1. FORWARD CURRENT vs FORWARD VOLTAGE

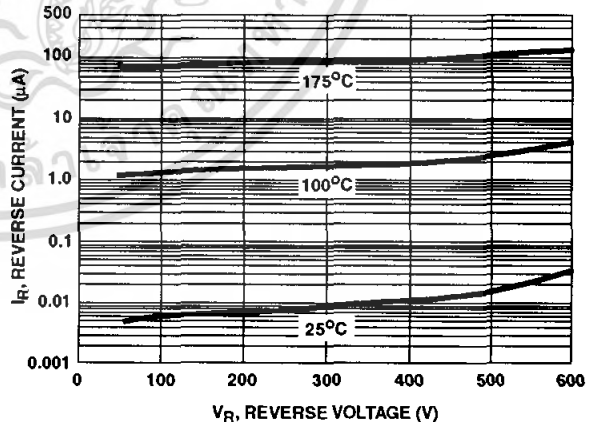


FIGURE 2. REVERSE CURRENT vs REVERSE VOLTAGE

Typical Performance Curves (Continued)

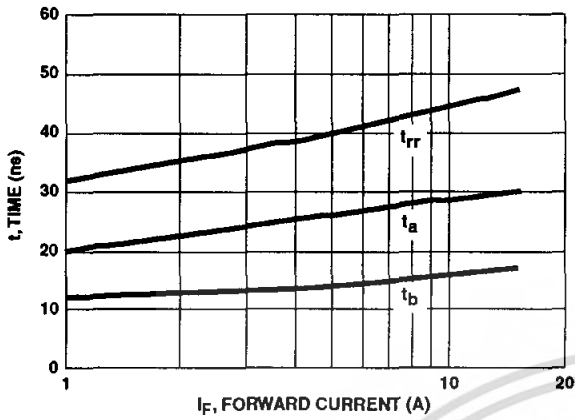


FIGURE 3. t_{rr} , t_a AND t_b CURVES vs FORWARD CURRENT

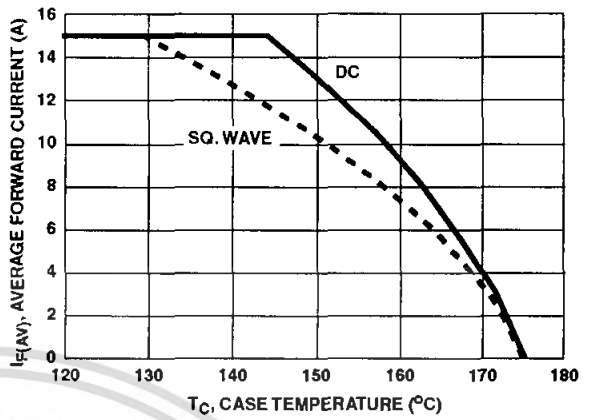


FIGURE 4. CURRENT DERATING CURVE

Test Circuits and Waveforms

V_{GE} AMPLITUDE AND
 R_G CONTROL di_F/dt
 t_1 AND t_2 CONTROL I_F

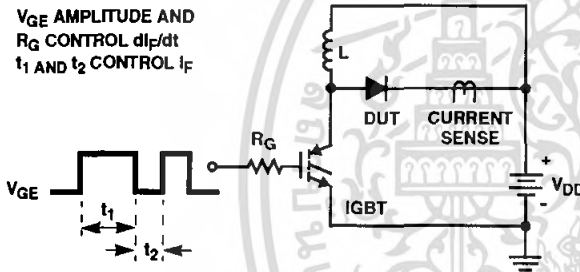


FIGURE 5. t_{rr} TEST CIRCUIT

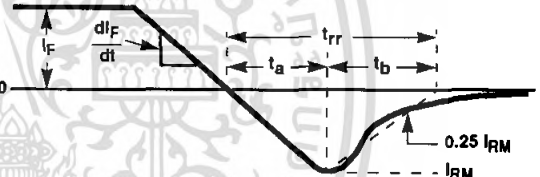


FIGURE 6. t_{rr} WAVEFORMS AND DEFINITIONS

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

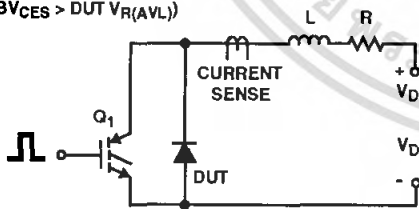


FIGURE 7. AVALANCHE ENERGY TEST CIRCUIT

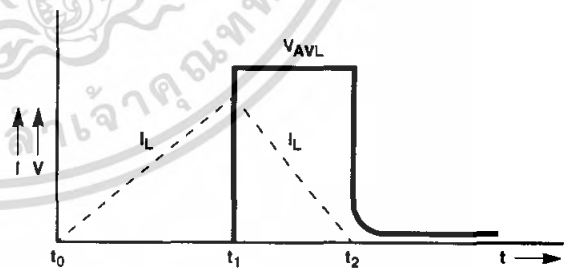


FIGURE 8. AVALANCHE CURRENT AND VOLTAGE WAVEFORMS

TRADEMARKS

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

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

STAR*POWER is used under license

DISCLAIMER

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

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

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

Rev 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

DESCRIPTION

The 555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays, or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA.

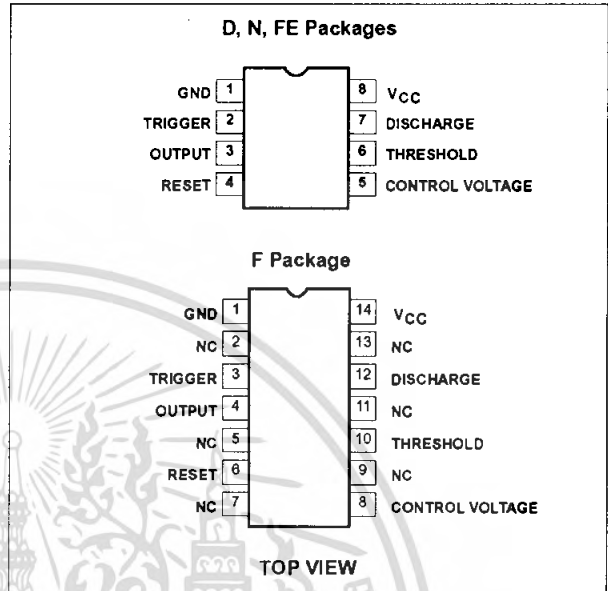
FEATURES

- Turn-off time less than 2µs
- Max. operating frequency greater than 500kHz
- Timing from microseconds to hours
- Operates in both astable and monostable modes
- High output current
- Adjustable duty cycle
- TTL compatible
- Temperature stability of 0.005% per °C

APPLICATIONS

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation

PIN CONFIGURATIONS



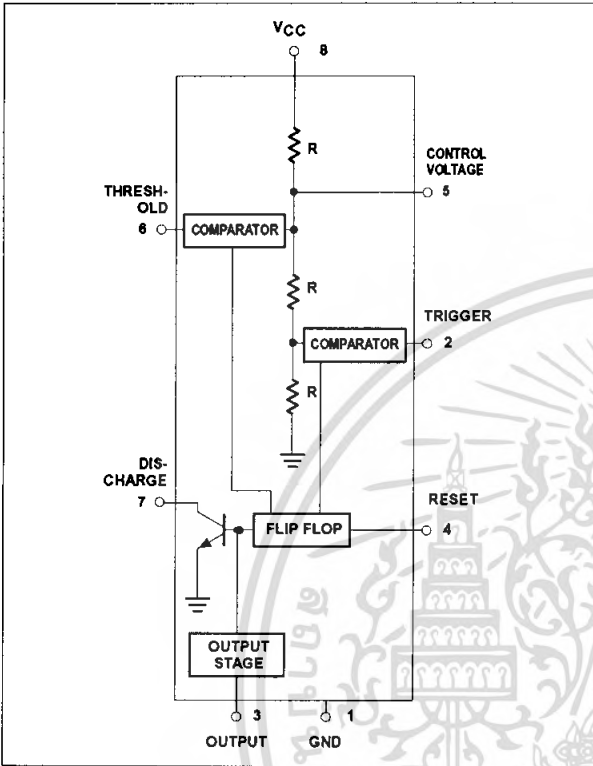
ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70°C	NE555D	0174C
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	NE555N	0404B
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40°C to +85°C	SA555N	0404B
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40°C to +85°C	SA555D	0174C
8-Pin Hermetic Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555CFE	
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55°C to +125°C	SE555CN	0404B
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55°C to +125°C	SE555N	0405B
8-Pin Hermetic Cerdip	-55°C to +125°C	SE555FE	
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	0 to +70°C	NE555F	0581B
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555F	0581B
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555CF	0581B

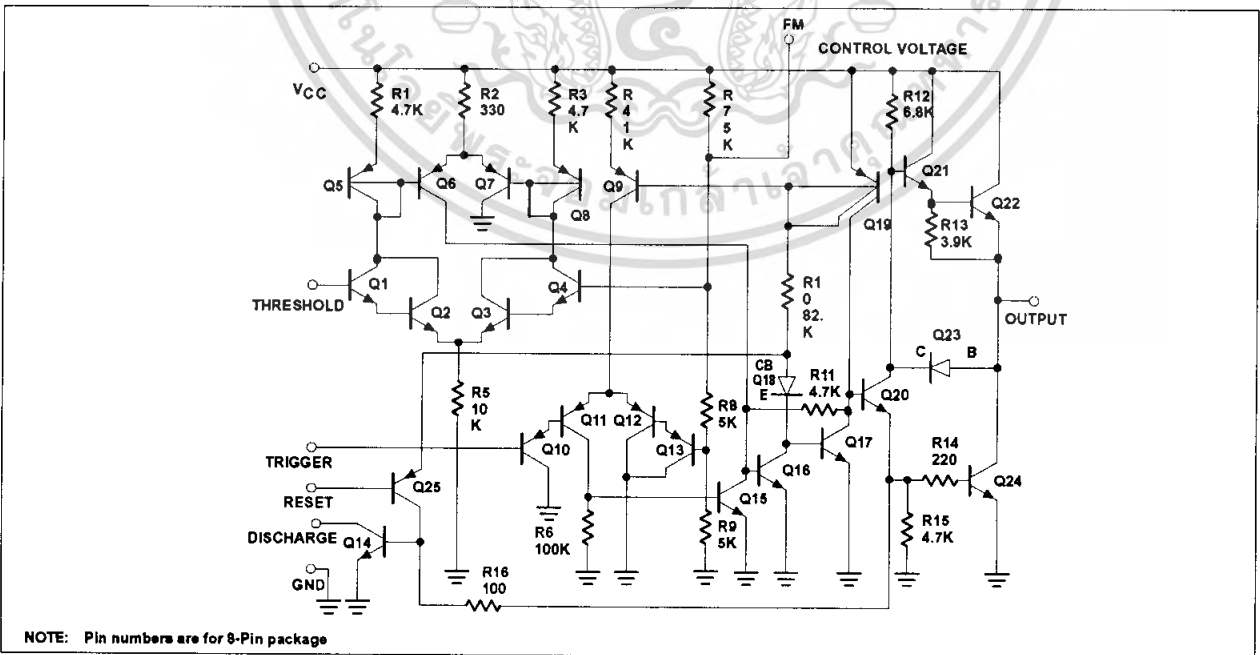
Timer

NE/SA/SE555/SE555C

BLOCK DIAGRAM



EQUIVALENT SCHEMATIC



NOTE: Pin numbers are for 8-Pin package

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V _{CC}	Supply voltage		
	SE555	+18	V
	NE555, SE555C, SA555	+16	V
P _D	Maximum allowable power dissipation ¹	600	mW
T _A	Operating ambient temperature range		
	NE555	0 to +70	°C
	SA555	-40 to +85	°C
	SE555, SE555C	-55 to +125	°C
T _{STG}	Storage temperature range	-65 to +150	°C
T _{SOLD}	Lead soldering temperature (10sec max)	+300	°C

NOTES:

1. The junction temperature must be kept below 125°C for the D package and below 150°C for the FE, N and F packages. At ambient temperatures above 25°C, where this limit would be derated by the following factors:

D package 160°C/W

FE package 150°C/W

N package 100°C/W

F package 105°C/W

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

DC AND AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$ to $+15$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE555			NE555/SE555C			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{CC}	Supply voltage		4.5		18	4.5		16	V
I_{CC}	Supply current (low state) ¹	$V_{CC}=5\text{V}$, $R_L=\infty$ $V_{CC}=15\text{V}$, $R_L=\infty$		3 10	5 12		3 10	6 15	mA mA
t_M	Timing error (monostable)	$R_A=2\text{k}\Omega$ to $100\text{k}\Omega$ $C=0.1\mu\text{F}$		0.5	2.0		1.0	3.0	%
$\Delta t_M/\Delta T$	Initial accuracy ²			30	100		50	150	ppm/°C
$\Delta t_M/\Delta V_S$	Drift with temperature			0.05	0.2		0.1	0.5	%/V
t_A	Timing error (astable)	$R_A, R_B=1\text{k}\Omega$ to $100\text{k}\Omega$ $C=0.1\mu\text{F}$		4	6		5	13	%
$\Delta t_A/\Delta T$	Initial accuracy ²	$V_{CC}=15\text{V}$			500			500	ppm/°C
$\Delta t_A/\Delta V_S$	Drift with temperature			0.15	0.6		0.3	1	%/V
V_C	Control voltage level	$V_{CC}=15\text{V}$ $V_{CC}=5\text{V}$	9.6 2.9	10.0 3.33	10.4 3.8	9.0 2.6	10.0 3.33	11.0 4.0	V V
V_{TH}	Threshold voltage	$V_{CC}=15\text{V}$ $V_{CC}=5\text{V}$	9.4 2.7	10.0 3.33	10.6 4.0	8.8 2.4	10.0 3.33	11.2 4.2	V V
I_{TH}	Threshold current ³			0.1	0.25		0.1	0.25	μA
V_{TRIG}	Trigger voltage	$V_{CC}=15\text{V}$ $V_{CC}=5\text{V}$	4.8 1.45	5.0 1.67	5.2 1.9	4.5 1.1	5.0 1.67	5.6 2.2	V V
I_{TRIG}	Trigger current	$V_{TRIG}=0\text{V}$		0.5	0.9		0.5	2.0	μA
V_{RESET}	Reset voltage ⁴	$V_{CC}=15\text{V}$, $V_{TH}=10.5\text{V}$	0.3		1.0	0.3		1.0	V
I_{RESET}	Reset current	$V_{RESET}=0.4\text{V}$		0.1	0.4		0.1	0.4	mA
	Reset current	$V_{RESET}=0\text{V}$		0.4	1.0		0.4	1.5	mA
V_{OL}	Output voltage (low)	$V_{CC}=15\text{V}$ $I_{SINK}=10\text{mA}$ $I_{SINK}=50\text{mA}$ $I_{SINK}=100\text{mA}$ $I_{SINK}=200\text{mA}$ $V_{CC}=5\text{V}$ $I_{SINK}=8\text{mA}$ $I_{SINK}=5\text{mA}$		0.1 0.4 2.0 2.5	0.15 0.5 2.2 2.5		0.1 0.4 2.0 2.5	0.25 0.75 2.5 2.5	V V V V
V_{OH}	Output voltage (high)	$V_{CC}=15\text{V}$ $I_{SOURCE}=200\text{mA}$ $I_{SOURCE}=100\text{mA}$ $V_{CC}=5\text{V}$ $I_{SOURCE}=100\text{mA}$			12.5 13.0 13.3		12.5 12.75 13.3		V V V
t_{OFF}	Turn-off time ⁵	$V_{RESET}=V_{CC}$		0.5	2.0		0.5	2.0	μs
t_R	Rise time of output			100	200		100	300	ns
t_F	Fall time of output			100	200		100	300	ns
	Discharge leakage current			20	100		20	100	nA

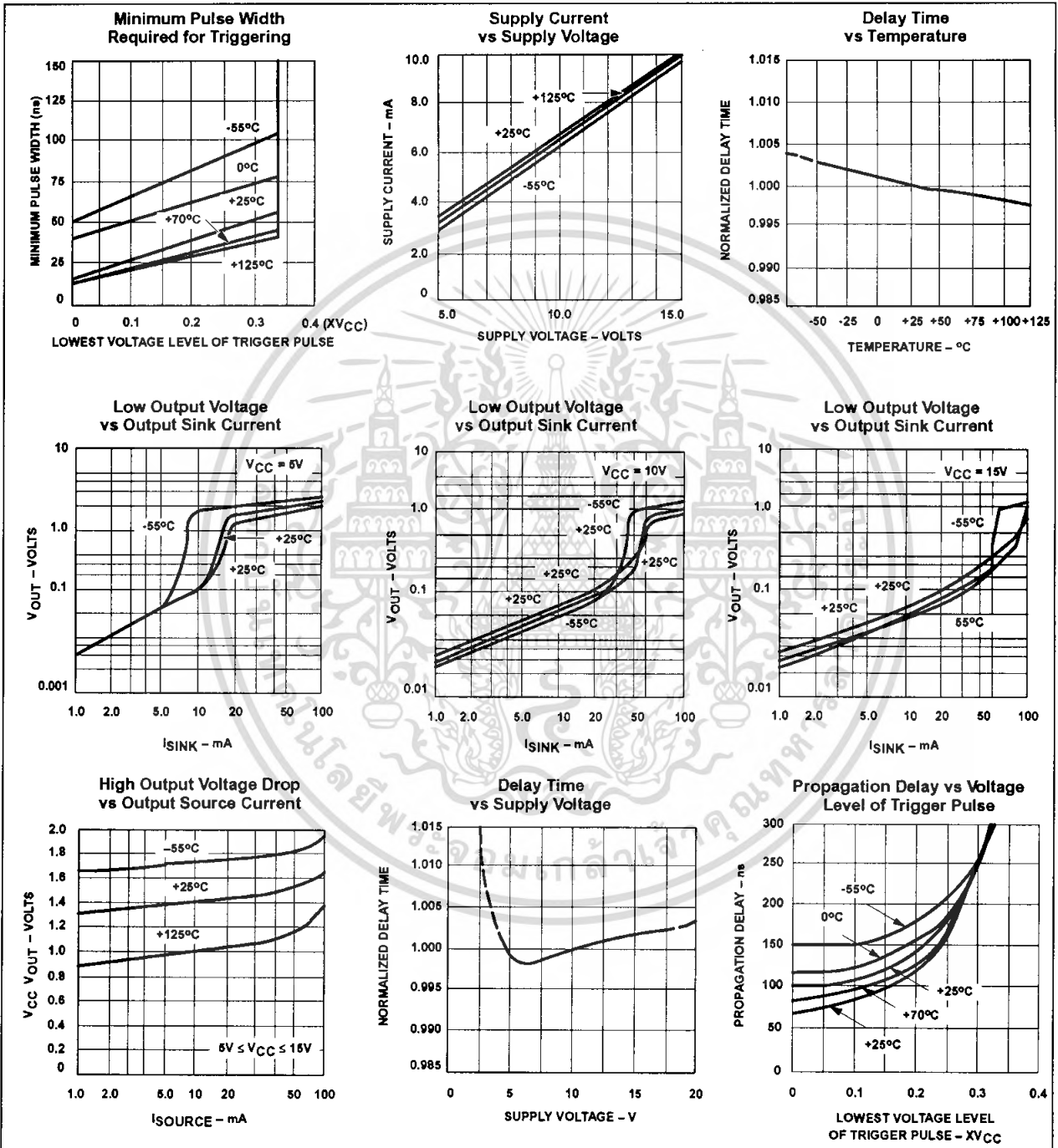
NOTES:

- Supply current when output high typically 1mA less.
- Tested at $V_{CC}=5\text{V}$ and $V_{CC}=15\text{V}$.
- This will determine the max value of R_A+R_B , for 15V operation, the max total $R=10\text{M}\Omega$, and for 5V operation, the max. total $R=3.4\text{M}\Omega$.
- Specified with trigger input high.
- Time measured from a positive going input pulse from 0 to $0.8 \times V_{CC}$ into the threshold to the drop from high to low of the output. Trigger is tied to threshold.

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

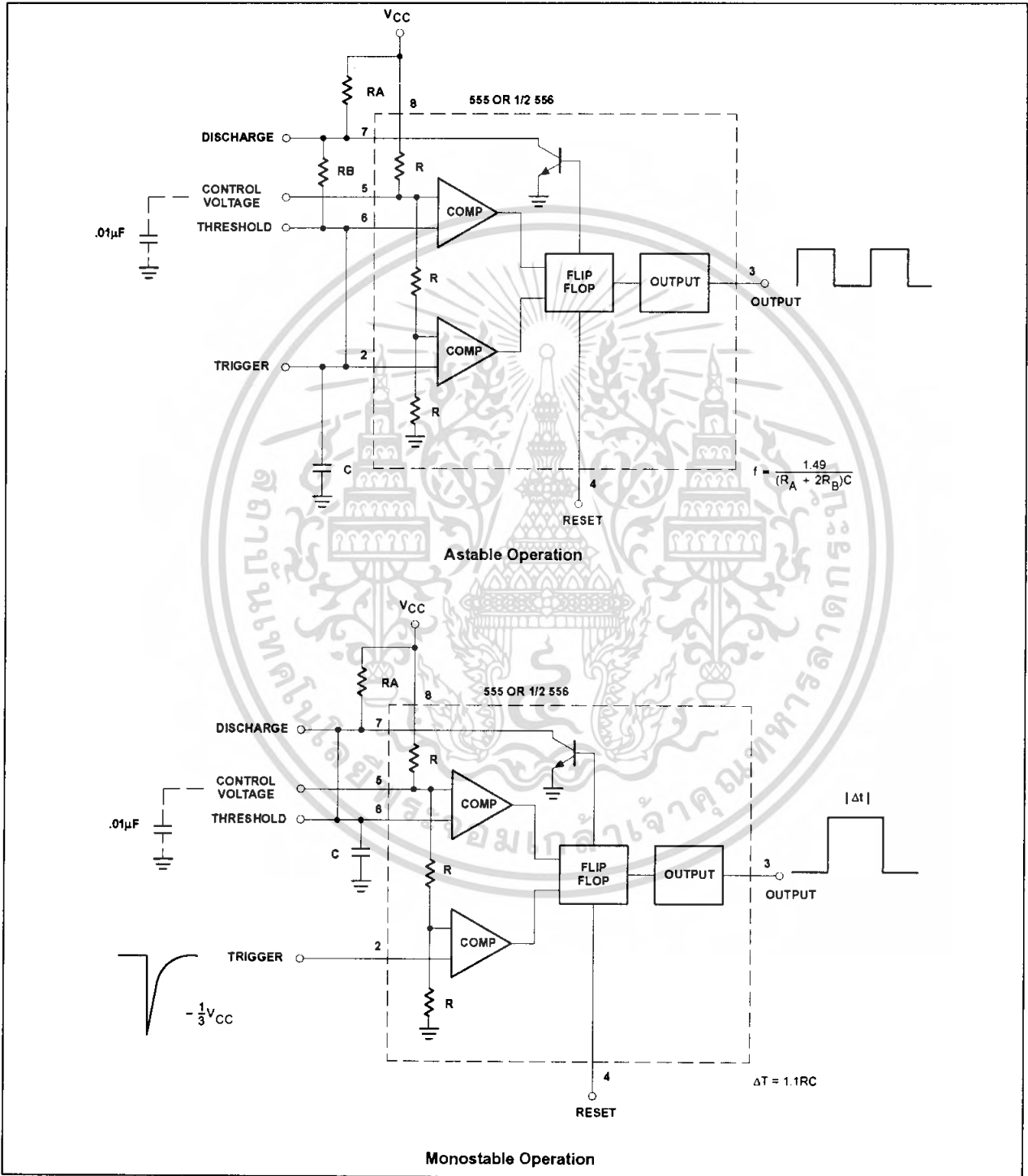
TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



Timer

NE/SA/SE555/SE555C

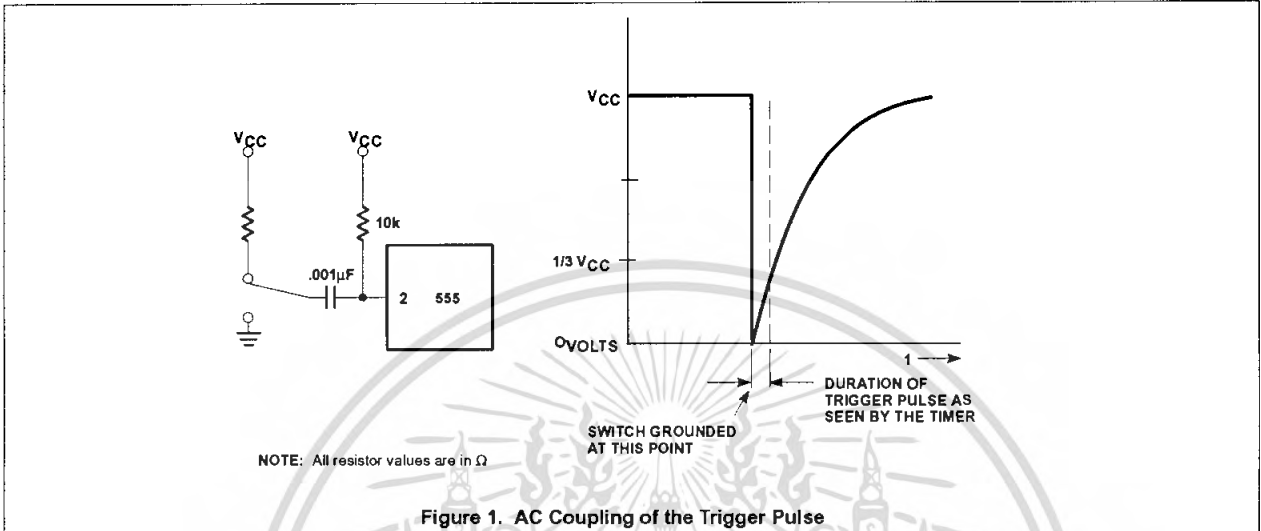
TYPICAL APPLICATIONS



Timer

NE/SA/SE555/SE555C

TYPICAL APPLICATIONS



Trigger Pulse Width Requirements and Time Delays

Due to the nature of the trigger circuitry, the timer will trigger on the negative going edge of the input pulse. For the device to time out properly, it is necessary that the trigger voltage level be returned to some voltage greater than one third of the supply before the time out period. This can be achieved by making either the trigger pulse sufficiently short or by AC coupling into the trigger. By AC coupling the trigger, see Figure 1, a short negative going pulse is achieved when the trigger signal goes to ground. AC coupling is most frequently used in conjunction with a switch or a signal that goes to ground which initiates the timing cycle. Should the trigger be held low, without AC coupling, for a longer duration than the timing cycle the output will remain in a high state for the duration of the low trigger signal, without regard to the threshold comparator state. This is due to the predominance of Q₁₅ on the base of Q₁₆, controlling the state of the bi-stable flip-flop. When the trigger signal then returns to a high level, the output will fall immediately. Thus, the output signal will follow the trigger signal in this case.

Another consideration is the "turn-off time". This is the measurement of the amount of time required after the threshold reaches $2/3 V_{CC}$ to turn the output low. To explain further, Q₁ at the threshold input turns on after reaching $2/3 V_{CC}$, which then turns on Q₅, which turns on Q₆. Current from Q₆ turns on Q₁₆ which turns Q₁₇ off. This allows current from Q₁₉ to turn on Q₂₀ and Q₂₄ to give an output low. These steps cause the $2\mu s$ max. delay as stated in the data sheet.

Also, a delay comparable to the turn-off time is the trigger release time. When the trigger is low, Q₁₀ is on and turns on Q₁₁ which turns on Q₁₅. Q₁₅ turns off Q₁₆ and allows Q₁₇ to turn on. This turns off current to Q₂₀ and Q₂₄, which results in output high. When the trigger is released, Q₁₀ and Q₁₁ shut off, Q₁₅ turns off, Q₁₆ turns on and the circuit then follows the same path and time delay explained as "turn off time". This trigger release time is very important in designing the trigger pulse width so as not to interfere with the output signal as explained previously.

6A Single High-Speed, CMOS Power MOSFET Driver

Features

- High Peak Output Current: 6A
- Wide Operating Range: 7V to 18V
- High Impedance CMOS Logic Input
- Logic Input Threshold Independent of Supply Voltage
- Low Supply Current
 - With Logic 1 Input – 5mA Max
 - With Logic 0 Input – 0.5mA Max
- Output Voltage Swing Within 25mV of Ground or V_{DD}
- Short Delay Time: 75nsec Max
- High Capacitive Load Drive Capability
 - t_{RISE}, t_{FALL} = 35nsec Max With C_{LOAD} = 2500pF

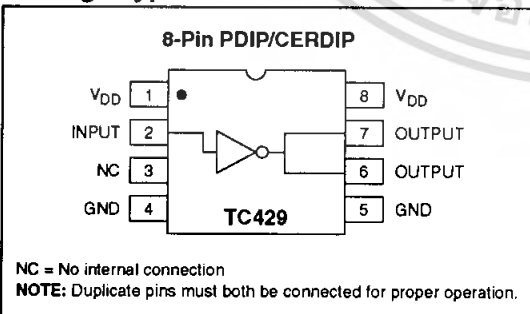
Applications

- Switch-Mode Power Supplies
- CCD Drivers
- Pulse Transformer Drive
- Class D Switching Amplifiers

Device Selection Table

Part Number	Package	Temp. Range
TC429CPA	8-Pin PDIP	0°C to +70°C
TC429EPA	8-Pin PDIP	-40°C to +85°C
TC429MJA	8-Pin CERDIP	-55°C to +125°C

Package Type



General Description

The TC429 is a high-speed, single CMOS-level translator and driver. Designed specifically to drive highly capacitive power MOSFET gates, the TC429 features 2.5Ω output impedance and 6A peak output current drive.

A 2500pF capacitive load will be driven 18V in 25nsec. The rapid switching times with large capacitive loads minimize MOSFET transition power loss.

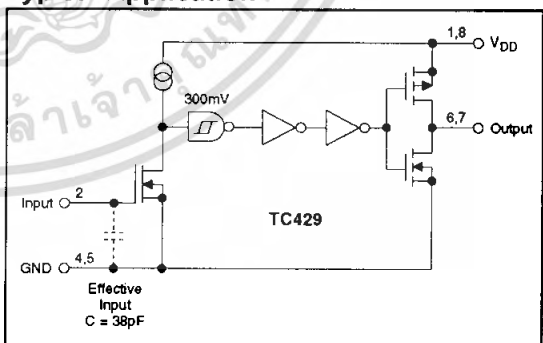
A TTL/CMOS input logic level is translated into an output voltage swing that equals the supply and will swing to within 25mV of ground or V_{DD}. Input voltage swing may equal the supply. Logic input current is under 10μA, making direct interface to CMOS/bipolar switch-mode power supply controllers easy. Input "speed-up" capacitors are not required.

The CMOS design minimizes quiescent power supply current. With a logic 1 input, power supply current is 5mA maximum and decreases to 0.5mA for logic 0 inputs.

For dual devices, see the TC426/TC427/TC428, TC4426/TC4427/TC4428 and TC4426A/TC4427A/TC4428A data sheets.

For noninverting applications, or applications requiring latch-up protection, see the TC4420/TC4429 data sheet.

Typical Application



TC429

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings*

Supply Voltage	+20V
Input Voltage, Any Terminal	$V_{DD} + 0.3V$ to $GND - 0.3V$
Power Dissipation ($T_A \leq 70^\circ C$)	
PDIP	730mW
CERDIP	800mW
Derating Factor	
PDIP	5.6mW/ $^\circ C$ Above $36^\circ C$
CERDIP	6.4mW/ $^\circ C$
Operating Temperature Range	
C Version	$0^\circ C$ to $+70^\circ C$
E Version	$-40^\circ C$ to $+85^\circ C$
M Version	$-55^\circ C$ to $+125^\circ C$
Storage Temperature Range	$-65^\circ C$ to $+150^\circ C$

*Stresses above 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 above those indicated in the operation sections of the specifications is not implied. Exposure to Absolute Maximum Rating conditions for extended periods may affect device reliability.

TC429 ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Electrical Characteristics: $T_A = +25^\circ C$ with $7V \leq V_{DD} \leq 18V$, unless otherwise noted.						
Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
Input						
V_{IH}	Logic 1, High Input Voltage	2.4	1.8	—	V	
V_{IL}	Logic 0, Low Input Voltage	—	1.3	0.8	V	
I_{IN}	Input Current	-10	—	10	μA	$0V \leq V_{IN} \leq V_{DD}$
Output						
V_{OH}	High Output Voltage	$V_{DD} - 0.025$	—	—	V	
V_{OL}	Low Output Voltage	—	—	0.025	V	
R_O	Output Resistance	—	1.8	2.5	Ω	$V_{IN} = 0.8V$, $I_{OUT} = 10mA$, $V_{DD} = 18V$
		—	1.5	2.5	Ω	$V_{IN} = 2.4V$, $I_{OUT} = 10mA$, $V_{DD} = 18V$
I_{PK}	Peak Output Current	—	6	—	A	$V_{DD} = 18V$ (Figure 3-4)
Switching Time (Note 1)						
t_R	Rise Time	—	23	35	nsec	Figure 3-1, $C_L = 2500pF$
t_F	Fall Time	—	25	35	nsec	Figure 3-1, $C_L = 2500pF$
t_{D1}	Delay Time	—	53	75	nsec	Figure 3-1
t_{D2}	Delay Time	—	60	75	nsec	Figure 3-1
Power Supply						
I_S	Power Supply Current	—	3.5	5	mA	$V_{IN} = 3V$
		—	0.3	0.5		$V_{IN} = 0V$

Note 1: Switching times ensured by design.

TC429 ELECTRICAL SPECIFICATIONS (CONTINUED)

Electrical Characteristics: Over operating temperature range with $7V \leq V_{DD} \leq 18V$, unless otherwise noted.						
Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
Input						
V_{IH}	Logic 1, High Input Voltage	2.4	—	—	V	
V_{IL}	Logic 0, Low Input Voltage	—	—	0.8	V	
I_{IN}	Input Current	-10	—	10	μA	$0V \leq V_{IN} \leq V_{DD}$
Output						
V_{OH}	High Output Voltage	$V_{DD} - 0.025$	—	—	V	
V_{OL}	Low Output Voltage	—	—	0.025	V	
R_O	Output Resistance	—	—	5	Ω	$V_{IN} = 0.8V$, $I_{OUT} = 10mA$, $V_{DD} = 18V$
		—	—	5	Ω	$V_{IN} = 2.4V$, $I_{OUT} = 10mA$, $V_{DD} = 18V$
Switching Time (Note 1)						
t_R	Rise Time	—	—	70	nsec	Figure 3-1, $C_L = 2500pF$
t_F	Fall Time	—	—	70	nsec	Figure 3-1, $C_L = 2500pF$
t_{D1}	Delay Time	—	—	100	nsec	Figure 3-1
t_{D2}	Delay Time	—	—	120	nsec	Figure 3-1
Power Supply						
I_S	Power Supply Current	—	—	12	mA	$V_{IN} = 3V$
		—	—	1	mA	$V_{IN} = 0V$

Note 1: Switching times ensured by design.

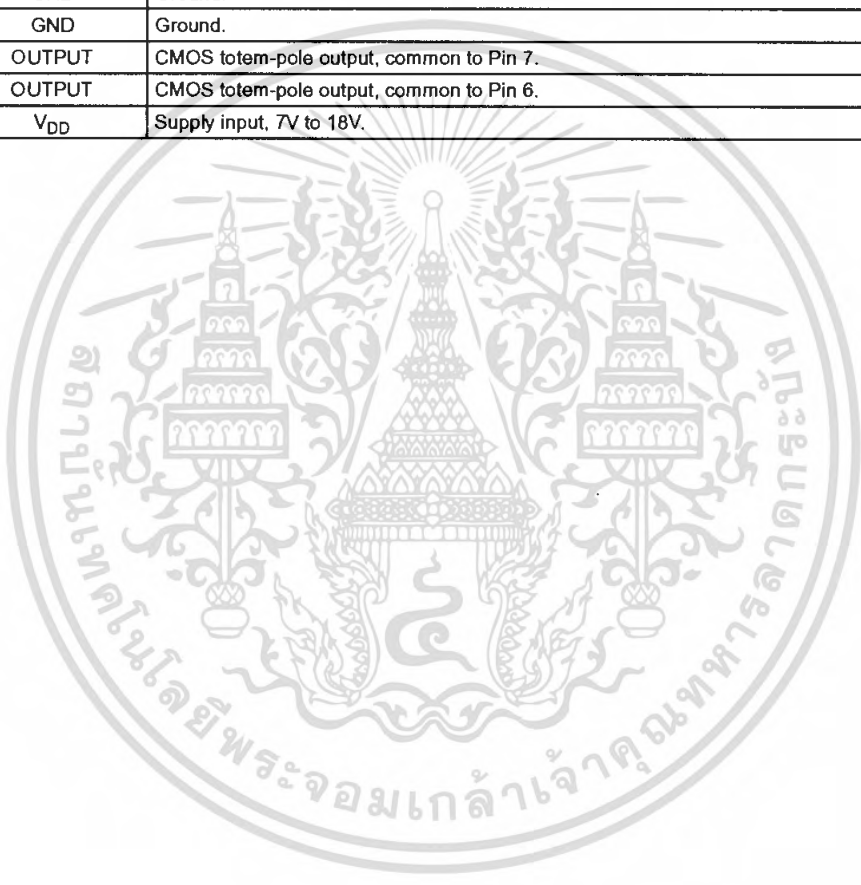
TC429

2.0 PIN DESCRIPTIONS

The descriptions of the pins are listed in Table 2-1.

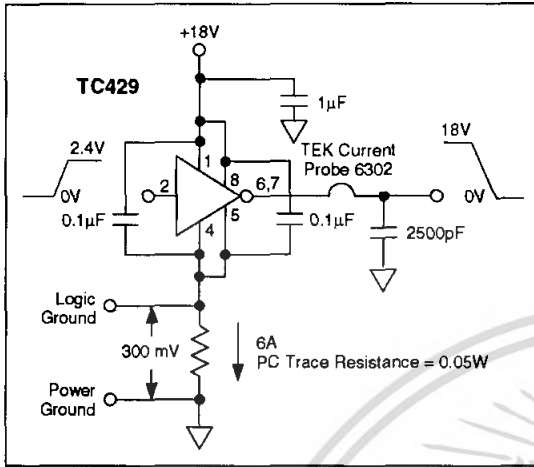
TABLE 2-1: PIN FUNCTION TABLE

Pin No. (8-Pin PDIP, CERDIP)	Symbol	Description
1	V _{DD}	Supply input, 7V to 18V.
2	INPUT	Control input, TTL/CMOS compatible logic input.
3	NC	No connection.
4	GND	Ground.
5	GND	Ground.
6	OUTPUT	CMOS totem-pole output, common to Pin 7.
7	OUTPUT	CMOS totem-pole output, common to Pin 6.
8	V _{DD}	Supply input, 7V to 18V.



TC429

FIGURE 3-3: SWITCHING TIME DEGRADATION DUE TO NEGATIVE FEEDBACK



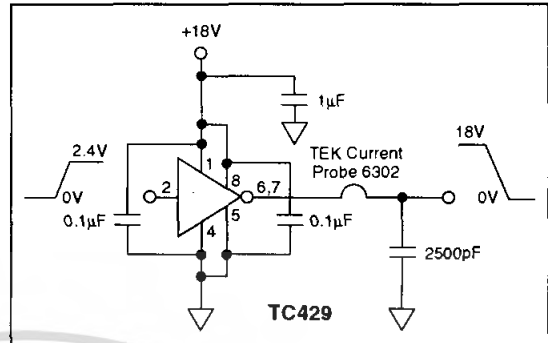
3.3 Input Stage

The input voltage level changes the no-load or quiescent supply current. The N-channel MOSFET input stage transistor drives a 3mA current source load. With a logic "1" input, the maximum quiescent supply current is 5mA. Logic "0" input level signals reduce quiescent current to 500μA maximum.

The TC429 input is designed to provide 300mV of hysteresis, providing clean transitions and minimizing output stage current spiking when changing states. Input voltage levels are approximately 1.5V, making the device TTL compatible over the 7V to 18V operating supply range. Input current is less than 10μA over this range.

The TC429 can be directly driven by TL494, SG1526/1527, SG1524, SE5560 or similar switch-mode power supply integrated circuits. By off-loading the power-driving duties to the TC429, the power supply controller can operate at lower dissipation, improving performance and reliability.

FIGURE 3-4: PEAK OUTPUT CURRENT TEST CIRCUIT



3.4 Power Dissipation

CMOS circuits usually permit the user to ignore power dissipation. Logic families such as the 4000 and 74C have outputs that can only supply a few milliamperes of current, and even shorting outputs to ground will not force enough current to destroy the device. The TC429, however, can source or sink several amperes and drive large capacitive loads at high frequency. The package power dissipation limit can easily be exceeded. Therefore, some attention should be given to power dissipation when driving low impedance loads and/or operating at high frequency.

The supply current versus frequency and supply current versus capacitive load characteristic curves will aid in determining power dissipation calculations. Table 3-1 lists the maximum operating frequency for several power supply voltages when driving a 2500pF load. More accurate power dissipation figures can be obtained by summing the three power sources.

Input signal duty cycle, power supply voltage and capacitive load influence package power dissipation. Given power dissipation and package thermal resistance, the maximum ambient operation temperature is easily calculated. The 8-pin CERDIP junction-to-ambient thermal resistance is 150°C/W. At +25°C, the package is rated at 800mW maximum dissipation. Maximum allowable chip temperature is +150°C.

3.0 APPLICATIONS INFORMATION

3.1 Supply Bypassing

Charging and discharging large capacitive loads quickly requires large currents. For example, charging a 2500pF load to 18V in 25nsec requires a 1.8A current from the device's power supply.

To ensure low supply impedance over a wide frequency range, a parallel capacitor combination is recommended for supply bypassing. Low-inductance ceramic disk capacitors with short lead lengths (< 0.5 in.) should be used. A 1μF film capacitor in parallel with one or two 0.1μF ceramic disk capacitors normally provides adequate bypassing.

3.2 Grounding

The high-current capability of the TC429 demands careful PC board layout for best performance. Since the TC429 is an inverting driver, any ground lead impedance will appear as negative feedback which can degrade switching speed. The feedback is especially noticeable with slow rise-time inputs, such as those produced by an open-collector output with resistor pull-up. The TC429 input structure includes about 300mV of hysteresis to ensure clean transitions and freedom from oscillation, but attention to layout is still recommended.

Figure 3-3 shows the feedback effect in detail. As the TC429 input begins to go positive, the output goes negative and several amperes of current flow in the ground lead. As little as 0.05Ω of PC trace resistance can produce hundreds of millivolts at the TC429 ground pins. If the driving logic is referenced to power ground, the effective logic input level is reduced and oscillations may result.

To ensure optimum device performance, separate ground traces should be provided for the logic and power connections. Connecting logic ground directly to the TC429 GND pins ensures full logic drive to the input and fast output switching. Both GND pins should be connected to power ground.

FIGURE 3-1: INVERTING DRIVER SWITCHING TIME TEST CIRCUIT

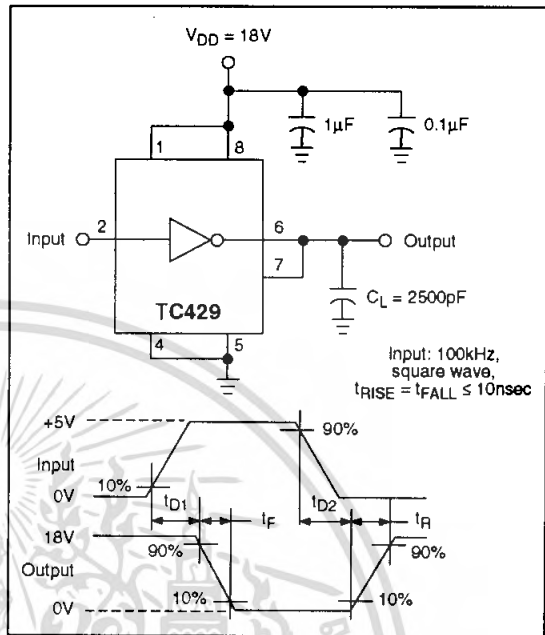
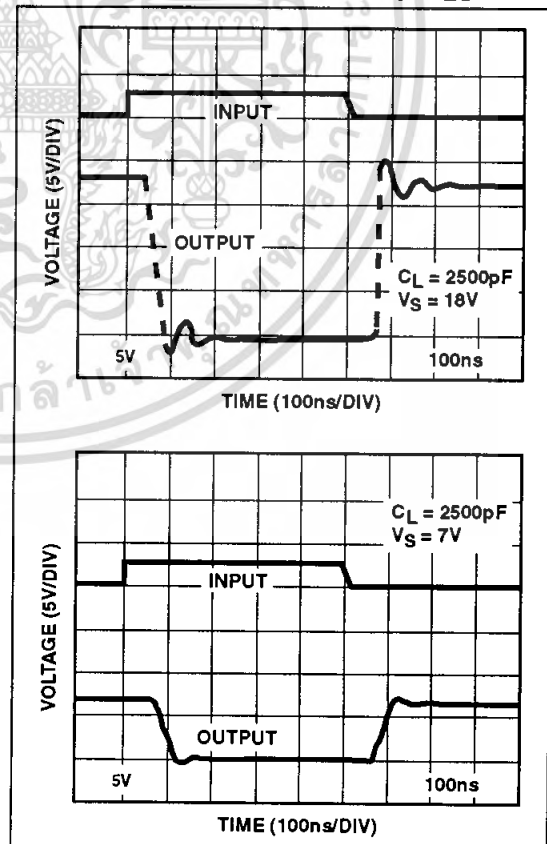


FIGURE 3-2: SWITCHING SPEED



Three components make up total package power dissipation:

- Capacitive load dissipation (P_C)
- Quiescent power (P_Q)
- Transition power (P_T)

The capacitive load-caused dissipation is a direct function of frequency, capacitive load and supply voltage.

The package power dissipation is:

$$P_C = f C V_S^2$$

Where:

- f = Switching frequency
- C = Capacitive load
- V_S = Supply voltage

Quiescent power dissipation depends on input signal duty cycle. A logic low input results in a low-power dissipation mode with only 0.5mA total current drain. Logic high signals raise the current to 5mA maximum.

The quiescent power dissipation is:

$$P_Q = V_S (D I_H + (1 - D) I_L)$$

Where:

- I_H = Quiescent current with input high (5mA max)
- I_L = Quiescent current with input low (0.5mA max)
- D = Duty cycle

Transition power dissipation arises because the output stage N- and P-channel MOS transistors are ON simultaneously for a very short period when the output changes.

The transition package power dissipation is approximately:

$$P_T = f V_S (3.3 \times 10^{-9} \text{ A} \cdot \text{Sec})$$

An example shows the relative magnitude for each item.

- C = 2500pF
- V_S = 15V
- D = 50%
- f = 200kHz

$$\begin{aligned} P_D &= \text{Package power dissipation} = P_C + P_T + P_Q \\ &= 113\text{mW} + 10\text{mW} + 41\text{mW} \\ &= 164\text{mW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maximum operating temperature} &= T_J - \theta_{JA} (P_D) \\ &= 125^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Where:

- T_J = Maximum allowable junction temperature (+150°C)
- θ_{JA} = Junction-to-ambient thermal resistance (150°C/W, Cerdip)

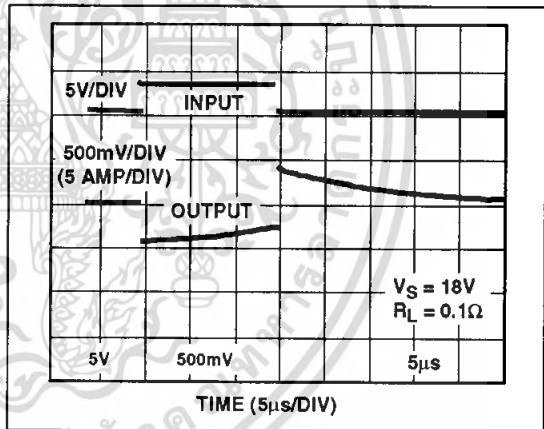
Note: Ambient operating temperature should not exceed +85°C for IJA devices or +125°C for MJA devices.

TABLE 3-1: MAXIMUM OPERATING FREQUENCIES

V_S	f_{MAX}
18V	500kHz
15V	700kHz
10V	1.3MHz
5V	>2MHz

CONDITIONS: 1. Cerdip Package ($\theta_{JA} = 150^\circ\text{C/W}$)
2. $T_A = +25^\circ\text{C}$
3. $C_L = 2500\text{pF}$

FIGURE 3-5: PEAK OUTPUT CURRENT CAPABILITY



3.5 POWER-ON OSCILLATION

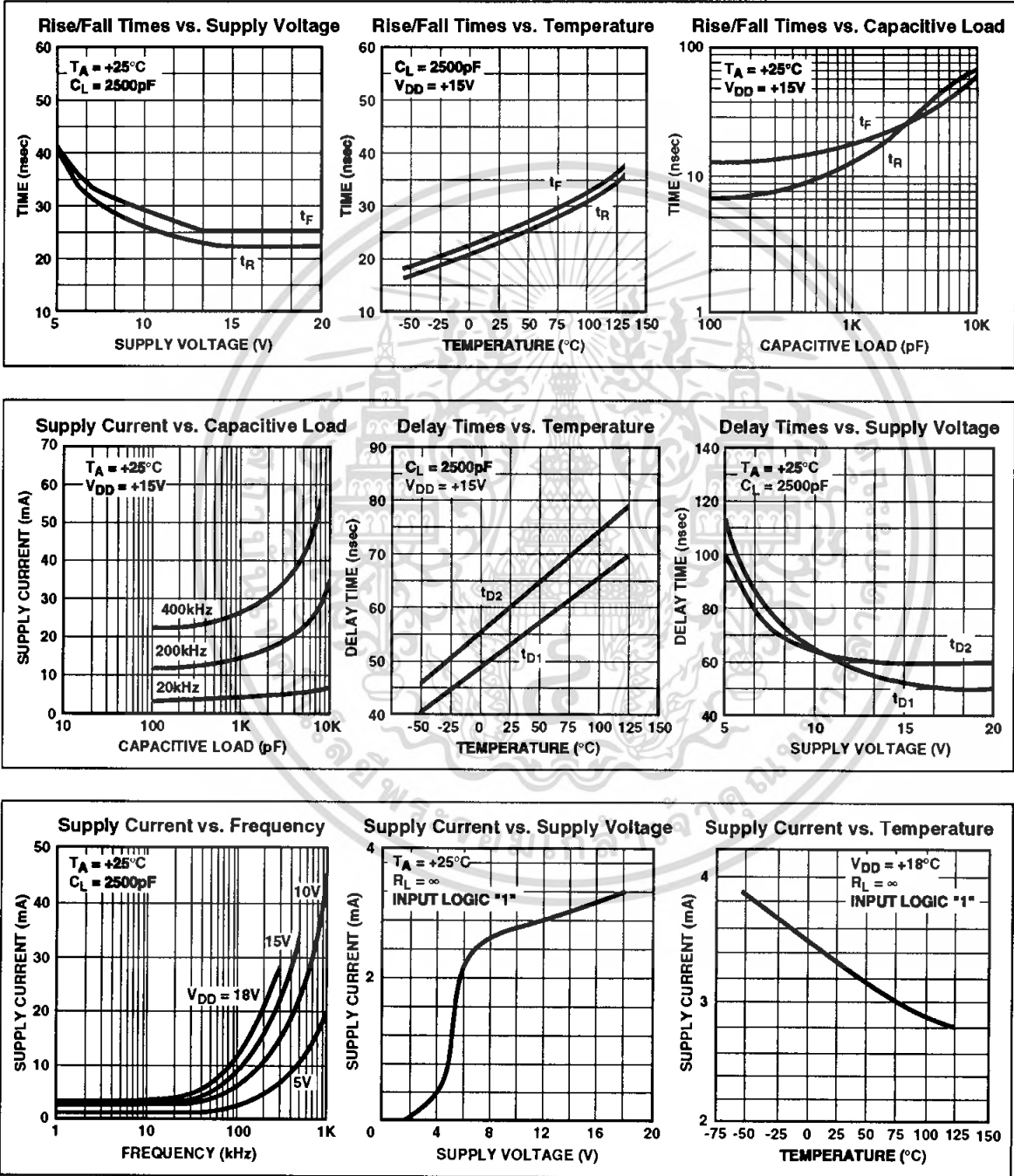
Note: It is extremely important that all MOSFET Driver applications be evaluated for the possibility of having High-Power Oscillations occurring during the power-on cycle.

Power-on oscillations are due to trace size and layout as well as component placement. A 'quick fix' for most applications which exhibit power-on oscillation problems is to place approximately 10kΩ in series with the input of the MOSFET driver.

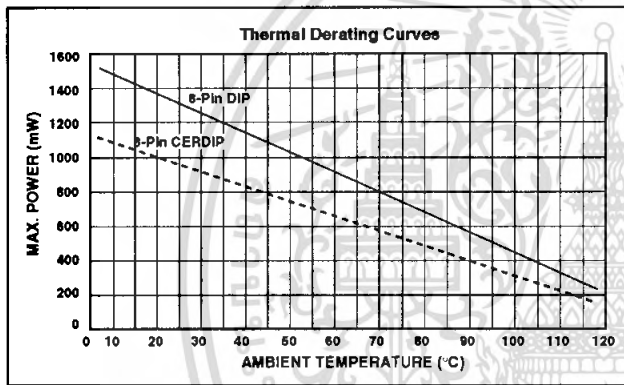
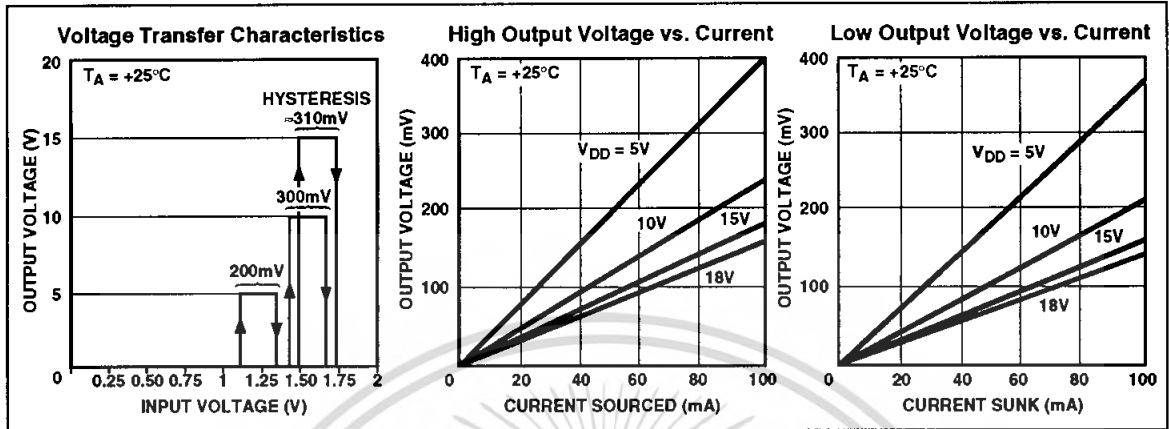
TC429

4.0 TYPICAL CHARACTERISTICS

Note: The graphs and tables provided following this note are a statistical summary based on a limited number of samples and are provided for informational purposes only. The performance characteristics listed herein are not tested or guaranteed. In some graphs or tables, the data presented may be outside the specified operating range (e.g., outside specified power supply range) and therefore outside the warranted range.



TYPICAL CHARACTERISTICS (CONTINUED)



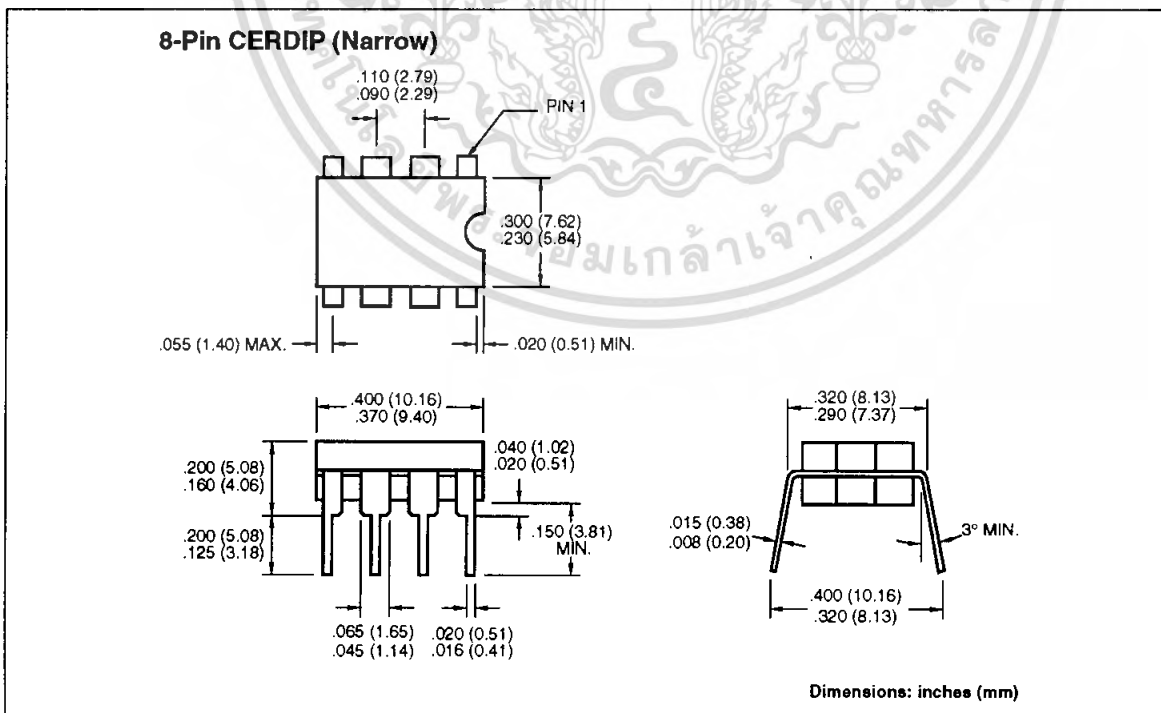
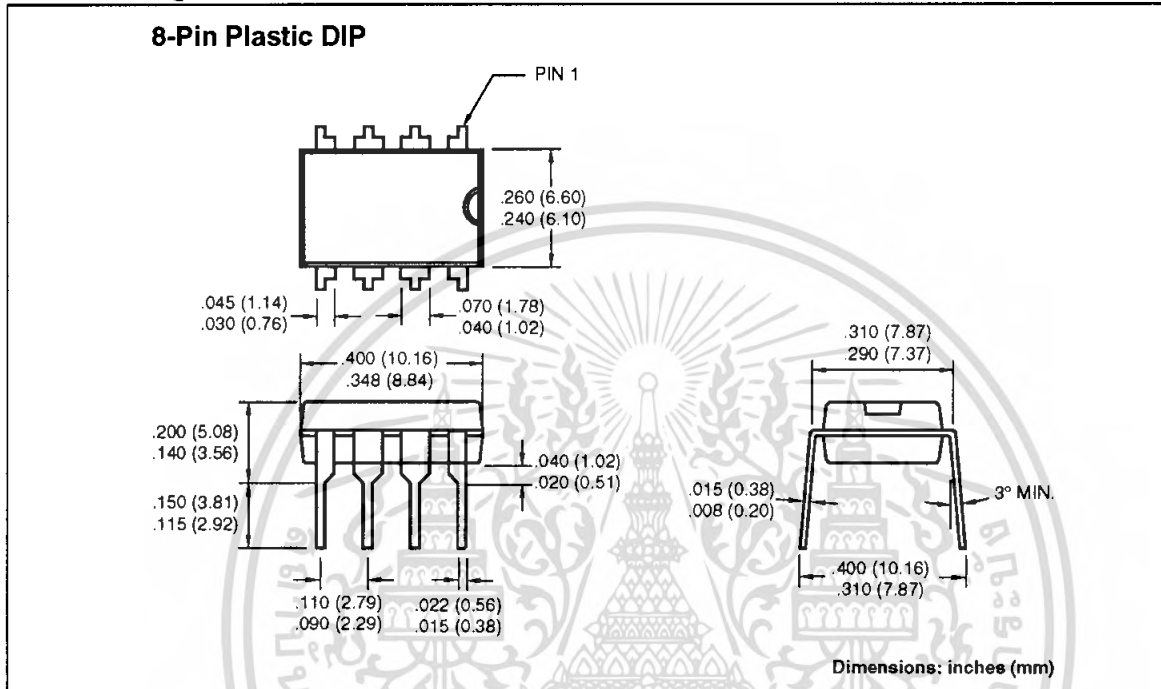
TC429

5.0 PACKAGING INFORMATION

5.1 Package Marking Information

Package marking data not available at this time.

5.2 Package Dimensions



Sales and Support

Data Sheets

Products supported by a preliminary Data Sheet may have an errata sheet describing minor operational differences and recommended workarounds. To determine if an errata sheet exists for a particular device, please contact one of the following:

1. Your local Microchip sales office
2. The Microchip Corporate Literature Center U.S. FAX: (480) 792-7277
3. The Microchip Worldwide Site (www.microchip.com)

Please specify which device, revision of silicon and Data Sheet (include Literature #) you are using.

New Customer Notification System

Register on our web site (www.microchip.com/cn) to receive the most current information on our products.



TC429

NOTES:



Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, FilterLab, KEELoQ, microID, MPLAB, PIC, PICmicro, PICMASTER, PICSTART, PRO MATE, SEEVAL and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

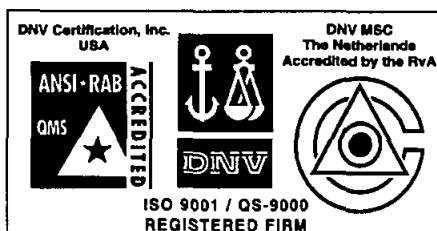
dsPIC, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, microPort, Migratable Memory, MPASM, MPLIB, MPLINK, MPSIM, MXDEV, PICC, PICDEM, PICDEM.net, rfPIC, Select Mode and Total Endurance are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Serialized Quick Turn Programming (SQTP) is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2002, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 Printed on recycled paper.



Microchip received QS-9000 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona in July 1999 and Mountain View, California in March 2002. The Company's quality system processes and procedures are QS-9000 compliant for its PICmicro® 8-bit MCUs, KEELoQ® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, non-volatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001 certified.



MICROCHIP

WORLDWIDE SALES AND SERVICE

AMERICAS

Corporate Office

2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 480-792-7200 Fax: 480-792-7277
Technical Support: 480-792-7627
Web Address: <http://www.microchip.com>

Rocky Mountain

2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 480-792-7966 Fax: 480-792-7456

Atlanta

500 Sugar Mill Road, Suite 200B
Atlanta, GA 30350
Tel: 770-640-0034 Fax: 770-640-0307

Boston

2 Lan Drive, Suite 120
Westford, MA 01886
Tel: 978-692-3848 Fax: 978-692-3821

Chicago

333 Pierce Road, Suite 180
Itasca, IL 60143
Tel: 630-285-0071 Fax: 630-285-0075

Dallas

4570 Westgrove Drive, Suite 160
Addison, TX 75001
Tel: 972-818-7423 Fax: 972-818-2924

Detroit

Tri-Atria Office Building
32255 Northwestern Highway, Suite 190
Farmington Hills, MI 48334
Tel: 248-538-2250 Fax: 248-538-2260

Kokomo

2767 S. Albright Road
Kokomo, Indiana 46902
Tel: 765-864-8360 Fax: 765-864-8387

Los Angeles

18201 Von Karman, Suite 1090
Irvine, CA 92612
Tel: 949-263-1888 Fax: 949-263-1338

New York

150 Motor Parkway, Suite 202
Hauppauge, NY 11788
Tel: 631-273-5305 Fax: 631-273-5335

San Jose

Microchip Technology Inc.
2107 North First Street, Suite 590
San Jose, CA 95131
Tel: 408-436-7950 Fax: 408-436-7955

Toronto

6285 Northam Drive, Suite 108
Mississauga, Ontario L4V 1X5, Canada
Tel: 905-673-0699 Fax: 905-673-6509

ASIA/PACIFIC

Australia

Microchip Technology Australia Pty Ltd
Suite 22, 41 Rawson Street
Epping 2121, NSW
Australia
Tel: 61-2-9868-6733 Fax: 61-2-9868-6755

China - Beijing

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd., Beijing Liaison Office
Unit 915
Bei Hai Wan Tai Bldg.
No. 6 Chaoyangmen Beidajie
Beijing, 100027, No. China
Tel: 86-10-85282100 Fax: 86-10-85282104

China - Chengdu

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd., Chengdu Liaison Office
Rm. 2401, 24th Floor,
Ming Xing Financial Tower
No. 88 TIDU Street
Chengdu 610016, China
Tel: 86-28-6766200 Fax: 86-28-6766599

China - Fuzhou

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd., Fuzhou Liaison Office
Unit 28F, World Trade Plaza
No. 71 Wusi Road
Fuzhou 350001, China
Tel: 86-591-7503506 Fax: 86-591-7503521

China - Shanghai

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd.
Room 701, Bldg. B
Far East International Plaza
No. 317 Xian Xia Road
Shanghai, 200051
Tel: 86-21-6275-5700 Fax: 86-21-6275-5060

China - Shenzhen

Microchip Technology Consulting (Shanghai)
Co., Ltd., Shenzhen Liaison Office
Rm. 1315, 13/F, Shenzhen Kerry Centre,
Renminnan Lu
Shenzhen 518001, China
Tel: 86-755-2350361 Fax: 86-755-2366086

Hong Kong

Microchip Technology Hongkong Ltd.
Unit 901-6, Tower 2, Metroplaza
223 Hing Fong Road
Kwai Fong, N.T., Hong Kong
Tel: 852-2401-1200 Fax: 852-2401-3431

India

Microchip Technology Inc.
India Liaison Office
Divyasree Chambers
1 Floor, Wing A (A3/A4)
No. 11, O'Shaughnessy Road
Bangalore, 560 025, India
Tel: 91-80-2290061 Fax: 91-80-2290062

Japan

Microchip Technology Japan K.K.
Benex S-1 6F
3-18-20, Shinyokohama
Kohoku-Ku, Yokohama-shi
Kanagawa, 222-0033, Japan
Tel: 81-45-471-6166 Fax: 81-45-471-6122

Korea

Microchip Technology Korea
168-1, Youngbo Bldg. 3 Floor
Samsung-Dong, Kangnam-Ku
Seoul, Korea 135-882
Tel: 82-2-554-7200 Fax: 82-2-558-5934

Singapore

Microchip Technology Singapore Pte Ltd.
200 Middle Road
#07-02 Prime Centre
Singapore, 188980
Tel: 65-6334-8870 Fax: 65-6334-8850

Taiwan

Microchip Technology Taiwan
11F-3, No. 207
Tung Hua North Road
Taipei, 105, Taiwan
Tel: 886-2-2717-7175 Fax: 886-2-2545-0139

EUROPE

Denmark

Microchip Technology Nordic ApS
Regus Business Centre
Lautrup høj 1-3
Ballerup DK-2750 Denmark
Tel: 45 4420 9895 Fax: 45 4420 9910

France

Microchip Technology SARL
Parc d'Activite du Moulin de Massy
43 Rue du Saule Trapu
Batiment A - 1er Etage
91300 Massy, France
Tel: 33-1-69-53-63-20 Fax: 33-1-69-30-90-79

Germany

Microchip Technology GmbH
Gustav-Heinemann Ring 125
D-81739 Munich, Germany
Tel: 49-89-627-144 0 Fax: 49-89-627-144-44

Italy

Microchip Technology SRL
Centro Direzionale Colleoni
Palazzo Taurus 1 V. Le Colleoni 1
20041 Agrate Brianza
Milan, Italy
Tel: 39-039-65791-1 Fax: 39-039-6899883

United Kingdom

Arizona Microchip Technology Ltd.
505 Eskdale Road
Winnersh Triangle
Wokingham
Berkshire, England RG41 5TU
Tel: 44 118 921 5869 Fax: 44-118 921-5820

03/01/02

