

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมให้แสงสว่างประหยัดพลังงาน  
Energy Saving Lighting System



โดย

นายรัตน์ชัย กุลบุตร

นายอรรณกร พรหมแดง

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 62617

วัน,เดือน,ปี. 21 ส.ค. 2549

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

ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมให้แสงสว่างประหยัดพลังงาน  
(Energy Saving Lighting System)

โดย

นายวัฒน์ชัย กุลบุตร 46015180

นายอรรถกร พรหมแดง 46015208

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. กิติพล ชิตกุล

ปฏิญานិพนธ์สำหรับปฏิญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2548

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมให้แสงสว่างประหยัดพลังงาน( Energy Saving Lighting system)

ผู้จัดทำ

1. นาย ชวตน์ชัย กุลบุตร
2. นาย อรรถกร พรหมแดง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมให้แสงสว่างประหยัดพลังงาน

Energy Saving Lighting System

นายวรัตน์ชัย กุลบุตร 46015180

นายอรรถกร พรหมแดง 46015208

โครงการได้รับการตรวจสอบแล้วพร้อมที่จะทำการสอบได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบควบคุมให้แสงสว่างประหยัดพลังงาน

นายวัฒน์ชัย กุลบุตร รหัส 46015180

นายอรรถกร พรหมแดง รหัส 46015208

ดร.กิติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2548

### บทคัดย่อ

ในปฏิญานิพนธ์จะนำเสนออุปกรณ์ช่วยในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าให้แสงสว่าง ขนาดเล็ก สะดวกในการติดตั้งโดยจะนำไปติดตั้งร่วมกับหลอดไฟ เพื่อช่วยในการเปิดเปิดหลอดไฟโดยอัตโนมัติเมื่อตรวจจับวัตถุได้ ตัวอุปกรณ์จะประกอบไปด้วยอัลตราโซนิกเซนเซอร์ และแผงวงจร ภากรับและส่งของอัลตราโซนิก, ไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรหรีไฟ(โดยใช้"ไตรแอก) โดยหลักการทำงานโดยย่อๆ คือ จะใช้คลื่น อัลตราโซนิก 40kHz ส่งออกไปตรวจจับวัตถุที่ต้องการ ในระยะประมาณ 3-6 เมตร และเมื่อพบจะส่งกลับมายังภากรับของ อัลตราโซนิก และจะแปลงสัญญาณเป็นไฟ DC ส่งไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการผลิต สัญญาณไปทริกวงจรหรีไฟให้ทำงานโดยเปิดไฟให้เริ่มสว่างจนเต็มที่ประมาณ 2 วินาที และจะยังคงสว่างอยู่ประมาณ 10-15 วินาที จากนั้นไฟก็จะเริ่มหรี่ลงจนปิดใช้เวลาประมาณ 3 วินาที ดังนั้นเราสามารถประยุกต์ใช้กับสถานที่ต่างๆ ได้มากมาย เช่น ติดตามทางเดินของอาคาร สะพานลอย เป็นต้น โดยระยะเวลาในการทำงานสามารถโปรแกรมตามความเหมาะสมของสถานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Energy Saving Lighting System

Mr. Thawatchai Kulabutha ID.46015180

Mr. Attakorn Promtang ID.46015208

Dr. Kitiphol Chitsakul (Advisor)

Educational Year 2005

### ABSTRACT

This thesis presents a lighting system designed to save the energy. This small energy saving system is easy to install. The heart of system consists of ultrasonic sensors and a dimmer circuit. In principle, ultrasonic wave of 40 kHz is sent to search for an object in distance about 3-6 meters. The return signal reflected from the object to an ultrasonic receiver, activates the dimmer circuit to light on the lamp till the object fades away from detecting area, the light will be turned off.

### กิตติกรรมประกาศ

ปริญาภิพนธ์นี้ได้จัดทำสำเร็จได้ก็เนื่องมาจากได้รับการช่วยเหลือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน โดยบุคคลแรกที่ขอกล่าวถึงก็คือ ดร.กิติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้ให้ความเลี้ยงดูผู้จัดทำเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสทางการศึกษาอย่างเต็มที่และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอพรพระคุณมา ณ ที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์และผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีคลื่นอัลตราโซนิกและการควบคุมแสงสว่าง	2
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นอัลตราโซนิก	2
2.1.1 คุณสมบัติและธรรมชาติของคลื่นอัลตราโซนิก	2
2.1.2 คลื่นอัลตราโซนิก	2
2.1.3 ชนิดของคลื่นอัลตราโซนิก	3
2.1.3.1 คลื่นตามยาว	3
2.1.3.2 คลื่นตามขวาง	3
2.1.3.3 คลื่นผิวหน้า	4
2.1.4 คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นอัลตราโซนิก	4
2.1.4.1 การแทรกสอดของเสียง	4
2.1.4.2 การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง	5
2.1.4.3 การสะท้อนของคลื่นเสียง	5
2.1.4.4 การหักเหของคลื่นเสียง	6
2.1.4.5 การเกิดคลื่นอัลตราโซนิก	6
2.1.4.6 ความถี่และความยาวคลื่น	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.7	ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก	7
2.1.4.8	ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิก	8
2.1.4.9	การลดทอนของคลื่นอัลตราโซนิก	8
2.2	อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์	8
2.2.1	ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก	8
2.2.2	วัสดุเพียโซอิเล็กทริก	10
2.2.3	ชนิดของเพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์	10
2.2.4	การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งตัวรับ	10
2.2.5	ข้อควรระวังในการใช้งานตัวรับ-ตัวส่งทรานสดิวเซอร์	11
2.3	การควบคุมกำลังไฟแบบเฟสทริกเกอร์	13
2.4	เฟสล็อกกลุ๊ป	15
2.5	การคิดค่าใช้ไฟฟ้า	16
2.6	การทำงานของแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์	17
2.7	ทฤษฎีพื้นฐานของไดรแอก	18
บทที่ 3	การสร้างและการออกแบบ	20
3.1	ส่วนต่างๆในการทดลอง	20
3.2	ภาครับส่งอัลตราโซนิก	20
3.3	ภาคหรีไฟ	21
บทที่ 4	การทดลอง	24
4.1	ทำการทดสอบการตรวจจับวัตถุของตัวส่งและตัวรับอัลตราโซนิก	24
4.2	ทำการทดสอบสัญญาณ ณ จุดต่างๆ	25
4.3	การคิดค่าใช้ไฟฟ้า	28
บทที่ 5	บทสรุป	31
	สรุป	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาอุปสรรคและแนวทางการแก้ไข	31
แนวทางการพัฒนา	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นปริญญานิพนธ์ที่ได้ทำขึ้นมาเนื่องจากในปัจจุบันพลังงานเป็นสิ่งสำคัญดังนั้นการประหยัดพลังงานจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยการลดการใช้พลังงานและเงินทองในการใช้จ่ายดังนั้นโครงการนี้จึงเป็นโครงการหนึ่งที่จะช่วยในการประหยัดพลังงานได้ในทางหนึ่งโดยใช้ร่วมกับอุปกรณ์ให้แสงสว่างคือการเปิดไฟโดยอัตโนมัติซึ่งใช้เซนเซอร์ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวและควบคุมการเปิดไฟโดยไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรรีเลย์ไฟการใช้งานคือจะใช้กับหลอดไฟซึ่งจะติดไว้ในบริเวณทางเดินในอาคารหรืออาจจะติดไว้กับไฟตามสถานที่ที่ไม่ค่อยมีคนเดินผ่านเพื่อช่วยในการประหยัดไฟไม่ต้องเปิดไฟไว้ตลอดเวลาอุปกรณ์นี้ช่วยในการประหยัดไฟแล้วยังช่วยอำนวยความสะดวกในการติดตั้งอีกด้วย

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

- เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า
- เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งานและติดตั้ง
- เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายและราคาประหยัด

#### 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ตัวโครงการนี้สร้างขึ้นเพื่อใช้ประกอบกับอุปกรณ์ให้แสงสว่างเพื่อช่วยในการประหยัดพลังงานในลักษณะของการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ให้แสงสว่างโดยอัตโนมัติและช่วยในการประหยัดเวลาและความสะดวกสบายในการใช้งานและการติดตั้งเพราะอุปกรณ์จะทำให้มีขนาดเล็กเหมาะสมกับการใช้งานและการติดตั้งกับบริเวณใช้ประโยชน์ได้เหมาะสม

#### 1.4 ประโยชน์และผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับคือความรู้และทักษะในการทำงานและรู้จักการวางแผนในการทำงานการทำงานเป็นกลุ่มและโครงการจะต้องบรรลุวัตถุประสงค์นั้นคือสามารถนำไปใช้และประหยัดพลังงานได้จริงตามวัตถุประสงค์

## บทที่ 2

### ทฤษฎีคลื่นอัลตราโซนิกและการควบคุมแสงสว่าง

#### 2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นอัลตราโซนิก

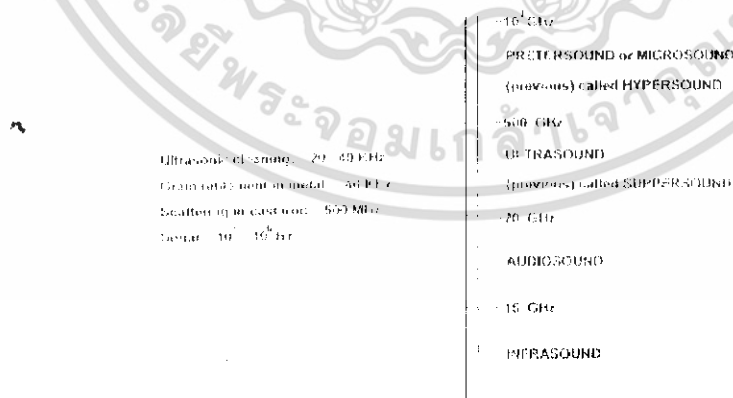
เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของระบบการควบคุมแสงสว่าง ซึ่งจะเป็นส่วนที่ใช้สำหรับสะท้อนกับวัตถุสิ่งกีดขวางต่างๆ เพื่อที่จะได้นำเอาสัญญาณที่สะท้อนกลับมาแปลงเป็นสัญญาณที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของวงจรไฟฟ้า ซึ่งมีหลักการดังต่อไปนี้

##### 2.1.1 คุณสมบัติและธรรมชาติของคลื่นอัลตราโซนิก

หลักการของการสะท้อนกลับของคลื่นเสียง คือ พืดของพลังงานจะถูกส่งออกมาจากตัวส่งถ้าไปกระทบกับวัตถุพลังงานบางส่วนจะสะท้อนกลับไปที่ตัวส่งด้วย แต่การใช้วัตถุเป็นตัวรับที่เหมาะสม ( Suitable ) จะสามารถรับการสะท้อนกลับของสัญญาณ ( Signal ) เวลาที่ใช้ในการเดินทางในอากาศ สามารถที่จะคำนวณระยะทางได้ เพราะฉะนั้นการศึกษาถึงธรรมชาติของคลื่นจะสามารถทำให้เข้าใจในการนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง

##### 2.1.2 คลื่นอัลตราโซนิก

คลื่นอัลตราโซนิก คือ คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินที่มนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วมนุษย์จะสามารถได้ยินคลื่นความถี่ประมาณ 20Hz ถึง 20KHz ดังนั้นแล้วคลื่นอัลตราโซนิก จึงหมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20KHz จนถึง  $10^4$  GHz โดยคลื่นที่มีความถี่สูงกว่า  $10^4$  GHz และแอมพลิจูด ( Amplitude ) สูงๆ จะเรียกว่า “ไฮเปอร์ซาวนด์”



รูปที่ 2.1 แสดงถึงช่วงความถี่ต่างๆ

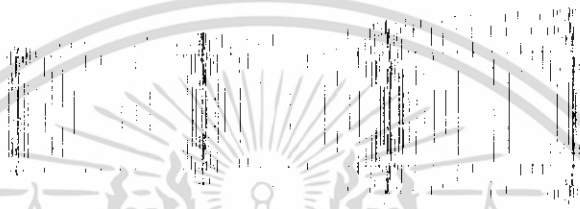
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 ชนิดของคลื่นอัลตราโซนิค

คลื่นอัลตราโซนิคที่เดินที่ทางผ่านตัวกลางต่างๆ มีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งแตกและชนิดแตกต่างกันตามการเคลื่อนของอนุภาคในตัวกลางนั้น

**2.1.3.1 คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave)** คือ คลื่นอนุภาคตัวกลางมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางของการเคลื่อนที่ของคลื่น

เกิด อนุภาค เคลื่อน ขยาย เหนือ ลม



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว

จากรูปจะเห็นว่ามีส่วนที่เป็นคลื่นอัด (Compression) ซึ่งก็คือคลื่นช่วงของอนุภาคของตัวกลางมีความชันสูง และคลื่นขยาย (Rarefaction) คือคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางมีความดันต่ำและเมื่อนำค่าของความดันที่เปลี่ยนตามระยะทางมาเขียนกราฟจะได้รูปไซน์ (Sine Wave) โดยยอดคลื่นจะตรงกับส่วนอัดและท้องคลื่นจะตรงกับส่วนขยาย ระยะทางระหว่างส่วนอัดถึงส่วนอัด หรือส่วนขยายถึงส่วนขยายคือ 1 ความยาวคลื่น และมีคาบเวลาเป็น (T) ซึ่งเท่ากับ  $1/f$  โดยจุดที่เป็นแกนนั้นมีความดัน 1 บรรยากาศ

**2.1.3.2 คลื่นตามขวาง (Transverse Wave)** คือ คลื่นที่ทุกๆ จุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ชนิดนี้จะเดินทางผ่านตัวกลางที่มีขนาดตัวกลางใหญ่กว่าขนาดของความยาวคลื่นและสามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งคลื่นชนิดนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งและก๊าซได้

คลื่นตามขวางมีลักษณะเหมือนการเกิดขั้วลบและขั้วบวกซึ่งเป็นเหตุผลที่ว่า การเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เช่น ในระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ไปจากต้นกำเนิดของคลื่นตามขวางเป็นพื้นที่ระนาบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคอันเนื่องมาจากการแกว่ง ความเร็วของคลื่นชนิดนี้จะน้อยกว่าความเร็วของคลื่นชนิดตามยาว

ในขณะที่เดินทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน ดังนั้นที่ความถี่เดียวกันความยาวคลื่นของคลื่นตามขวางจะน้อยกว่าคลื่นตามยาวเสมอ

**2.1.3.3 คลื่นผิวหน้า ( Surface Wave Rayleigh )** คือ คลื่นชนิดหนึ่งซึ่งคล้ายกับคลื่นตามขวาง จะต่างกันตรงที่ว่า การเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคไม่เป็นเพียงในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางที่เคลื่อนที่เพียงอย่างเดียว แต่มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ด้วย จึงทำให้คลื่นเคลื่อนที่ไปตามระนาบในแนวอน ด้วยเหตุนี้คลื่นจึงเดินทางผ่านไปเฉพาะบนผิวของผิวกลางเท่านั้น

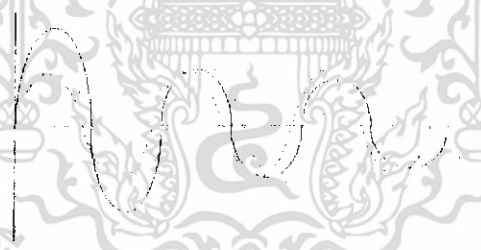
#### 2.1.4 คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นอัลตราโซนิก

คุณสมบัติโดยทั่วไปของคลื่นเสียงจะแสดงได้ 4 แบบคือ

##### 2.1.4.1 การแทรกสอดของเสียง ( Interference )

การแทรกสอดของเสียงเกิดจากการรวมกันของคลื่น 2 คลื่นขึ้นไป ขณะเมื่อพบกันในตัวกลาง ( Medium ) เดียวกัน ซึ่งทำให้เกิดผลได้หลายลักษณะคือ

ก). การบีบอัด ( Beats ) ของคลื่นเสียงเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการรวมคลื่นที่มีความถี่ต่างกันหรือต่างเฟสกันเคลื่อนที่ไปในตัวกลางกันแล้วรวมเป็นคลื่นใหม่ ซึ่งทำให้แอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงไปดังแสดงใน

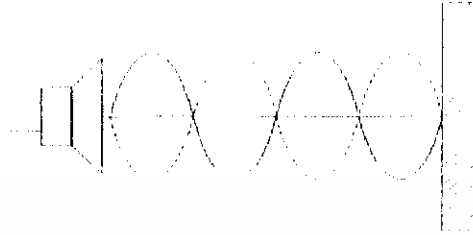


รูปที่ 2.3 แสดงการบีบอัดของคลื่นเสียง 2 คลื่น

จากรูป เป็นการแสดงบีบอัดของคลื่นเสียง 2 คลื่น ซึ่งคลื่นที่มีแอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงไปซึ่งประโยชน์ของการบีบอัดของคลื่นนั้น จะนำไปใช้ในการเปรียบเทียบความถี่ของคลื่นให้แสดงผลออกมาในลักษณะของแอมพลิจูดที่แตกต่างกันนี้

ข). การเกิดคลื่นนิ่ง ( Standing Wave ) เกิดจากการแทรกสอดของคลื่นซูดที่มีแอมพลิจูดเท่ากันและความถี่เท่ากัน แต่มีทิศทางตรงกันข้ามหรือมีเฟสตรงกันข้าม ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นนิ่งดัง

รูปเสียงจะมีความเข้มข้มสูงสุดที่ตำแหน่ง ก. และเบาที่สุดตำแหน่ง ข. ซึ่งระยะระหว่างขั้วทั้ง 2 เท่ากับ  $d = \lambda/2$  M หรือ  $L = n(\lambda/2)$  ;  $n=1,2,3$



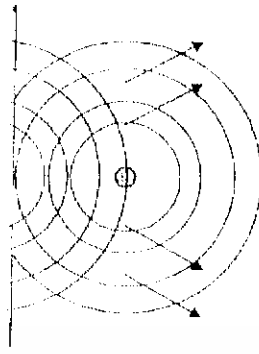
รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นนิ่ง

**2.1.4.2 การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง ( Diffraction )** คือ คลื่นเสียงจะเลี้ยวเบนอ้อมสิ่งกีดขวางที่มีลักษณะเป็นมุมหรือช่องแคบ ซึ่งปรากฏการณ์เช่นนี้พบในชีวิตประจำวันอยู่ตลอดเวลา เช่น ในกรณีที่เราได้ยินเสียงเตุรรถที่อยู่คนละมุมถนนของตึก หรือการที่ได้ยินเสียงลอดผ่านช่องเล็กๆ จากอีกห้องหนึ่ง ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของคลื่นเสียงที่ผ่านช่องแคบๆ จะเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดตัวใหม่

**2.1.4.3 การสะท้อนของคลื่นเสียง ( Reflection )** คลื่นเสียงสามารถสะท้อนได้เมื่อตกกระทบตัวกลางโดยที่มุมสะท้อน และจะทำให้เกิดเสียงก้อง ( Echo ) ซึ่งเสียงก้องที่สะท้อนกลับมาในเวลาที่มากกว่า 50 ms จะทำให้เราได้ยินเสียงนี้เป็นครั้งที่สอง



รูปที่ 2.6 แสดงเมื่อคลื่นวงกลมกระทบกับฉากที่เป็นเส้นตรง  
คลื่นที่สะท้อนกลับมามีคลื่นเป็นวงกลมเช่นกัน

2.1.4.4 การหักเหของคลื่นเสียง ( Refraction ) คลื่นเสียงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันจะเกิดการหักเหของคลื่น ซึ่งทำให้ความเร็วของคลื่นเสียงเปลี่ยนไป โดยที่ความถี่ยังคงอยู่

รูปที่ 2.7 แสดงการหักเหของคลื่นในตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน

2.1.4.5 การเกิดคลื่นอัลตราโซนิค อัลตราโซนิคเป็นคลื่นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานกล โดยการสั่นไปมาหรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกลให้เกิดคลื่นย่านอัลตราโซนิคกระจายออกไปในอากาศ ดังนั้นจึงถือได้ว่าคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นคลื่นกล ( Mechanical Wave ) อัลตราโซนิคสามารถสร้างได้โดยตัวทรานสดิวเซอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล หลักการสร้างมีหลายวิธีดังนี้

1.แบบเปียโซอิเล็กทริก ( Piezo-electric transducer ) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกล โดยมีความถี่เรโซแนนท์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง

2.แบบแมกนีโตรสตริกทีฟ ( Magnetrostrictive Transducer ) ซึ่งเปลี่ยนไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล

3.แบบอิเล็กโตรสตริกทีฟ ( Electrostrictive Transducer ) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าพลังงานกล

\* สำหรับเปียโซอิเล็กทริกเป็นแบบที่นิยมใช้เพราะมีราคาถูกและหาซื้อง่าย

#### 2.1.4.6 ความถี่และความยาวคลื่น ( frequency and Wave Length )

ความถี่ คือจำนวนของการออสซิลเลตที่สมบูรณ์จากแหล่งกำเนิดคลื่นภายในหนึ่งวินาที คลื่นที่ถูกส่งจากแหล่งกำเนิดจะเดินทางด้วยความถี่เดียวกัน

ความยาวคลื่น คือระยะทางที่คลื่นเดินทางระหว่างการสั่นที่สมบูรณ์หรือการเดินทางครบหนึ่งรอบ ( 1 cycle ) สามารถกล่าวได้ว่า ความยาวคลื่นเป็นระยะทางระหว่างการอัดอย่างต่อเนื่องหรือการเบางของอากาศ การอัดคือ การที่บริเวณนั้นมีความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันมากกว่าบริเวณรอบๆ ส่วนการเบางเป็นบริเวณเฉพาะที่เกิดการลดความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันสัมพันธ์กันแรงดันของบรรยากาศปกติ

ความถี่และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์กันตามสมการข้างล่าง

$$c = \lambda f$$

C : ความเร็วของการเดินทาง

F : ความถี่ (Hz)

$\lambda$  : ความยาวคลื่น (m)

#### 2.1.4.7 ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิค

ความเร็วที่ขอมรับของคลื่นในอากาศที่อุณหภูมิปกติ ความสัมพันธ์ที่ใช้จะเป็นดังสมการ

$$V = 331.45 + 0.607t \quad (\text{m/s})$$

v : ความเร็วของคลื่นในตัวกลางอากาศ

t : อุณหภูมิของคลื่นอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.1.4.8 ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิก

ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิกจะถูกวัดในรูปความเข้มของคลื่นอัลตราโซนิกจะมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ( $W/cm^2$ ) เป็นการไหลของพลังงานผ่านพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการเดินทางของคลื่นใน 1 วินาที

#### 2.1.4.9 การลดทอนของคลื่นอัลตราโซนิก

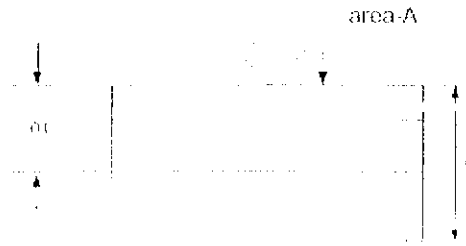
เมื่อคลื่นเดินทางผ่านตัวกลาง ลำคลื่น (Beam) ของคลื่นอัลตราโซนิกจะสูญเสียความเข้มซึ่งเกิดจากการสูญเสียของลำคลื่นอัลตราโซนิก หรือเกิดจากการกระจายพลังงานของคลื่นออกจากลำคลื่นเนื่องจากความไม่ต่อเนื่องของตัวกลาง และอาจเกิดจากการดูดซับพลังงานส่วนหนึ่งของคลื่นโดยตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน พลังงานที่ดูดซับนี้จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน การดูดซับพลังงานความร้อนนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุ ความยืดหยุ่นและความหนาแน่น รวมทั้งความถี่ของคลื่นที่ใช้ ยิ่งความถี่สูงพลังงานยิ่งถูกดูดซับมาก

### 2.2 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์

#### 2.2.1 ปฏิกิริยาเพียโซอิเล็กทริก

เพียโซอิเล็กทริกเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหนึ่ง ซึ่งทำให้พลังงานสามารถเปลี่ยนแปลงจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ กล่าวคือ ถ้าป้อนแรงกลให้แก่ solid crystalline dielectric ดังในรูปที่ 2.9 ก็จะเกิดความเค้น (Stress) ภายในคริสตอล และทำให้ผลึกของคริสตอลผิดรูปไป เช่น พกควอทซ์ ผลก็คือประจจะเปลี่ยนไป การผิดรูปร่างของแลททิซเป็นผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างการแทนที่ของประจุภายในจะเท่ากับประจุภายนอกของขั้วที่ตรงกันข้ามของคริสตอล เรียกว่า ผลของเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric effect)

การวัดประจุทำได้โดยการต่ออิเล็กโทรด (electrod) เข้าที่ผิวด้านนอกแล้ววัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสอง ขนาด (mgnitude) และการมีขั้ว (polarity) ของประจุบนผิวที่ถูกเหนี่ยวนำ (induced surface charge) เป็นสัดส่วน โดยตรงกับขนาดและทิศทางของ (F) ที่มากระทำ



รูปที่ 2.8 ผลของเปียโซอิเล็กทริก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความถี่ปานกลางและความถี่สูง โวลต์เตจที่คร่อมโหลด หาได้โดย และค่าเหล่านี้มาได้โดยการใช่การแบ่งโวลต์เตจโดยโวลต์เตจได้จากสมการ

$$E = \frac{E_0 C_C}{C_C + C_L}$$

โดยขึ้นความถี่ ถ้าเอาที่พหุโวลต์เตจมีค่ามาก สามารถทำให้ลดลงได้โดยการเพิ่มค่า  $C_L$  เช่นการค่า  $C_C$  ต่อขานานเข้าไป ที่ความถี่ต่ำโวลต์เตจ  $E_0$  คร่อมโหลดหาได้โดยค่ารีแอคแตนซ์ของ  $C_C$  และอิมพีแดนซ์ของ  $C_L$  และ  $R_L$  ที่ต่อขานานกัน โวลต์เตจ  $E_0$  ขึ้นกับความถี่และจะลดลงถ้าความถี่ลดลง การตอบสนองต่อความถี่สามารถปรับปรุงได้โดยการใช้ทรานสดิวเซอร์ที่มีค่าคาปาซิแตนซ์สูงหรือโดยการเพิ่มความต้านทานทางโหลด  $R_L$

### 2.2.2 วัสดุเพียโซอิเล็กทริก

วัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น Quartz, Tourmaline sulphate, Barium Titanate และ Zirconate Titanate (TCI) โดยทั่วไปแล้วพวกควอทซ์ และคริสตอลที่เป็นเพียโซอิเล็กทริกธรรมชาติมันจะมีขั้วของมันเองตามธรรมชาติ แต่วัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่สังเคราะห์ขึ้นมาเช่น แบเรียม ไททานัท เซรามิก จะต้องนำมาทำการอบคริสตอลภายในแรงดัน และวางวัสดุที่ได้ในสนามไฟฟ้าที่มีแรงดันของ DC มาก หลังจากชิ้นส่วนนี้ถูกนำในสนามไฟฟ้าแล้ว คริสตอลนี้จะมีขั้วตามแนวของทิศทางของสนาม และประพุดิตัวตามคุณสมบัติของเพียโซอิเล็กทริกสำหรับชิ้นส่วนที่ทำจากวัสดุสังเคราะห์นี้ไม่มีข้อจำกัดทางขนาดโดยโครงสร้างของคริสตอลและยังสามารถทำให้มีรูปร่างและขนาดต่างๆ และทิศทางของขั้วก็จะถูกสร้างขึ้นระหว่างขั้นตอนการผลิต

### 2.2.3 ชนิดของเพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์

เพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.แบบ Generation - action transducer ใช้เป็นตัวรับ โดยแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะหาได้จากแรงดันและความถี่ที่มากระทำต่อวัสดุเพียโซอิเล็กทริก

2.แบบ Motor-action transducer ใช้เป็นตัวส่งโดยการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างที่ทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิกจะขึ้นอยู่กับขนาดความสูงและความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ในทั้งสองกรณี ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับขนาดของวัสดุ

#### 2.2.4 การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งตัวรับ

เมื่อเซรามิกได้รับสัญญาณแรงดันขนาดคร่อมจะทำให้ชั้นสารเซรามิกโค้งงอทำให้เกิดการอัดอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นขึ้นมา ดังนั้นถ้าป้อนสัญญาณเป็นห้วงๆ ( electrically pulse ) จากการออสซิลเลท ก็จะให้ชั้นสาร โค้งงอมากขึ้นหรือน้อยหรือทิศทางใดตามขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณไฟฟ้าจากการออสซิลเลทนั้นออกไป โดยทั่วไปกำลังเอาท์พุทที่ออกมาจะตกลงประมาณ 10 % ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แต่เอาท์พุทจะสูงที่ค่านี้ โดยประมาณก็ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ที่ป้อนเข้าชั้นสารเซรามิกตรงกับความถี่เรโซแนนท์ที่เป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชั้นสารเซรามิกนั้นๆ ส่วนที่ความถี่อื่นๆ กำลังเอาท์พุทจะลดลงกว่านี้ ส่วนการทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวรับ มักมีการทำงานตรงข้ามกับตัวส่ง คือ เมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนท์ของชั้นสารเซรามิกเข้ามา จะทำให้ชั้นสาร โค้งตัวไปมา และเกิดสัญญาณแรงไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กน้อยขึ้นคร่อมขั้วทั้งสองของตัวมัน

คุณสมบัติโดยทั่วไปของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ แบบเปียโซอิเล็กทริกก็คือ มีความต้านทานไฟตรงสูงมากอาจถึง 100 เมกกะ โอห์ม เรียกว่าถ้าเอาอิมพีแดนซ์มาตั้งเสกแล้วค่าความต้านทานสูงๆ เข้มจะไม่กระดิกเลย แต่ขณะที่มันทำงานความต้านไฟสลบจะลดลง

#### 2.2.5 ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวรับ-ตัวส่งทรานสดิวเซอร์

1. ไม่ควรให้ตัวต้านทานทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระแทกหรือตกจากที่สูง เพื่อป้องกันโครงสร้างภายในมิให้เสียหาย
2. ทรานสดิวเซอร์ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อมตัวมันได้ไม่เกิน 20 Vrms ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับตัวทรานสดิวเซอร์ก็ควรอยู่ภายในขีดจำกัดนี้
3. ความถี่เรโซแนนท์ ( คือความถี่ที่ตัวมันสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด ) ของทรานสดิวเซอร์ 40KHz ( bandwidth ) ที่มีขายโดยทั่วไปจะผิดพลาดไปไม่เกิน  $\pm 1$  KHz และมีแถบความถี่ประมาณ 4.5 KHz ( bandwidth ) สำหรับตัวส่ง และมีแถบความถี่ประมาณ 5.0 KHz สำหรับตัวรับ จะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าตัวส่งเล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ออกจากตัวส่งได้
4. อุณหภูมิที่ใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ภายในช่วง  $-20$  ถึง  $60$  องศาเซลเซียส

5. ตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30 องศา ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 dB ทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับประมาณ 30 องศาความไวหรือขนาดของแรงดันที่ออกมาจะลด จึงควรจะทำให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งตรงกันมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่อยู่ในห้องจะเกิดการเบี่ยงเบนจากกันได้มาก เพราะคลื่นเสียงอัลตราโซนิกจะสามารถสะท้อนกับกำแพง และวัตถุที่อยู่ภายในห้อง ทำให้คลื่นเสียงเข้าไปหาตัวรับได้หลายทาง

อัลตราโซนิกนี้สามารถทำให้เป็นลำแคบได้โดยที่ใช้เลนส์ที่เรียกว่า Planoconvex lenses วางข้างหน้าของทรานสดิวเซอร์ แต่กันทำให้เป็นลำแคบ (Beam) นี้จะทำให้ near field สั้นลงและ far field กระจายกว้างขึ้น การทำให้เป็นลำคลื่นเหมาะสำหรับการใช้ทรานสดิวเซอร์ที่สร้างคลื่นสูงที่เหมาะสมที่ใช้ในงานแพทย์ (Ultrasound) ที่มีความถี่ตั้งแต่ 2 – 5 MHz เพื่อใช้ตรวจในเนื้อเยื่อ มีการส่งเป็นลำแคบ

6. ในกรณีที่ใช้งานตัวรับจะต้องมีความต้านทานต่อขานานกันตัวรับเพื่อทำหน้าที่เป็นโหลดตามปกติแล้วตัวต้านทานนี้ควรมีค่าอยู่ระหว่าง  $10K\Omega$  ถึง  $100 K\Omega$  จากการทดลองพบว่าถ้าเปลี่ยนจาก  $10K\Omega$  ถึง  $100 K\Omega$  ความไวจะลดลงประมาณ 10 – 12 dB แต่ความถี่จะกว้างขึ้น ถ้าใช้ความต้านทานต่ำลงไปอีก ความถี่เรโซแนนท์ (ความถี่กลาง) จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ ถ้าการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมากควรใช้โหลดที่มีค่าความต้านสูงสักหน่อย เพื่อให้ตัวส่งมีความไวสูงและมีความถี่แคบ

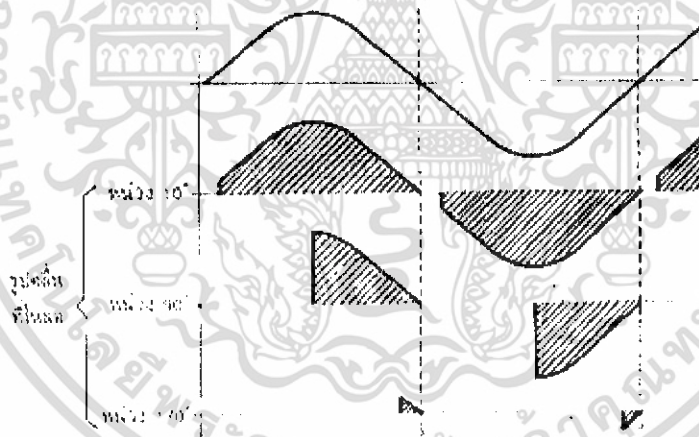
7. ตามปกติแล้วสามารถนำเอาตัวส่งและตัวรับมาใช้งานแทนกันได้ ในการใช้งานส่วนใหญ่ตัวส่งและตัวรับรุ่นใด ก็สามารถใช้แทนกันได้ในงานส่วนใหญ่ ขอเพียงแต่ให้มีความถี่เรโซแนนท์เดียวกันเท่านั้นเอง อย่างไรก็ตามในบางกรณีอาจต้องเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานสมมูลย์ทางไฟฟ้าทางด้านไฟฟ้าสลับเพื่อให้เกิดลักษณะผลตอบสนองทางความถี่สอดคล้องกับของเดิม

8. ประโยชน์การใช้งานคลื่นอัลตราโซนิก คลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นที่มีทิศทางทำให้สามารถเล็งคลื่นไปตามเป้าหมายที่ต้องการได้เจาะจง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นจะยิ่งสั้นลงถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ทำให้เสียงออกมา) ของตัวที่ทำให้เกิดเสียงความถี่นี้ เช่น คลื่นความยาว 300 Hz ในอากาศ จะมีความยาวคลื่นถึงประมาณ 1 เมตรเศษๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องเปิดที่ทำให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมากมาย คลื่นจะหักเหที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงที่ทำให้เกิดการกระจายทิศทางของคลื่น แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตราโซนิก อย่างเช่น 40 KHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียง 8 มิลลิเมตร เท่านั้น ซึ่งเล็กกว่าตัวที่ทำให้เกิดคลื่นเสียงความถี่นี้มากๆ คลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบ จึงพุ่งออกมาเป็นลักษณะลำ

แคบๆ หรือที่เราเรียกว่า มีทิศทาง นั่นเอง การมีทิศทางของคลื่นเสียงอัลตราโซนิกทำให้เราสามารถนำเอาไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น คลื่นวัดความหนาของวัตถุ โดยส่งกดระยะที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ส่วนการใช้งานทางการแพทย์ อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 MHz ถึง 10 MHz ขณะที่ความถี่เป็น GHz (  $10^9$  HZ ) ก็มีใช้กันหลายๆ การใช้งานที่ตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านไม่ใช่อากาศ

### 2.3 การควบคุมกำลังไฟแบบเฟสทริกเกอร์

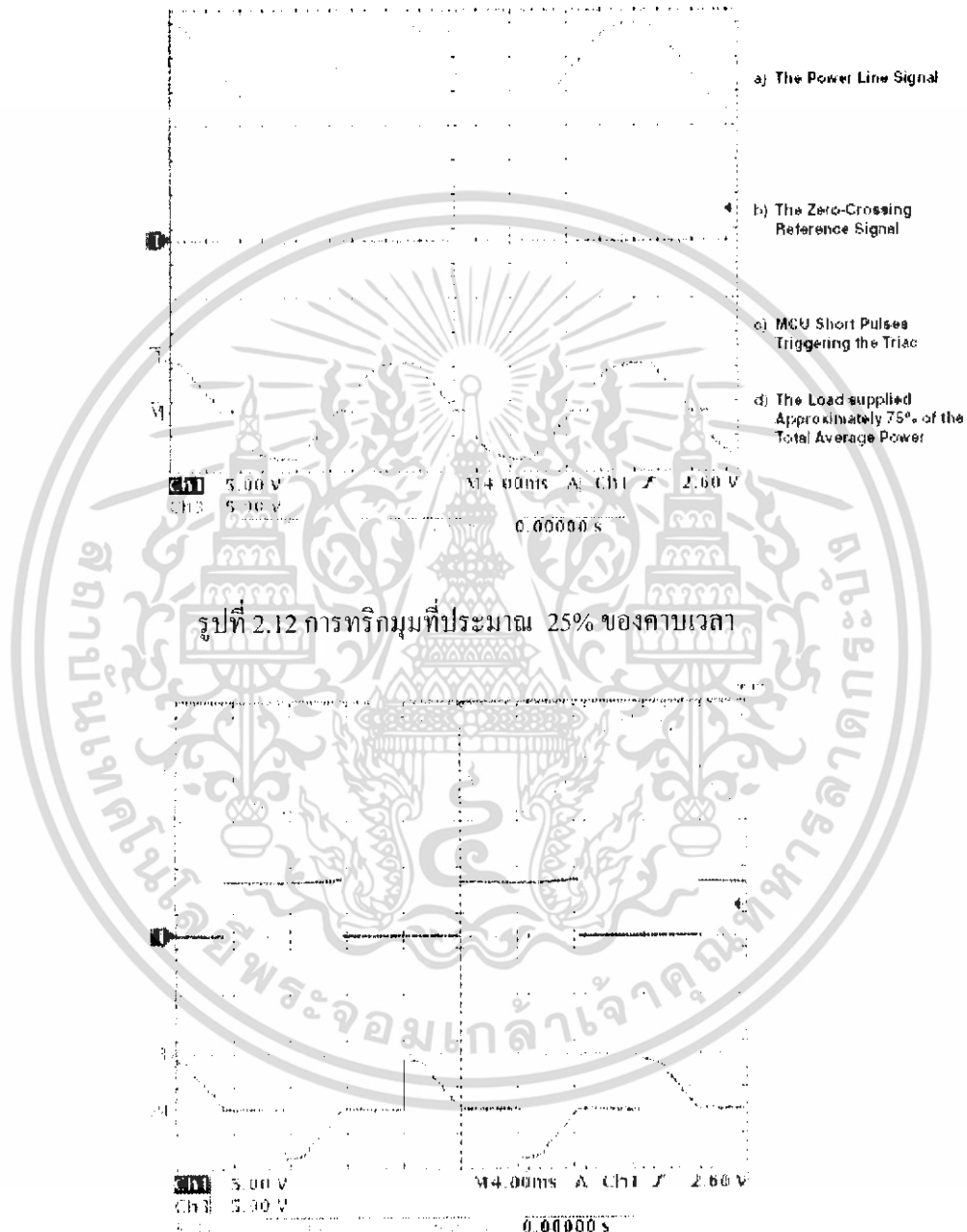
จากการใช้งานเอสซีอาร์ และไครแอกที่กล่าวเป็นการใช้งานในลักษณะเป็นสวิตช์ เปิด / ปิด การจ่ายไฟให้แก่โหลดต่าง ๆ แต่ความจริงแล้วการใช้งานสามารถขยายออกไปได้อีกมาก เช่น ใช้เป็นวงจรหรือความสว่างของหลอดไฟ หรือเป็นวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เป็นต้นซึ่งก็ล้วนแล้วแต่เป็นการใช้งานควบคุมกำลังไฟ ที่จะจ่ายให้แก่โหลดในระบบที่เรียกว่าเฟส - ทริกเกอร์ หลักการของวงจรที่มีลักษณะเป็นเฟส - ทริกเกอร์นี้ใช้ไครแอกเป็นตัวควบคุมกำลังไฟที่จ่ายให้แก่โหลด โดยแทนที่จะทริกขาเกิดด้วยสัญญาณไฟตรงนั้นตรง ๆ ก็ทริกโดยมีการหน่วงของเฟสด้วยวงจรอีกส่วนหนึ่ง



รูปที่ 2.11 การเปลี่ยนแปลงค่าของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่โหลด โดยกำหนดได้จากตำแหน่งเวลาของการทริกที่ให้แก่ไครแอก

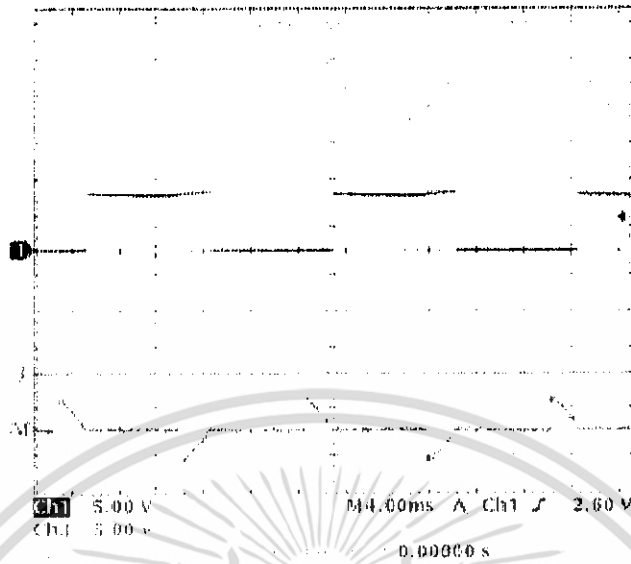
การหน่วงเฟสมีผลดังนี้คือ ถ้าไครแอกถูกทริกที่ตำแหน่งเฟส 10 องศาหลังจากที่ทุก ๆ ครึ่งรูปคลื่นเริ่มเข้ามา กำลังไฟเกือบทั้งหมดก็จะถูกป้อนให้แก่โหลด แต่ถ้าการทริกที่ตำแหน่งเฟส 90 องศา หลังจากทุก ๆ ครึ่งคลื่นเริ่มเข้ามา จะทำให้กำลังไฟที่ป้อนให้แก่โหลดนั้น ลดลงเหลือเพียง

ครึ่งหนึ่งของกำลังทั้งหมด และถ้าไปทริกที่ตำแหน่งเฟส 170 องศา หลังจากที่ทุก ๆ ครึ่งรูปคลื่นเข้ามาแล้ว จะมีเพียงกำลังไฟส่วนน้อยเท่านั้นที่ป้อนให้แก่โหลด



รูปที่ 2.13 การทริกมมที่ประมาณ 50% ของคาบเวลา

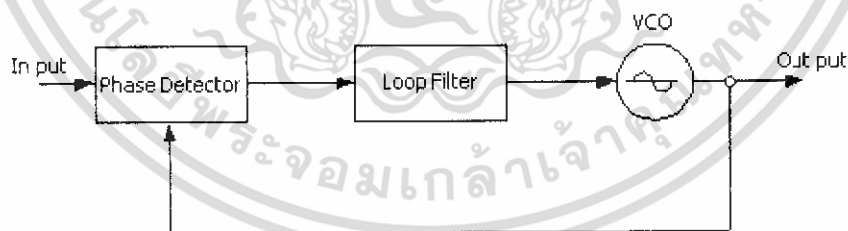
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 การตรึงมุมที่ประมาณ 75% ของคาบเวลา

## 2.4 เฟสล็อกคูลูป

เป็นระบบป้อนกลับที่บังคับให้วงจรรอสซิงเลเตอร์ มีความถี่หรือเฟสเปลี่ยนแปลงไปตามความถี่หรือเฟสของสัญญาณอ้างอิง ภายนอก เฟสล็อกคูลูปประกอบด้วยภาคสำคัญ 3 ภาค คือ ภาคเทียบเฟสหรือเฟสดีเทกเตอร์ (phase detector) ภาคลูปฟิลเตอร์ (loop filter) และภาค VCO



รูปที่ 2.15 แผนผังของเฟสล็อกคูลูป

สมมุติว่ามีสัญญาณความถี่อ้างอิงจากภายนอกเป็นสัญญาณรายคาบ (periodic) เข้ามาที่อินพุต ภาคเทียบเฟสทำหน้าที่ เทียบเฟสระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณจาก VCO เอาต์พุตที่ได้จากภาคเฟสดีเทกเตอร์ จะเป็นแรงดันที่มีแอมพลิจูดเป็นสัดส่วนกับผลต่าง ในเฟสของสัญญาณทั้งสอง

ที่ทำให้การเปรียบเทียบ แรงดันผลต่างนี้ป้อนไปให้วงจรรูปฟิลเตอร์ซึ่งเป็นฟิลเตอร์ชนิดโลพาส ฟิลเตอร์กรองเอาแต่เฉพาะ ความถี่ต่างๆที่ต้องการ เพื่อส่งไปควบคุมการออสซิลเลตของ VCO ต่อไป

เมื่อลูปอยู่ในสภาวะล็อก (lock) ความถี่ของ VCO จะเท่ากับความถี่ของสัญญาณอินพุตพอดี อาจจะมีเฟสแตกต่างกันไป แต่ค่าเฟสที่แตกต่างจะมีค่าคงที่ (constant phase difference) ในกรณีที่ยังมี เฟสไม่ตรงกันภาคเฟสดีเทกเตอร์จะจ่าย แรงดันคลาดเคลื่อน (error voltage) ไปควบคุมการทำงาน เพื่อไม่ให้เฟสคลาดเคลื่อนจนกว่าจะเข้าสู่สภาวะล็อก เอาต์พุตของ VCO จึงมีแอมพลิจูดคงที่ แต่ ความถี่จะเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของสัญญาณอินพุต

เราสามารถจะเฟสล็อกลูปไปใช้สังเคราะห์ความถี่ที่มีความเที่ยงตรงและ เสถียรภาพเทียบเท่า สัญญาณอ้างอิงได้ วงจรนี้เรียกว่าวงจรสังเคราะห์ความถี่ ระบบสังเคราะห์ความถี่จะช่วยให้เราสามารถสังเคราะห์สัญญาณเอาต์พุต ให้มีความถี่ตามต้องการได้หลายความถี่ โดยมีความเที่ยงตรง และเสถียรภาพเท่าคริสตอลออสซิลเลเตอร์ ความจริงเฟสล็อกลูปมีประโยชน์ อื่นๆอีก เช่น ในการดีมอดสัญญาณ FM หรือ PM เนื่องจากเอาต์พุตของเฟสดีเทกเตอร์มีค่าสัมพันธ์กับการเปลี่ยนเฟสของ กลิ่นพหุ

## 2.5 การคิดค่าใช้จ่าย

วัตต์ (Watt) คือหน่วยวัดพลังงานที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไปในช่วงเวลาหนึ่ง แปลเป็นไทยง่าย ๆ ว่า กินไฟเท่าไร ยิ่งตัวเลขมากก็กินไฟมาก

$$1 \text{ กิโลวัตต์} = 1,000 \text{ วัตต์}$$

1 กิโลวัตต์ หรือ 1 หน่วย คือ หน่วยวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่คิดรวมเป็นค่าใช้จ่ายในแต่ละเดือน

$$\text{จำนวนหน่วย} = \frac{\text{วัตต์} \times \text{จำนวนชั่วโมง}}{1,000}$$

$$1,000$$

$$\text{ค่าใช้จ่าย} = \text{จำนวนหน่วย} \times \text{อัตราค่าไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วย}$$

นำจำนวนหน่วยที่ใช้ไฟฟ้าต่อเดือนมาคำนวณ โดยจัดอยู่ในประเภท ผู้ใช้ไฟฟ้าตามบ้าน จะได้ ข้อมูลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนไฟฟ้า (หน่วย)	คิดเป็นเงิน
ค่าไฟฟ้า 35 หน่วยแรก ( หน่วยที่ 1-35)	เป็นเงิน 85.21 บาท
ค่าไฟฟ้า 115 หน่วยต่อมา ( หน่วยที่ 36-150)	เป็นเงิน $115 \times 1.11236 = 127.9214$ บาท
ค่าไฟฟ้า 250 หน่วยต่อมา ( หน่วยที่ 151-400)	เป็นเงิน $250 \times 2.1329 = 533.225$ บาท
ค่าไฟฟ้า (หน่วยที่ 400 ขึ้นไป)	เป็นเงิน หน่วยที่เหลือ $\times 2.4226$

การคำนวณแสงสว่างทั่วไปสำหรับที่อยู่อาศัย

มีค่าไม่น้อยกว่า  $10 \text{ W/m}^2$  ดังนั้นโหลดแสงสว่างทั่วไปของทางเดินปกติ กว้าง 2-3 เมตร และกว้างประมาณ 5 เมตร

โหลดตาม ว.ส.ท.  $2 \times 5 \times 10 \text{ W/m}^2 = 100 \text{ W}$  สำหรับโหลดไฟ แต่สำหรับโหลดไฟแบบประหยัดพลังงาน จะใช้ที่ 18 W

## 2.6 การทำงานของแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์

เนื่องจาก PIC16F628 มีแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์มากถึง 10 แหล่งแต่เนื่องจากส่วนใหญ่เกิดจากอุปกรณ์ต่อพ่วงซึ่งเป็นส่วนเพิ่มเติม ในส่วนนี้จะอธิบายถึงแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์พื้นฐาน 2 ตัวคือ อินเทอร์รัปต์อันเนื่องมาจากสัญญาณภายนอกที่ขา RB0 และอินเทอร์รัปต์จากการเปลี่ยนแปลงลอจิกที่ขา RB4-RB7

### แหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์จากภายนอก (EXTERNAL INTERRUPT)

การใช้แหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์แบบนี้จะต้องกระทำผ่านกระบวนการฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยฮาร์ดแวร์หมายถึง การกำหนดระหว่างสัญญาณหรือระดับลอจิกที่ป้อนเข้าสู่ขา RB0/INT เพื่อทำให้ซีพียูภายใน PIC16F628 รับทราบถึงการเกิดอินเทอร์รัปต์

### อินเทอร์รัปต์จากการเปลี่ยนแปลงลอจิกที่ขา RB4-RB7 ของพอร์ต B

การอินเทอร์รัปต์แบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเซตบิต RBIE (บิต 3 ของรีจิสเตอร์ INTCON) เมื่อการเซตเอเบิลการอินเทอร์รัปต์แบบนี้ขาพอร์ต B ทั้ง 4 ขาคือ RB4 RB7 จะเริ่มตรวจสอบเปรียบเทียบระดับลอจิกที่ขาสัญญาณว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงขึ้นก็จะเซตบิต RBIF (บิต 0 ของรีจิสเตอร์ INTCON) ทำให้เกิดการอินเทอร์รัปต์ขึ้น

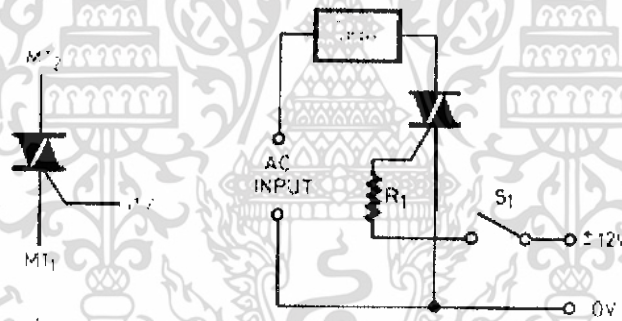
สำหรับการเคลียร์อินเทอร์รัปต์แบบนี้ ทำได้ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ได้ 2 วิธีคือ

1. เคลียร์บิต RBIE ซึ่งเป็นบิต 3 ของรีจิสเตอร์ INTCON
2. อ่านค่าชิงพอร์ต B หลังการเกิดอินเตอร์รัปต์ และเคลียร์บิต RBIF ของรีจิสเตอร์ INTCON

การอินเตอร์รัปต์แบบนี้เหมาะสำหรับการใช้งาน PIC16F628 กับเคลียร์สวิตช์ โดยต่อสวิตช์เข้าที่ขา RB4-RB7 แล้วเอ็นเอเบิลการพูลอัปภายใน หากไม่มีการกดสวิตช์ที่ขา RB4-RB7 ตัวใดตัวหนึ่งถูกกดก็จะเกิดการอินเตอร์รัปต์ทันที ซีพียูจะตอบสนองการอินเตอร์รัปต์จนเสร็จสิ้น แล้วเคลียร์บิต RBIF จากนั้นก็จะเข้าสู่สภาวะรอคอยการกดสวิตช์ต่อไป

## 2.7 ทฤษฎีพื้นฐานของไครแอก

ลักษณะโครงสร้างของไครแอกนี้เหมือนกับการนำเอาเอสซีอาร์ 2 ตัวมาต่อขนานกันในลักษณะกลับขั้ว ส่วนขาเกตต่อร่วมเข้าด้วยกัน ดังนั้นไครแอกจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม ระบบไฟได้ทั้งแบบไฟตรง และไฟสลับ นั่นคือควมสามารถในการนำกระแสได้ทั้งสองทิศทาง โดยการทรริกที่เกตนั่นก็สามารถกระทำได้ทั้งสองทิศทางเช่นกัน



รูปที่ 2.16 ก. สัญลักษณ์ของไครแอก ข. การใช้งานพื้นฐาน

ในรูปที่ ก และ ข แสดงถึงสัญลักษณ์และการใช้งานแบบพื้นฐานของไครแอก โดยทำหน้าที่คล้ายกับสวิตช์ของแหล่งจ่ายไฟสลับ โหลดจะถูกต่ออยู่ที่ขั้วด้านหนึ่ง ของไครแอก ส่วนสวิตช์ S1 ใช้ป้อนสัญญาณทรริกให้เกต ต่อไปจะขอกล่าวถึงคุณสมบัติพื้นฐานเป็นชื่อของไครแอกซึ่งมีดังนี้

1. โดยปกติ ถ้าไม่มีสัญญาณทรริกที่เกต ไครแอกจะไม่ทำงานโดยจะมีลักษณะเหมือนกับสวิตช์ที่ถูกเปิดวงจร

2. ถ้าในกรณีที่ MT2 และ MT1 ถูกป้อนด้วยแรงดันบวกและลบตามลำดับไครแอกจะถูกกระตุ้นให้ทำงานได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เพียงสั้น ๆ ที่เกตของ ไครแอกใช้เวลาเพียง  $2 - 3 \times 10^{-6}$  วินาทีเท่านั้นในการทำเริ่มทำงานในขณะที่ไครแอกทำงานนั้น จะมีแรงดันตกคร่อมตัวมัน มี

ค่าประมาณ 1 หรือ 2 โวลต์ เท่านั้น และที่เช่นกันคือเมื่อไทรแอกเริ่มทำงานแล้ว ก็จะสามารถคงสภาพการทำงานอยู่เช่นนั้นต่อไปเรื่อย ๆ ตรวจจับที่ยังมีกระแสไหลผ่านตัวมันอย่างต่อเนื่อง

3. หลังจากที่ไทรแอกคงสภาพการทำงานอยู่นั้น ทางเดียวที่จะหยุดการทำงานลงได้ ก็โดยการลดปริมาณกระแสที่ไหลผ่านตัวมันลง ให้มีค่าต่ำกว่ากระแสโวลติจของมัน ในกรณีที่ใช้ไทรแอกในการจ่ายกระแส AC การหยุดทำงานจะเกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติ เมื่อแรงดันของไฟสลับเข้าใกล้จุดตัดศูนย์ที่เกิดขึ้น ทุก ๆ ครึ่งคลื่น นั่นคือกระแสจะลดลงเป็นศูนย์

4. ไทรแอกถูกกระตุ้นให้ทำงานได้ ทั้งสัญญาณแบบบวกและลบที่ป้อนให้แก่ขาเกต โดยไม่คำนึงถึงขั้วที่ต่ออยู่ที่ MT1 และ MT2 ดังนั้น การทำงานของไทรแอกนี้จะมีอยู่ 4 โหมดเมื่อเปรียบเทียบกับขั้วแรงดันที่ป้อนให้แก่ขาต่าง ๆ ของมัน ข้อแตกต่างกันเล็กน้อยของการทำงานในโหมดต่าง ๆ คือในกรณีของโหมดที่ขั้วแรงดันที่ให้แก่ขา MT2 และเกตเหมือนกัน (ทั้งบวกและลบ) จะทำให้มีค่าความไวที่เกิดสูงขึ้น

5. ไทรแอกสามารถทนการกระชากของกระแสได้สูง เช่น โดยปกติสำหรับไทรแอกที่ทนกระแสปกติได้ 10 แอมแปร์ (rms) สามารถทนการกระชากของกระแสในช่วงหนึ่ง คาบเวลาของไฟ 60 เฮิรตซ์ได้สูงถึง 100 แอมแปร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### การสร้างและการออกแบบ

##### 3.1 ส่วนต่างๆในการทดลอง

- ภาครับส่งอัลตราโซนิก
- ภาคหรีไฟ

##### 3.2 ภาครับส่งอัลตราโซนิก

###### การทำงานของเครื่องรับเครื่องส่งอัลตราโซนิก ( Ultrasonic )

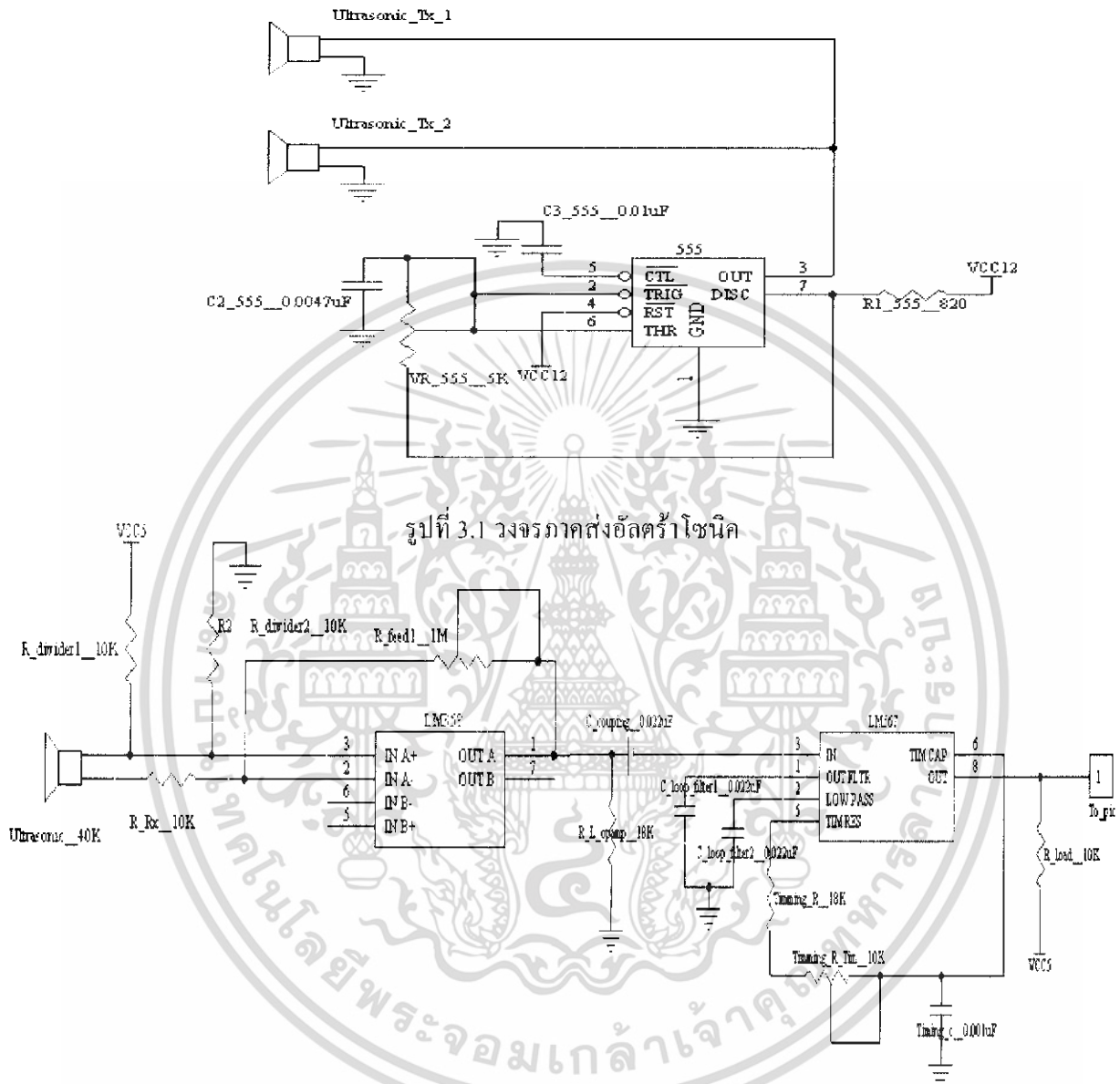
ในวงจรนี้การทำงานของวงจรทำงานคล้ายเรดาร์ในขณะที่เรดาร์ใช้คลื่นไมโครเวฟทำงานกับอัลตราโซนิกซึ่งเป็นเสียงที่มีความถี่เหนือเสียงที่เราได้ยินในกรณีนี้เครื่องรับเครื่องส่งเป็นอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อทำงานกับความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์เท่านั้น ทั้งเครื่องรับและเครื่องส่งมีเรโซแนนซ์ที่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์คลื่นอัลตราโซนิกจะเดินทางที่ความเร็วของเสียงประมาณ 340 เมตรต่อวินาทีในระหว่างสัญญาณที่ส่งออกไปเครื่องรับอัลตราโซนิกจะรับสัญญาณเพื่อวัดระยะทางระหว่างเครื่องส่งกับวัตถุการทำงานเครื่องส่งอัลตราโซนิกจะส่งสัญญาณพัลส์ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ในการส่งความถี่

ในภาคเครื่องส่งอัลตราโซนิกนั้นอุปกรณ์หลักในวงจรนั้นคือ ไอซี 555 เป็นตัวผลิตความถี่ที่ต้องการและก็สามารถปรับเลือกความถี่ที่ต้องการได้โดยการปรับค่าของ ความต้านทานปรับค่าได้ตัวที่ 4 และตัวเก็บประจุตัวที่ 10 ในที่นี้จะเลือกความถี่ที่ 40 KHz, เพื่อป้อนให้ตัวส่งอัลตราโซนิกแล้วทำการส่งคลื่นอัลตราโซนิก 40KHz. ออกไปเพื่อทำการตรวจจับสัญญาณที่ต้องการ

ส่วนอุปกรณ์หลักในวงจรเครื่องรับอัลตราโซนิกนี้คือ LM 567 โทนี่โคดเดอร์ (Tone Decoder IC) จุดประสงค์หลักของ โทนี่โคดเดอร์ คือจะให้ เอาต์พุตโลว (output low) เมื่อสัญญาณอินพุต อยู่ในใน พาสแบนด์ (passband) ส่วนของ โทนี่โคดเดอร์จะประกอบไปด้วย I และ Q Phase Detector และถูกขับโดย voltage control oscillator (VCO) นั้นเป็นการกำหนดความถี่ศูนย์กลางของดีโคเดอร์ส่วนวงจรที่เกี่ยวข้องภายนอกสามารถปรับความถี่ศูนย์กลาง แบนด์วิธ และเอาต์พุตดีเรียได้อย่างอิสระ

ส่วนในวงจร ตัวเก็บประจุที่ขา 1 และ ตัวเก็บประจุที่ขา 2 เป็นส่วนประกอบของฟิวส์เตอร์ และการกำหนดความถี่ภายในสามารถกำหนดได้โดยค่าของ ความต้านทานตัวที่ 9 ความต้านทานปรับค่าได้ตัวที่ 10 และตัวเก็บประจุตัวที่ 6 และเมื่อเอาต์พุตได้โลวแล้วจะทำการป้อนให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน(ถ้าไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับเอาต์พุตไฮต์จะไม่ทำงาน)และจากนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์เพื่อจะไปควบคุมใคร่อกให้ทำงานเพื่อไปทำการเปิด ปิด และหรีไฟเป็นการจบการทำงานโดยสังเขป

และภายในส่วนของภาคขยายสัญญาณของเครื่องรับอัลตราโซนิกนั้นมี gain ประมาณ 100 เท่าที่สามารถปรับได้ และวงจรนี้ใช้แหล่งจ่ายตึชี 12 โวลต์ โดยผ่านเรกูเรเตอร์

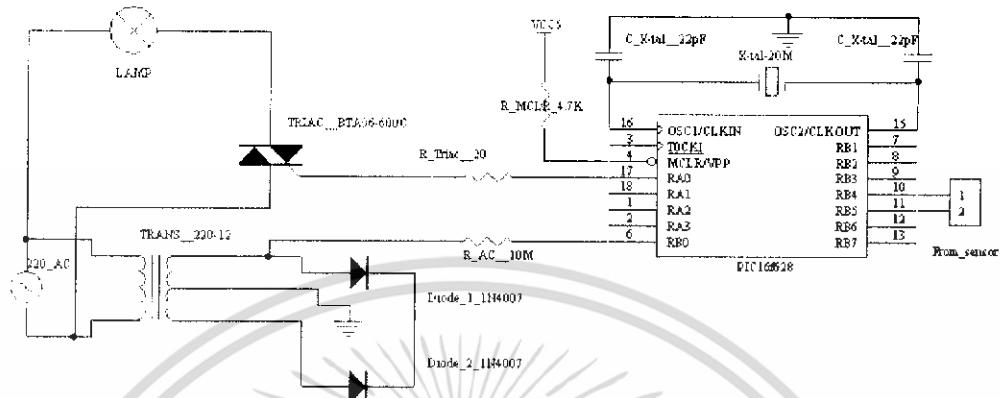


### 3.3 ภาคหรีไฟ

จะทำงานตามโปรแกรมที่โปรแกรมลงไปในไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นการตรวจจับแรงดันตัดผ่านศูนย์ (Zero Crossing) โดยการควบคุมจะควบคุมโดยการหน่วงเวลาในการกระตุ้นไตรแอกในช่วง 0 ms ถึง 20 ms ใน 1 วัฏคลื่นของความถี่ไฟบ้าน 50 เฮิร์ต ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจจับแรงดันตัดผ่านศูนย์เมื่อตรวจจับได้แล้วจะมีการหน่วงเวลาในช่วง 0 ถึง 10ms แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการส่งพัลส์ไปกระตุ้นให้ไทรแอกทำงานซึ่งมีความกว้าง 500 $\mu$ s โดยจะส่งพัลส์ทั้งช่วงบวกและช่วงลบ ซึ่งถ้าหน่วยเวลามากความสว่างก็จะน้อยลงตามลำดับ



รูปที่ 3.3 วงจรภาคทรีไฟ

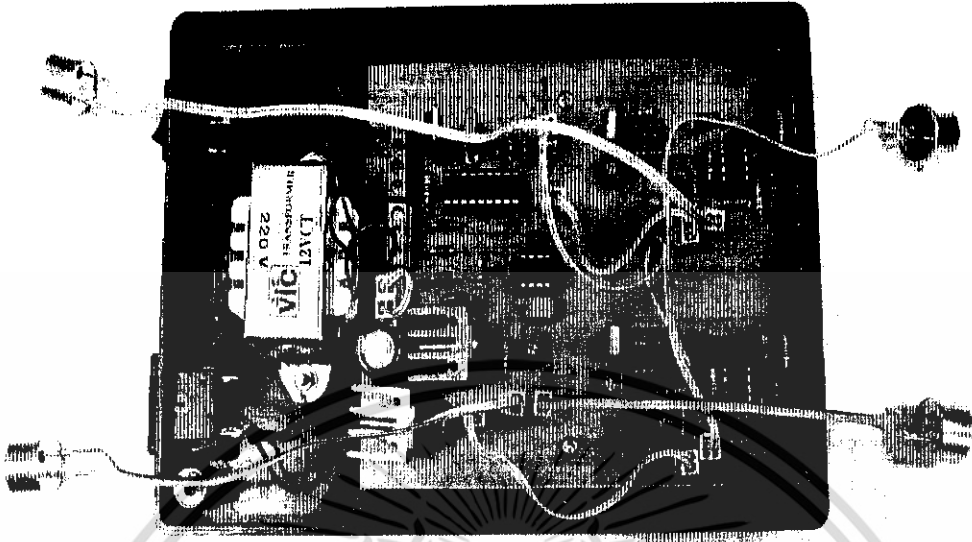


รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะการวางของชิ้นงาน



รูปที่ 3.5 ภาพมองจากมุมสูงของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ภาพวงจรตัวรับและตัวส่งอัลตราโซนิก



รูปที่ 3.7 ภาพด้านหลังของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

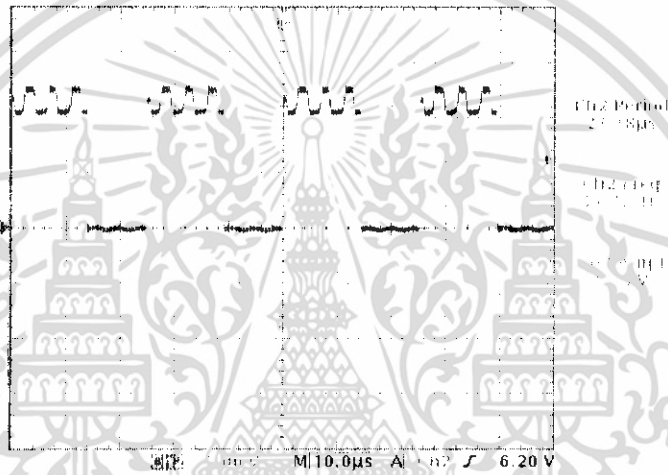
### การทดลอง

#### 4.1 ทำการทดสอบความสามารถในการตรวจจับวัตถุของตัวส่งและตัวรับอัลตราโซนิก

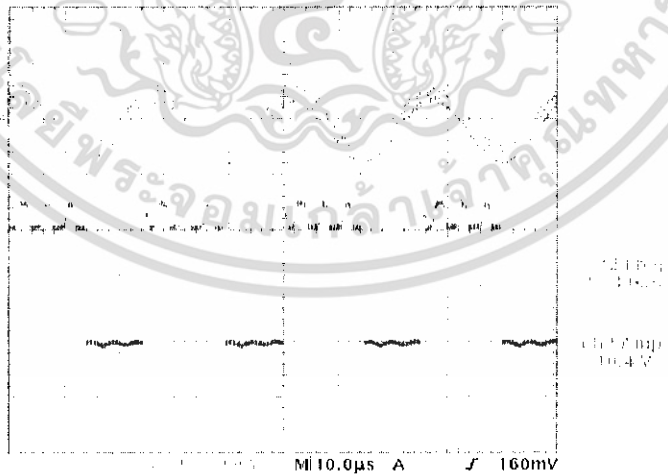
โดยมีการทดสอบดังต่อไปนี้

1. โดยการนำวัตถุที่มีลักษณะเป็นแผ่นกระดาษสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 50\*100 เซนติเมตรเป็นตัววัตถุให้ตัวส่งและตัวรับอัลตราโซนิกเป็นตัวทดสอบ

ผลการทดลอง

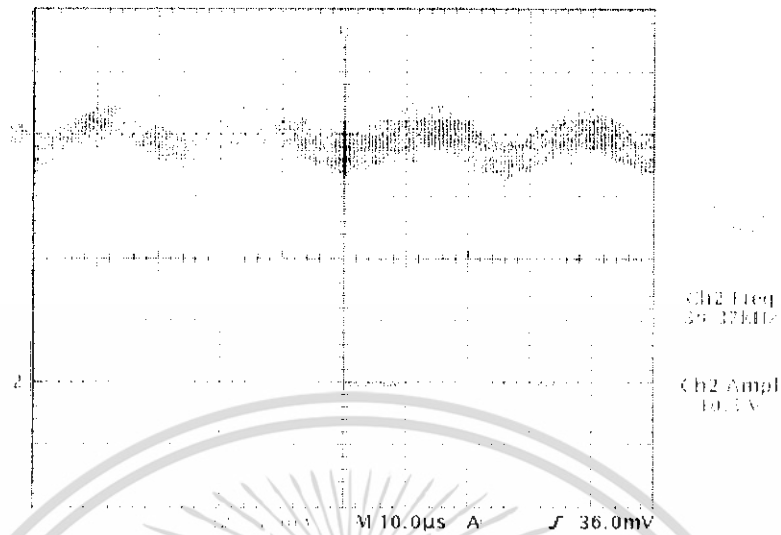


รูปที่ 4.1 สัญญาณที่วัดจากภาคส่งสัญญาณคลื่นอัลตราโซนิก



รูปที่ 4.2 สัญญาณที่วัดจากการขยาย ที่วัดจากระยะ 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 สัญญาณที่วัดจากการขยาย ที่วัดจากระยะ 2 เมตร

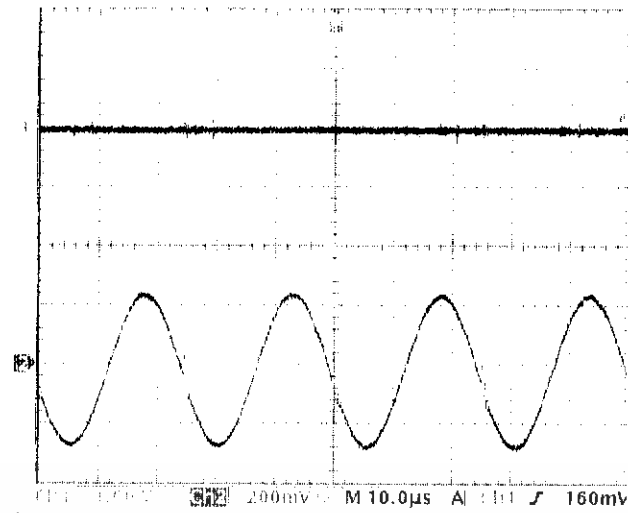
4.2 ทำการทดสอบสัญญาณ ณ จุดต่างๆเพื่อแสดงให้เห็นว่าวงจรของแต่ละภาคสามารถทำงานได้จริงและสัมพันธ์กันทุกภาค

โดยมีการทดสอบ ณ จุดต่างๆดังต่อไปนี้

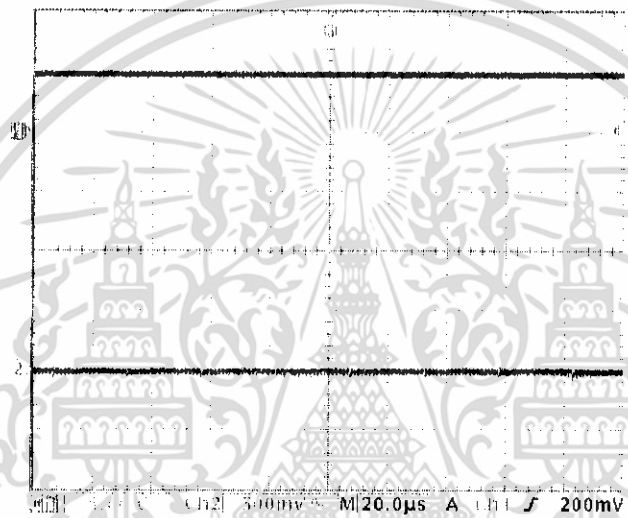
1. เอาต์พุต LM 567 ที่ขา 8
  - 1.1 เมื่อรับสัญญาณได้
  - 1.2 เมื่อรับสัญญาณไม่ได้
  - 1.3 เมื่อรับสัญญาณได้และไม่ได้
2. RB0 ขา 6 ของไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ที่โหนด(หลอดไฟ)
4. RA0 ขา 17 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

### ผลการทดลอง

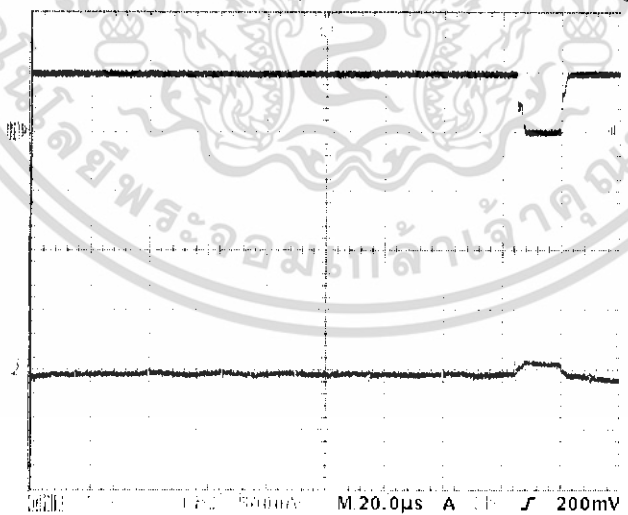
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 สัญญาณที่วัดจากเอาต์พุตของ LM 567 เมื่อมีการรับสัญญาณได้

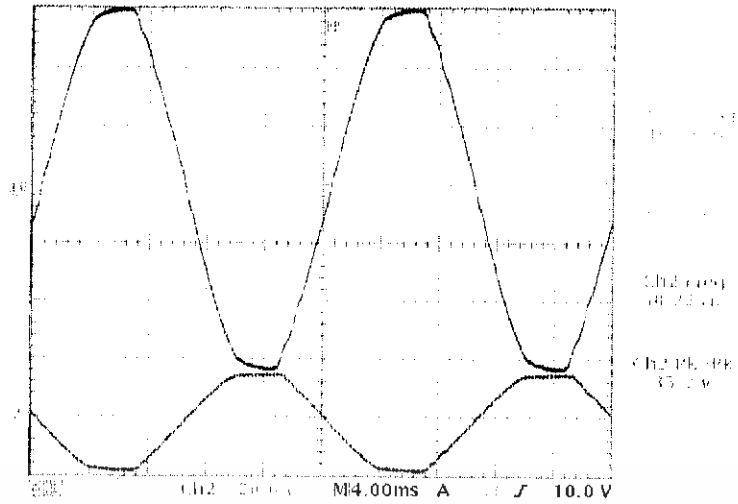


รูปที่ 4.5 สัญญาณที่วัดจากเอาต์พุตของ LM 567 เมื่อมีการรับสัญญาณไม่ได้

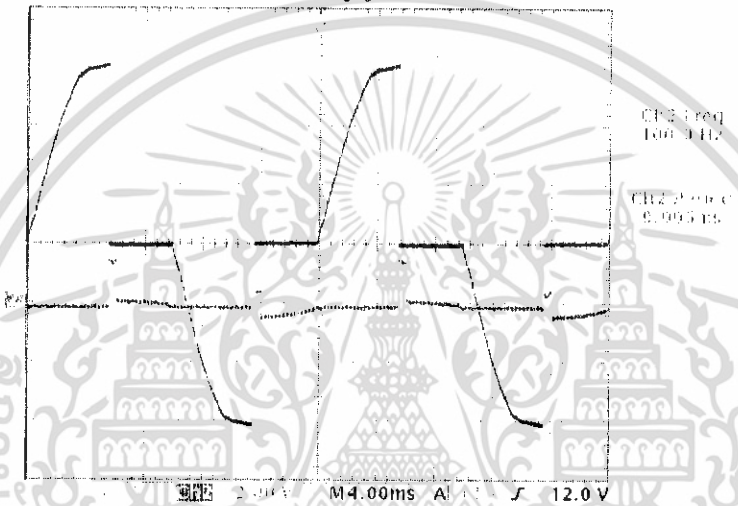


รูปที่ 4.6 สัญญาณที่วัดจากเอาต์พุตของ LM 567 เมื่อมีการรับสัญญาณได้และไม่ได้

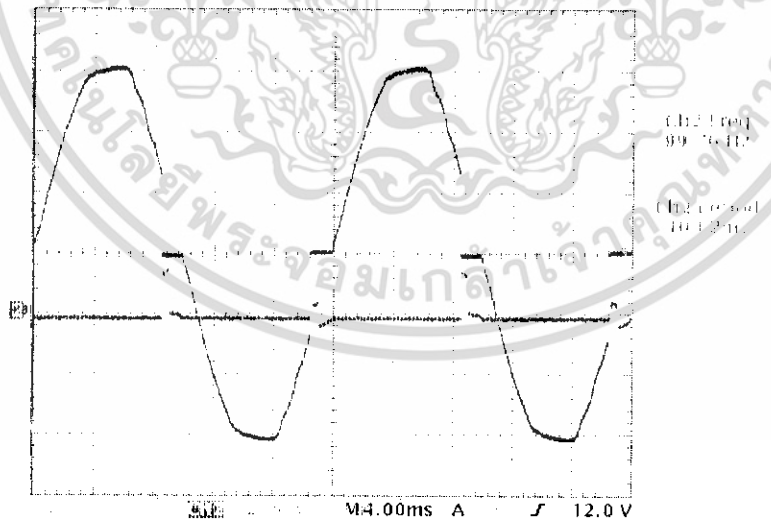
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 สัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ และสัญญาณที่เข้าขาอินเทอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.8 สัญญาณที่ไหลคดและสัญญาณที่ทริกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ประมาณ 50%



รูปที่ 4.9 สัญญาณที่ไหลคดและสัญญาณที่ทริกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ประมาณ 80%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 การคิดค่าใช้ไฟฟ้า

#### หลอดประหยัดไฟขนาด 18 W

จำนวนชั่วโมง  $10 \times 30 = 300$  ชั่วโมง

จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้  $(18 \times 300)/1,000 = 5.4$  หน่วย

ถ้ามีหลอดไฟ 20 หลอด = 108 หน่วย

มีการเปิดปิด 1 นาที 20 ครั้งภายใน 1 ชั่วโมง = 0.33 ชั่วโมง

จำนวนชั่วโมง  $3.3 \times 30 = 99$  ชั่วโมง

จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้  $(18 \times 99)/1,000 = 1.78$  หน่วย

หน่วยถ้ามีหลอดไฟ 20 หลอด = 35.6 หน่วย

ประหยัดลงประมาณ 60%

150 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1 - 150)	หน่วยละ	<b>1.8047</b>	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	หน่วยละ	<b>2.7781</b>	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	<b>2.9780</b>	บาท

ถ้าคิดที่ 150 หน่วยแรก หน่วยแรก = 1.8047 บาท

ค่าไฟ  $108 \times 1.8 = 195$  บาท

ต่อระบบประหยัดพลังงาน  $35.6 \times 1.8 = 64$  บาท

ประหยัดทั้งหมด  $195 - 64 = 131$  บาท / เดือน

= 1572 บาท / ปี

#### หลอดไส้ขนาด 100 W

จำนวนชั่วโมง  $10 \times 30 = 300$  ชั่วโมง

จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้  $(100 \times 300)/1,000 = 30$  หน่วย

ถ้ามีหลอดไฟ 20 หลอด = 600 หน่วย

มีการเปิดปิด 1 นาที 20 ครั้งภายใน 1 ชั่วโมง = 0.33 ชั่วโมง

จำนวนชั่วโมง  $3.3 \times 30 = 99$  ชั่วโมง

จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้  $(100 \times 99)/1,000 = 9.9$  หน่วย

หน่วยถ้ามีหลอดไฟ 20 หลอด = 198 หน่วย

ประหยัดลงประมาณ 60%

ถ้าคิดที่ 400 หน่วยขึ้นไป หน่วยแรก = 2.97 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าไฟ  $600 \times 2.97 = 1782$  บาท

ต่อระบบประหยัดพลังงาน  $198 \times 2.97 = 588$  บาท

ประหยัดทั้งหมด  $1782 - 588 = 1194$  บาท / เดือน

$= 14328$  บาท / ปี

### ต้นทุนของหลอดไฟ

หลอดไส้ มีอายุการใช้งาน 1000 ชั่วโมง

หลอดประหยัดไฟ มีอายุการใช้งาน 6000 ชั่วโมง

ถ้าไม่มีการต่อระบบ

หลอดไส้ มีอายุการใช้งาน ประมาณ 4 เดือน

หลอดประหยัดไฟ มีอายุการใช้งาน ประมาณ 2 ปี

ถ้ามีการต่อระบบ

หลอดไส้ มีอายุการใช้งาน ประมาณ 1 ปี (เปลี่ยน 3 ครั้ง)

หลอดประหยัดไฟ มีอายุการใช้งาน ประมาณ 6 ปี (เปลี่ยน 3 ครั้ง)

เห็นได้ว่าในระยะ 1 ปีของหลอดไส้ และ 6 ปีของหลอดประหยัดไฟ

ถ้าไม่มีการต่อระบบ

จะใช้ค่าหลอดไฟ หลอดละ 50 บาท = 18000 บาท

จะใช้ค่าหลอดไฟ หลอดละ 170 บาท = 10200 บาท

ถ้ามีการต่อระบบ

จะใช้ค่าหลอดไฟ หลอดละ 50 บาท = 6000 บาท

จะใช้ค่าหลอดไฟ หลอดละ 170 บาท = 3400 บาท

ซึ่งประหยัดค่าหลอดไฟในระยะ 1 ปีของหลอดไส้ และ 6 ปีของหลอดประหยัดไฟ

หลอดไส้  $18000 - 6000 = 12000$  บาท

หลอดประหยัดไฟ  $10200 - 3400 = 6800$  บาท

รวมค่าไฟที่ประหยัดและค่าหลอดไฟ ในระยะ 1 ปีของหลอดไส้ และ 6 ปีหลอดประหยัดไฟได้

หลอดไส้

$12000 + (14328 \times 6) = 97968$  บาท

หลอดประหยัดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$6800 + (1572 \times 6) = 16232 \text{ บาท}$$

เฉลี่ยประหยัดได้

หลอดไส้ = 8164 บาท / เดือน ต่ออายุการใช้งาน (1ปี)

หลอดประหยัดไฟ = 225 บาท / เดือน ต่ออายุการใช้งาน (6ปี)

คิดค่าระบบประมาณ  $500 \times 20 = 10,000$  บาท

จะคุ้มทุนประมาณ

หลอดไส้

ประมาณ 2 เดือน

หลอดประหยัดไฟ

ประมาณ 3 ปีครึ่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุป

#### 5.1 สรุป

จากการทำงานในส่วนต่างๆของโครงการ การรับส่งคลื่นอัลตราโซนิกเราสามารถควบคุมได้โดยการใช้เฟสล็อกควบคุมการทำงานในการรับส่ง และส่งไปควบคุมในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานภาคนี้จะไปคอนโทรลการควบคุมหลอดไฟให้มีการติดดับและมีการหน่วงเวลาตามโปรแกรม ส่วนการประหยัดสามารถประหยัดได้จริงทั้งค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนและอายุการใช้งานของหลอดไฟ

ส่วนสำคัญที่สุดคือส่วนของการติดตั้งต้องติดตั้งตามสถานที่ ซึ่งจะไม่เหมือนกันตามการออกแบบสถานที่ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับสถานที่ที่แตกต่างได้

#### 5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางการแก้ไข

1. แหล่งของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์อยู่ไกลจากสถาบันเพราะฉะนั้นในการเดินทางแต่ละครั้งนั้นจะต้องมีการวางแผนให้ดีในการซื้อของและการประมาณการใช้อุปกรณ์ให้เกิดประโยชน์ที่สุด
2. ข้อมูลที่หาได้นั้นบางทีในการปฏิบัติจะไม่ตรงกันดังนั้นจะต้องมีการหาข้อมูลจากหลายๆทางด้วยกันในการแก้ปัญหาและทำการลงมือปฏิบัติเพื่อหาข้อผิดพลาด

#### 5.3 แนวทางการพัฒนา

แนวทางการพัฒนาเกี่ยวกับความสามารถในการทำงาน

1. ในทางด้านค่าใช้จ่ายอาจจะทำได้โดยการลดจำนวนอุปกรณ์เช่นการลดตัวส่งและตัวรับของอัลตราโซนิกให้มีจำนวนลดลงจาก 4 ตัวให้เหลือจำนวน 2 ตัวก็สามารถจะลดค่าใช้จ่ายได้มาก
2. พัฒนาด้านโปรแกรมให้สามารถทำการหรี่หลอดไฟประหยัดพลังได้โดยที่หลอดไฟไม่ร้อนเพราะ ณ ปัจจุบันก็สามารถหรี่ได้แต่หลอดจะมีความร้อน
3. ปรับปรุงในส่วนองภาคแหล่งจ่ายเพื่อมาใช้แทนหม้อแปลงเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและยังเป็นการทำให้ขนาดของอุปกรณ์เล็กลงอีกด้วย

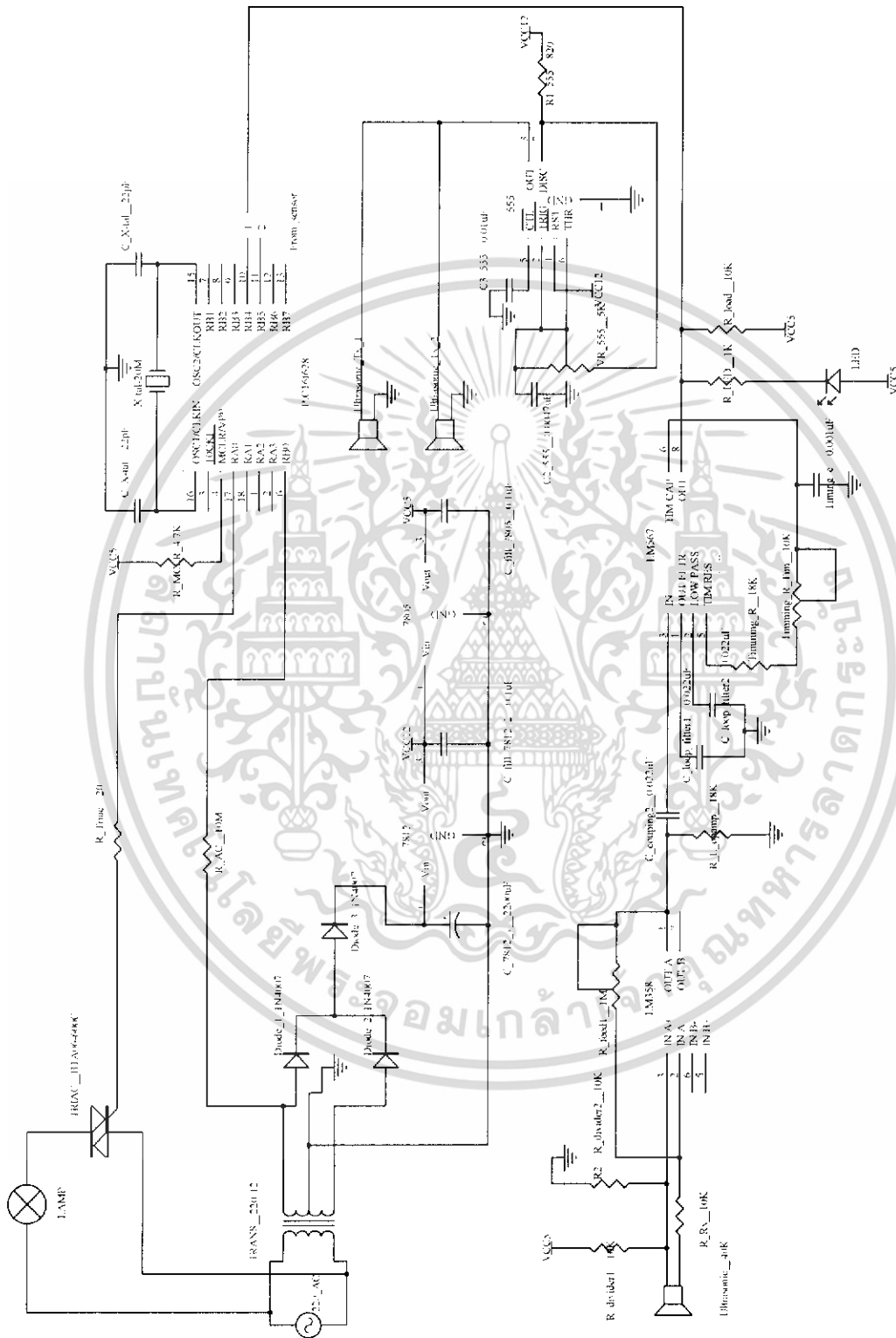
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. ทนง โชติสรยุทธ์, “เทคนิคการใช้งานชุดตราโซนิคทรานสดิวเซอร์สำหรับนักทดลอง”, วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 44, 2524, หน้า 58-73.
2. พลผดุง ผดุงกุล, “ไดรแอกและเอสซีอาร์”, วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 91, 2532.
3. มงคล บัณฑิตย์, “เครื่องหรีไฟด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์”, วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 232, 2545, หน้า 150-154.
4. พิทักษ์ เจริญสุข, “ชุดควบคุมกำลังไฟฟ้าสำหรับโหลดไฟสลับ 220 โวลต์”, วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 266, 2547, หน้า 158-166.
5. ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช, “การออกแบบระบบไฟฟ้า”, ซีเอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2544, หน้า 70-93
6. ประจัน พลังสันติกุล, “เรียนรู้และใช้งาน CCSC คอมไพเลอร์เขียนโปรแกรมภาษา C”, อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์, กรุงเทพฯ, หน้า 192-201
7. Peter Phillips, “LOW COST ULTRASONIC RADAR”, ELECTRONICS Australia, October, 1994, pp.56-59.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



รูปที่ 1 รูปวงจรทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

```

#####**setup**#####
#include <16F628.h>

#define delay(clock=2000000)

#define fuses HS,NOPROTECT,NOWDT,NOLVP

#define use fixed_io (a_outputs= PIN_A0)
#define use fast_io(B)

BOOLEAN sen = FALSE;

int16 count = 0;
int16 i = 0;
##### EXT #####
#define INT_EXT
void ZeroCrossing (void)
{
    sen = TRUE;
}

#####^O^#####**Main**#####^O^#####
void main(void)
{
    int dim=8;
    set_tris_b(0xF1);
    set_tris_A(0);
    enable_interrupts(GLOBAL);
    enable_interrupts(INT_EXT);
    while(TRUE)
    {
        ##### start #####

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

output_low(PIN_A0);
if(!input(PIN_B5)||!input(PIN_B4))
{
output_low(PIN_A0);
delay_us(500);
i=2;
while(i==2)
{
output_low(PIN_A0);
if(sen)
{
output_low(PIN_A0);
delay_ms(dim);
output_high(PIN_A0);
delay_us(500);
output_low(PIN_A0);
delay_us(9500);
output_high(PIN_A0);
delay_us(500);
output_low(PIN_A0);
count++;
sen = FALSE;
}
else
{
output_low(PIN_A0);

if(count==20)
dim=8;

if(count==40)
dim=7;
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(count==60)
    dim=6;
if(count==80)
    dim=5;
if(count==100)
    dim=4;
if(count==120)
    dim=3;
if(count==140)
    dim=2;
if(count==160)
    dim=1;
if(count==180)
    dim=0;
##### 10 second #####
if(count==700)
    }
    dim=0;
    if(!input(PIN_B5)||!input(PIN_B4))
        {
            count=179;
        }
    if(input(PIN_B5)||input(PIN_B4))
        {
            i=2;
            count=729;
        }
    }
##### dim down #####
if(count==730)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
dim=1;
if(!input(PIN_B5)||!input(PIN_B4))
{
count=159;
}
}
if(count==760)
{
dim=2;
if(!input(PIN_B5)||!input(PIN_B4))
{
count=139;
}
if(count==790)
{
dim=3;
if(!input(PIN_B5)||!input(PIN_B4))
{
count=119;
}
}
}
if(count==820)
{
dim=4;
if(!input(PIN_B5)||!input(PIN_B4))
{
count=99;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
if(count==850)
{
dim=5;
if(!input(PIN_B5)||!input(PIN_B4))
{
count=79;
}
}
if(count==880)
{
dim=6;
if(!input(PIN_B5)||!input(PIN_B4))
{
count=59;
}
}
if(count==910)
{
dim=7;
if(!input(PIN_B5)||!input(PIN_B4))
{
count=39;
}
}
if(count==940)
{
dim=8;
count=0;
i=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
}
##### finish else #####
}
##### finish while #####
}
##### finish check sensor #####
}
##### finish while(true) #####
}
#####--END--#####

```

ชนิดของอาคาร	โหลดแสงสว่าง (W/m <sup>2</sup> ) มาตรฐาน ว.ศ.ท.203.1
โกดังเก็บสินค้า	3
โรงเรียน	10
ที่อยู่อาศัย(ยกเว้นโรงแรม)	10
สถานที่ทำงาน	30
ธนาคาร	50

ตารางที่ 1 โหลดแสงสว่างทั่วไปสำหรับอาคารต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# PIC16F627A/628A/648A

## 18-pin FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers

### High Performance RISC CPU:

- Operating speeds from DC - 20 MHz
- Interrupt capability
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative Addressing modes
- 35 single word instructions
  - All instructions single cycle except branches

### Special Microcontroller Features:

- Internal and external oscillator options
  - Precision Internal 4 MHz oscillator factory calibrated to  $\pm 1\%$
  - Low Power Internal 37 kHz oscillator
  - External Oscillator support for crystals and resonators.
- Power saving SLEEP mode
- Programmable weak pull-ups on PORTB
- Multiplexed Master Clear/Input-pin
- Watchdog Timer with independent oscillator for reliable operation
- Low voltage programming
- In-Circuit Serial Programming™ (via two pins)
- Programmable code protection
- Brown-out Reset
- Power-on Reset
- Power-up Timer and Oscillator Start-up Timer
- Wide operating voltage range. (2.0 - 5.5V)
- Industrial and extended temperature range
- High Endurance FLASH/EEPROM Cell
  - 100,000 write FLASH endurance
  - 1,000,000 write EEPROM endurance
  - 100 year data retention

### Low Power Features:

- Standby Current:
  - 100 nA @ 2.0V, typical
- Operating Current:
  - 12  $\mu$ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
  - 120  $\mu$ A @ 1 MHz, 2.0V, typical
- Watchdog Timer Current
  - 1  $\mu$ A @ 2.0V, typical
- Timer1 oscillator current:
  - 1.2  $\mu$ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
- Dual Speed Internal Oscillator:
  - Run-time selectable between 4 MHz and 37 kHz
  - 4  $\mu$ s wake-up from SLEEP, 3.0V, typical

### Peripheral Features:

- 16 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
  - Two analog comparators
  - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
  - Selectable internal or external reference
  - Comparator outputs are externally accessible
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM module
  - 16-bit Capture/Compare
  - 10-bit PWM
- Addressable Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter USART/SCI

Device	Program Memory	Data Memory		I/O	CCP (PWM)	USART	Comparators	Timers 8/16-bit
	FLASH (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					
PIC16F627A	1024	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F628A	2048	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F648A	4096	256	256	16	1	Y	2	2/1



# PIC16F627A/628A/648A

## 17.0 ELECTRICAL SPECIFICATIONS

### Absolute Maximum Ratings†

Ambient temperature under bias	-40 to +125°C
Storage temperature	-65°C to +150°C
Voltage on VDD with respect to VSS	-0.3 to +6.5V
Voltage on MCLR and RA4 with respect to VSS	-0.3 to +14V
Voltage on all other pins with respect to VSS	-0.3V to VDD + 0.3V
Total power dissipation <sup>(1)</sup>	800 mW
Maximum current out of VSS pin	300 mA
Maximum current into VDD pin	250 mA
Input clamp current, I <sub>IK</sub> (V <sub>I</sub> < 0 or V <sub>I</sub> > VDD)	± 20 mA
Output clamp current, I <sub>OK</sub> (V <sub>O</sub> < 0 or V <sub>O</sub> > VDD)	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin	25 mA
Maximum current sunk by PORTA and PORTB (Combined)	200 mA
Maximum current sourced by PORTA and PORTB (Combined)	200 mA

**Note 1:** Power dissipation is calculated as follows:  $P_{DIS} = V_{DD} \times \{I_{DD} - \sum I_{OH}\} + \sum \{(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum (V_{OI} \times I_{OL})$

† **NOTICE:** Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

**Note:** Voltage spikes below VSS at the MCLR pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latchup. Thus, a series resistor of 50-100 Ω should be used when applying a "low" level to the MCLR pin rather than pulling this pin directly to VSS.

# LM567/LM567C

## Tone Decoder

### General Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a saturated transistor switch to ground when an input signal is present within the passband. The circuit consists of an I and Q detector driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. External components are used to independently set center frequency, bandwidth and output delay.

### Features

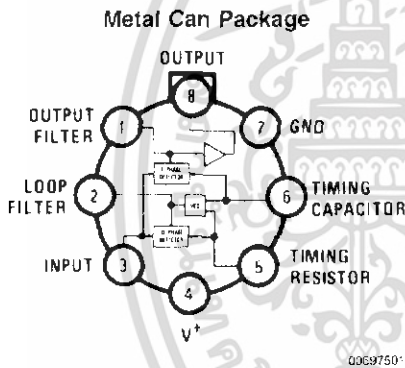
- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability
- Bandwidth adjustable from 0 to 14%

- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

### Applications

- Touch tone decoding
- Precision oscillator
- Frequency monitoring and control
- Wide band FSK demodulation
- Ultrasonic controls
- Carrier current remote controls
- Communications paging decoders

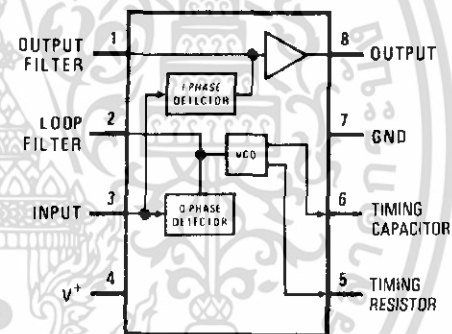
### Connection Diagrams



Top View

Order Number LM567H or LM567CH  
See NS Package Number H08C

### Dual-In-Line and Small Outline Packages



Top View

Order Number LM567CM  
See NS Package Number M08A  
Order Number LM567CN  
See NS Package Number N08E

**Absolute Maximum Ratings** (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage Pin	9V
Power Dissipation (Note 2)	1100 mW
$V_H$	15V
$V_S$	-10V
$V_{S1}$	$V_4 + 0.5V$
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Operating Temperature Range	

LM567H	-55°C to +125°C
LM567CH, LM567CM, LM567CN	0°C to +70°C

**Soldering Information**

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 sec.)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 sec.)	215°C
Infrared (15 sec.)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

**Electrical Characteristics**

AC Test Circuit,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V^+ = 5V$

Parameters	Conditions	LM567			LM567C/LM567CM			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Voltage Range		4.75	5.0	9.0	4.75	5.0	9.0	V
Power Supply Current Quiescent	$R_L = 20k$		6	8		7	10	mA
Power Supply Current Activated	$R_L = 20k$		11	13		12	15	mA
Input Resistance		18	20		15	20		k $\Omega$
Smallest Detectable Input Voltage	$I_L = 100\text{ mA}$ , $f_i = f_o$		20	25		20	25	mVrms
Largest No Output Input Voltage	$I_C = 100\text{ mA}$ , $f_i = f_o$	10	15		10	15		mVrms
Largest Simultaneous Outband Signal to Inband Signal Ratio			6			6		dB
Minimum Input Signal to Wideband Noise Ratio	$B_n = 140\text{ kHz}$		-6			-6		dB
Largest Detection Bandwidth		12	14	16	10	14	18	% of $f_o$
Largest Detection Bandwidth Skew			1	2		2	3	% of $f_o$
Largest Detection Bandwidth Variation with Temperature			$\pm 0.1$			$\pm 0.1$		%/°C
Largest Detection Bandwidth Variation with Supply Voltage	4.75–6.75V		$\pm 1$	$\pm 2$		$\pm 1$	$\pm 5$	%V
Highest Center Frequency		100	500		100	500		kHz
Center Frequency Stability (4.75–5.75V)	$0 < T_A < 70$ $-55 < T_A < +125$		$35 \pm 60$ $35 \pm 140$			$35 \pm 60$ $35 \pm 140$		ppm/°C ppm/°C
Center Frequency Shift with Supply Voltage	4.75V–6.75V 4.75V–9V		0.5	1.0 2.0		0.4	2.0	%/V %/V
Fastest ON-OFF Cycling Rate			$f_o/20$			$f_o/20$		
Output Leakage Current	$V_B = 15V$		0.01	25		0.01	25	$\mu\text{A}$
Output Saturation Voltage	$e_i = 25\text{ mV}$ , $I_B = 30\text{ mA}$ $e_i = 25\text{ mV}$ , $I_B = 100\text{ mA}$		0.2 0.6	0.4 1.0		0.2 0.6	0.4 1.0	V
Output Fall Time			30			30		ns
Output Rise Time			150			150		ns

**Note 1:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

**Note 2:** The maximum junction temperature of the LM567 and LM567C is 150°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to ambient or 45°C/W, junction to case. For the DIP the device must be derated based on a thermal resistance of 110°C/W, junction to ambient. For the Small Outline package, the device must be derated based on a thermal resistance of 160°C/W, junction to ambient.

**Note 3:** Refer to RETS567X drawing for specifications of military LM567H version.



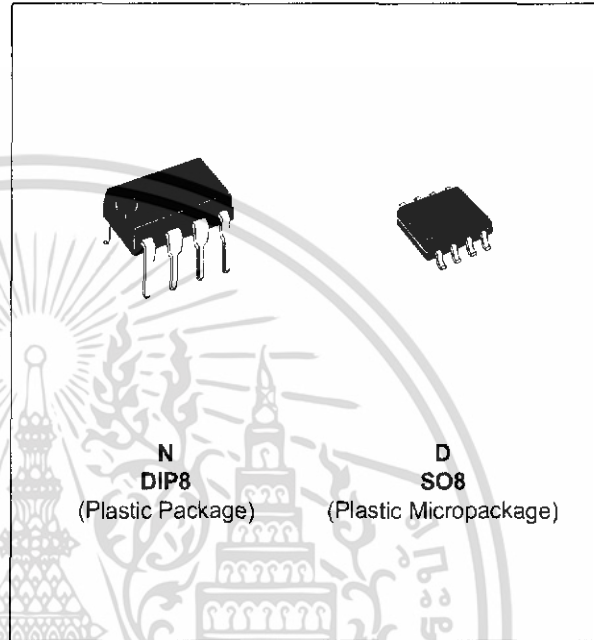
# NE555 SA555 - SE555

## GENERAL PURPOSE SINGLE BIPOLAR TIMERS

- LOW TURN OFF TIME
- MAXIMUM OPERATING FREQUENCY GREATER THAN 500kHz
- TIMING FROM MICROSECONDS TO HOURS
- OPERATES IN BOTH ASTABLE AND MONOSTABLE MODES
- HIGH OUTPUT CURRENT CAN SOURCE OR SINK 200mA
- ADJUSTABLE DUTY CYCLE
- TTL COMPATIBLE
- TEMPERATURE STABILITY OF 0.005% PER°C

### DESCRIPTION

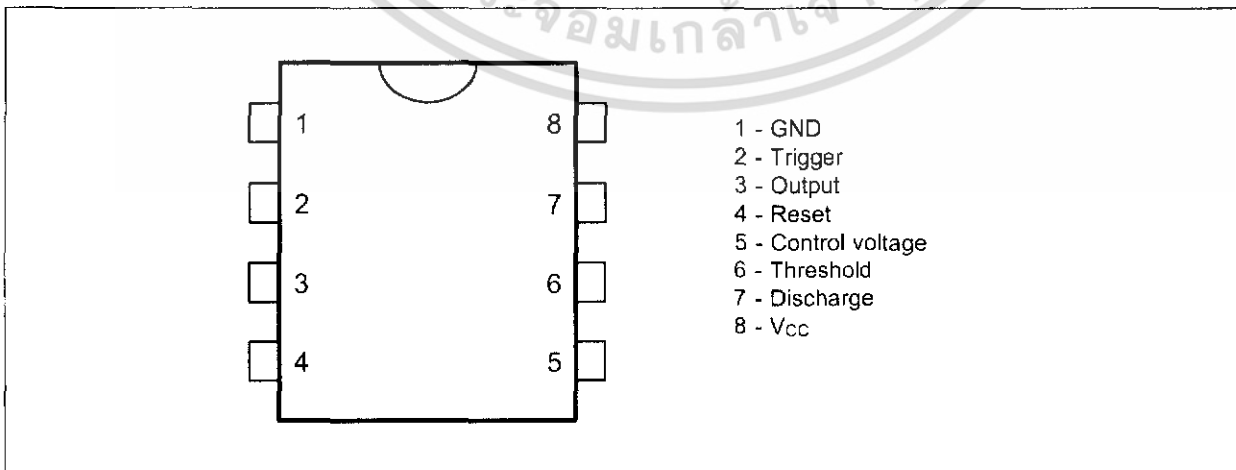
The NE555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency 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. The NE555 is available in plastic and ceramic minidip package and in a 8-lead micropackage and in metal can package version.



### ORDER CODES

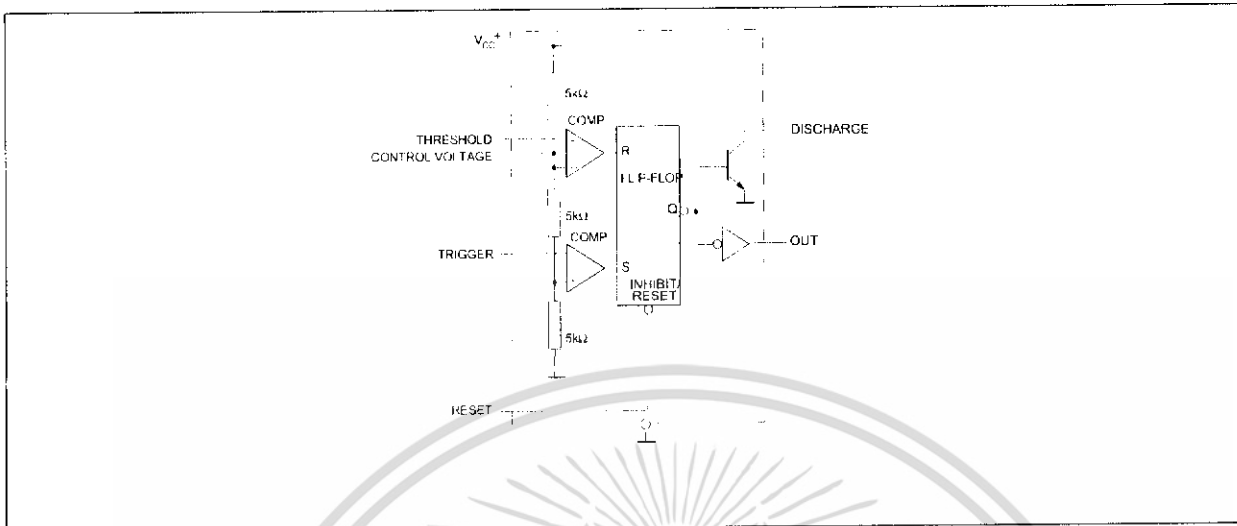
Part Number	Temperature Range	Package	
		N	D
NE555	0°C, 70°C	•	•
SA555	-40°C, 105°C	•	•
SE555	-55°C, 125°C	•	•

### PIN CONNECTIONS (top view)

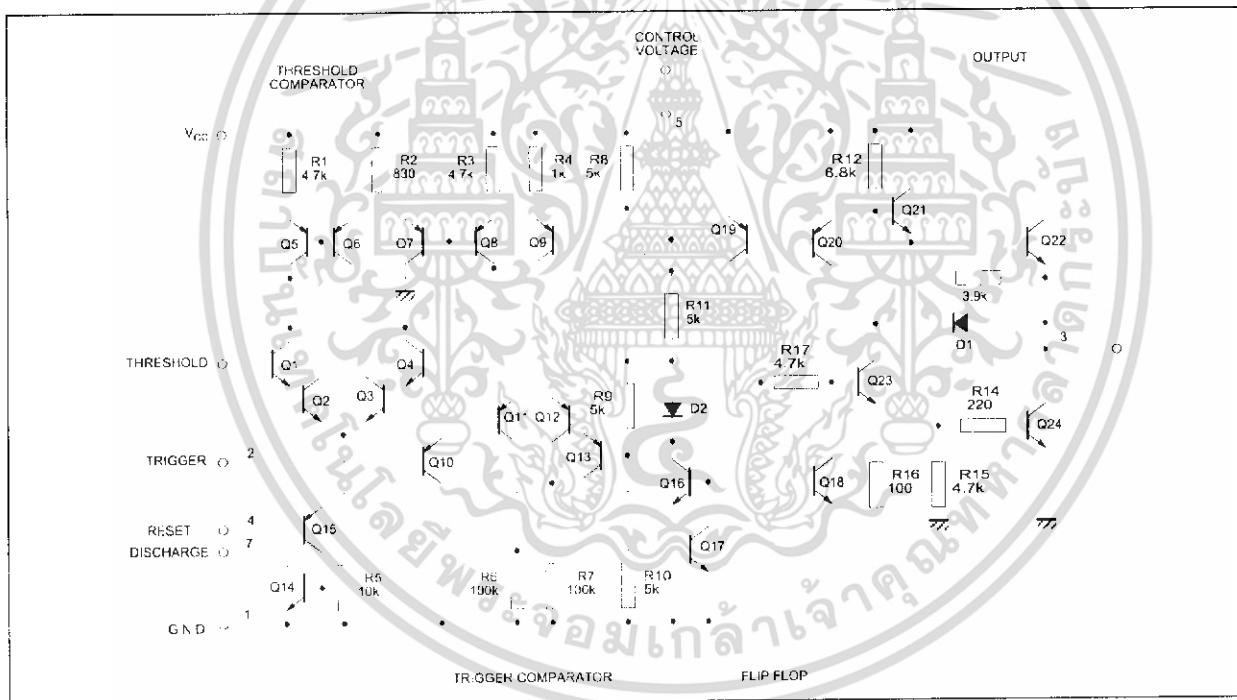


# NE555/SA555/SE555

## BLOCK DIAGRAM



## SCHEMATIC DIAGRAM



## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{cc}$	Supply Voltage	18	V
$T_{oper}$	Operating Free Air Temperature Range	0 to 70 -40 to 105 -55 to 125	°C
$T_j$	Junction Temperature	150	°C
$T_{stg}$	Storage Temperature Range	-65 to 150	°C

## OPERATING CONDITIONS

Symbol	Parameter	SE555	NE555 - SA555	Unit
$V_{CC}$	Supply Voltage	4.5 to 18	4.5 to 18	V
$V_{th}$ , $V_{trig}$ , $V_{cl}$ , $V_{reset}$	Maximum Input Voltage	$V_{CC}$	$V_{CC}$	V

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_{amb} = +25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = +5\text{V}$  to  $+15\text{V}$  (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	SE555			NE555 - SA555			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
$I_{CC}$	Supply Current ( $R_L = \infty$ ) (- note 1)							mA
	Low State $V_{CC} = +5\text{V}$		3	5		3	6	
	High State $V_{CC} = +15\text{V}$		10	12		10	15	
	High State $V_{CC} = 5\text{V}$		2			2		
$V_{CL}$	Timing Error (monostable) ( $R_A = 2\text{k}\Omega$ to $100\text{k}\Omega$ , $C = 0.1\mu\text{F}$ )		0.5	2		1	3	% ppm/ $^{\circ}\text{C}$ %/V
	Initial Accuracy - (note 2)		30	100		50		
	Drift with Temperature		0.05	0.2		0.1	0.5	
	Drift with Supply Voltage							
$V_{CL}$	Timing Error (astable) ( $R_A, R_B = 1\text{k}\Omega$ to $100\text{k}\Omega$ , $C = 0.1\mu\text{F}$ , $V_{CC} = +15\text{V}$ )		1.5			2.25		% ppm/ $^{\circ}\text{C}$ %/V
	Initial Accuracy - (note 2)		90			150		
	Drift with Temperature		0.15			0.3		
	Drift with Supply Voltage							
$V_{CL}$	Control Voltage level							V
	$V_{CC} = +15\text{V}$	9.6	10	10.4	9	10	11	
	$V_{CC} = +5\text{V}$	2.9	3.33	3.8	2.6	3.33	4	
$V_{th}$	Threshold Voltage							V
	$V_{CC} = +15\text{V}$	9.4	10	10.6	8.8	10	11.2	
	$V_{CC} = +5\text{V}$	2.7	3.33	4	2.4	3.33	4.2	
$I_{th}$	Threshold Current - (note 3)		0.1	0.25		0.1	0.25	$\mu\text{A}$
$V_{trig}$	Trigger Voltage							V
	$V_{CC} = +15\text{V}$	4.8	5	5.2	4.5	5	5.6	
	$V_{CC} = +5\text{V}$	1.45	1.67	1.9	1.1	1.67	2.2	
$I_{trig}$	Trigger Current ( $V_{trig} = 0\text{V}$ )		0.5	0.9		0.5	2.0	$\mu\text{A}$
$V_{reset}$	Reset Voltage - (note 4)	0.4	0.7	1	0.4	0.7	1	V
$I_{reset}$	Reset Current							mA
	$V_{reset} = +0.4\text{V}$		0.1	0.4		0.1	0.4	
	$V_{reset} = 0\text{V}$		0.4	1		0.4	1.5	
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage							V
	$V_{CC} = +15\text{V}$ , $I_{O(sink)} = 10\text{mA}$		0.1	0.15		0.1	0.25	
	$I_{O(sink)} = 50\text{mA}$		0.4	0.5		0.4	0.75	
	$I_{O(sink)} = 100\text{mA}$		2	2.2		2	2.5	
	$I_{O(sink)} = 200\text{mA}$		2.5			2.5		
	$V_{CC} = +5\text{V}$ , $I_{O(sink)} = 8\text{mA}$		0.1	0.25		0.3	0.4	
	$I_{O(sink)} = 5\text{mA}$		0.05	0.2		0.25	0.35	
$V_{OH}$	High Level Output Voltage							V
	$V_{CC} = +15\text{V}$ , $I_{O(source)} = 200\text{mA}$		13	12.5		12.5		
	$I_{O(source)} = 100\text{mA}$		13.3			13.3		
	$V_{CC} = +5\text{V}$ , $I_{O(source)} = 100\text{mA}$	3	3.3		2.75	3.3		

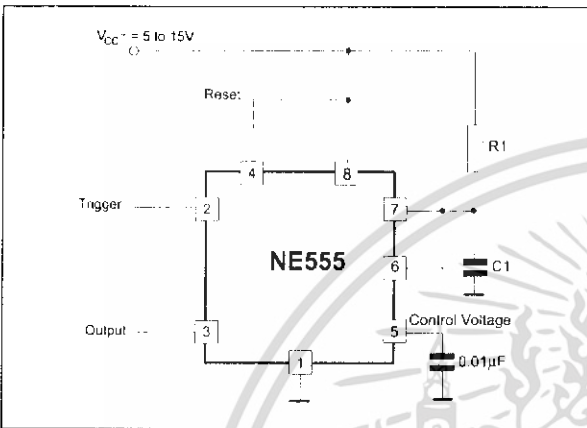
- Notes :**
1. Supply current when output is high is typically 1mA less.
  2. Tested at  $V_{CC} = +5\text{V}$  and  $V_{CC} = +15\text{V}$ .
  3. This will determine the maximum value of  $R_A + R_B$  for +15V operation the max total is  $R = 20\text{M}\Omega$  and for 5V operation the max total  $R = 3.5\text{M}\Omega$ .

**APPLICATION INFORMATION**

**MONOSTABLE OPERATION**

In the monostable mode, the timer functions as a one-shot. Referring to figure 10 the external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer.

**Figure 10**



The circuit triggers on a negative-going input signal when the level reaches  $1/3 V_{CC}$ . Once triggered, the circuit remains in this state until the set time has elapsed, even if it is triggered again during this interval. The duration of the output HIGH state is given by  $t = 1.1 R_1 C_1$  and is easily determined by figure 12.

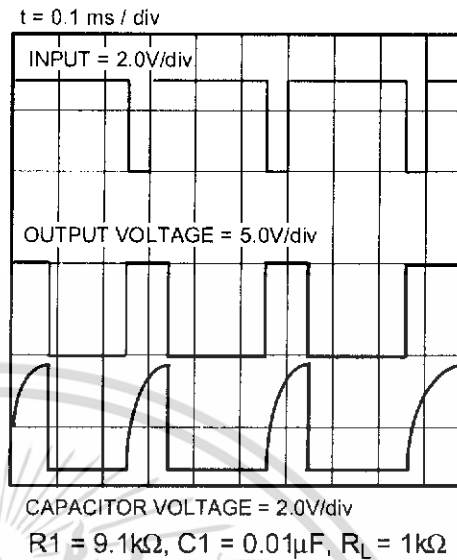
Notice that since the charge rate and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply. Applying a negative pulse simultaneously to the reset terminal (pin 4) and the trigger terminal (pin 2) during the timing cycle discharges the external capacitor and causes the cycle to start over. The timing cycle now starts on the positive edge of the reset pulse. During the time the reset pulse is applied, the output is driven to its LOW state.

When a negative trigger pulse is applied to pin 2, the flip-flop is set, releasing the short circuit across the external capacitor and driving the output HIGH. The voltage across the capacitor increases exponentially with the time constant  $\tau = R_1 C_1$ . When the voltage across the capacitor equals  $2/3 V_{CC}$ , the comparator resets the flip-flop which then discharge the capacitor rapidly and drives the output to its LOW state.

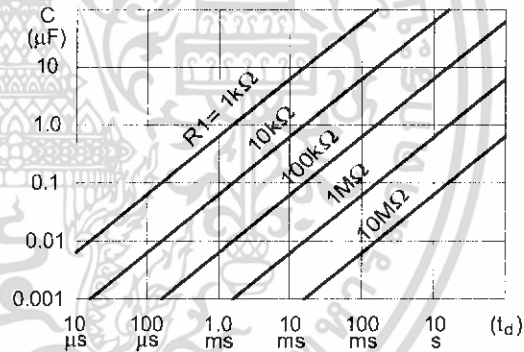
Figure 11 shows the actual waveforms generated in this mode of operation.

When Reset is not used, it should be tied high to avoid any possibly or false triggering.

**Figure 11**



**Figure 12**



**ASTABLE OPERATION**

When the circuit is connected as shown in figure 13 (pin 2 and 6 connected) it triggers itself and free runs as a multivibrator. The external capacitor charges through  $R_1$  and  $R_2$  and discharges through  $R_2$  only. Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

In the astable mode of operation,  $C_1$  charges and discharges between  $1/3 V_{CC}$  and  $2/3 V_{CC}$ . As in the triggered mode, the charge and discharge times and therefore frequency are independent of the supply voltage.



Figure 13

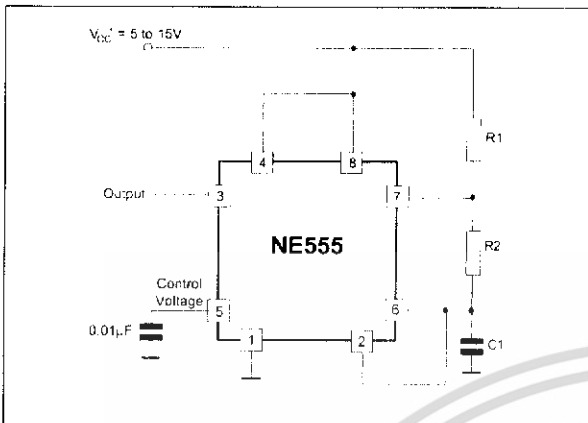


Figure 14 shows actual waveforms generated in this mode of operation.

The charge time (output HIGH) is given by :

$$t_1 = 0.693 (R_1 + R_2) C_1$$

and the discharge time (output LOW) by :

$$t_2 = 0.693 (R_2) C_1$$

Thus the total period T is given by :

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C_1$$

The frequency of oscillation is then :

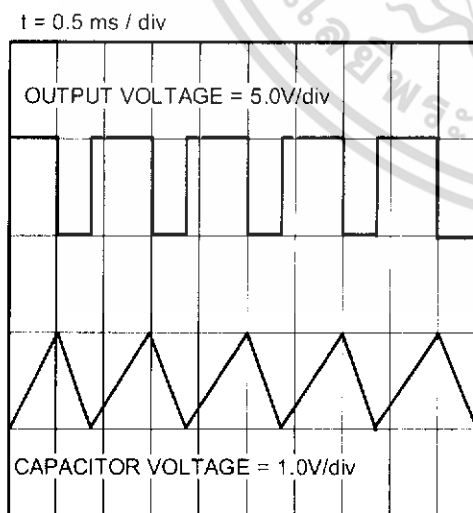
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2) C_1}$$

and may be easily found by figure 15.

The duty cycle is given by :

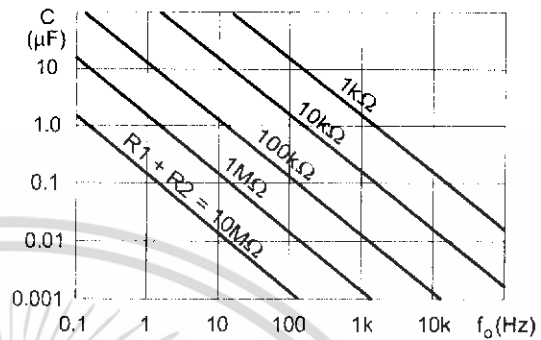
$$D = \frac{R_2}{R_1 + 2R_2}$$

Figure 14



$R_1 = R_2 = 4.8k\Omega, C_1 = 0.1\mu F, R_L = 1k\Omega$

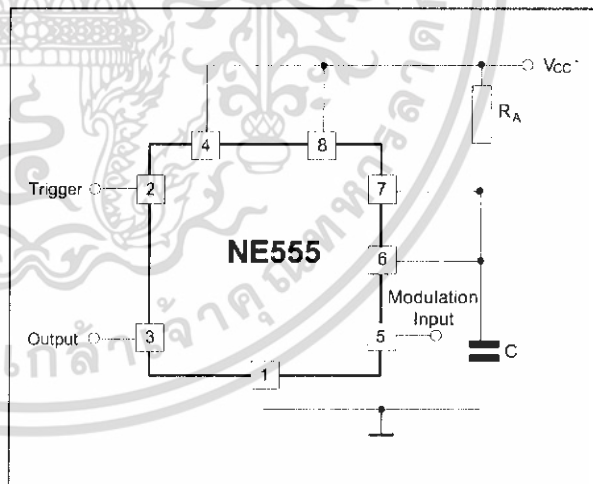
Figure 15 : Free Running Frequency versus  $R_1$ ,  $R_2$  and  $C_1$



### PULSE WIDTH MODULATOR

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 16 shows the circuit.

Figure 16 : Pulse Width Modulator.





# BTA/BTB06 Series

SNUBBERLESS™, LOGIC LEVEL & STANDARD

6A TRIACs

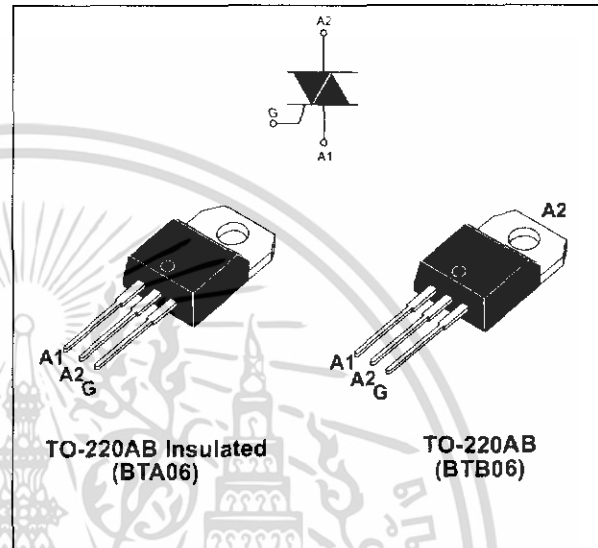
## MAIN FEATURES:

Symbol	Value	Unit
$I_{T(RMS)}$	6	A
$V_{DRM}/V_{RRM}$	600 and 800	V
$I_G(Q_1)$	5 to 50	mA

## DESCRIPTION

Suitable for AC switching operations, the BTA/BTB06 series can be used as an ON/OFF function in applications such as static relays, heating regulation, induction motor starting circuits... or for phase control in light dimmers, motor speed controllers,...

The snubberless and logic level versions (BTA/BTB...W) are specially recommended for use on inductive loads, thanks to their high commutation performances. By using an internal ceramic pad, the BTA series provides voltage insulated tab (rated at 2500V RMS) complying with UL standards (File ref.: E81734)



## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit	
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current (full sine wave)	TO-220AB $T_c = 110^\circ\text{C}$	6	A
		TO-220AB Ins. $T_c = 105^\circ\text{C}$		
$I_{TSM}$	Non repetitive surge peak on-state current (full cycle, $T_j$ initial = $25^\circ\text{C}$ )	F = 50 Hz t = 20 ms	60	A
		F = 60 Hz t = 16.7 ms	63	
$I^2t$	$I^2t$ Value for fusing	tp = 10 ms	21	$\text{A}^2\text{s}$
di/dt	Critical rate of rise of on-state current $I_G = 2 \times I_{GT}$ , tr ≤ 100 ns	F = 120 Hz $T_j = 125^\circ\text{C}$	50	A/ $\mu\text{s}$
$I_{GM}$	Peak gate current	tp = 20 $\mu\text{s}$ $T_j = 125^\circ\text{C}$	4	A
$P_{G(AV)}$	Average gate power dissipation	$T_j = 125^\circ\text{C}$	1	W
$T_{stg}$	Storage junction temperature range		- 40 to + 150	$^\circ\text{C}$
$T_j$	Operating junction temperature range		- 40 to + 125	

## BTA/BTB06 Series

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T<sub>j</sub> = 25°C, unless otherwise specified)

#### ■ SNUBBERLESS™ and LOGIC LEVEL (3 Quadrants)

Symbol	Test Conditions	Quadrant		BTA/BTB06				Unit
				TW	SW	CW	BW	
I <sub>GT</sub> (1)	V <sub>D</sub> = 12 V R <sub>L</sub> = 30 Ω	I - II - III	MAX.	5	10	35	50	mA
V <sub>GT</sub>		I - II - III	MAX.	1.3				V
V <sub>GD</sub>	V <sub>D</sub> = V <sub>DRM</sub> R <sub>L</sub> = 3.3 kΩ T <sub>j</sub> = 125°C	I - II - III	MIN.	0.2				V
I <sub>H</sub> (2)	I <sub>T</sub> = 100 mA		MAX.	10	15	35	50	mA
I <sub>L</sub>	I <sub>G</sub> = 1.2 I <sub>GT</sub>	I - III	MAX.	10	25	50	70	mA
		II		15	30	60	80	
dV/dt (2)	V <sub>D</sub> = 67 %V <sub>DRM</sub> gate open T <sub>j</sub> = 125°C		MIN.	20	40	400	1000	V/μs
(di/dt) <sub>c</sub> (2)	(dV/dt) <sub>c</sub> = 0.1 V/μs T <sub>j</sub> = 125°C		MIN.	2.7	3.5	-	-	A/ms
	(dV/dt) <sub>c</sub> = 10 V/μs T <sub>j</sub> = 125°C			1.2	2.4	-	-	
	Without snubber T <sub>j</sub> = 125°C			-	-	3.5	5.3	

#### ■ STANDARD (4 Quadrants)

Symbol	Test Conditions	Quadrant		BTA/BTB06		Unit
				C	B	
I <sub>G</sub> (1)	V <sub>D</sub> = 12 V R <sub>L</sub> = 30 Ω	I - II - III IV	MAX.	25 50	50 100	mA
V <sub>GT</sub>		ALL	MAX.	1.3		V
V <sub>GD</sub>	V <sub>D</sub> = V <sub>DRM</sub> R <sub>L</sub> = 3.3 kΩ T <sub>j</sub> = 125°C	ALL	MIN.	0.2		V
I <sub>H</sub> (2)	I <sub>T</sub> = 500 mA		MAX.	25	50	mA
I <sub>L</sub>	I <sub>G</sub> = 1.2 I <sub>GT</sub>	I - III - IV	MAX.	40	50	mA
		II		80	100	
dV/dt (2)	V <sub>D</sub> = 67 %V <sub>DRM</sub> gate open T <sub>j</sub> = 125°C		MIN.	200	400	V/μs
(dV/dt) <sub>c</sub> (2)	(di/dt) <sub>c</sub> = 2.7 A/ms T <sub>j</sub> = 125°C		MIN.	5	10	V/μs

### STATIC CHARACTERISTICS

Symbol	Test Conditions			Value	Unit
V <sub>T</sub> (2)	I <sub>TM</sub> = 5.5 A t <sub>p</sub> = 380 μs	T <sub>j</sub> = 25°C	MAX.	1.55	V
V <sub>io</sub> (2)	Threshold voltage	T <sub>j</sub> = 125°C	MAX.	0.85	V
R <sub>d</sub> (2)	Dynamic resistance	T <sub>j</sub> = 125°C	MAX.	60	mΩ
I <sub>DRM</sub> I <sub>RDM</sub>	V <sub>DRM</sub> = V <sub>RDM</sub>	T <sub>j</sub> = 25°C	MAX.	5	μA
		T <sub>j</sub> = 125°C		1	mA

Note 1: minimum I<sub>GT</sub> is guaranteed at 5% of I<sub>GT</sub> max.

Note 2: for both polarities of A2 referenced to A1

**THERMAL RESISTANCES**

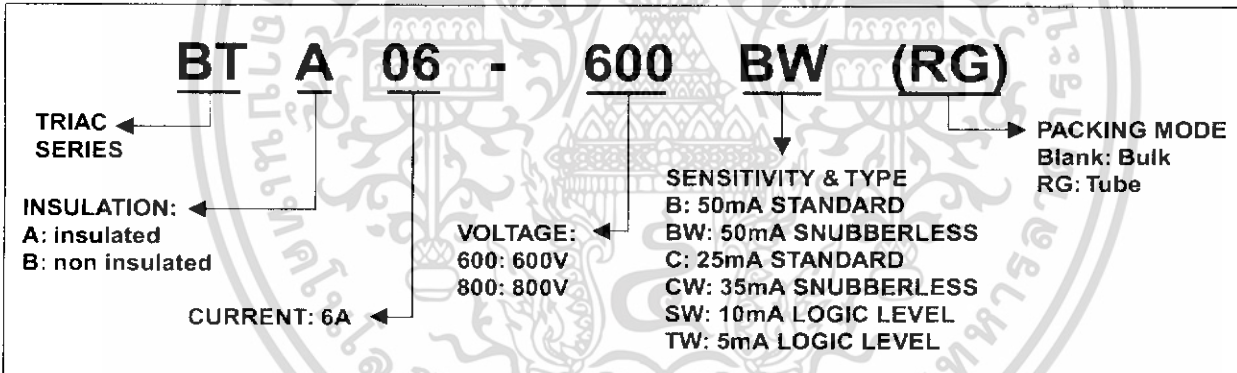
Symbol	Parameter	Value	Unit	
R <sub>th(j-c)</sub>	Junction to case (AC)	TO-220AB	1.8	°C/W
		TO-220AB Insulated	2.7	
R <sub>th(j-a)</sub>	Junction to ambient	TO-220AB	60	°C/W
		TO-220AB Insulated		

**PRODUCT SELECTOR**

Part Number	Voltage (xxx)		Sensitivity	Type	Package
	600 V	800 V			
BTA/BTB06-xxxB	X	X	50 mA	Standard	TO-220AB
BTA/BTB06-xxxBW	X	X	50 mA	Snubberless	TO-220AB
BTA/BTB06-xxxC	X	X	25 mA	Standard	TO-220AB
BTA/BTB06-xxxCW	X	X	35 mA	Snubberless	TO-220AB
BTA/BTB06-xxxSW	X	X	10 mA	Logic level	TO-220AB
BTA/BTB06-xxxTW	X	X	5 mA	Logic level	TO-220AB

BTB: non insulated TO-220AB package

**ORDERING INFORMATION**



**OTHER INFORMATION**

Part Number	Marking	Weight	Base quantity	Packing mode
BTA/BTB06-xxxzy	BTA/BTB06-xxxzy	2.3 g	250	Bulk
BTA/BTB06-xxxzyRG	BTA/BTB06-xxxzy	2.3 g	50	Tube

Note: xxx = voltage, y = sensitivity, z = type



# LM158/LM258/LM358/LM2904

## Low Power Dual Operational Amplifiers

### General Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional  $\pm 15V$  power supplies.

The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology.

### Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.
- The unity gain cross frequency is temperature compensated.
- The input bias current is also temperature compensated.

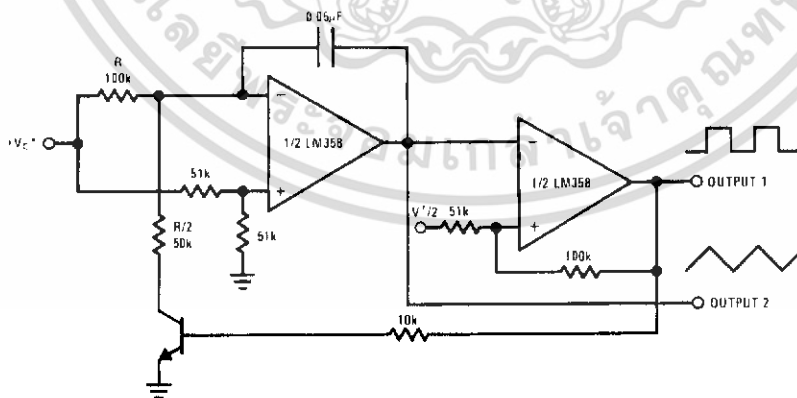
### Advantages

- Two internally compensated op amps
- Eliminates need for dual supplies
- Allows direct sensing near GND and  $V_{OUT}$  also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

### Features

- Available in 8-Bump micro SMD chip sized package, (See AN-1112)
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large dc voltage gain: 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
  - Single supply: 3V to 32V
  - or dual supplies:  $\pm 1.5V$  to  $\pm 16V$
- Very low supply current drain (500  $\mu A$ ) — essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage: 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing

### Voltage Controlled Oscillator (VCO)



00778723

## Absolute Maximum Ratings (Note 9)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/

Distributors for availability and specifications.

	LM158/LM258/LM358 LM158A/LM258A/LM358A	LM2904
Supply Voltage, V <sup>+</sup>	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Power Dissipation (Note 1)		
Molded DIP	830 mW	830 mW
Metal Can	550 mW	
Small Outline Package (M)	530 mW	530 mW
micro SMD	435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2) V <sup>+</sup> ≤ 15V and T <sub>A</sub> = 25°C	Continuous	Continuous
Input Current (V <sub>IN</sub> < -0.3V) (Note 3)	50 mA	50 mA
Operating Temperature Range		
LM358	0°C to +70°C	-40°C to +85°C
LM258	-25°C to +85°C	
LM158	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature, DIP (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Lead Temperature, Metal Can (Soldering, 10 seconds)	300°C	300°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 10)	250V	250V

## Electrical Characteristics

V<sup>+</sup> = +5.0V, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), T <sub>A</sub> = 25°C		1	2		2	3		2	5	mV
Input Bias Current	I <sub>IN(+)</sub> or I <sub>IN(-)</sub> , T <sub>A</sub> = 25°C, V <sub>CM</sub> = 0V, (Note 6)		20	50		45	100		45	150	nA
Input Offset Current	I <sub>IN(+)</sub> - I <sub>IN(-)</sub> , V <sub>CM</sub> = 0V, T <sub>A</sub> = 25°C		2	10		5	30		3	30	nA
Input Common-Mode Voltage Range	V <sup>+</sup> = 30V, (Note 7) (LM2904, V <sup>+</sup> = 26V), T <sub>A</sub> = 25°C		0	V <sup>+</sup> -1.5		0	V <sup>+</sup> -1.5		0	V <sup>+</sup> -1.5	V
Supply Current	Over Full Temperature Range R <sub>L</sub> = ∞ on All Op Amps V <sup>+</sup> = 30V (LM2904 V <sup>+</sup> = 26V) V <sup>+</sup> = 5V		1	2		1	2		1	2	mA
			0.5	1.2		0.5	1.2		0.5	1.2	mA