

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องกำเนิดและรับสัญญาณพัลส์อัตราชาวนัน

PULSE – RECIEVER MACHINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PULSE – RECIEVER MACHINE

โดย

นายวรพงศ์ บุญบันดาล รหัสนักศึกษา 46010650
นายวรพัฒน์ ภูไท รหัสนักศึกษา 46010653

อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.ศิริเดช บุญแสง

ปริญญาพินัยสำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโท ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง เครื่องกำเนิดและรับสัญญาณพัลส์อัลตราซาวด์

ผู้จัดทำ

1. นายวรพงศ์ บุญบันดาล รหัสนักศึกษา 46010650
2. นายวรพัฒน์ ภูไท รหัสนักศึกษา 46010653



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกำเนิดและรับสัญญาณพัลส์อัลตราซาวด์

นายวรพงศ์ บุญบันดาล รหัส 46010650

นายวรพัฒน์ ภูไท รหัส 46010653

ดร.ศิริเดช บุญแสง อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PULSE – RECIEVER MACHINE

Mr.Worapong Boonbundarl ID. 46010650

Mr.Worapat Poothai ID. 46010653

Dr.Siridatch Boonsang Advisor

Education Year 2006

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 eircuit 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 อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณอาจารย์ศิริเดช บุญแสง ที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อคิดเห็นที่ติระหว่างการทำโครงการนี้ ตลอดจนให้ความสนใจใส่ สอบถามถึงความก้าวหน้าอย่างสม่ำเสมอทำให้ผู้จัดทำมีความกระตือรือร้น และทำงานอย่างเป็นระบบมากขึ้น จนทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 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 เครื่องรับสัญญาณพัลส์อัลตราซาวด์	18
4.1 ส่วนประกอบของวงจรรับสัญญาณ	
บทที่ 5 การออกแบบวงจร	20
5.1 วงจรสร้างความถี่	
5.2 วงจรให้กำเนิดเอาต์พุตแรงดันสูง	
5.3 วงจรรับสัญญาณพัลส์อัลตราซาวด์	
บทที่ 6 ผลการทดลอง	25
6.1 ผลการทดลอง	
บทที่ 7 สรุปผลการทดลองและแนวทางการแก้ไข	34
7.1 สรุปผลการทดลอง	
7.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	
เอกสารอ้างอิง	36
กิตติกรรมประกาศ	37
ภาคผนวก	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 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 แสดงตัวอย่างเครื่อง Pulser - 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 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์	14
รูปที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเครื่องสร้างสัญญาณพัลส์	15
รูปที่ 3.3 แสดงการต่อทรานสดิวเซอร์เข้ากับเครื่อง PULSER แบบ Pulse-Echo Mode	16
รูปที่ 3.4 แสดงสัญญาณที่ได้จากการต่อวงจรแบบ Pulse-Echo Mode	17
รูปที่ 3.5 แสดงการต่อทรานสดิวเซอร์เข้ากับเครื่อง PULSER แบบ Through Transmission Mode	17
รูปที่ 3.6 แสดงสัญญาณที่ได้จากการต่อวงจรแบบ Through Transmission Mode	17
รูปที่ 4.1 แสดงวงจรตัดสัญญาณแรงดันสูง	18
รูปที่ 4.2 แสดงวงจรขยายสัญญาณแบบบัฟเฟอร์	19
รูปที่ 4.3 แสดงวงจรขยายสัญญาณ	19
รูปที่ 5.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดและรับสัญญาณพัลส์อัลตราซาวนด์	20
รูปที่ 5.2 แสดงขาของไอซีเบอร์ NE555	21
รูปที่ 6.1 แสดงการต่อเครื่อง PULSER เข้ากับอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ เพื่อทำการวัดสัญญาณในรูปแบบ Through Transmission Mode	32
รูปที่ 6.2 แสดงการต่อเครื่อง PULSER เข้ากับอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ เพื่อทำการวัดสัญญาณในรูปแบบ Pulse Echo Mode	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟที่ 6.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของช่วงเวลา pulser system ที่ได้จากการ simulate	25
กราฟที่ 6.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ PULSE	25
กราฟที่ 6.3 กราฟแสดงสัญญาณพัลส์ส่วนของ PULSER RATE GENERATOR	26
กราฟที่ 6.4 กราฟแสดงสัญญาณพัลส์ที่ใช้ในการขับ MOSFET	26
กราฟที่ 6.5 กราฟแสดงค่าแรงดันหลังจากผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ	27
กราฟที่ 6.6 กราฟแสดงค่าแรงดันหลังจากผ่านไดโอดคู่ที่ 1	27
กราฟที่ 6.7 กราฟแสดงค่าแรงดันหลังจากผ่านไดโอดคู่ที่ 2	27
กราฟที่ 6.8 กราฟแสดงค่าแรงดันหลังจากผ่านไดโอดคู่ที่ 3	28
กราฟที่ 6.9 กราฟแสดงค่าแรงดันหลังจากผ่านไดโอดคู่ที่ 4	28
กราฟที่ 6.10 กราฟแสดงค่าแรงดันหลังจากผ่านตัวเก็บประจุ	28
กราฟที่ 6.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณพัลส์หลัก และสัญญาณพัลส์ที่ใช้เก็บสะสมพลังงานในขดลวดเหนี่ยวนำ	29
กราฟที่ 6.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณพัลส์หลัก และสัญญาณพัลส์ที่ใช้เป็นสัญญาณควบคุมแรงดันเอาต์พุต	29
กราฟที่ 6.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณพัลส์ที่ใช้เก็บสะสมพลังงาน ในขดลวดเหนี่ยวนำ กับสัญญาณพัลส์ที่ใช้เป็นสัญญาณควบคุมแรงดันเอาต์พุต	29
กราฟที่ 6.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างแรงดันที่ถูกเก็บสะสมไว้ ในตัวเก็บประจุ และเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณเอาต์พุต	30
กราฟที่ 6.15 กราฟแสดงสัญญาณเอาต์พุตขณะที่ยังไม่ได้ต่อโพรบอัลตราชาวด์	30
กราฟที่ 6.16 กราฟแสดงสัญญาณเอาต์พุตขณะที่ต่อโพรบอัลตราชาวด์	30
กราฟที่ 6.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณเอาต์พุตขณะที่ต่อโพรบอัลตราชาวด์ กับสัญญาณที่ผ่านวงจรตัดแรงดัน ไฟสูง	31
กราฟที่ 6.18 กราฟแสดงสัญญาณอัลตราชาวด์ที่วัดได้หลังจากผ่านวงจรตัดแรงดัน ไฟสูง	31
กราฟที่ 6.19 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าแรงดันเอาต์พุต เมื่อทำการปรับค่าตัวเก็บประจุ (C)	33
กราฟที่ 6.20 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าแรงดันเอาต์พุต เมื่อทำการปรับค่าขดลวดเหนี่ยวนำ (L)	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในการตรวจสอบวัสดุต่างๆ โดยไม่ทำลายชิ้นงานนั้นมีวิธีการหลากหลายให้ได้เลือกใช้ ไม่ว่าจะเป็นการตรวจสอบเชิงแสงและการมองเห็น การทะลุผ่าน การตรวจสอบสภาพความเป็นแม่เหล็ก แม่เหล็กไฟฟ้า การแผ่รังสี การทดสอบการกระจายของเสียง การทดสอบรอยร้าว และการตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ทำให้หลายๆ เทคนิคได้รับความนิยมทั้งในภาคอุตสาหกรรมและห้องปฏิบัติการ ตั้งแต่ปีโตรเคมีไปจนถึงอุตสาหกรรมรถยนต์เลยทีเดียว ในบรรดาเทคนิคต่างๆ นั้น วิธีการที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ซึ่งกว่า 10 ปีที่ผ่านมาที่การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยม ผู้เชี่ยวชาญหลายฝ่ายต่างลงความเห็นว่า เทคโนโลยีสารสนเทศได้มีส่วนช่วยผลักดันให้เครื่องตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงมีประสิทธิภาพและศักยภาพมากยิ่งขึ้น ในราคาที่ต่ำ การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงจึงก้าวเข้ามามีบทบาทสำคัญสำหรับเทคโนโลยีการตรวจสอบโดยไม่ทำให้ชิ้นงานเสียหาย

โดยทั่วไปผู้คนโดยส่วนใหญ่มักจะคุ้นเคยกับการตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงที่ใช้ในวงการแพทย์ นั่นก็คือ การอัลตราซาวด์ของหญิงมีครรภ์ โดยย่อแล้วการตรวจสอบด้วยวิธีนี้คือการส่งผ่านคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงไปยังวัตถุต่างๆ เพื่อทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะหรือสมบัติของวัตถุนั้นๆ เพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์หรือทรานสดิวเซอร์ไฟฟ้าแรงสูง (piezoelectric transducer) เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้กระตุ้นศักย์ไฟฟ้าให้สร้างคลื่นเสียง

นอกเหนือจากทางการแพทย์แล้ว การตรวจสอบงานด้านอื่นด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงก็จะมีคุณสมบัติและความสามารถคล้ายคลึงกับอัลตราซาวด์ เช่น ในทางวัสดุศาสตร์ เมื่อคลื่นเสียงผ่านเข้าไปยังวัสดุและสะท้อนกลับมาเป็นสัญญาณดิจิตอลก็จะสามารถตรวจสอบความหนาหรือรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นภายในได้ ซึ่งในปัจจุบันเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมาก

การประยุกต์ใช้งาน

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

- การวัดความหนาของวัสดุต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโลหะ กระจก ท่อ เซรามิกส์พลาสติกขึ้นรูป พลาสติกที่บรรจุอาหาร/เครื่องดื่ม กระจกหุ้มข้างของเครื่องบิน ถังน้ำมันรถยนต์ แก้ว ขวดแก้ว อุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นต้น
- การวัดระดับของเหลว ความสูงของตะกอนในบ่อพักอุตสาหกรรม เป็นต้น
- ใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพในงานด้านธรณีวิทยา การวัดรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นภายในหินงาที่เป็นโลหะ พลาสติก เช่น เรือ หรือแท่นขุดเจาะน้ำมัน เป็นต้น
- ฯลฯ

วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ

- เพื่อศึกษาวิจัยสร้างสัญญาณพัลส์ (PULSER) ที่ใช้ในการขับหัวโพรบอัลตราซาวนด์
- ทำการทดลองการจำลองการทำงานเพื่อตรวจสอบวัดลักษณะของสัญญาณภายในวงจรว่ามีลักษณะเป็นเช่นใด ลักษณะของเอาต์พุตที่ได้มีค่าอย่างไร
- ทำการต่อวงจรจริงแล้วทดลองวัดค่าสัญญาณในวงจรแต่ละจุด เสร็จแล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการจำลองการทำงาน ว่ามีผลเหมือนหรือแตกต่างกันเช่นไร และหาทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลองจริง
- เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาการใช้งาน และการตรวจสอบรอยแตกร้าวในวัสดุด้วยคลื่นความถี่สูงได้

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

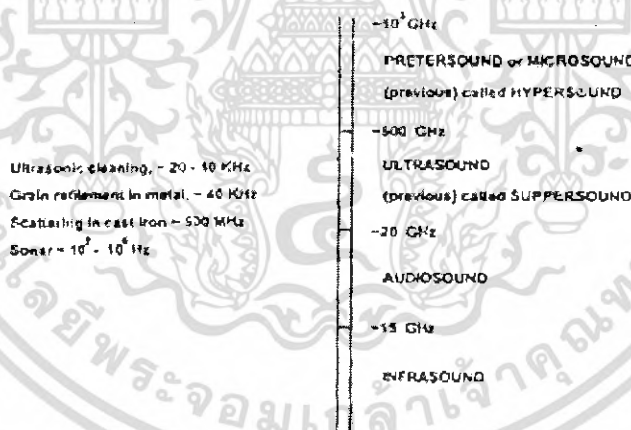
2.1 ทฤษฎีคลื่นอัลตราโซนิก

2.1.1 คุณสมบัติและธรรมชาติของคลื่นอัลตราโซนิก

หลักการของการสะท้อนกลับของคลื่นเสียง คือ สนามของพลังงานจะถูกส่งกระจายออกมา จากตัวส่ง ถ้ากระทบกับวัตถุพลังงานบางส่วนจะสะท้อนกลับไปที่ตัวส่งด้วย แต่การใช้วัตถุที่เป็น ตัวรับที่เหมาะสมจะสามารถรับการสะท้อนกลับของสัญญาณได้ดี และเวลาที่ใช้ในการเดินทาง สามารถนำมาคำนวณระยะทางได้ด้วย ดังนั้นการศึกษาถึงธรรมชาติของคลื่นจะทำให้เข้าใจในการ นำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างถูกต้อง

2.1.2 คลื่นอัลตราโซนิก

คลื่นอัลตราโซนิก คือ คลื่นเสียงที่มีความสูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว มนุษย์จะได้ยินคลื่นความถี่เสียงที่มีความถี่ตั้งแต่ 20 เฮิร์ต จนถึงความถี่ 20 กิโลเฮิร์ต ดังนั้นคลื่น ความถี่อัลตราโซนิกจึงหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ต นั่นเอง



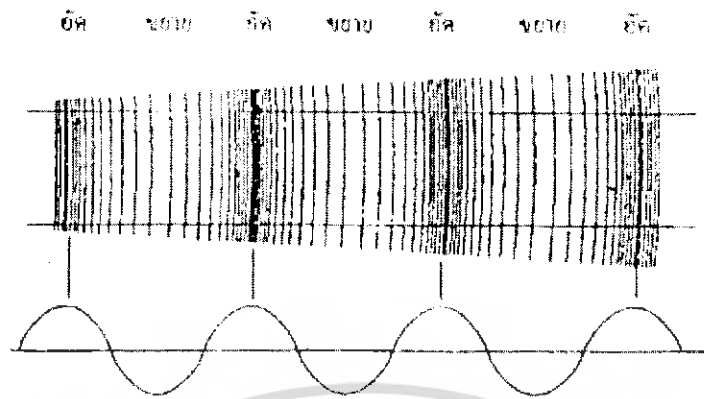
รูปที่ 2.1 แสดงถึงช่วงคลื่นความถี่ที่ถูกนำมาใช้งาน

2.1.3 ชนิดของคลื่นอัลตราโซนิก

คลื่นอัลตราโซนิกที่เดินทางผ่านตัวกลางต่างๆ มีหลายชนิดด้วยกันซึ่งแต่ละชนิดแตกต่างกันตามการเคลื่อนที่ของอนุภาคในตัวกลางนั้น โดยสามารถแบ่งได้เป็นดังนี้

2.1.3.1 คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) คือ คลื่นที่อนุภาคตัวกลางมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

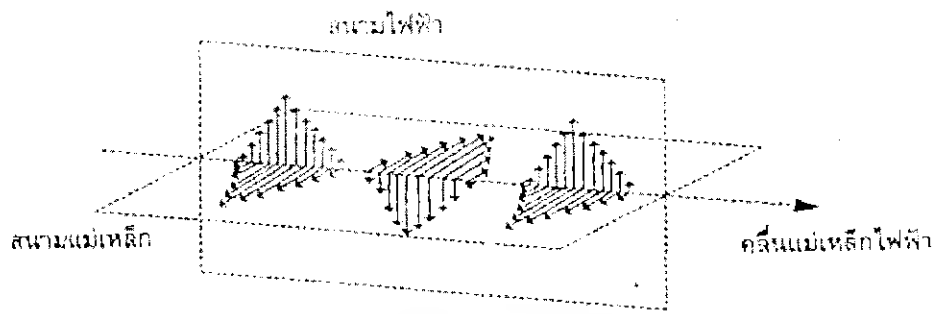


รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว

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

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

คลื่นตามขวางมีลักษณะเหมือนขั้วบวกและขั้วลบ ซึ่งเป็นเหตุผลที่ว่า การเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคเป็นไปในทิศทางเดียว เช่น ในระนาบตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ไปจากต้นกำเนิดของคลื่นตามขวาง เป็นพื้นที่หน้าเรียบของระนาบที่เกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคอื่นเนื่องมาจากการแกว่ง ความหนาของตัวกลางจะไม่เปลี่ยนแปลง โดยการเคลื่อนที่ของคลื่นตามขวางจะมีความเร็วช้ากว่าความเร็วของคลื่นชนิดตามยาว ในขณะที่เดินทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน ดังนั้นที่ความถี่เดียวกันคลื่นความยาว คลื่นตามขวางจะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าความยาวคลื่นของคลื่นตามยาวเสมอ



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามขวาง

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

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 ส่วนการเบาบางเป็นบริเวณเฉพาะที่เกิดการลดความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันสัมพันธ์ กับแรงดันของบรรยากาศปกติ

ความถี่และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์กันดังสมการต่อไปนี้

$$c = f\lambda \quad \text{--- 2.1}$$

โดยที่ c คือ ความเร็วในการเดินทางของคลื่นมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

λ คือ ความยาวของคลื่นมีหน่วยเป็นเมตร (m)

f คือ ความถี่มีหน่วยเป็นเฮิร์ต (Hz)

2.1.5 ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก

ความเร็วที่ยอมรับได้ของคลื่นในอากาศที่อุณหภูมิความสัมพัทธ์ที่ใช้ จะเป็นดังสมการ

$$v = 331.45 + 0.607T \quad (m/s) \quad \text{--- 2.2}$$

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 ลำคลื่น (Beam) ของคลื่นอัลตราโซนิกจะสูญเสียความเข้ม ซึ่งเกิดจากการลู่ออกของคลื่นอัลตราโซนิกหรือเกิดจากการดูดซับพลังงานส่วนหนึ่งของคลื่น โดยตัวกลางที่เคลื่อนที่ผ่านพลังงานดูดซับนี้จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน การดูดซับพลังงานความร้อนนี้ขึ้นกับลักษณะ ความยืดหยุ่นและความหนาแน่นของวัตถุ รวมทั้งความถี่ของคลื่นที่ใช้ถ้ายิ่งมีความถี่สูง พลังงานก็จะยิ่งถูกดูดซับมาก

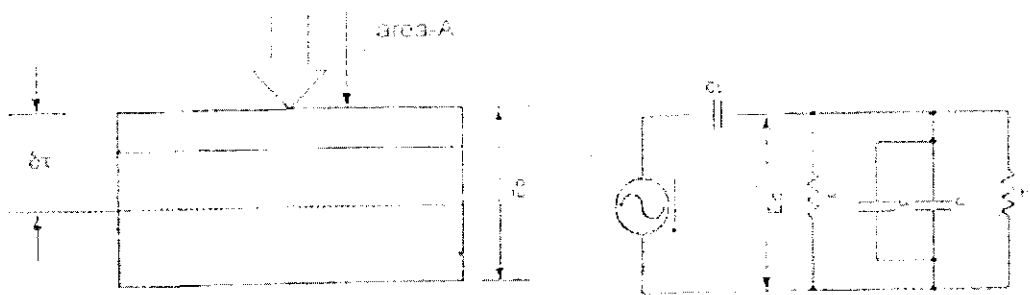
2.2 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์

การเกิดคลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปแบบอื่น ให้เป็นพลังงานกลโดยการสั่นไปมา หรือเกิดจากการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกลทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิกกระจายออกไปในอากาศ ดังนั้นจึงถือว่าคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นคลื่นกล (Mechanical Wave) คลื่นอัลตราโซนิกสามารถสร้างได้โดยตัวทรานสดิวเซอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยหลักการสร้างจะมีหลายวิธีดังนี้

- แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric Transducer) ซึ่งแปลงพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง
- แบบแมกนีโตสตริกทีฟ (Magnetrostrictive Transducer) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้น
- แบบอิเล็กโตรสตริกทีฟ (Electrostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล

2.2.1 ปราณุกการณ์เพียโซอิเล็กทริก

เพียโซอิเล็กทริกเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำให้พลังงานเกิดการเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่งได้ กล่าวคือ ถ้าป้อนแรงกลให้แก่ Solid Crystalline Dielectric ก็จะทำให้เกิดความเค้น (Stress) ภายในคริสตัล ทำให้ผลึกคริสตัลผิดรูปไป เช่นพวกควอทซ์ (Quartz) ผลที่ได้ก็คือประจุจะเปลี่ยนไป การผิดรูปร่างของแลททิซเป็นผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างการแทนที่ (Displacement) ของประจุบวกและลบในแลททิซเปลี่ยนไป



รูปที่ 2.4 ผลและวงจรเสมือนของเปียโซอิเล็กทริก

การแทนที่ของประจุภายในจะเท่ากับประจุภายนอกของขั้วตรงกันข้ามของคริสตอล เรียกว่า ผลของเปียโซอิเล็กทริก การวัดประจุทำได้โดยการต่อขั้วอิเล็กโทรดเข้าที่ผิวด้านนอก แล้ววัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสองขนาด (magnitude) และการมีขั้ว (polarity) ของประจุบนผิวที่ถูกเหนี่ยวนำ (induced surface charge) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดและทิศทางของแรง (F) ที่มากระทำที่ความถี่ปานกลาง และความถี่สูง E_0 ที่คล่อมโหลดหาได้โดยนำค่าของ C_C และ C_Z มาแบ่งแรงดันจากสมการนี้

$$E_0 = \frac{E_C}{C_C + C_1} \quad \text{--- 2.3}$$

โดยค่าเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความถี่ ถ้าแรงดันเอาต์พุต มีค่ามากสามารถทำให้ลดลงได้โดยการเพิ่มค่า C_1 ต่อขานเข้าที่ความถี่ต่ำ ค่า E_0 คร่อมโหลดหาได้จากค่ารีแอคแตนซ์ของ C_C และอิมพีแดนซ์ของ C_1 และ R_1 ที่ต่อขานกัน ค่า E_0 นี้ขึ้นอยู่กับความถี่ และจะลดลงถ้าความถี่ลดลง การตอบสนองต่อความถี่สามารถปรับปรุงได้โดยใช้ทรานสดิวเซอร์ที่มีค่าปาสซีแวนซ์สูง หรือโดยการเพิ่มความต้านทานของโหลด R_1

2.2.2 วัสดุเปียโซอิเล็กทริก

วัสดุเปียโซอิเล็กทริกที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น Quartz , Tourmaline , Sulphate , Barium Titanate และ Zirconate Titanate (TZI) โดยทั่วไปแล้ว พวกควอทซ์และคริสตอลที่เป็นวัสดุเปียโซอิเล็กทริกธรรมชาติจะมีขั้วของมันเองตามธรรมชาติ แต่ขั้วของวัสดุเปียโซอิเล็กทริกที่สังเคราะห์ขึ้นมา เช่น แบเรียมไทเทเนท จะต้องนำมาอบคริสตอลภายในแรงดันและวางวัสดุที่ได้ไว้ในแรงดันสนามไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟตรงมาก หลังจากทำตามขั้นตอนนี้แล้วจะมีขั้วตามแนวทิศทางสนามและประพืดตัวตามคุณสมบัติของวัสดุเปียโซอิเล็กทริก สำหรับชิ้นส่วนที่ทำมาจากวัสดุสังเคราะห์นี้ไม่มีข้อจำกัดทางขนาด 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

เมื่อเซรามิกได้รับสัญญาณมาครบวงจรจะทำให้ชิ้นสารเซรามิกโค้งงอ ทำให้เกิดการอัดอากาศโดยรอบขึ้นมา ดังนั้นถ้าป้อนสัญญาณเป็นห้วงๆ (electrically pulse) จากการออสซิลเลท ก็จะทำให้ชิ้นสาร โค้งงอมากหรือน้อย ขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณไฟฟ้าจากการออสซิลเลทนั้นออกไป โดยทั่วไปกำลังเอาต์พุทที่ออกมาจะลดลงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังงานที่ป้อนให้ แต่เอาต์พุทจะสูงที่ค่านี้โดยประมาณ ก็ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ที่ป้อนเข้าชิ้นสารเซรามิกตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ที่เป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารเซรามิกนั้นๆ ส่วนที่ความถี่อื่นๆ กำลังเอาต์พุทจะลดลงกว่านี้ ส่วนการทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวรับ มักมีการทำงานตรงข้ามกับตัวส่ง คือ เมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของชิ้นสารเซรามิกเข้ามา จะทำให้ชิ้นสาร โค้งตัวไปมาและเกิดสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กขึ้นคร่อมที่ขั้วทั้งสองด้านของตัวมัน

คุณสมบัติโดยทั่วไปของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก คือ มีความต้านทานแรงดันไฟตรงสูงมาก โดยมีค่าประมาณ 100 เมกกะโอห์ม แต่ในขณะที่มันทำงานความต้านทานไฟสลัจะมีค่าลดลง

2.2.5 ข้อควรรู้การใช้งานตัวรับตัวส่งทรานสดิวเซอร์

- เพื่อป้องกันมิให้โครงสร้างภายในเสียหาย โดยที่ไม่ควรให้ตัวทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระแทกหรือตกจากที่สูง
- ทรานสดิวเซอร์ที่มีการขายกัน โดยทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อมตัวมันได้ไม่เกิน 20 V_{rms} ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ในขีดจำกัดนี้
- ความถี่เรโซแนนซ์ (คือความถี่ที่ตัวทรานสดิวเซอร์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด) ของทรานสดิวเซอร์จะมีค่าประมาณ 40 กิโลเฮิร์ต (Bandwidth) สำหรับตัวส่ง และประมาณ 5 กิโลเฮิร์ต สำหรับตัวรับ จะเห็นว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าแถบความถี่ของตัวส่งเล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับสามารถรับความถี่ที่ออกมาจากตัวส่งได้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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 เมกกะเฮิร์ต เพื่อใช้ตรวจในเนื้อเยื่อมีการส่งเป็นลำแคบ

- กรณีที่ใช้งานตัวรับจะต้องมีความต้านทานต่อขานานกับตัวรับ เพื่อทำหน้าที่เป็นโหลด ตามปกติแล้วตัวต้านทานจะมีค่าประมาณ 10 ถึง 100 กิโลโอห์ม ถ้าใช้ความต้านทานค่าต่ำลง ความถี่เรโซแนนซ์จะลดลง ถ้าใช้กับงานที่มีสัญญาณรบกวนมาก ควรใช้โหลดที่มีค่าความต้านทานสูงขึ้นเพื่อให้ตัวส่งมีความไวและมีความถี่แคบ

- ตามปกติแล้วจะสามารถนำตัวส่งและตัวรับมาใช้งานแทนกันได้ โดยต้องให้ความถี่เรโซแนนซ์มีค่าตรงกัน

- คลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้สามารถเล็งไปที่เป้าหมายได้อย่างเจาะจง การมีทิศทางของคลื่นอัลตราโซนิกทำให้สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย

2.3 หลักการของเทคนิคการตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงมีหลายเทคนิคด้วยกัน ซึ่งประกอบไปด้วย

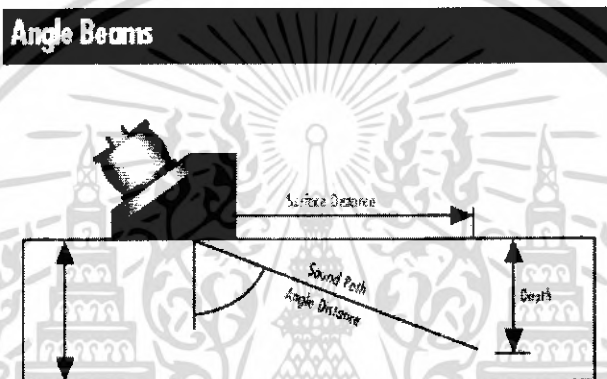
- Pulse-echo เทคนิคนี้จะใช้คลื่นเสียงจิ้งหหวะสั้นๆ ผ่านเข้าไปยังชิ้นส่วนที่คิดว่าเกิดความเสียหายหรือแตกหัก เทคนิคนี้เหมาะสำหรับการตรวจวัดรอยแตกร้าวหรือความหนาของวัสดุ โดยเป็นไปตามสมการ $d = \frac{vt}{2}$ ขณะที่ d คือ ระยะห่างระหว่างผิวหน้าชิ้นงานและเครื่องตรวจวัด v คือความเร็วของคลื่นเสียง และ t คือเวลาที่คลื่นเสียงเดินทางไป-กลับ 1 รอบ

- Angle-beam มุมของคลื่นเสียงสะท้อนที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวบ่งบอกว่ามีรอยแตกร้าวในชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Crack-tip diffraction เทคนิคนี้ใช้ในการตรวจวัดความยาวของรอยแตกในชิ้นงาน ถ้าสัญญาณที่ส่งกลับมีความอ่อนแกว่ารอยแตกมีความยาว (เส้นทางเดินของคลื่นยาว ทำให้พลังงานลดลง)
- Automated Scanning ระบบนี้นิยมใช้เมื่อชิ้นงานและทรานสดิวเซอร์ต้องจมอยู่ใต้น้ำ

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



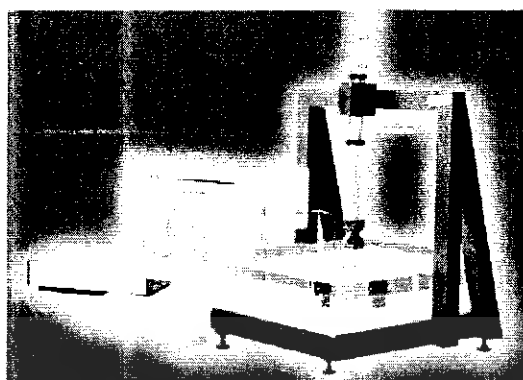
รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของ Angle Beams

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



รูปที่ 2.6 เครื่องตรวจสอบคลื่นเสียงด้วยความถี่สูงแบบ Automated Scanning

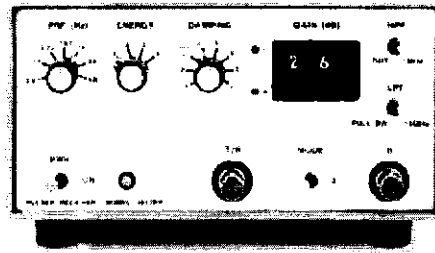
2.3.1.2 Transducers

การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงนั้นขึ้นกับทรานสดิวเซอร์ที่นำมาใช้ ทรานสดิวเซอร์ที่เป็นเซรามิกส์จะให้สัญญาณกระแสไฟฟ้าแล้วเปลี่ยนให้เป็นพลังงานเสียง และเปลี่ยนจากสัญญาณเสียงกลับเป็นกระแสไฟฟ้า โดยจะสร้างคลื่นกลผ่านเข้าไปในชิ้นงานและเปลี่ยนสัญญาณที่สะท้อนกลับให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่สามารถตรวจวัดและอ่านผลได้

ทรานสดิวเซอร์แบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ แบบ contact และแบบ immersion ทรานสดิวเซอร์แบบ contact จะใช้ประโยชน์ของน้ำหรือน้ำมันในการทำให้ผิวหน้าของชิ้นงานเรียบหรือป้องกันการเกิดช่องอากาศขึ้นในชิ้นงาน สำหรับทรานสดิวเซอร์แบบ immersion นั้นจะใช้สำหรับตัวอย่างที่เป็นของเหลว และมีการป้องกันไม่ให้น้ำไหลเข้า-ออกได้ เพื่อลดโอกาสที่จะทำให้เกิดโพรงอากาศ ทรานสดิวเซอร์ประเภทนี้สามารถใช้งานได้ทั้งในช่วง 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 โดยยังมีค่าความถี่สูงมากเท่าไรจะยังมีความไวมากขึ้นเท่านั้น
- ทรานสดิวเซอร์แบบ normal incidence shear wave เป็นทรานสดิวเซอร์ที่ให้ shear wave ผ่านเข้าไปยังตัวอย่างโดยตรงโดยไม่ต้องใช้ angle-beam wedge

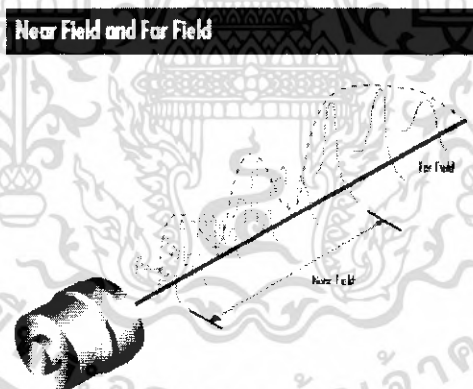
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างเครื่อง Pulser - Receivers

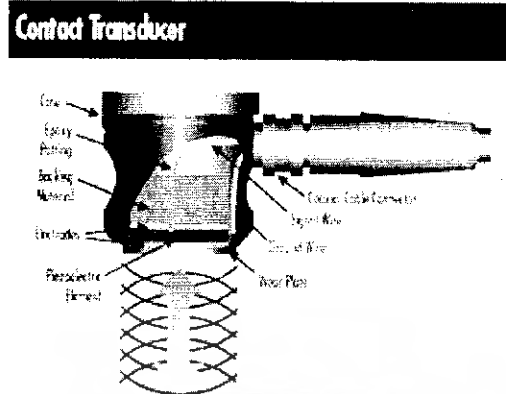
2.3.1.3 การแสดงผล

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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 หลักการทำงานของทรานสดิวเซอร์แบบ contact

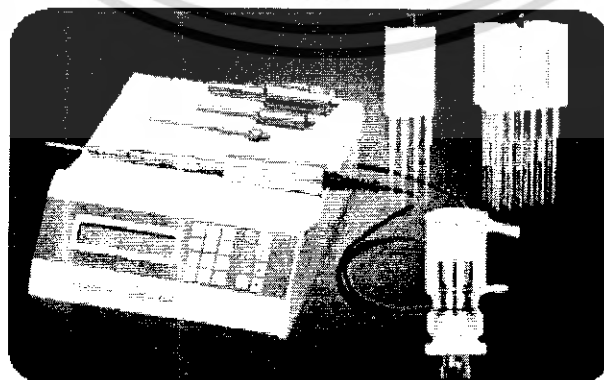
2.3.2 ข้อดีและข้อจำกัดของเทคนิค

ข้อดี

การตรวจสอบด้วยวิธีนี้มีความไว ให้ประสิทธิภาพในการตรวจวัดรอยร้าวได้ลึกกว่าวิธีการอื่น มีความแม่นยำสูงในการคำนวณตำแหน่งของคลิ่นสะท้อนรวมถึงการประเมินขนาดและรูปร่าง วิธีการนี้ต้องการการเตรียมตัวอย่างเพียงเล็กน้อย แสดงผลได้อย่างทันที รายละเอียดของภาพสามารถสร้างขึ้นได้ด้วยระบบอัตโนมัติ

ข้อจำกัด

ตัวอย่างที่นำมาตรวจสอบจะต้องสามารถให้คลื่นเสียงผ่านได้ ผู้ที่จะใช้การตรวจสอบด้วยวิธีการนี้จะต้องมีความชำนาญและได้รับการฝึกอบรมเป็นอย่างดีกว่าวิธีการอื่น วัสดุที่มีความขรุขระ รูปร่างผิดปกติ มีขนาดเล็กมาก หรือไม่เป็นเนื้อเดียวกันจะทำการตรวจสอบด้วยวิธีการนี้ลำบาก เหล็กหล่อหรือวัสดุอื่นๆ ที่มีเนื้อหยาบจะยินยอมให้คลื่นเสียงผ่านได้ในปริมาณต่ำและให้สัญญาณรบกวนสูงทำให้ยากในการตรวจสอบ ถ้ารอยร้าวอยู่ในทิศทางที่ขนานกับคลื่นเสียงก็ไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการนี้

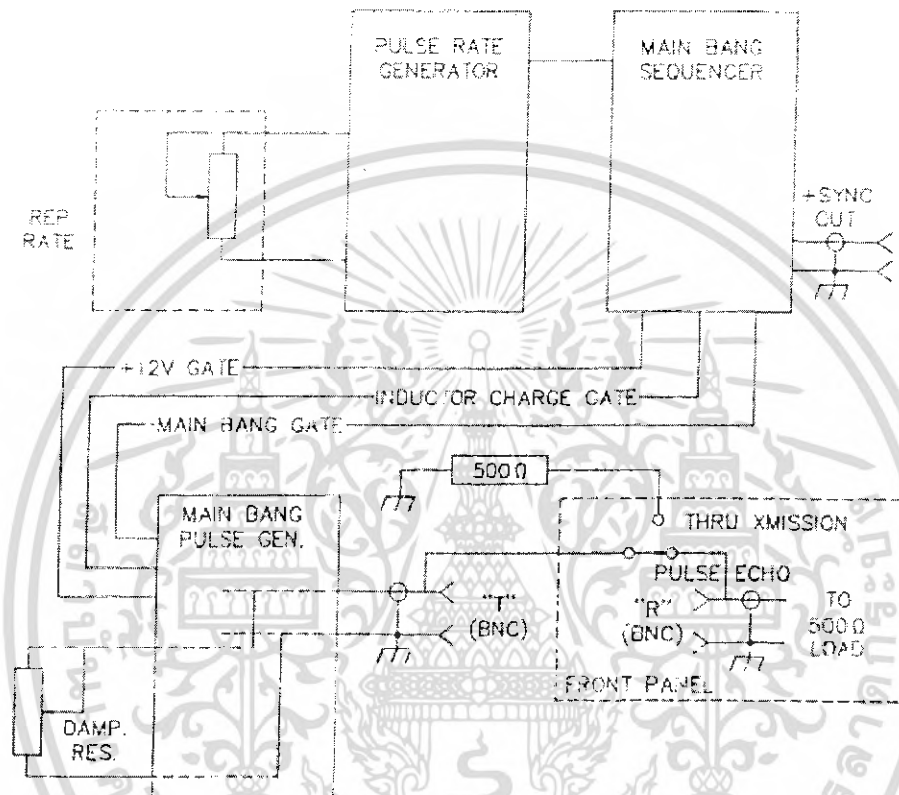


รูปที่ 2.10 เครื่องตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงมีความถี่สูง สำหรับของเหลวที่มีปริมาตรต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 PULSER

3.1 ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulser)



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์

3.1.1 ส่วนของ REP RATE

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ควบคุมวงจรส่วนสร้างสัญญาณกระตุ้นการทำงาน ทำให้สามารถกำหนดความถี่ที่สร้างออกมาใช้งานได้ ซึ่งความถี่ในส่วนนี้จะเป็นส่วนควบคุมวงจรในส่วนอื่นๆ ทั้งหมด

3.1.2 ส่วนของ PULSER RATE GENERATOR

ส่วนสร้างสัญญาณกระตุ้นการทำงาน วงจรส่วนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ NE555 ทำการสร้างสัญญาณความถี่ต่อเนื่องออกมายังขาเอาต์พุต เพื่อที่จะนำสัญญาณความถี่นี้ไปใช้ในการควบคุมการทำงานในส่วนของวงจรสร้างคาบสัญญาณหลัก โดยจะมีส่วนของ REP RATE เป็นส่วนควบคุมความถี่ที่วงจรส่วนนี้สร้างขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

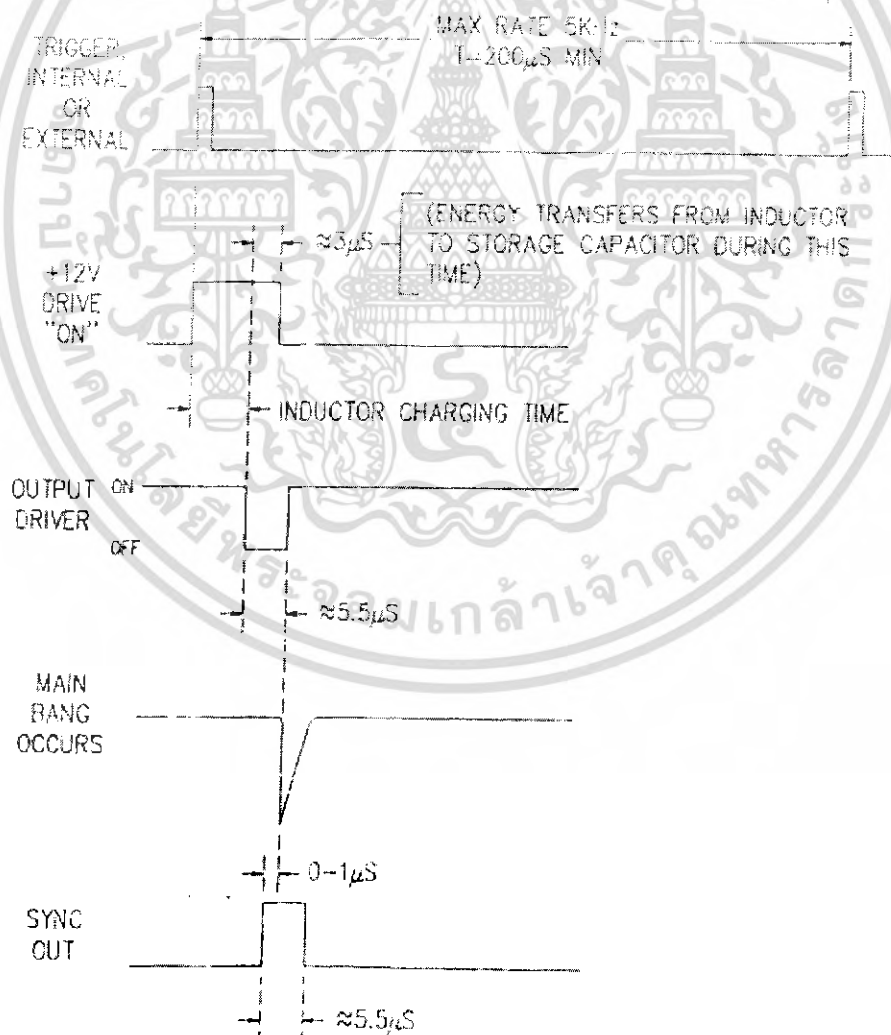
3.1.3 ส่วนของ MAIN BANG SEQUENCER

สัญญาณในส่วนนี้ จะเป็นส่วนสร้างคาบสัญญาณหลักของวงจรเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานในส่วนอื่นๆ คือ ส่วนสร้างคาบเวลาการเก็บสะสมพลังงานไว้ในขดลวดเหนี่ยวนำ ส่วนควบคุมสัญญาณเอาต์พุต และส่วนสร้างสัญญาณซิงโครนัส

3.1.4 ส่วนของ MAIN BANG GENERATOR

ส่วนสร้างสัญญาณควบคุมสัญญาณเอาต์พุต สัญญาณในส่วนนี้จะนำไปใช้เป็นตัวควบคุมมอเตอร์ให้เปิดหรือปิดการทำงาน เพื่อนำค่าแรงดันที่เกิดการสะสมไว้ส่งต่อออกไปยังเอาต์พุตของวงจร โดยสัญญาณเอาต์พุตของวงจรมีลักษณะเป็นพัลส์ลบที่มีค่าแรงดันและกระแสสูง และสามารถปรับขนาดของแรงดันเอาต์พุตได้จากวงจรส่วน DAMP RES.

3.2 ความสัมพันธ์ของช่วงเวลาของ Pulsar System



รูปที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเครื่องสร้างสัญญาณพัลส์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อใดๆ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 กราฟของสัญญาณ TRIGGER INTERNAL OR EXTERNAL

กราฟนี้จะแสดงค่าความถี่ที่ถูกผลิตขึ้นจากวงจรส่วน PULSER RATE GENERATOR โดยความถี่ที่สร้างขึ้นสามารถควบคุมได้จากส่วน REP RATE

3.2.2 กราฟแสดงสัญญาณ DRIVER ON

กราฟนี้จะแสดงสัญญาณที่ขาเอาต์พุตของวงจรส่วนของ MAIN BANG SEQUENCER ซึ่งเกิดจากการถูกทริกเกอร์จากวงจรในส่วน PULSER RATE GENERATOR ในขณะที่เป็นสัญญาณอน สัญญาณในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่นำไปสร้างคาบเวลาการเก็บสะสมพลังงานไว้ในขดลวดเหนี่ยวนำ

3.2.3 OUTPUT DRIVER

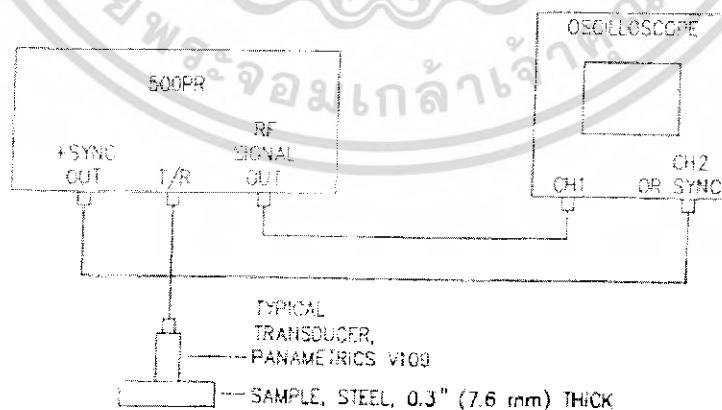
กราฟนี้เป็นกราฟที่แสดงสัญญาณจากวงจรส่วนขับมอสเฟตให้หยุดทำงาน เพื่อให้ได้สัญญาณเอาต์พุตที่เกิดขึ้นตามเวลาที่ต้องการ โดยเวลาที่เกิดการออฟของมอสเฟตนั้นจะเกิดขึ้นก่อนที่สัญญาณในส่วน MAIN BANG SEQUENCER จะออฟ ในช่วงเวลานี้จะเป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทพลังงานจากขดลวดเหนี่ยวนำไปเก็บไว้ยังตัวเก็บประจุต่อไป

3.2.4 MAIN BANG OCCURS

กราฟแสดงการเกิดแรงดันเอาต์พุตของวงจร ซึ่งจะมีลักษณะเป็นพัลส์ลบแรงดันและกระสูง

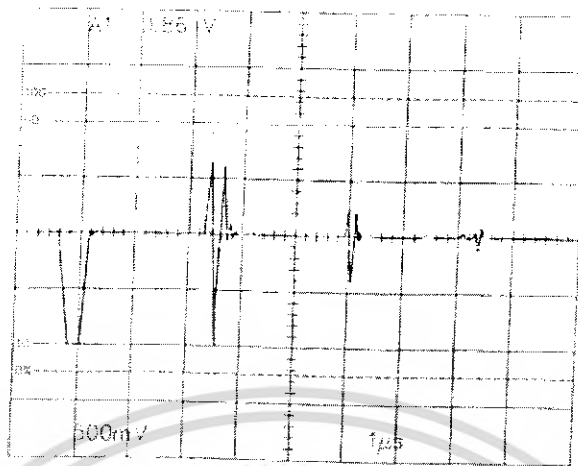
3.2.5 SYNC OUT

กราฟแสดงสัญญาณซิงโครนัสที่เกิดขึ้นเพื่อส่งสัญญาณให้รู้ว่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรกำลังจะเกิดขึ้นแล้ว สัญญาณนี้จะเกิดขึ้นก่อนที่แรงดันเอาต์พุตของวงจรจะเกิดขึ้นอีกที

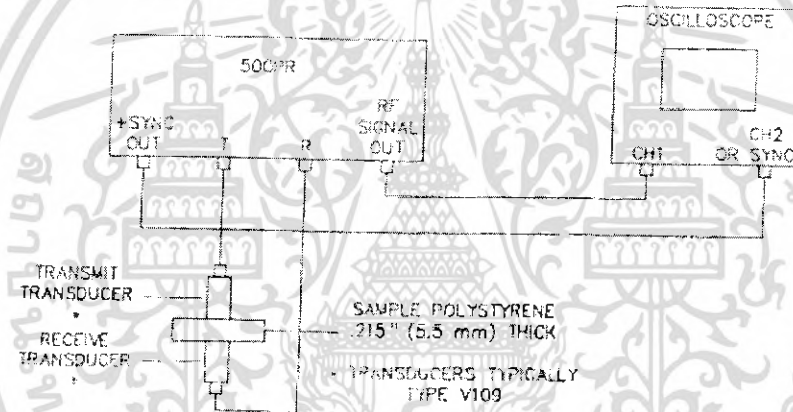


รูปที่ 3.3 แสดงการต่อทรานสดิวเซอร์เข้ากับเครื่อง PULSER แบบ Pulse-Echo Mode

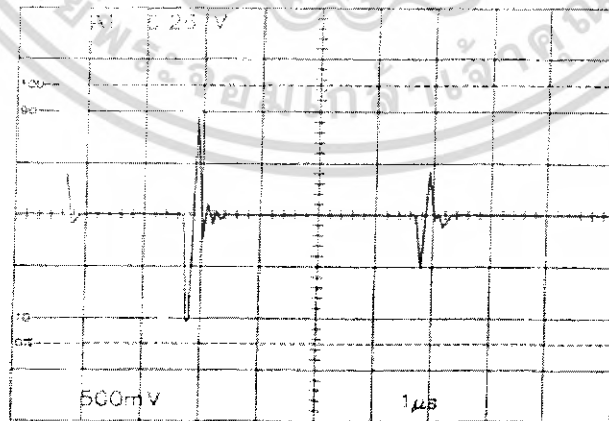
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงสัญญาณที่ได้จากการต่อวงจรแบบ Pulse-Echo Mode



รูปที่ 3.5 แสดงการต่อทรานสดิวเซอร์เข้ากับเครื่อง PULSER แบบ Through Transmission Mode



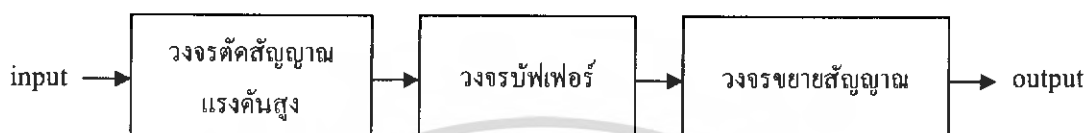
รูปที่ 3.6 แสดงสัญญาณที่ได้จากการต่อวงจรแบบ Through Transmission Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 72089 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

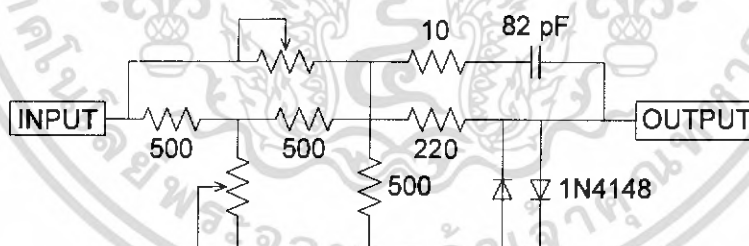
RECEIVER

4.1 ส่วนประกอบของวงจรรับสัญญาณ



4.1.1 วงจรตัดสัญญาณแรงดันสูง

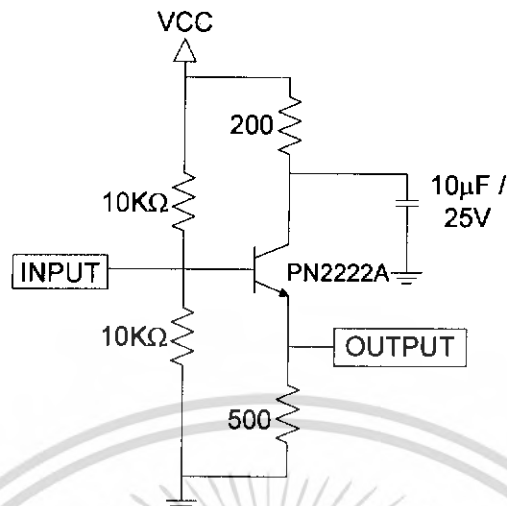
วงจรในส่วนนี้จะรับสัญญาณพัลส์อัลตราโซนิกจากหัวโพรบอัลตราซาวด์ ซึ่งเป็นสัญญาณสะท้อนจากการต่อหัวโพรบอัลตราซาวด์แบบ Pulse-Echo Mode และรับสัญญาณแรงดันสูงที่ส่งออกมาพร้อมกันจากวงจรส่วน Pulser ด้วย เนื่องจากสัญญาณพัลส์ที่ออกมาจากวงจร Pulser นั้นเป็นสัญญาณในลักษณะของพัลส์ลบที่มีค่าแรงดันสูง ซึ่งไม่ใช่เป็นสัญญาณอัลตราซาวด์ที่เราต้องการ ดังนั้นวงจรในส่วนนี้จะทำหน้าที่ตัดสัญญาณแรงดันสูงดังกล่าวออก เพื่อให้เหลือแต่สัญญาณอัลตราซาวด์ที่สะท้อนกลับเข้ามายังหัวโพรบอัลตราซาวด์และรับเข้ามาในวงจร ซึ่งจะมีขนาดเล็กมากและเป็นสัญญาณที่เราต้องการ สัญญาณแรงดันสูงนั้นแม้จะถูกกำจัดออกไปไม่หมด แต่ก็จะถูกทำให้เหลือเพียงแค่นสัญญาณขนาดเล็กที่เราไม่ต้องการเท่านั้น



รูปที่ 4.1 แสดงวงจรตัดสัญญาณแรงดันสูง

4.1.2 วงจรบัฟเฟอร์

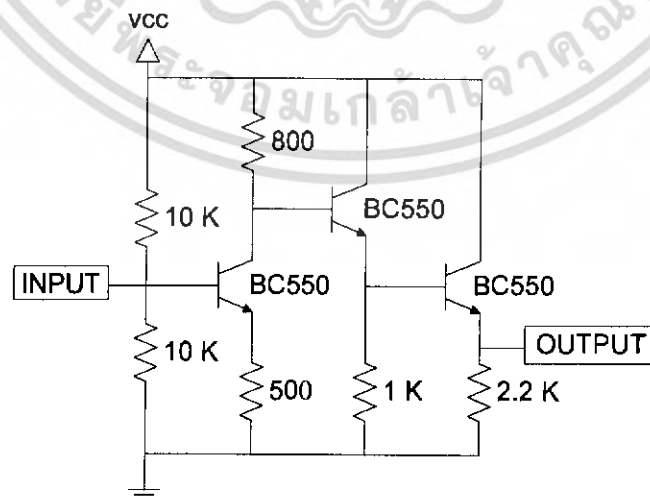
วงจรส่วนนี้จะป็นวงจรขยายใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ PN2222 มาต่อเป็นแบบ Common Collector มีอัตราขยายของวงจรเท่ากับ 1 ซึ่งก็คือวงจรบัฟเฟอร์นั่นเอง วงจรนี้มีหน้าที่รับสัญญาณเข้ามาทางอินพุต จากนั้นสัญญาณที่ออกไปทางเอาต์พุตจะเป็นสัญญาณที่มีลักษณะเช่นเดียวกันกับสัญญาณอินพุต แต่จะใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายไฟแทนเพื่อให้วงจรสามารถขับกระแสได้มากขึ้น



รูปที่ 4.2 แสดงวงจรขยายสัญญาณแบบบัฟเฟอร์

4.1.3 วงจรขยายสัญญาณ

เนื่องจากสัญญาณพัลส์อัลตราซาวด์ที่ได้มีลักษณะของสัญญาณที่เล็กมาก ดังนั้นวงจรในส่วนนี้จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณอัลตราซาวด์ที่ได้ให้มีขนาดของสัญญาณที่ใหญ่ขึ้น เพื่อสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ลักษณะของสัญญาณที่เกิดขึ้นได้ ในวงจรนี้จะใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC550 มาต่อเป็นวงจรขยายสัญญาณแบบ Common Emitter และนำไปต่อกับวงจรบัฟเฟอร์อีก 2 ชุด เพื่อขยายสัญญาณที่รับเข้ามาจากส่วนตัดสัญญาณแรงดันสูง และเพื่อให้จ่ายกระแสได้มากขึ้นด้วย หลังจากนั้นจะผ่านวงจร High Pass Filter เพื่อตัดสัญญาณความถี่สูงออกจากวงจรและนำไปเข้าวงจรขยายอีกชุดหนึ่งเพื่อขยายสัญญาณที่ได้จากชุดแรกให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้นอีกต่อไป และต่อออกไปยังเอาต์พุตของวงจร เพื่อเป็นการง่ายต่อการวิเคราะห์รูปร่างลักษณะของสัญญาณต่อไป



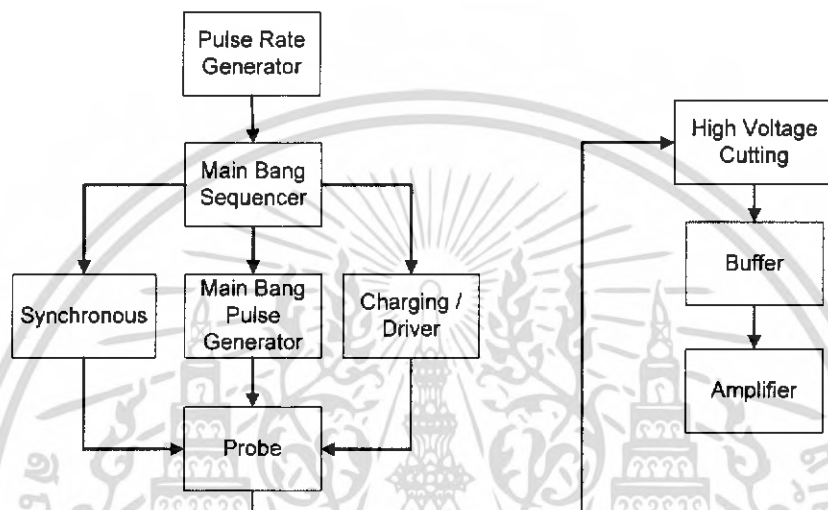
รูปที่ 4.3 แสดงวงจรขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การออกแบบวงจร

การออกแบบวงจรจะแบ่งออกเป็นส่วนๆ ซึ่งแต่ละส่วนมีหน้าที่ในการทำงานที่แตกต่างกัน สามารถแสดงส่วนประกอบได้ดังนี้



รูปที่ 5.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดและรับสัญญาณพัลส์อัตราซ้ำ

5.1 วงจรสร้างความถี่

วงจรจะใช้ไอซีสร้างสัญญาณความถี่ เพื่อทำหน้าที่สร้างความถี่ที่ใช้เป็นสัญญาณกระตุ้นการทำงานของวงจรส่วนอื่น และความถี่ที่ใช้ในการทำหน้าที่ควบคุมการสะสมและปล่อยพลังงานออกไปยังเอาต์พุต โดยสามารถแบ่งวงจรในส่วนที่ทำการสร้างความถี่นี้ออกได้เป็น 5 ส่วน ดังนี้

5.1.1 ส่วนสร้างสัญญาณกระตุ้นการทำงาน

วงจรส่วนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ NE555 ทำหน้าที่สร้างความถี่กระตุ้นการทำงานของวงจรส่วนอื่น โดยจะต่อเป็นวงจรอะอสซิลเลเตอร์ ทำหน้าที่สร้างสัญญาณความถี่แบบต่อเนื่องออกมายังเอาต์พุต สามารถปรับความถี่ของสัญญาณได้ตั้งแต่ 850 เฮิรต จนถึง 6.5 กิโลเฮิรต ซึ่งเป็นความถี่ในช่วงที่ต้องการใช้งาน โดยความถี่ที่สร้างออกมานี้สามารถกำหนดได้โดยการปรับค่า R และค่า C ในวงจร

ค่าคาบเวลาและความถี่ที่ได้จากวงจรแบบอะอสซิลเลเตอร์สามารถคำนวณได้ดังนี้

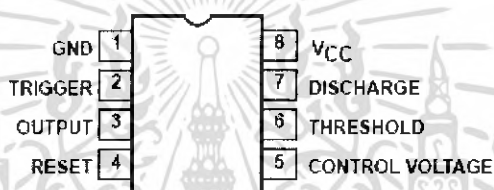
$$f = \frac{1.49}{(R_A + 2R_B) \times C} \quad \text{--- 5.1}$$

$$T_{on} = \frac{(R_A + R_B) \times C}{1.49} \quad \text{--- 5.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_{off} = \frac{R_B \times C}{1.49} \quad \text{--- 5.3}$$

- โดยที่ f คือ ความถี่ที่ได้จากวงจร
 T_{on} คือ ค่าคาบเวลาของเอาต์พุตที่มีสถานะเป็น High
 T_{off} คือ ค่าคาบเวลาของเอาต์พุตที่มีสถานะเป็น Low
 R_A คือ ค่าตัวต้านทานที่ต่ออยู่ระหว่างขา Discharge กับ Vcc
 R_B คือ ค่าตัวต้านทานที่ต่ออยู่ระหว่างขา Discharge กับ Threshold
 C คือ ค่าตัวเก็บประจุที่ต่ออยู่ระหว่างขา Trigger กับ GND



รูปที่ 5.2 แสดงขาของไอซีเบอร์ NE555

5.1.2 ส่วนสร้างคาบเวลาการเก็บสะสมพลังงานไว้ในขดลวดเหนี่ยวนำ

วงจรส่วนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ NE555 นำมาต่อแบบโมโนสเตเบิลโดยใช้สัญญาณที่ได้จากวงจรในส่วนที่ 1 เป็นสัญญาณทริกให้วงจรในส่วนนี้ทำงานซึ่งวงจรจะทำงานในช่วงขอบขาของสัญญาณพัลส์ในส่วนแรก ค่าคาบเวลาการออนของวงจรสามารถปรับได้ตั้งแต่ $11 \mu s$ ถึง $77 \mu s$ โดยแบ่งช่วงคาบเวลานี้ออกเป็นอีก 2 ช่วง คือ ช่วงที่เราต้องการได้เอาต์พุตของวงจรเป็นพัลส์ Low ค่าคาบเวลานี้จะสามารถปรับได้ตั้งแต่ $11 \mu s$ ถึง $33 \mu s$ และช่วงที่เราต้องการได้เอาต์พุตของวงจรเป็นพัลส์ High ค่าคาบเวลานี้จะสามารถปรับได้ตั้งแต่ $33 \mu s$ ถึง $77 \mu s$ ค่าคาบเวลาที่ออนของวงจรนี้จะใช้เป็นคาบเวลาในการสะสมพลังงานไว้ในขดลวดเหนี่ยวนำ และยังใช้เป็นสัญญาณในการควบคุมเอาต์พุตของวงจรอีกด้วย

ค่าคาบเวลาการออนของวงจรแบบ โมโนสเตเบิลสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\Delta T = 1.1 \times R_A \times C \quad \text{--- 5.4}$$

โดยที่ ΔT คือ ค่าคาบเวลาที่เอาต์พุตมีสถานะเป็น High หลังจากถูกกระตุ้น

5.1.3 ส่วนสร้างคาบเวลาการถ่ายเทพลังงานจากขดลวดเหนี่ยวนำไปเก็บสะสมไว้ในตัวเก็บประจุ

วงจรส่วนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ NE555 มาต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิลทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงเวลาจากสัญญาณที่ได้ในวงจรส่วนที่สองออกไปอีกเล็กน้อย เพื่อใช้เป็นช่วงคาบเวลาให้ขดลวดเหนี่ยวนำทำการถ่ายเทพลังงานที่สะสมเอาไว้ผ่านไดโอดไปเก็บสะสมเอาไว้ในตัวเป็นประจุ โดยขดลวดเหนี่ยวนำจะเก็บสะสมพลังงานเอาไว้ในรูปแบบของกระแส และมีการถ่ายเทพลังงานไปเก็บไว้ในรูปแบบของแรงดัน ตามหลักการของ $V = L \frac{di}{dt}$ ในวงจรส่วนนี้จะทำงานที่ขอบขาลงของสัญญาณพัลส์ แต่อาศัยการต่อทรานซิสเตอร์เป็นลักษณะของสวิตช์ลกราวน์และต่อพูลอัพเอาไว้ และทรานซิสเตอร์ที่ใช้เป็นชนิด เอ็น-พี-เอ็น ทำให้เมื่อสัญญาณที่มาจากวงจรในส่วนที่สองขณะอนั้นทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน เหมือนเป็นสวิตช์ต่อลกราวน์ทำให้ไอซีได้รับสัญญาณพัลส์เป็นขอบขาลงไอซีจึงทำงานเป็นตัวหน่วงเวลาโดยอาศัยค่าคาบเวลาจากการปรับค่า R และค่า C เอาท์พุทที่ออกมาไอซีจะนำไปใช้ขับทรานซิสเตอร์เพื่อใช้เป็นตัวจ่ายแรงดันและกระแสแทนและยังเป็นสวิตช์ควบคุมการ charge ขดลวดเหนี่ยวนำด้วย

5.1.4 ส่วนสร้างสัญญาณควบคุมสัญญาณเอาท์พุท

วงจรส่วนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ NE555 มาต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิลทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมมอสเฟตให้เกิดการออฟชั่น (โดยปกติมอสเฟตจะนำกระแสอยู่ตลอดเวลาเพื่อต่อวงจรลกราวน์พลังงานจึงยังเก็บสะสมในขดลวดเหนี่ยวนำต่อไป) ทำให้พลังงานที่เก็บสะสมเอาไว้ในขดลวดเหนี่ยวนำจะถูกถ่ายเทไปเก็บไว้ในตัวเก็บประจุเกิดเป็นค่าแรงดันสูงขึ้น โดยวงจรจะอาศัยสัญญาณขอบขาลงของพัลส์ที่ได้จากวงจรส่วนที่สองเป็นตัวกระตุ้นให้วงจรในส่วนนี้ทำงาน ในช่วงการทำงานก่อนหน้าซึ่งส่วนที่สามจะทำงานในช่วงที่เป็นพัลส์ออนของส่วนที่สองเกิดการสะสมพลังงานเอาไว้ในขดลวดเหนี่ยวนำ (มอสเฟตนำกระแสต่อลกราวน์อยู่) พอมาถึงในส่วนนี้เมื่อมอสเฟตเกิดการออฟชั่น พลังงานที่สะสมเอาไว้จึงถ่ายเทจากขดลวดเหนี่ยวนำลงมาเก็บสะสมไว้ที่ตัวเก็บประจุได้ และเมื่อมอสเฟตเกิดการนำกระแสอีกครั้งค่าพลังงานทั้งแรงดันและกระแสที่เก็บสะสมเอาไว้ในตัวเก็บประจุนี้ จะเกิดการถ่ายเทออกไปสู่โหนดของวงจรที่เป็นหัวโพรบของอัลตราซาวนด์ได้ โดยสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จะมีลักษณะเป็นพัลส์ลบที่มีค่าแรงดันและกระแสสูง (Negative Pulses)

5.1.5 ส่วนสร้างสัญญาณซิงโครนัส

วงจรส่วนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ NE555 มาต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิลเช่นกัน โดยอาศัยสัญญาณจากวงจรในส่วนที่สองมาเป็นสัญญาณกระตุ้นให้วงจรทำงาน วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณเพื่อไปบอกให้เครื่องวัดรู้ว่าในขณะที่วงจรได้ส่งเอาท์พุทออกไปยังหัวโพรบอัลตราซาวนด์แล้ว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชวาคแล้ว จึงจะรู้ว่าเวลาใดที่ตัวส่งส่งสัญญาณออกมา เพื่อที่จะทำการตรวจสอบสัญญาณที่วัดได้ตรงกับช่วงที่กำลังวัดด้วย ในช่วงที่ไม่ได้ทำการส่งสัญญาณออกมาอาจมีสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการอื่นๆ เข้ามา ทำให้อาจวัดไม่ตรงจุดที่ต้องการ จึงมีวงจรส่วนนี้ขึ้นมาเพื่อบอกให้รู้ว่าค่าเวลาช่วงใดที่เรากำลังวัดอยู่เพื่อให้ตรวจสอบได้ถูกต้องด้วย ค่าคาบเวลาการอนของวงจรถ่วงในส่วนนี้จะเป็นการอนในขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตอยู่ในสภาวะนำกระแสอยู่เลยไปจนถึงช่วงที่เพาเวอร์มอสเฟตเปลี่ยนสถานะเป็นออฟอีกครั้งหนึ่ง

5.2 วงจรให้กำเนิดเอาต์พุตแรงดันสูง

วงจรถ่วงที่จะกำเนิดค่าแรงดันสูงนี้ จะใช้สัญญาณจากไอซีซึ่งทำการหน่วงเวลามาแล้ว จากส่วนที่สาม มาต่อเข้ากับทรานซิสเตอร์ ในวงจรถ่วงนี้จะใช้ทรานซิสเตอร์แบบคาลริงตัน เพราะว่ากระแสที่ได้จากไอซีเบอร์ 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) หลังจากนั้นก่อนที่สัญญาณเอาต์พุตจะออกมาจากวงจรถ่วงจะส่งสัญญาณซิงโครนัสออกไปก่อนเพื่อสื่อสารกับอุปกรณ์วัดตัวอื่นให้รู้ว่า สัญญาณเอาต์พุตจากวงจรถ่วงกำลังจะถูกส่งออกไปแล้ว เมื่อสัญญาณซิงโครนัสถูกส่งออกมาแล้วสัญญาณเอาต์พุตจะถูกส่งออกมาตามมา ซึ่งค่าแรงดันที่ได้จากเอาต์พุตนี้จะมีลักษณะเป็นพัลส์ลบ (negative pulse) เพราะว่าทิศทางของกระแสนั้นจะมีทิศย้อนกลับเข้าไปในวงจรถ่วงและหัวโพรบอัลตราซาวด์จะทำงานที่แรงดันมีค่าติดลบด้วย ที่บริเวณเอาต์พุตนี้จะต่อตัวต้านทานปรับค่าได้เอาไว้เพื่อใช้ในการปรับขนาดของสัญญาณ (damping) ให้ได้ตามที่ต้องการ

5.3 วงจรรับสัญญาณพัลส์อัลตราซาวด์

เนื่องจากสัญญาณที่ส่งมาจากหัวโพรบอัลตราซาวด์และเครื่องสร้างสัญญาณพัลส์จะมีทั้งสัญญาณที่ต้องการและไม่ต้องการ ดังนั้นเมื่อผ่านเข้ามาจะต้องทำการคัดสัญญาณแรงดันสูงออกเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายแก่วงจรตัวรับในส่วนอื่นๆ วงจรในส่วนของการคัดสัญญาณเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

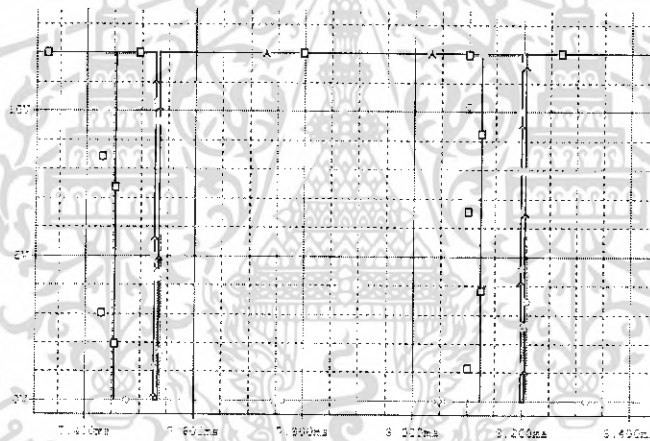
แรงดันสูงออกนี้จะใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บเพื่อป้องกันกระแสและแรงดันที่สูงออกได้ส่วนหนึ่ง ในวงจรส่วนนี้จะมีไดโอดสองตัวต่อกลับข้างและขนานกันอยู่ ต่อเข้ากับบริเวณที่สัญญาณผ่านมากับกราวด์ของวงจร เมื่อมีแรงดันไฟสูงผ่านเข้ามาไดโอดทั้งสองตัวนี้จะฟอร์เวิร์ดไบอัสแรงดันลงกราวด์ทั้งแรงดันทางด้านบวกและทางด้านลบ (ใช้ไดโอดสองตัวต่อกลับข้างขนานกัน) ทำให้เหลือแต่เฉพาะแรงดันค่าน้อยๆ เท่านั้น จากนั้นจะนำไปผ่านวงจรขยายแบบ Common Collector โดยใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ PN2222 ซึ่งวงจรนี้จะมีอัตราขยายเท่ากับ 1 นั่นคือ เป็นวงจรบัฟเฟอร์แทนนั่นเอง เนื่องจากเราต้องการจ่ายกระแสให้กับโหลดและกระแสที่เกิดขึ้นมาพร้อมกับสัญญาณอัตราชาวดังกล่าวมีค่าไม่เพียงพอ จึงได้ทำการต่อวงจรบัฟเฟอร์ช่วยในการจ่ายกระแสให้แทน หลังจากผ่านวงจรบัฟเฟอร์แล้วเราต่อเข้ากับวงจรขยายสัญญาณอีกชุดหนึ่ง จากของเดิมส่วนขยายของวงจรนี้ใช้ไอซีเบอร์ SL560 ซึ่งเป็นไอซีขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ แต่เนื่องจากหาไอซีตัวนี้ไม่ได้จึงได้ทำการต่อวงจรตาม circuit diagram ของไอซีเบอร์ SL560 แทน โดยทำการต่อโดยใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC550 แทน ดังนั้นสัญญาณที่ได้จากวงจรขยายส่วนนี้จึงทำได้ไม่ดีเท่ากับการขยายโดยใช้ไอซีเบอร์ SL560

บทที่ 6

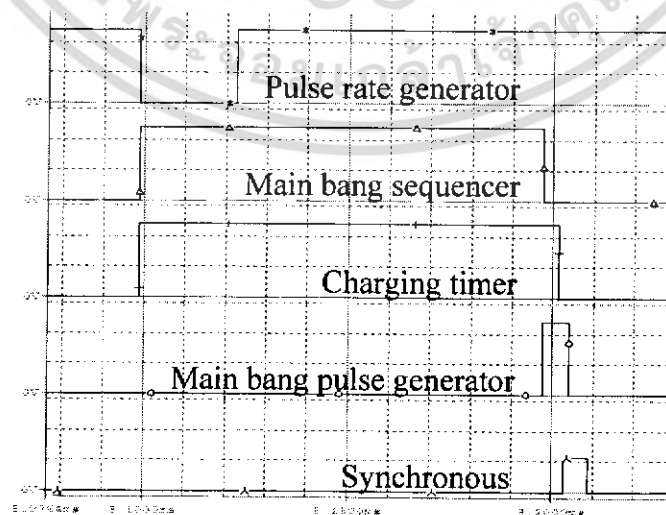
ผลการทดลอง

6.1 ผลการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ เป็นการนำผลการทดลองที่ได้จากการเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุเอาต์พุต และการเปลี่ยนค่าขดลวดเหนี่ยวนำ จากการทดลองจริงและการทดลองจำลองการทำงานด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ มาเปรียบเทียบกันเพื่อตรวจสอบว่าการทำงานของวงจรในส่วนต่างๆ มีลักษณะของสัญญาณเป็นเช่นไร และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ในวงจรแล้ว ผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร ซึ่งเราต้องการค่าของแรงดันเอาต์พุตที่จะนำไปต่อเข้ากับหัวโพรบอัลตราซาวด์เท่ากับ -250 โวลต์ เพื่อที่จะสามารถขับให้หัวโพรบอัลตราซาวด์ส่งสัญญาณและใช้ตัวรับสัญญาณเพื่อวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้

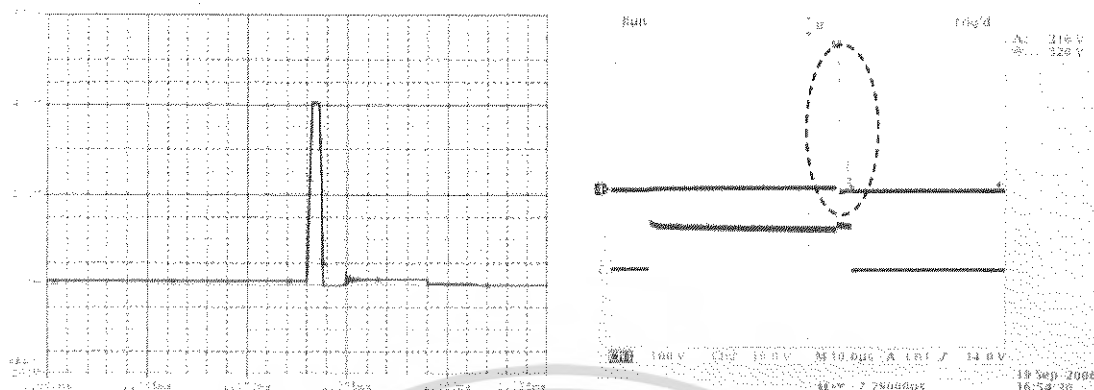


กราฟที่ 6.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของช่วงเวลา PULSER SYSTEM ที่ได้จากการ SIMULATE

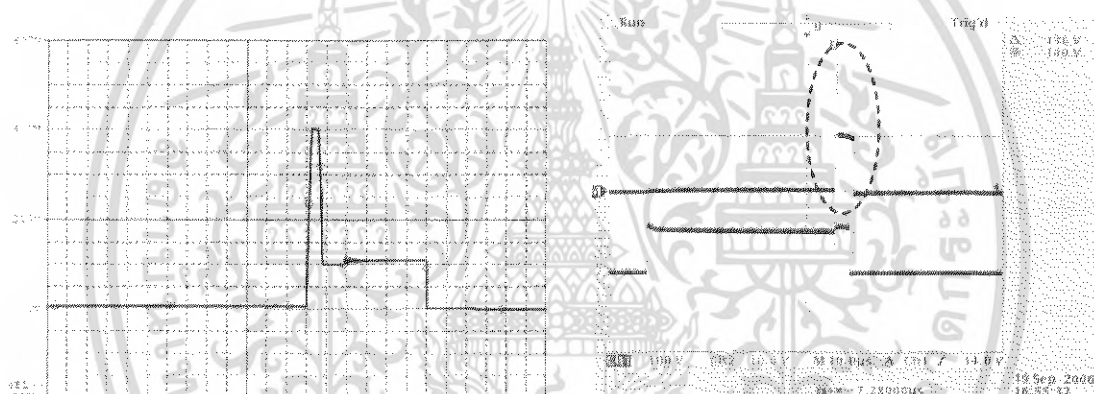


กราฟที่ 6.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ PULSE

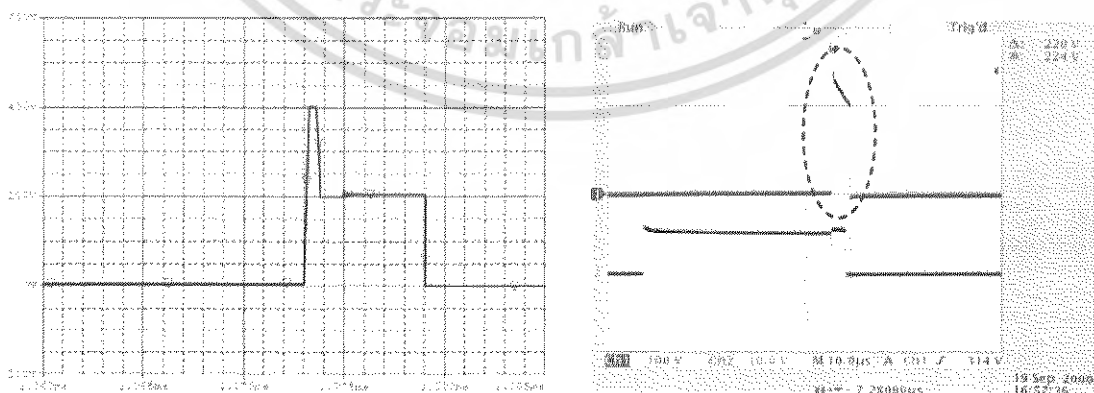
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 6.5 กราฟแสดงค่าแรงดันหลังจากผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ

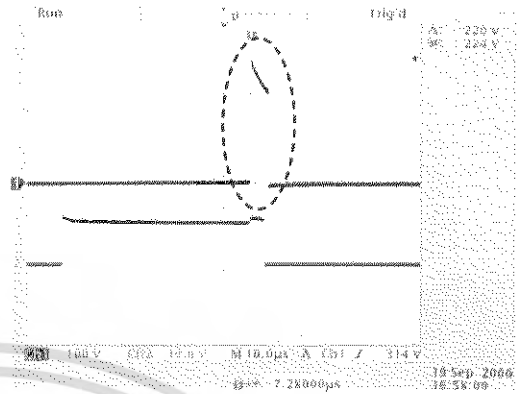
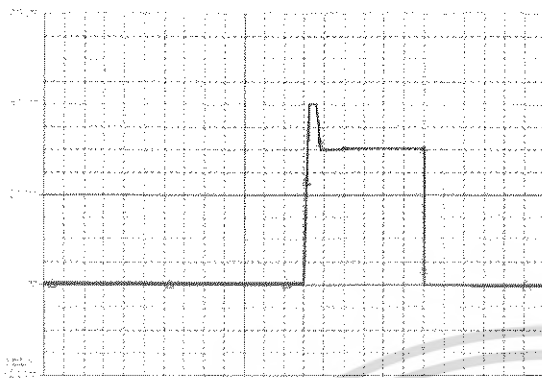


กราฟที่ 6.6 กราฟแสดงค่าแรงดันหลังจากผ่านไดโอดคู่ที่ 1

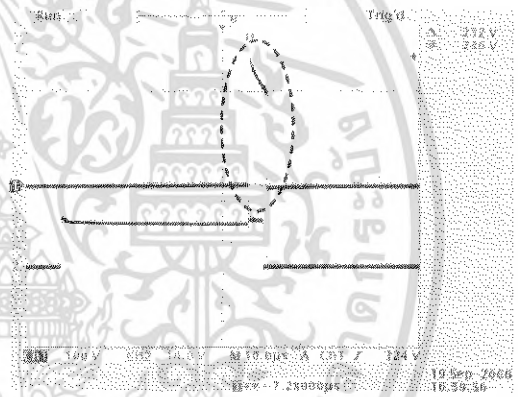
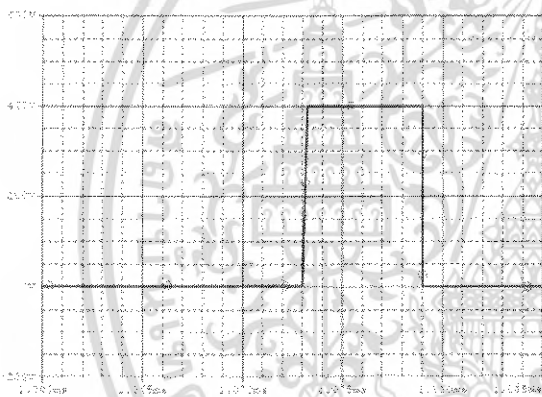


กราฟที่ 6.7 กราฟแสดงค่าแรงดันหลังจากผ่านไดโอดคู่ที่ 2

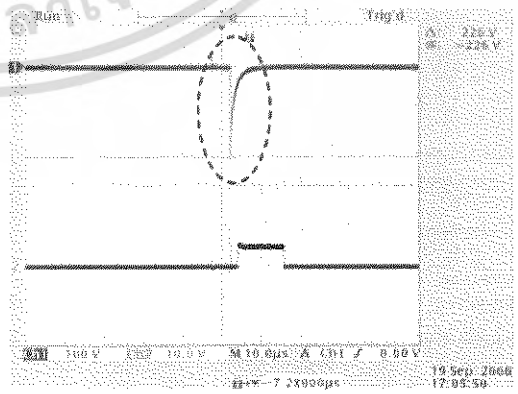
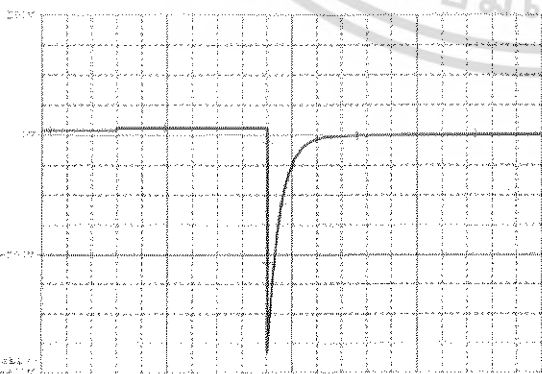
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 6.8 กราฟแสดงค่าแรงดันหลังจากผ่านไดโอดคู่ที่ 3

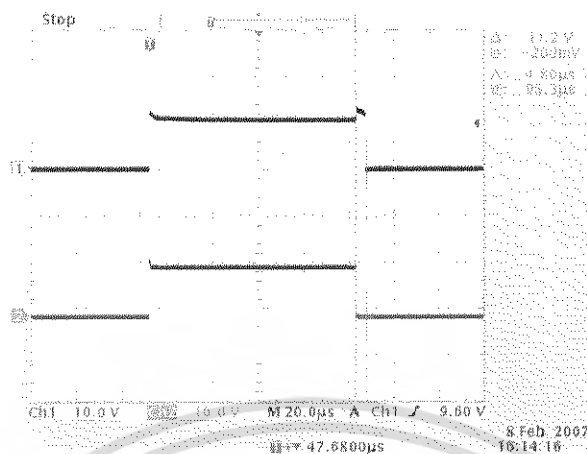


กราฟที่ 6.9 กราฟแสดงค่าแรงดันหลังจากผ่านไดโอดคู่ที่ 4

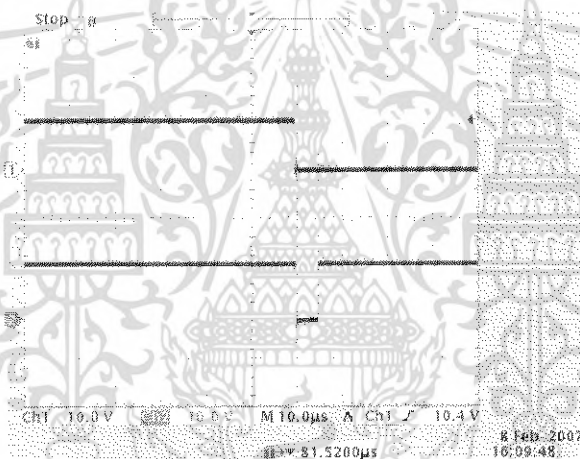


กราฟที่ 6.10 กราฟแสดงค่าแรงดันหลังจากผ่านตัวเก็บประจุ

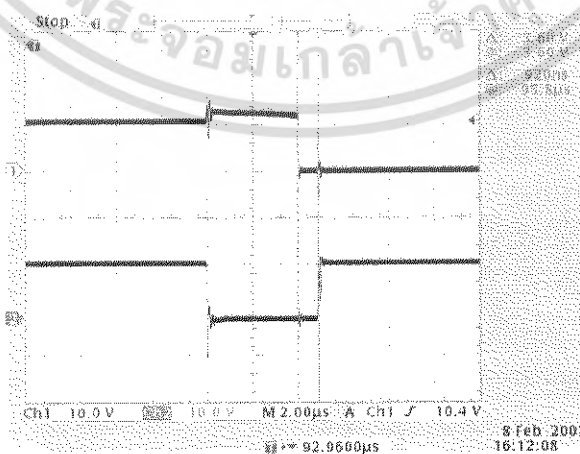
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 6.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณพัลส์หลัก และสัญญาณพัลส์ที่ใช้เก็บสะสมพลังงานในขดลวดเหนี่ยวนำ

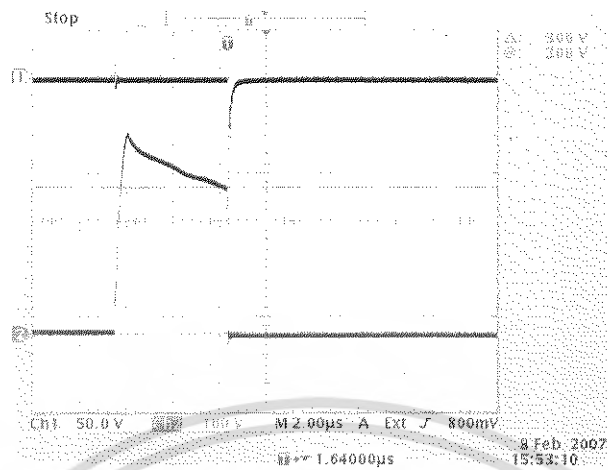


กราฟที่ 6.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณพัลส์หลัก และสัญญาณพัลส์ที่ใช้เป็นสัญญาณควบคุมแรงดันเอาต์พุต

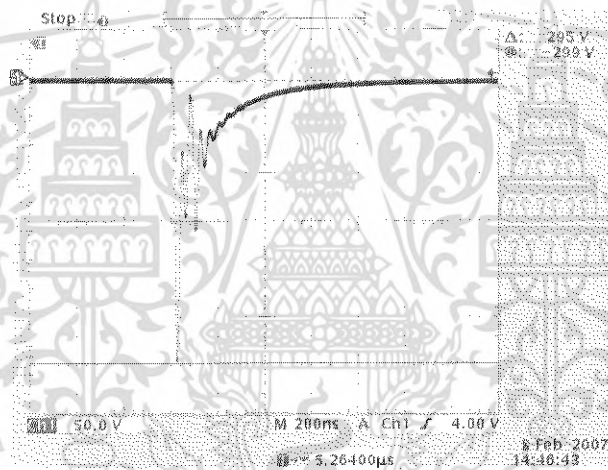


กราฟที่ 6.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณพัลส์ที่ใช้เก็บสะสมพลังงาน

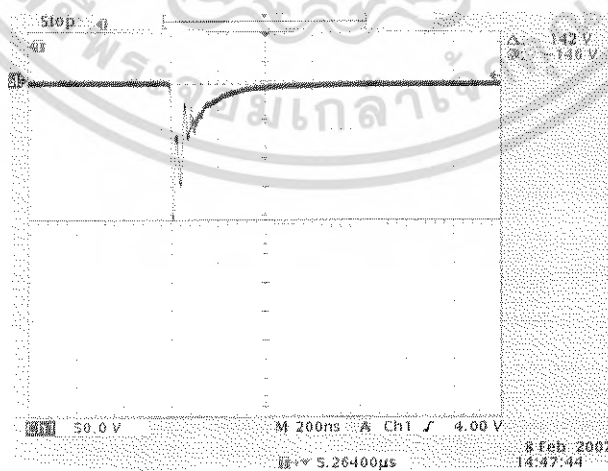
ในขดลวดเหนี่ยวนำ กับสัญญาณพัลส์ที่ใช้เป็นสัญญาณควบคุมแรงดันเอาต์พุต เอกสารนี้เป็นเอกสารหลวงวิไลยการเข่งใน การศึกษา การวิจัย การพัฒนา เทคโนโลยี เพื่อประโยชน์ใช้สอยในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 6.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างแรงดันที่ถูกเก็บสะสมไว้ในตัวเก็บประจุ และเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณเอาต์พุต

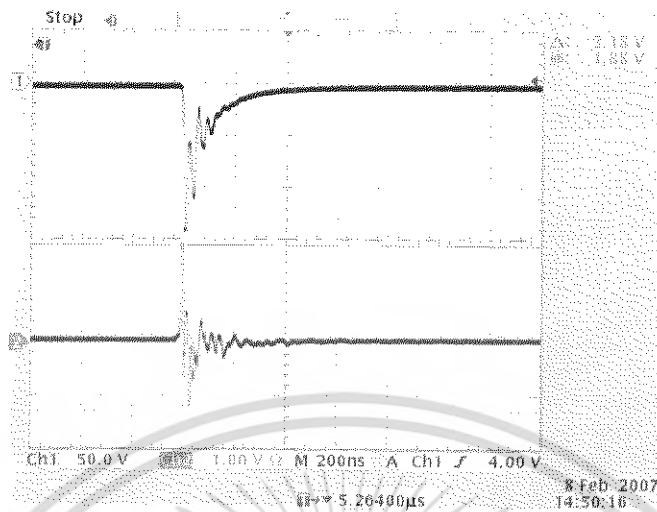


กราฟที่ 6.15 กราฟแสดงสัญญาณเอาต์พุตขณะที่ยังไม่ได้ต่อโพรบอัลตราชาวด์

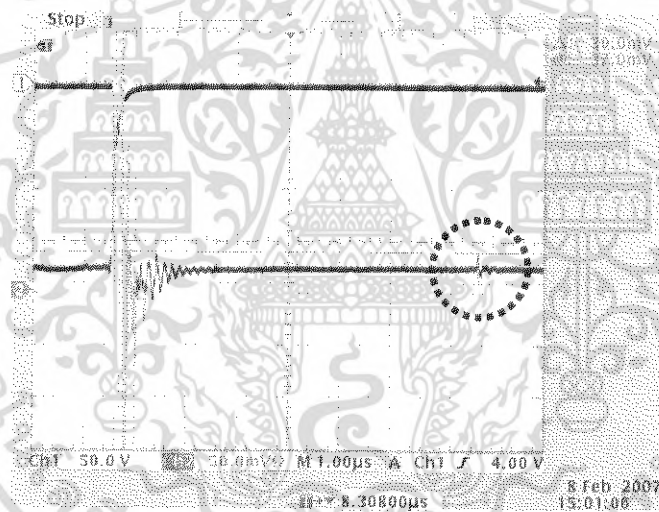


กราฟที่ 6.16 กราฟแสดงสัญญาณเอาต์พุตขณะที่ยังไม่ได้ต่อโพรบอัลตราชาวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 6.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณเอาต์พุตขณะที่ต่อ โพรบอัลตราชาวด์ กับสัญญาณที่ผ่านวงจรตัดแรงดัน ไฟสูง

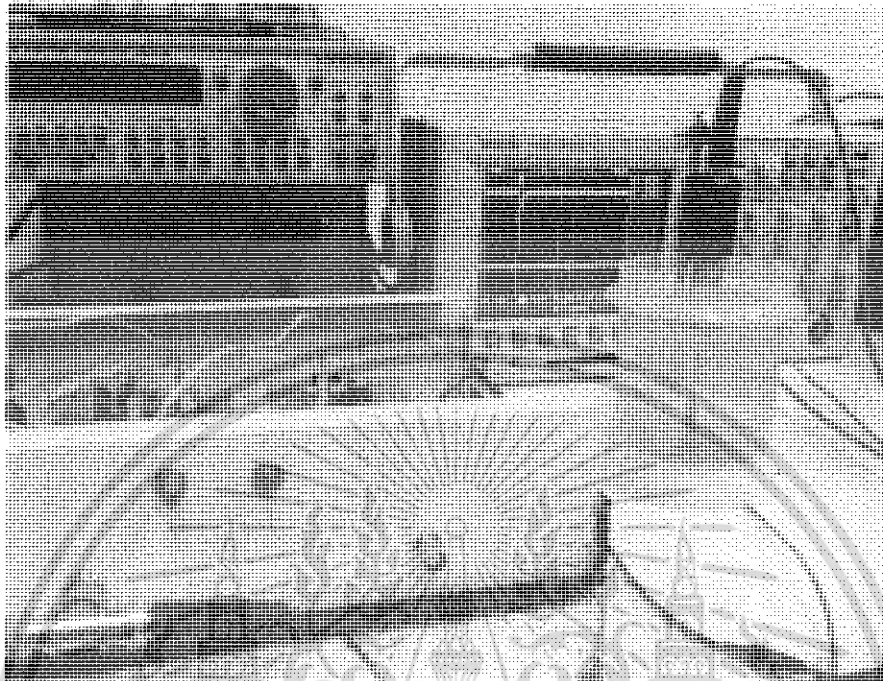


กราฟที่ 6.18 กราฟแสดงสัญญาณอัลตราชาวด์ที่วัดได้หลังจากผ่านวงจรตัดแรงดัน ไฟสูง

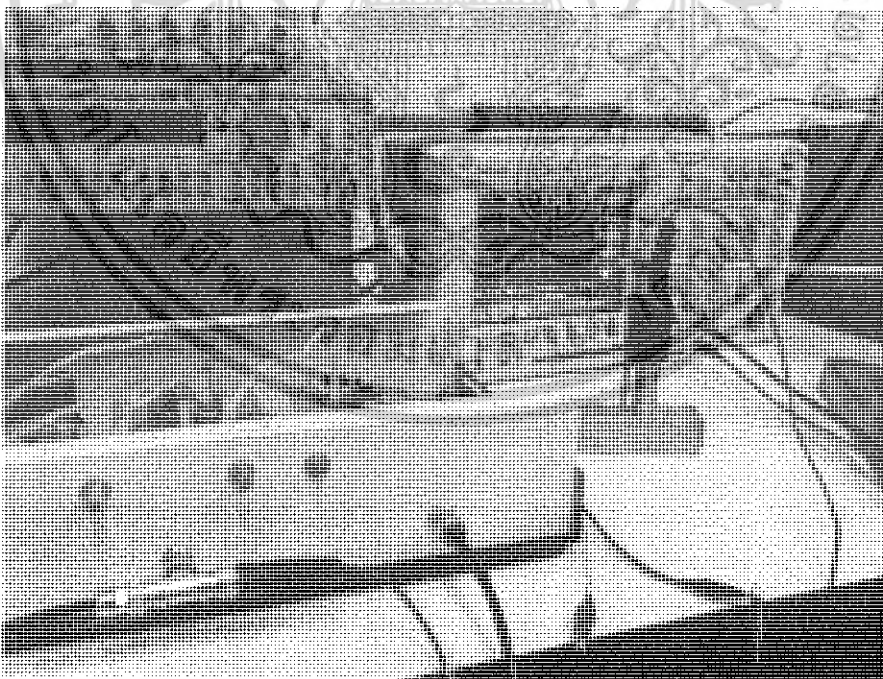
การคำนวณผลการตอบสนองของวงจรรับสัญญาณสามารถคำนวณได้จากช่วงเวลาระหว่างสัญญาณกระตุ้นจนถึงเวลาที่รับสัญญาณอัลตราชาวด์ได้ โดยการทดลองแบบ Through Transmission modes นั้นในการทดลองได้ทำการทดลองโดยวางตัวส่งสัญญาณ (หัวโพรบอัลตราชาวด์) ไว้เหนือตัวรับสัญญาณซึ่งเป็นไฮโดรโฟน การทดลองจะกระทำในน้ำเพราะถ้าส่งผ่านอากาศ สัญญาณอัลตราชาวด์ที่ส่งออกมาจะถูกดูดกลืนหายไปหมด โดยความเร็วของสัญญาณอัลตราชาวด์ในน้ำมีค่าเท่ากับ 1.5 มิลลิเมตรต่อไมโครวินาที

$$\text{เวลาในการตอบสนอง} = \frac{\text{ระยะทางระหว่างตัวส่งถึงตัวรับ}}{\text{ความเร็วของสัญญาณ}} \quad \text{--- 6.1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

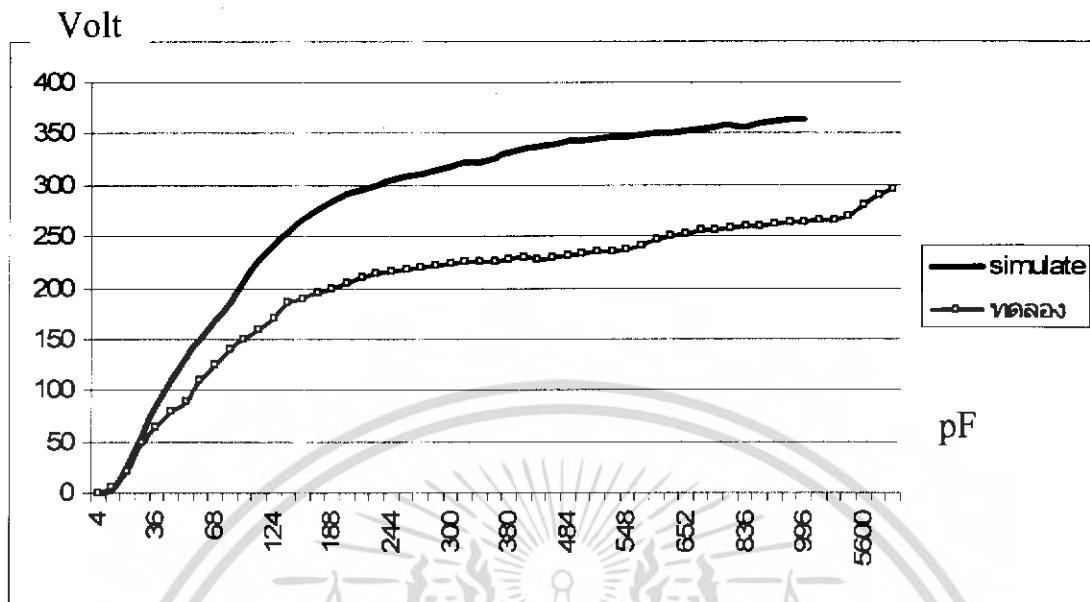


รูปที่ 6.1 มณฑลการค้นคว้าของ PULSER เช้ากับอัลตราโซนิคทรานดิวเซอร์
เพื่อทำการวัดสัญญาณในรูปแบบ Through Transmission Mode

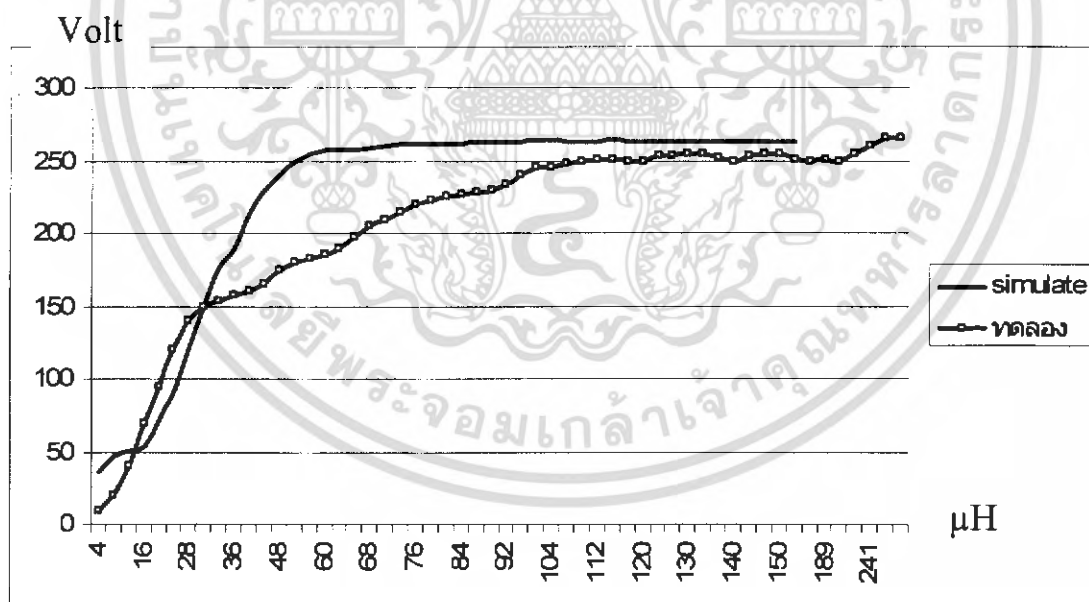


รูปที่ 6.2 แสดงการต่อเครื่อง PULSER เช้ากับอัลตราโซนิคทรานดิวเซอร์
เพื่อทำการวัดสัญญาณในรูปแบบ Pulse Echo Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 6.19 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าแรงดันเอาต์พุต เมื่อทำการปรับค่าตัวเก็บประจุ (C) จากการทดลองจริงและใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณ



กราฟที่ 6.20 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าแรงดันเอาต์พุต เมื่อทำการปรับค่าขดลวดเหนี่ยวนำ (L) จากการทดลองจริงและใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปผลการทดลองและแนวทางการแก้ไข

7.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ค่าแรงดันของเครื่อง PULSER ในส่วนต่างๆ ของวงจรที่ทำการวัด โดยใช้เครื่อง OSCILLOSCOPE มีค่าแรงดันของสัญญาณเป็นไปในทางเดียวกันกับค่าแรงดันที่ได้จากการ SIMULATE วงจรโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (ORCAD) ถึงแม้ว่าค่าแรงดันที่เกิดขึ้น ณ บริเวณต่างๆ ในวงจร มีค่าไม่เท่ากันกับค่าที่ได้จากการ SIMULATE แต่ค่าแรงดันต่างๆ ที่ได้ นั้นจะมีค่าใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

กราฟสัญญาณแรงดันที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง OSCILLOSCOPE จะมีสัญญาณรบกวนปนอยู่ด้วย ทำให้เกิดเส้นกราฟของสัญญาณรบกวนปนอยู่กับกราฟพัลส์หลักของวงจร ซึ่งจะแตกต่างจากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการ SIMULATE ซึ่งจะไม่มีการรบกวนปนอยู่

ค่าแรงดันเอาต์พุตของเครื่อง PULSER นั้น จะขึ้นอยู่กับค่าของตัวเก็บประจุเอาต์พุต และตัวขดลวดเหนี่ยวนำที่ทำหน้าที่สะสมแรงดันไฟสูง โดยที่การเพิ่มค่าของตัวเก็บประจุเอาต์พุต และค่าของขดลวดเหนี่ยวนำให้สูงขึ้นนั้น จะช่วยทำให้ได้ค่าแรงดันที่สูงขึ้นด้วย แต่ก็จะทำให้ค่า rise time ของวงจรเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย วงจรนี้ยังสามารถปรับขนาดของสัญญาณเอาต์พุต (Damping) ได้จากตัวต้านทานปรับค่าได้อีกทางหนึ่งด้วย

เมื่อทำการทดลองต่อเครื่อง PULSER ที่สร้างขึ้น กับ หัวโพรบอัลตราโซนิก เพื่อทำการส่งคลื่นอัลตราโซนิก แล้ววัดสัญญาณที่ได้ผ่านตัวรับสัญญาณพบว่า จะได้เป็นสัญญาณคลื่นที่มีค่าแรงดันค่าน้อยๆ ออกมาเพราะว่ายังไม่ผ่านตัวขยายสัญญาณ เมื่อทำการเพิ่มระยะทางระหว่างโพรบอัลตราซาวนด์กับตัวรับนั้นพบว่า สัญญาณที่รับได้นั้นจะมีการเลื่อนไปทางด้านขวาของหน้าจอ OSCILLOSCOPE และเมื่อทำการลดระยะทางระหว่างโพรบอัลตราซาวนด์กับตัวรับนั้นพบว่า สัญญาณที่รับได้นั้นจะมีการเลื่อนไปทางซ้ายของหน้าจอ OSCILLOSCOPE แสดงว่าระยะทางนั้นมีผลต่อคาบเวลาการเกิดสัญญาณอัลตราซาวนด์ และยังพบอีกว่าถ้าเลื่อนโพรบอัลตราซาวนด์ให้ไม่ตรงกับตำแหน่งของตัวรับนั้น สัญญาณที่รับได้ก็จะมีขนาดแรงดันลดลงอีก ซึ่งสัญญาณที่วัดได้จะมีค่าแรงดันมากที่สุดเมื่อตำแหน่งของโพรบอัลตราซาวนด์อยู่ในตำแหน่งตรงกับตัวรับสัญญาณ

7.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

ในการทดลองพบว่าอุปกรณ์บางตัวในวงจรเดิมนั้น มีค่าทนอัตราแรงดันและกระแสที่ไม่เหมาะสม จึงทำให้ค่าสัญญาณที่ได้ไม่ตรงตามที่ต้องการ ซึ่งเมื่อทำการเปลี่ยนตัวของอุปกรณ์ (เบอร์ของอุปกรณ์ชนิดนั้นๆ) ให้มีค่าเหมาะสม ก็จะได้ค่าแรงดันเอาต์พุตตามต้องการ

วงจรเดิมนั้นเมื่อทำการทดลองต่อแล้วพบว่าค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ยังไม่ตรงตามที่ต้องการจึงได้ทำการปรับเปลี่ยนวงจรเดิมไปบ้างเล็กน้อย และทำการเพิ่มอุปกรณ์ลงไปอีก เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตรงตามที่ต้องการ

สัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการจากเครื่องส่งนั้นเกิดสัญญาณรบกวนขึ้น เนื่องจากวงจรสร้างความถี่โดยไอซีเบอร์ NE555 จึงได้ทำการต่อวงจรใหม่และตรวจสอบเส้นสายทองแดงบนแผ่นทองแดงให้ดีขึ้นเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนที่จะเกิดขึ้นให้ดียิ่งขึ้น

สัญญาณที่ส่งออกมาจากวงจรสร้างสัญญาณจะมีแรงดันค่าบวกค่าน้อยๆ ออกมารบกวนก่อนที่จะมีสัญญาณเอาต์พุตออกมา ทำให้ในวงจรภาครับสัญญาณมีสัญญาณพัลส์เล็กๆ ออกมาก่อนสัญญาณพัลส์อัตราซาวด์ที่เราต้องการจริงๆ อาจเป็นเพราะมีกระแสไฟบางส่วนเกิดขึ้นเนื่องจากช่วงเวลาในการนำกระแสไม่คงที่ แนวทางการแก้ไขคือทำการต่อไดโอดเพิ่มขึ้นเพื่อกันไม่ให้เกิดแรงดันค่าบวกค่าน้อยๆ ออกมารบกวนก่อนที่จะมีสัญญาณเอาต์พุตออกมา

เนื่องจากสัญญาณอัตราซาวด์ที่วัดได้จากตัวรับนั้นมีขนาดเล็กมากเมื่อผ่านวงจรขยายขนาดถึงจะใหญ่ขึ้น แต่ขนาดของสัญญาณรบกวนก็จะใหญ่ขึ้นตามไปด้วย การนำไปใช้งานจึงต้องตรวจสอบช่วงเวลาของสัญญาณรบกวนที่เกิดจากเครื่องส่งด้วย เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการวัดสัญญาณอัตราซาวด์ที่เกิดขึ้น

เอกสารอ้างอิง

รตนาร่องด้วยระบบอัลตราโซนิก , ปริญญาณิพนธ์ , ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ,
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , ปีการศึกษา 2545

TRANSACTIONS ON ULTRASONICS , นิตยสาร IEEE , VOL. 49 , NO.6 , JUNE 2002

www.panametrics-ndt.com

www.sciencedirect.com

www.google.co.th

www.alldatasheet.com



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 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.

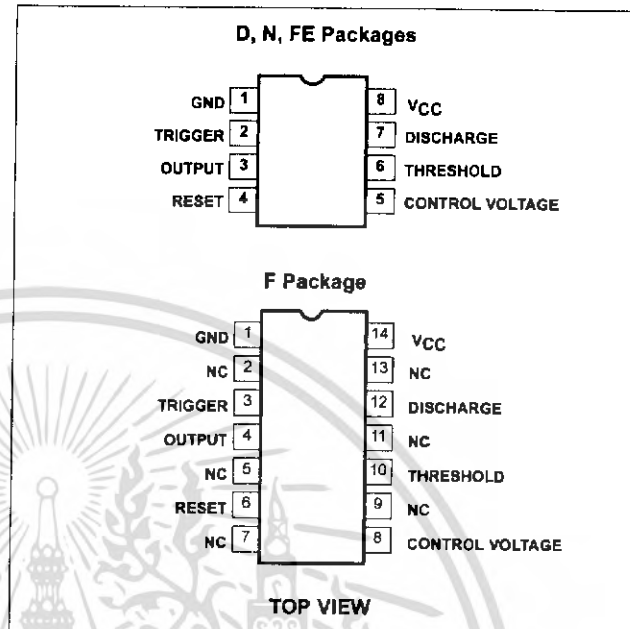
FEATURES

- 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

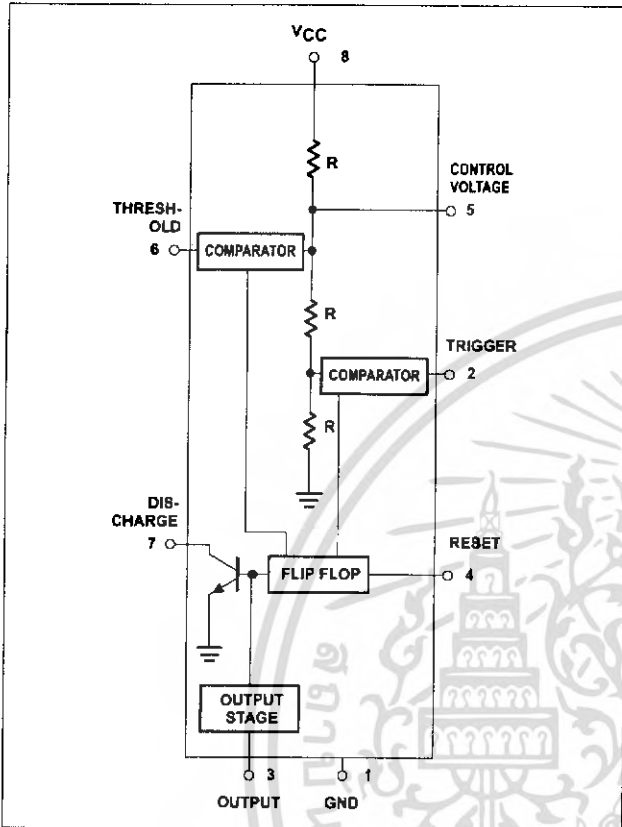
DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70°C	NE555D	0174C
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	NE555N	0404B
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40°C to +85°C	SA555N	0404B
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40°C to +85°C	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีลิขสิทธิ์

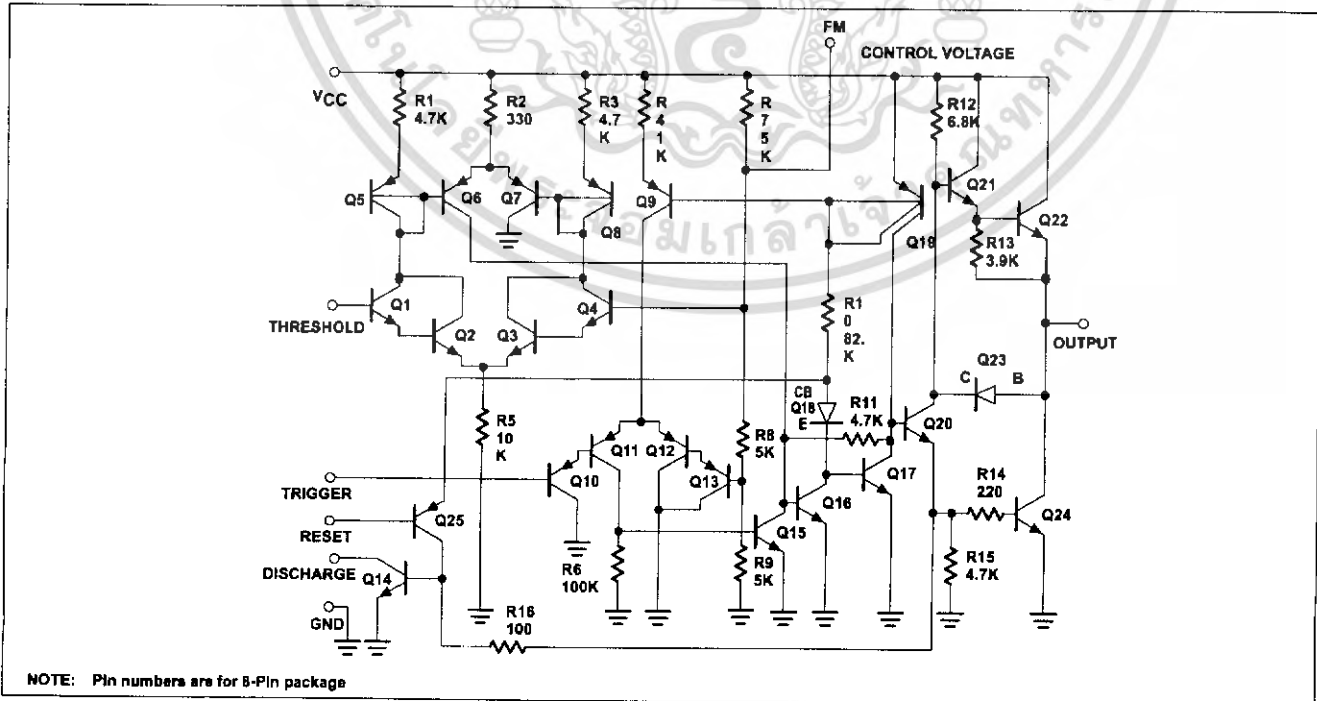
Timer

NE/SA/SE555/SE555C

BLOCK DIAGRAM



EQUIVALENT SCHEMATIC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

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 $\Delta t_M/\Delta T$ $\Delta t_M/\Delta V_S$	Timing error (monostable) Initial accuracy ² Drift with temperature Drift with supply voltage	$R_A=2\text{k}\Omega$ to $100\text{k}\Omega$ $C=0.1\mu\text{F}$		0.5 30 0.05	2.0 100 0.2		1.0 50 0.1	3.0 150 0.5	% ppm/ $^\circ\text{C}$ %/V
t_A $\Delta t_A/\Delta T$ $\Delta t_A/\Delta V_S$	Timing error (astable) Initial accuracy ² Drift with temperature Drift with supply voltage	$R_A, R_B=1\text{k}\Omega$ to $100\text{k}\Omega$ $C=0.1\mu\text{F}$ $V_{CC}=15\text{V}$		4 0.15	6 500 0.6		5 0.3	13 500 1	% ppm/ $^\circ\text{C}$ %/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 Reset current	$V_{RESET}=0.4\text{V}$ $V_{RESET}=0\text{V}$		0.1 0.4	0.4 1.0		0.1 0.4	0.4 1.5	mA 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 13.3		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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Dual timer

NE/SA/SE556/NE556-1

DESCRIPTION

Both the 556 and 556-1 Dual Monolithic timing circuits are highly stable controllers capable of producing accurate time delays or oscillation. The 556 and 556-1 are a dual 555. Timing is provided by an external resistor and capacitor for each timing function. The two timers operate independently of each other, sharing only V_{CC} and ground. The circuits may be triggered and reset on falling waveforms. The output structures may sink or source 200mA.

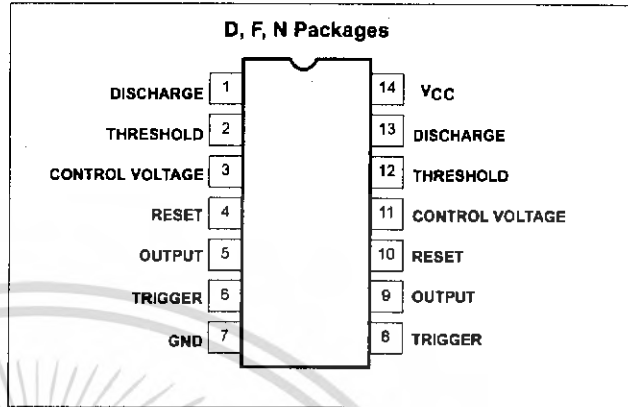
FEATURES

- Turn-off time less than 2μs (556-1)
- Maximum operating frequency >500kHz (556-1)
- Timing from microseconds to hours
- Replaces two 555 timers
- Operates in both astable and monostable modes
- High output current
- Adjustable duty cycle
- TTL compatible
- Temperature stability of 0.005%/°C
- SE556-1 compliant to MIL-STD or JAN

APPLICATIONS

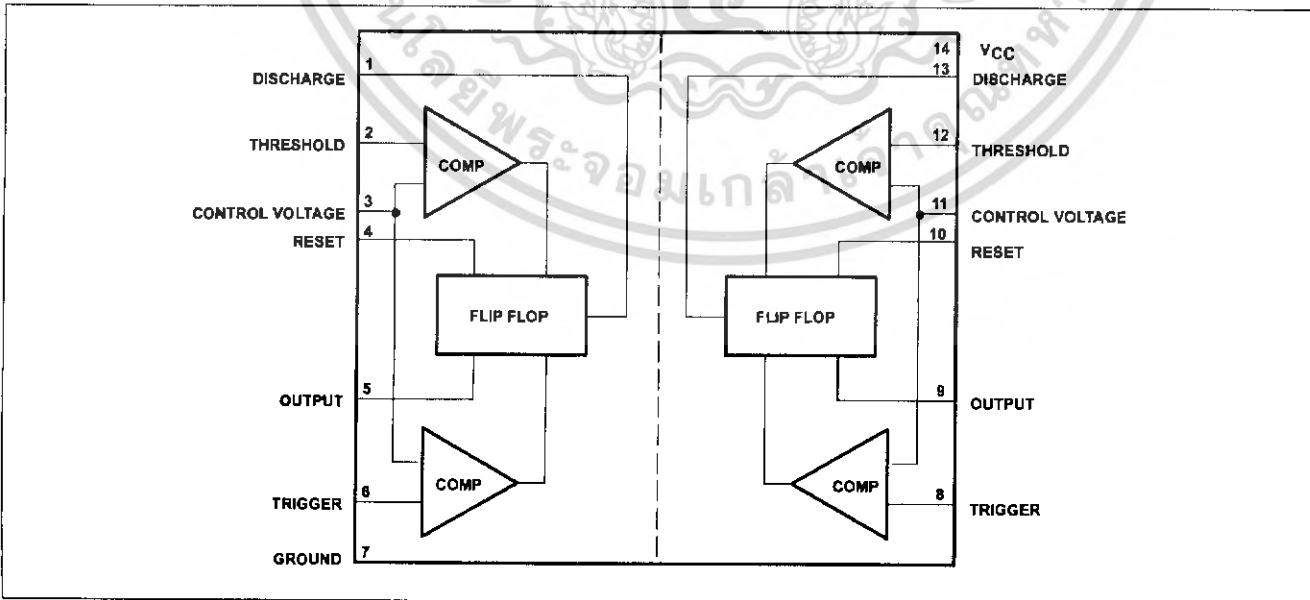
- Precision timing
- Sequential timing
- Pulse shaping

PIN CONFIGURATION



- Pulse generator
- Missing pulse detector
- Tone burst generator
- Pulse width modulation
- Time delay generator
- Frequency division
- Touch-Tone® encoder
- Industrial controls
- Pulse position modulation
- Appliance timing
- Traffic light control

BLOCK DIAGRAM



® Touch-Tone is a registered trademark of AT&T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

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 $C_{LOAD} = 2500pF$

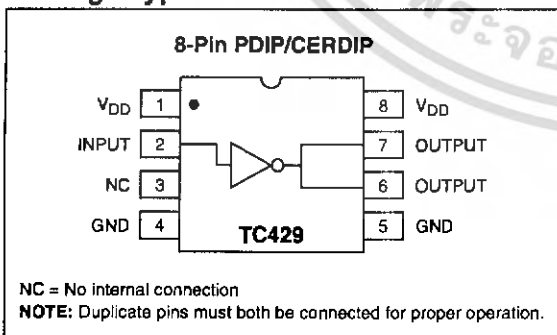
Applications

- 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.

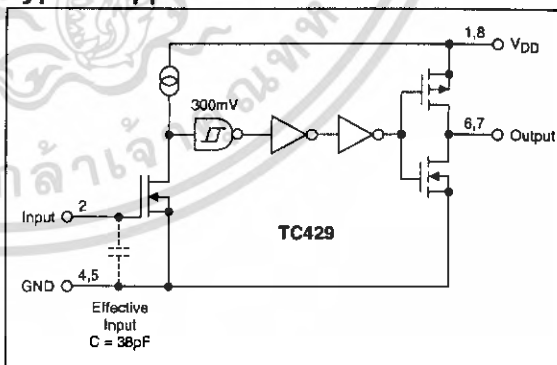
A TTL/CMOS input logic level is translated into an output voltage swing that equals the supply and will swing to within 25mV of ground or V_{DD} . Input voltage swing may equal the supply. Logic input current is under 10μA, making direct interface to CMOS/bipolar switch-mode power supply controllers 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 1	mA	$V_{IN} = 3V$ $V_{IN} = 0V$

Note 1: Switching times ensured by design.

1.5KE6.8CA Series



1500 Watt Mosorb™ Zener Transient Voltage Suppressors

Bidirectional*

Mosorb devices are designed to protect voltage sensitive components from high voltage, high-energy transients. They have excellent clamping capability, high surge capability, low zener impedance and fast response time. These devices are ON Semiconductor's exclusive, cost-effective, highly reliable Surmetic axial leaded package and are ideally-suited for use in communication systems, numerical controls, process controls, medical equipment, business machines, power supplies and many other industrial/ consumer applications, to protect CMOS, MOS and Bipolar integrated circuits.

ON Semiconductor™

<http://onsemi.com>



AXIAL LEAD
CASE 41A
PLASTIC

Specification Features:

- Working Peak Reverse Voltage Range – 5.8 V to 214 V
- Peak Power – 1500 Watts @ 1 ms
- ESD Rating of Class 3 (>16 KV) per Human Body Model
- Maximum Clamp Voltage @ Peak Pulse Current
- Low Leakage < 5 μ A above 10 V
- UL 497B for Isolated Loop Circuit Protection
- Response Time is typically < 1 ns

Mechanical Characteristics:

CASE: Void-free, transfer-molded, thermosetting plastic

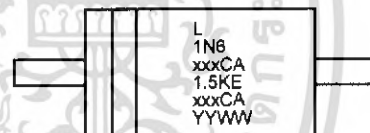
FINISH: All external surfaces are corrosion resistant and leads are readily solderable

MAXIMUM LEAD TEMPERATURE FOR SOLDERING PURPOSES:

230°C, 1/16" from the case for 10 seconds

POLARITY: Cathode band does not imply polarity

MOUNTING POSITION: Any



L = Assembly Location
1N6xxxCA = JEDEC Device Code
1.5KExxxCA = ON Device Code
YY = Year
WW = Work Week

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Peak Power Dissipation (Note 1.) @ $T_L \leq 25^\circ\text{C}$	P_{PK}	1500	Watts
Steady State Power Dissipation @ $T_L \leq 75^\circ\text{C}$, Lead Length = 3/8" Derated above $T_L = 75^\circ\text{C}$	P_D	5.0	Watts
		20	mW/°C
Thermal Resistance, Junction-to-Lead	$R_{\theta JL}$	20	°C/W
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +175	°C

1. Nonrepetitive current pulse per Figure 4 and derated above $T_A = 25^\circ\text{C}$ per Figure 2.

*Please see 1N6267A to 1N6306A (1.5KE6.8A – 1.5KE250A) for Unidirectional Devices

ORDERING INFORMATION

Device	Packaging	Shipping
1.5KExxCA	Axial Lead	500 Units/Box
1.5KExxCARL4	Axial Lead	1500/Tape & Reel

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.

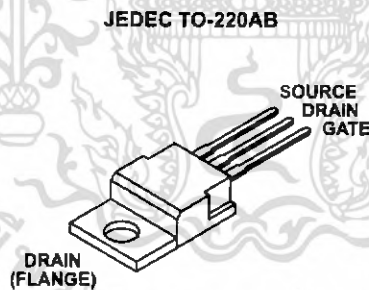
Features

- 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 $^\circ\text{C}$

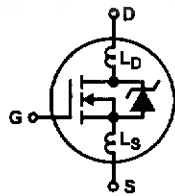
CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

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	$t_d(ON)$	$V_{DD} = 250V, I_D = 4.5A, R_G = 12\Omega, R_L = 54\Omega$	-	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)	$Q_g(TOT)$	$V_{GS} = 10V, I_D = 4.5A, V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}$ $I_{g(REF)} = 1.5mA$ (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	$^\circ\text{C/W}$	



Source to Drain Diode Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Continuous Source to Drain Current	I_{SD}	Modified MOSFET Symbol Showing the Integral Reverse P-N Junction Diode	-	-	4.5	A
Pulse Source to Drain Current (Note 3)	I_{SDM}		-	-	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:

- Pulse test: pulse width $\leq 300\mu\text{s}$, duty cycle $\leq 2\%$.
- Repetitive rating: pulse width limited by Max junction temperature. See Transient Thermal Impedance curve (Figure 3).
- $V_{DD} = 50\text{V}$, 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

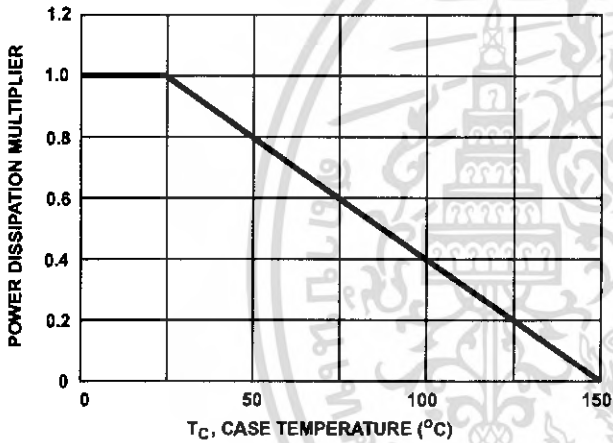


FIGURE 1. NORMALIZED POWER DISSIPATION vs CASE TEMPERATURE

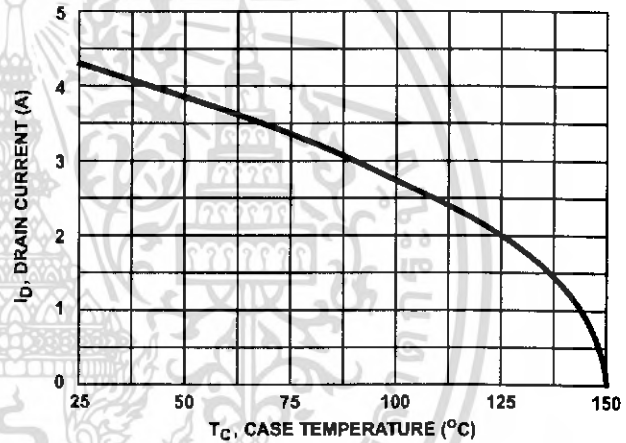


FIGURE 2. MAXIMUM CONTINUOUS DRAIN CURRENT vs CASE TEMPERATURE

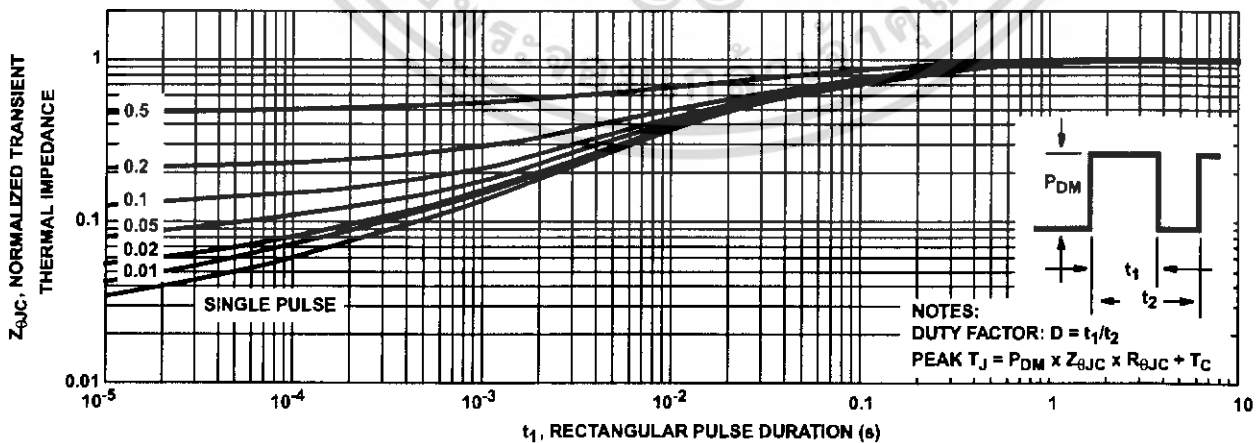
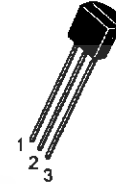
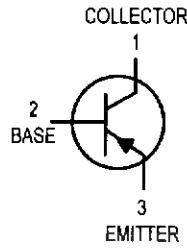


FIGURE 3. NORMALIZED MAXIMUM TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

Amplifier Transistor

PNP Silicon

P2N2907A



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

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	-60	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	-60	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	-5.0	Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	-600	mA _{dc}
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5 12	Watts mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

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

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

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

OFF CHARACTERISTICS

Collector-Emitter Breakdown Voltage ⁽¹⁾ ($I_C = -10 \text{ mA}_{dc}, I_E = 0$)	$V_{(BR)CEO}$	-60	—	Vdc
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = -10 \mu\text{A}_{dc}, I_E = 0$)	$V_{(BR)CBO}$	-60	—	Vdc
Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = -10 \mu\text{A}_{dc}, I_C = 0$)	$V_{(BR)EBO}$	-5.0	—	Vdc
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = -30 \text{ Vdc}, V_{EB(off)} = -0.5 \text{ Vdc}$)	I_{CEX}	—	-50	nA _{dc}
Collector Cutoff Current ($V_{CB} = -50 \text{ Vdc}, I_E = 0$) ($V_{CB} = -50 \text{ Vdc}, I_E = 0, T_A = 150^\circ\text{C}$)	I_{CBO}	— —	-0.01 -10	μA_{dc}
Emitter Cutoff Current ($V_{EB} = -3.0 \text{ Vdc}$)	I_{EBO}	—	-10	nA _{dc}
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = -10 \text{ V}$)	I_{CEO}	—	-10	nA _{dc}
Base Cutoff Current ($V_{CE} = -30 \text{ Vdc}, V_{EB(off)} = -0.5 \text{ Vdc}$)	I_{BEX}	—	-50	nA _{dc}

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

P2N2907A

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

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
ON CHARACTERISTICS				
DC Current Gain ($I_C = -0.1 \text{ mAdc}, V_{CE} = -10 \text{ Vdc}$) ($I_C = -1.0 \text{ mAdc}, V_{CE} = -10 \text{ Vdc}$) ($I_C = -10 \text{ mAdc}, V_{CE} = -10 \text{ Vdc}$) ($I_C = -150 \text{ mAdc}, V_{CE} = -10 \text{ Vdc}$)(1) ($I_C = -500 \text{ mAdc}, V_{CE} = -10 \text{ Vdc}$)(1)	h_{FE}	75 100 100 100 50	— — — 300 —	—
Collector-Emitter Saturation Voltage(1) ($I_C = -150 \text{ mAdc}, I_B = -15 \text{ mAdc}$) ($I_C = -500 \text{ mAdc}, I_B = -50 \text{ mAdc}$)	$V_{CE(sat)}$	— —	-0.4 -1.6	Vdc
Base-Emitter Saturation Voltage(1) ($I_C = -150 \text{ mAdc}, I_B = -15 \text{ mAdc}$) ($I_C = -500 \text{ mAdc}, I_B = -50 \text{ mAdc}$)	$V_{BE(sat)}$	— —	-1.3 -2.6	Vdc

SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS

Current-Gain — Bandwidth Product(1), (2) ($I_C = -50 \text{ mAdc}, V_{CE} = -20 \text{ Vdc}, f = 100 \text{ MHz}$)	f_T	200	—	MHz
Output Capacitance ($V_{CB} = -10 \text{ Vdc}, I_E = 0, f = 1.0 \text{ MHz}$)	C_{obo}	—	8.0	pF
Input Capacitance ($V_{EB} = -2.0 \text{ Vdc}, I_C = 0, f = 1.0 \text{ MHz}$)	C_{ibo}	—	30	pF

SWITCHING CHARACTERISTICS

Turn-On Time	$(V_{CC} = -30 \text{ Vdc}, I_C = -150 \text{ mAdc}, I_{B1} = -15 \text{ mAdc})$ (Figures 1 and 5)	t_{on}	—	50	ns
Delay Time		t_d	—	10	ns
Rise Time		t_r	—	40	ns
Turn-Off Time		t_{off}	—	110	ns
Storage Time		t_s	—	80	ns
Fall Time	t_f	—	30	ns	

1. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300 \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$.
2. f_T is defined as the frequency at which $|h_{fe}|$ extrapolates to unity.

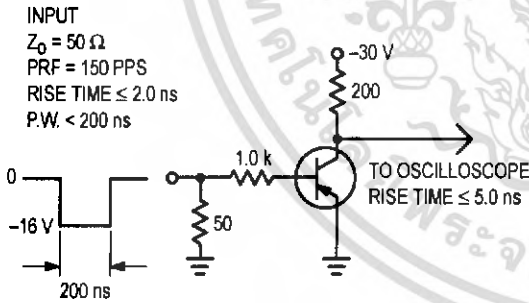


Figure 1. Delay and Rise Time Test Circuit

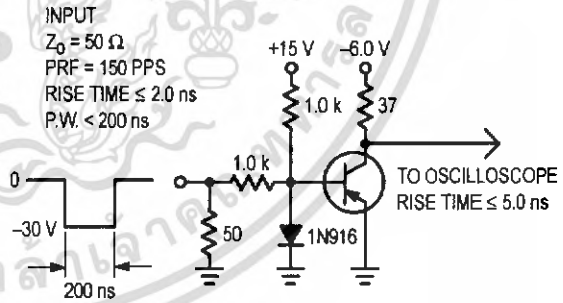


Figure 2. Storage and Fall Time Test Circuit

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

JEDEC TO-220AC



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 $I_{F(AV)}$ ($T_C = 145^{\circ}C$)	15	15	A
Repetitive Peak Surge Current I_{FRM} (Square Wave 20kHz)	30	30	A
Nonrepetitive Peak Surge Current I_{FSM} (Halfwave 1 Phase 60Hz)	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

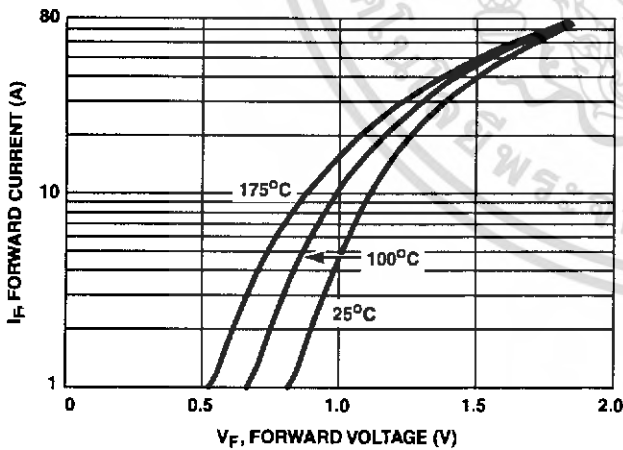


FIGURE 1. FORWARD CURRENT vs FORWARD VOLTAGE

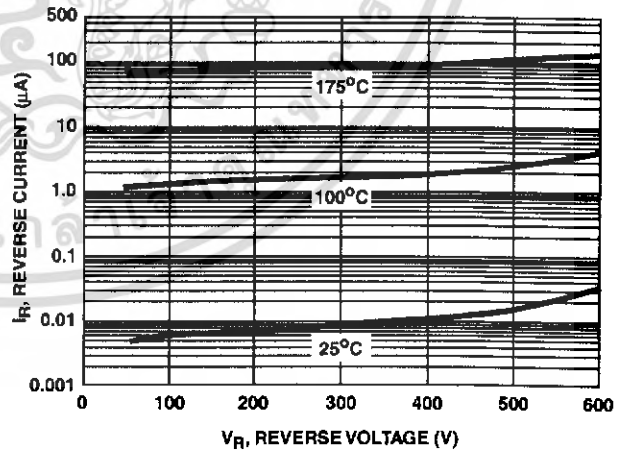
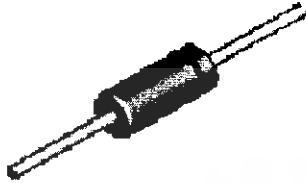


FIGURE 2. REVERSE CURRENT vs REVERSE VOLTAGE

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
F0LL914	BLACK	BROWN
F0LL914A	BLACK	GRAY
F0LL914B	BROWN	BLACK
F0LL916	BLACK	RED
F0LL916A	BLACK	WHITE
F0LL916B	BROWN	BROWN
F0LL4148	BLACK	BROWN
F0LL4448	BROWN	BLACK

Small Signal Diode

Absolute Maximum Ratings*

T_A = 25°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	1.0	A
	Pulse Width = 1.0 second	4.0	A
T _{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +200	°C
T _J	Operating Junction Temperature	175	°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 _{θJA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient	300	°C/W

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 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	$I_F = 5.0 \text{ mA}$ $I_F = 5.0 \text{ mA}$ $I_F = 10 \text{ mA}$ $I_F = 20 \text{ mA}$ $I_F = 20 \text{ mA}$ $I_F = 100 \text{ mA}$	620 630 1.0 1.0 1.0 1.0	720 730 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	$V_R = 0, f = 1.0 \text{ MHz}$ $V_R = 0, f = 1.0 \text{ MHz}$		2.0 4.0	pF pF
t_{rr}	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	

1N/FD/L 914/A/B / 916/A/B / 4148 / 4448

Typical Characteristics

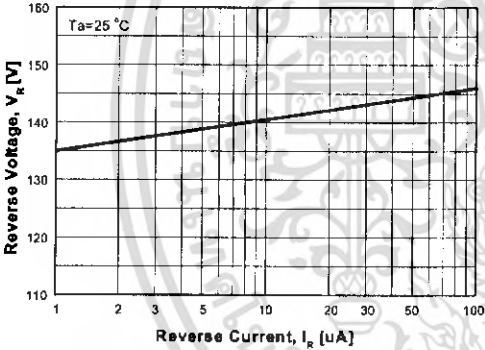


Figure 1. Reverse Voltage vs Reverse Current
BV - 1.0 to 100 μA

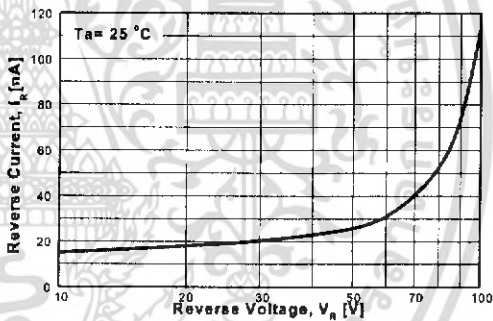


Figure 2. Reverse Current vs Reverse Voltage
IR - 10 to 100 V

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

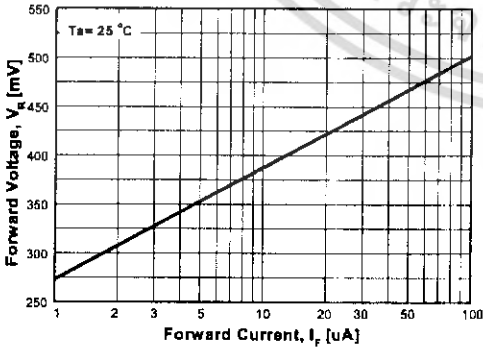


Figure 3. Forward Voltage vs Forward Current
VF - 1 to 100 μA

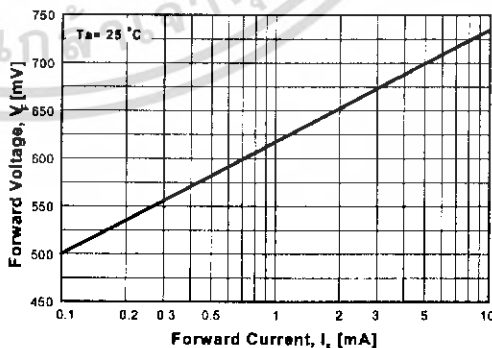


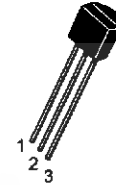
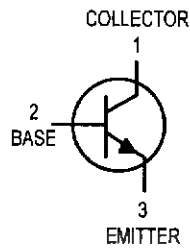
Figure 4. Forward Voltage vs Forward Current
VF - 0.1 to 10 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Amplifier Transistors

NPN Silicon

P2N2222A



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

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	40	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	75	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB0}	6.0	Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	600	mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5 12	Watts mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

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

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

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

OFF CHARACTERISTICS

Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 10 \text{ mAdc}, I_E = 0$)	$V_{(BR)CEO}$	40	—	Vdc
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 10 \mu\text{Adc}, I_E = 0$)	$V_{(BR)CBO}$	75	—	Vdc
Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = 10 \mu\text{Adc}, I_C = 0$)	$V_{(BR)EBO}$	6.0	—	Vdc
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 60 \text{ Vdc}, V_{EB(off)} = 3.0 \text{ Vdc}$)	I_{CEX}	—	10	nAdc
Collector Cutoff Current ($V_{CB} = 60 \text{ Vdc}, I_E = 0$) ($V_{CB} = 60 \text{ Vdc}, I_E = 0, T_A = 150^\circ\text{C}$)	I_{CBO}	— —	0.01 10	μAdc
Emitter Cutoff Current ($V_{EB} = 3.0 \text{ Vdc}, I_C = 0$)	I_{EBO}	—	10	nAdc
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 10 \text{ V}$)	I_{CEO}	—	10	nAdc
Base Cutoff Current ($V_{CE} = 60 \text{ Vdc}, V_{EB(off)} = 3.0 \text{ Vdc}$)	I_{BEX}	—	20	nAdc



P2N2222A

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

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
ON CHARACTERISTICS				
DC Current Gain ($I_C = 0.1 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$) ($I_C = 1.0 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$) ($I_C = 10 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$) ($I_C = 10 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, T_A = -55^\circ\text{C}$) ($I_C = 150 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$) ⁽¹⁾ ($I_C = 150 \text{ mAdc}, V_{CE} = 1.0 \text{ Vdc}$) ⁽¹⁾ ($I_C = 500 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$) ⁽¹⁾	h_{FE}	35 50 75 35 100 50 40	— — — — 300 — —	—
Collector–Emitter Saturation Voltage ⁽¹⁾ ($I_C = 150 \text{ mAdc}, I_B = 15 \text{ mAdc}$) ($I_C = 500 \text{ mAdc}, I_B = 50 \text{ mAdc}$)	$V_{CE(sat)}$	— —	0.3 1.0	Vdc
Base–Emitter Saturation Voltage ⁽¹⁾ ($I_C = 150 \text{ mAdc}, I_B = 15 \text{ mAdc}$) ($I_C = 500 \text{ mAdc}, I_B = 50 \text{ mAdc}$)	$V_{BE(sat)}$	0.6 —	1.2 2.0	Vdc

SMALL–SIGNAL CHARACTERISTICS

Current–Gain — Bandwidth Product ⁽²⁾ ($I_C = 20 \text{ mAdc}, V_{CE} = 20 \text{ Vdc}, f = 100 \text{ MHz}$)	f_T	300	—	MHz
Output Capacitance ($V_{CB} = 10 \text{ Vdc}, I_E = 0, f = 1.0 \text{ MHz}$)	C_{obo}	—	8.0	pF
Input Capacitance ($V_{EB} = 0.5 \text{ Vdc}, I_C = 0, f = 1.0 \text{ MHz}$)	C_{ibo}	—	25	pF
Input Impedance ($I_C = 1.0 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$) ($I_C = 10 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$)	h_{ie}	2.0 0.25	8.0 1.25	k Ω
Voltage Feedback Ratio ($I_C = 1.0 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$) ($I_C = 10 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$)	h_{re}	— —	8.0 4.0	$\times 10^{-4}$
Small–Signal Current Gain ($I_C = 1.0 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$) ($I_C = 10 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$)	h_{fe}	50 75	300 375	—
Output Admittance ($I_C = 1.0 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$) ($I_C = 10 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ kHz}$)	h_{oe}	5.0 25	35 200	μmos
Collector Base Time Constant ($I_E = 20 \text{ mAdc}, V_{CB} = 20 \text{ Vdc}, f = 31.8 \text{ MHz}$)	$r_b' C_C$	—	150	ps
Noise Figure ($I_C = 100 \mu\text{Adc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, R_S = 1.0 \text{ k}\Omega, f = 1.0 \text{ kHz}$)	N _F	—	4.0	dB

SWITCHING CHARACTERISTICS

Delay Time	(V _{CC} = 30 Vdc, V _{BE(off)} = -2.0 Vdc, I _C = 150 mAdc, I _{B1} = 15 mAdc) (Figure 1)	t _d	—	10	ns
Rise Time		t _r	—	25	ns
Storage Time	(V _{CC} = 30 Vdc, I _C = 150 mAdc, I _{B1} = I _{B2} = 15 mAdc) (Figure 2)	t _s	—	225	ns
Fall Time		t _f	—	60	ns

1. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300 \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$.
2. f_T is defined as the frequency at which $|h_{fe}|$ extrapolates to unity.

BC546/547/548/549/550

Switching and Applications

- High Voltage: BC546, $V_{CE0}=65V$
- Low Noise: BC549, BC550
- Complement to BC556 ... BC560



TO-92

1. Collector 2. Base 3. Emitter

NPN Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings $T_a=25^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CB0}	Collector-Base Voltage : BC546	80	V
	: BC547/550	50	V
	: BC548/549	30	V
V_{CE0}	Collector-Emitter Voltage : BC546	65	V
	: BC547/550	45	V
	: BC548/549	30	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage : BC546/547	6	V
	: BC548/549/550	5	V
I_C	Collector Current (DC)	100	mA
P_C	Collector Power Dissipation	500	mW
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ C$
T_{STG}	Storage Temperature	-65 ~ 150	$^\circ C$

Electrical Characteristics $T_a=25^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	$V_{CB}=30V, I_E=0$			15	nA
h_{FE}	DC Current Gain	$V_{CE}=5V, I_C=2mA$	110		800	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C=10mA, I_B=0.5mA$		90	250	mV
		$I_C=100mA, I_B=5mA$		200	600	mV
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C=10mA, I_B=0.5mA$		700		mV
		$I_C=100mA, I_B=5mA$		900		mV
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE}=5V, I_C=2mA$	580	660	700	mV
		$V_{CE}=5V, I_C=10mA$			720	mV
f_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE}=5V, I_C=10mA, f=100MHz$		300		MHz
C_{ob}	Output Capacitance	$V_{CB}=10V, I_E=0, f=1MHz$		3.5	6	pF
C_{ib}	Input Capacitance	$V_{EB}=0.5V, I_C=0, f=1MHz$		9		pF
NF	Noise Figure	: BC546/547/548	$V_{CE}=5V, I_C=200\mu A$	2	10	dB
		: BC549/550	$f=1KHz, R_G=2K\Omega$	1.2	4	dB
		: BC549	$V_{CE}=5V, I_C=200\mu A$	1.4	4	dB
		: BC550	$R_G=2K\Omega, f=30\sim 15000MHz$	1.4	3	dB

h_{FE} Classification

Classification	A	B	C
h_{FE}	110 ~ 220	200 ~ 450	420 ~ 800

SL560

300MHz LOW NOISE AMPLIFIER

This monolithic circuit contains three very high performance transistors and associated biasing components in an eight-lead TO-5 package forming a 300MHz low noise amplifier. The configuration employed permits maximum flexibility with minimum use of external components. The SL560C is a general purpose low noise, high frequency gain block.

The device is also available as the SL560AC which has guaranteed operation over the fully Military Temperatures Range and is screened to MIL-STD-883 Class B. Data is available separately.

FEATURES

- Gain up to 40dB
- Noise Figures less than 2dB (Rs 200 ohm)
- Bandwidth 300MHz
- Supply Voltage 2-15V (Depending on Configuration)
- Low Power Consumption

APPLICATIONS

- Radar IF Preamplifiers
- Infra-Red Systems Head Amplifiers
- Amplifiers in Noise Measurement Systems
- Low Power Wideband Amplifiers
- Instrumentation Preamplifiers
- 50 ohm Line Drivers
- Wideband Power Amplifiers
- Wideband Dynamic Range IF Amplifiers
- Aerial Preamplifiers

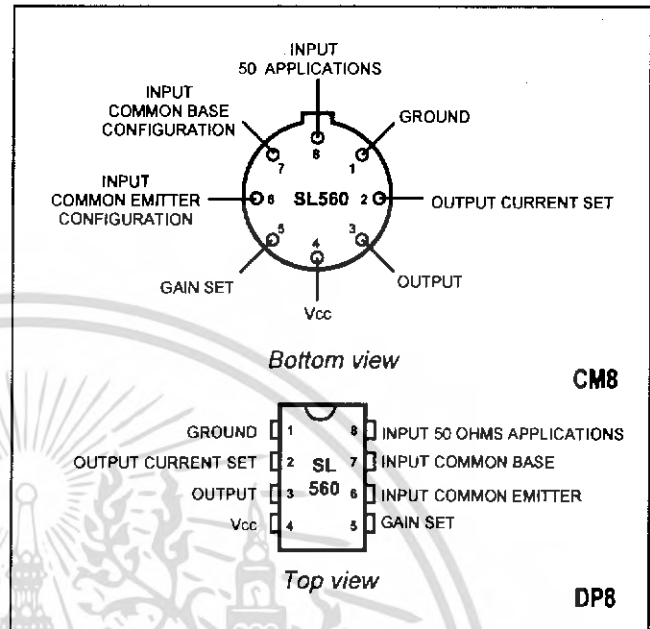


Fig. 1 Pin connections

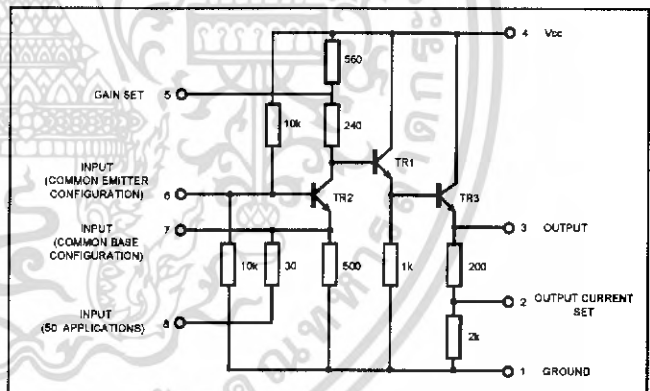


Fig. 2 SL560C circuit diagram

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply voltage	+15V
Storage temperature	
SL560C DP	-55°C to +150°C
SL560C CM	-65°C to +150°C
Junction temperature	
SL560C DP	+150°C
SL560C CM	+175°C
Operating temperature range	
SL560C DP	-30°C to +85°C
SL560C CM	-55°C to +125°C
Thermal resistance	
Chip-to-ambient	
SL560C CM	225°C/W
SL560C DP	111°C/W
Chip-to-case	
SL560C CM	65°C/W
SL560C DP	71°C/W

ORDERING INFORMATION

SL560 C CM
SL560 C DP
5962-90520 (SMD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

These characteristics are guaranteed over the following conditions (unless otherwise stated)

Frequency = 30MHz; $V_{CC}=6V$; $R_S = R_L=50\Omega$; $T_{AMB}=22^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$; Test Circuit: Fig.6

Characteristic	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Small signal voltage gain	11	14	17	dB	10MHz - 220MHz $V_{CC}6V$ $V_{CC} = 9V$ $R_S = 200\Omega$ $R_S = 50\Omega$
Gain flatness		± 1.5		dB	
Upper cut-off frequency		250		MHz	
Output swing	+5	+7		dBm	
		+11		dBm	
Noise figure (common emitter)		1.8		dB	
		3.5		dB	
Supply current		20	30	mA	

CIRCUIT DESCRIPTION

Three high performance transistors of identical geometry are employed. Advanced design and processing techniques enable these devices to combine a low base resistance ($R_{bb'}$) of 17Ω (for low noise operation) with a small physical size - giving a transition frequency, f_T , in excess of 1GHz.

The input transistor (TR1) is normally operating in common base, giving a well defined low input impedance. The full voltage gain is produced by this transistor and the output voltage produced at its collector buffered by the two emitter followers (TR2 and TR3). To obtain maximum bandwidth the capacitance at the collector of TR1 must be minimised. Hence, to avoid bonding pad and can capacitances, this point is not brought out of the package. The collector load resistance of TR1 is split, the tapping being accessible via pin 5. If required, an external roll-off capacitor can be fixed to this point.

The large number of circuit nodes accessible from the outside of the packages affords great flexibility, enabling the operating current and circuit configuration to be optimised for any application. In particular, the input transistor (TR1) can be operated in common emitter mode by decoupling pin 7 and using 6 as the input. In this configuration, a 2dB noise figure ($R_S = 200\Omega$) can be achieved. This configuration can give a gain of 35dB with a bandwidth of 300MHz (see figs. 10 and 11).

Because the transistors used in the SL560C exhibit a high value of f_T , care must be taken to avoid high frequency instability. Capacitors of small physical size should be used, the leads of which must be short as possible to avoid oscillation brought about by stray inductance. The use of a ground plane is recommended.

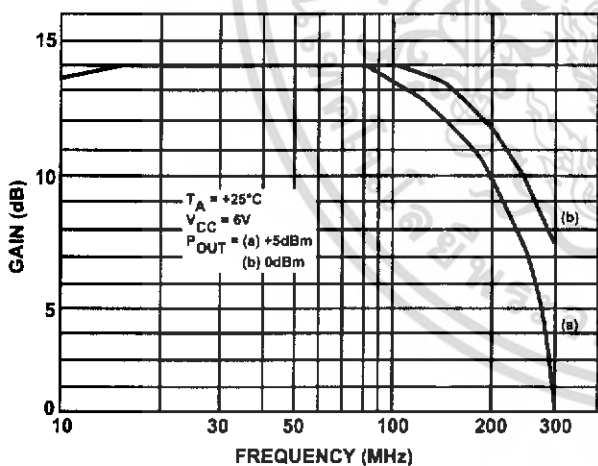


Fig.4 Frequency response, small signal gain is of a typical device

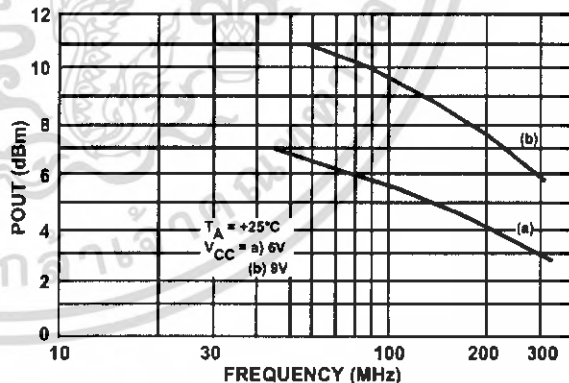


Fig.5. Frequency response, output capability (loci of maximum output power with frequency for 1dB gain compression (typical))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้