

หมวกเตือนภัย

Warning Cap



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

หมวกเตือนภัย

Warning Cap



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและข้อมูลอื่น ๆ ที่ปรากฏในเอกสารนี้ โดยผู้จัดทำเห็นว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อที่ พ.ศ. 2556 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมวกเตือนภัย

Warning Cap

โดย

นาย นฤตล สุ่มดี

นาย ปิยพัทธ์ สิริรักษาเกียรติ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.สุรเดช ตริไตรลักษณะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง


พ.ศ. 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนำไปใช้งานเพื่อการศึกษานำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และส่งต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2556  
สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง หมวกเตือนภัย (Warning Cap)  
ผู้จัดทำ นายนฤตล สุ่มดี รหัส 53010812 ชั้นปีที่ 4  
นายปิยพัทธ์ สรีรักษาเกียรติ รหัส 53010990 ชั้นปีที่ 4  
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สุรเดช ตริไตรลักษณะ



ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ..... 

(ดร.สุรเดช ตริไตรลักษณะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
อาจารย์ที่ปรึกษา

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หมวกเตือนภัย	
นักศึกษา	นายณฤตล สุ่มดี	รหัสนักศึกษา 53010812
	นายปิยพัทธ์ สรีรักษาเกียรติ	รหัสนักศึกษา 53010990
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2556	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณ์	

### บทคัดย่อ

หมวกเตือนภัยจะสามารถช่วยผู้พิการทางสายตาให้ประสบอุบัติเหตุในการชนกับสิ่งกีดขวางได้ลดลง หมวกนี้จะคอยตรวจจับสิ่งกีดขวางและส่งเสียงเตือนเมื่อมีสิ่งกีดขวางอยู่ข้างหน้า โดยเสียงที่เตือนนั้นจะมีหลายระดับ ซึ่งถ้าวัตถุอยู่ใกล้เสียงเตือนจะมีลักษณะที่เร็วแต่ถ้าวัตถุอยู่ไกลเสียงเตือนจะมีลักษณะที่ช้า วงจรที่เรานำมาใช้ในการทำหมวกเตือนภัย ได้แก่ วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ วงจรเปรียบเทียบ วงจร VCO และวงจรขยายเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Warning Cap	
Student	Mr. Narudon Sumdee	Student ID 53010812
	Mr. Piyapatl eeraksakiat	Student ID 53010990
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Year	2013	
Thesis Advisor	Dr. Suradej Tretriluxana	

## Abstract

Warning cap can help the blind to decrease accident. This cap detect object and alert voice. When object is near cap, it will alert frequent voice. If object is far cap, it alert infrequent voice. The composition of warning cap have pulse oscillator, ultrasonic sensor, comparator, VCO and audio amplifier.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่องหมวกเตือนภัย (Warning Cap) นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ดร. สุรเดช ศรีไตรลักษณ์ (อาจารย์ที่ปรึกษา) ที่สละเวลาอันมีค่าพร้อมทั้งแสดงข้อคิดเห็นและคำแนะนำดีๆที่มีประโยชน์ต่อการจัดทำโครงการ

อีกทั้งขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดจนคำแนะนำต่างๆที่ทำให้โครงการนี้สำเร็จได้ด้วยดีจึงกราบขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้



นายนฤตล สุ่มดี

นายปิยพัทธ์ สรีรักษาเกียรติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญตาราง .....	VI
สารบัญรูป .....	VII
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ .....	1
1.2 ลักษณะของโครงการ .....	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา .....	1
1.4 ขอบเขตของการวิจัย .....	1
1.5 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์ .....	2
บทที่ 2 องค์ประกอบและหลักการทำงานของหมวกเตือนภัย .....	3
2.1 อัลตราโซนิก .....	3
2.2 ไอซีเบอร์ 555 .....	7
2.3 วงจรเปรียบเทียบ .....	10
2.4 วงจรกรองความถี่ .....	11
2.5 วงจร Voltage Control Oscillator .....	12
2.6 Arduino .....	13
บทที่ 3 การออกแบบและการทำงานของวงจร .....	16
3.1 วงจรของหมวกเตือนภัยส่วนของ Analog .....	16
3.2 วงจรแต่ละส่วนและการคำนวณ .....	17
3.3 หลักการทำงานของวงจรส่วนของ Digital .....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง .....	23
4.1 การทดลองในส่วนของ Analog .....	23
4.2 ผลการทดลองในส่วนของ Analog .....	24
4.3 ตารางแสดงผลความถี่ในการเกิดเสียงของวงจร Digital .....	25
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง .....	26
5.1 สรุปผลการทดลอง .....	26
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง .....	26
เอกสารอ้างอิง .....	27
ภาคผนวก .....	28



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการ Nand gate .....	8
2.2 แสดงคุณสมบัติ Flip-Flop แบบ RS – F/F .....	9
4.2 แสดงผลการวัดสัญญาณขาที่ 4 ของวงจร VCO (CD4046) .....	23
4.3 แสดงผลความถี่ในการเกิดเสียงของวงจร Digital .....	25



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 บล็อกไดอะแกรมของหมวกเตือนภัย .....	1
2.1 สัญลักษณ์ของอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบต่างๆ .....	5
2.2 โครงสร้างไอซีเบอร์ 555 .....	8
2.3 แสดงวงจรอะสเตเบิล .....	9
2.4 แสดงภายในของวงจรเปรียบเทียบ .....	10
2.5 แสดงการเปรียบเทียบแรงดัน .....	11
2.6 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ .....	11
2.7 แสดงความถี่ขอบเขต (Cutoff Frequency) .....	12
2.8 แสดงการมอดูเลตทางความถี่ .....	13
2.9 แสดงส่วนประกอบต่างๆบน Arduino .....	14
3.1 แสดงวงจร NE555 Comparator Low pass filter และ VCO .....	16
3.2 แสดงวงจร Amplifier .....	16
3.3 แสดงวงจร Astable .....	17
3.4 แสดงวงจร Comparator และ Low pass filter .....	18
3.5 แสดงวงจร VCO .....	19
3.6 แสดงวงจร Amplifier .....	19
4.1 แสดงบริเวณที่วัดสัญญาณ .....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ผู้พิการทางสายตาไม่สามารถมองเห็นสิ่งต่างๆรอบตัวจึงทำให้เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง อุบัติเหตุที่ร้ายแรงคือบริเวณหัวซึ่งเป็นศูนย์รวมของระบบประสาท ดังนั้นพวกเราจึงคิดสร้างหมวกเตือนภัยเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุบริเวณหัวและลดอุบัติเหตุที่เกิดจากการชนสิ่งกีดขวาง

### 1.2 ลักษณะของโครงการ

หมวกเตือนภัยสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนภาคส่งมีหน้าที่ส่งสัญญาณที่มีความถี่ 40 kHz จากเซ็นเซอร์ โดยการป้อนสัญญาณจากวงจรอะอสเตเบิลให้แก่เซ็นเซอร์เพื่อใหทำงาน
2. ส่วนภาครับมีหน้าที่รับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ที่สะท้อนกลับมาเมื่อเจอสิ่งกีดขวาง ลักษณะของสัญญาณที่สะท้อนกลับมาจะมีลักษณะกลับเฟส
3. ส่วนประมวลผลมีหน้าที่รับสัญญาณจากภาครับแล้วนำมาประมวลผลและแสดงผลในลักษณะเสียง



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของหมวกเตือนภัย

### 1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการสร้าง และการออกแบบของหมวกเตือนภัย
2. เพื่อฝึกการวิเคราะห์วงจร และการแก้ปัญหาให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ
3. เพื่อฝึกการทำงานให้มีขั้นตอน และระเบียบแบบแผนเพื่อก่อให้เกิดทักษะ

### 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอาไว้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า หมวกเตือนภัยนี้จะใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกเพื่อตรวจสอบสิ่งกีดขวางข้างหน้า เมื่อเจอสิ่งกีดขวางข้างหน้าก็ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ จะมีสัญญาณเตือน เพื่อให้ผู้ใช้หมวกเตือนภัยนี้สามารถหลบสิ่งกีดขวางข้างหน้าได้

## 1.5 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์

ในโครงงานนี้ได้แสดงถึงรายละเอียดต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ รวมทั้งหมด 5 บท แต่ละบทกล่าวถึงดังต่อไปนี้

**บทที่ 1** เป็นบทนำของโครงงาน ได้กล่าวถึงลักษณะโดยรวมของโครงงาน วัตถุประสงค์ของโครงงาน ขอบเขตของโครงงาน ผลที่คาดว่าจะได้รับ และรายละเอียดของโครงงานโดยย่อ

**บทที่ 2** กล่าวถึงทฤษฎี และแนวความคิดที่ได้ศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำโครงงานพื้นฐานของหมวกเตือนภัยว่าต้องใช้อุปกรณ์ใดในการทำงาน มีระบบการทำงานเป็นอย่างไร เมื่อผ่านวงจรต่างๆ แล้วผลที่ได้รับจะเป็นอย่างไร

**บทที่ 3** กล่าวถึงการออกแบบวงจรของหมวกเตือนภัย

**บทที่ 4** แสดงถึงการทดลองและผลการทดลอง

**บทที่ 5** สรุปผล วิเคราะห์ผลการทดลอง อุปสรรค ปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### องค์ประกอบและหลักการทำงานของหมวกเตือนภัย

#### 2.1 อัลตราโซนิก

อัลตราโซนิก (Ultrasonic) หมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 KHz เท่านั้น แต่พวกที่อายุน้อยๆ อาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้วคำว่าอัลตราโซนิกจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป จะสูงขึ้นไปจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุจำกัดเอาไว้

สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอัลตราโซนิกมาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้เราสามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นออกมา) ของตัวกำเนิดเสียงความถี่นั้น เช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตรเศษ ๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียง โดยทั่วไปคลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่น แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตราโซนิก อย่างเช่น 40 KHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มม. เท่านั้นซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มาก คลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบๆ หรือที่เราเรียกว่า มีทิศทาง นั่นเอง

การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิก ทำให้เรานำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยส่งเกตระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น คลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 KHz เพราะที่ความถี่สูงขึ้นกว่านี้อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว

อุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานในรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานทางกลโดยการสั่นไปมา ซึ่งทำให้เกิดคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกกระจายไปในอากาศได้หรือแปลงพลังงานทางกลให้มาเป็นพลังงานในรูปอื่นได้นั้น มีชื่อเรียกว่า อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) ในปัจจุบันอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้ แบบที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric

Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง แบบแมกนีโตสตริกทีฟ (Magnetostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่ แบบอิเล็กโตรสตริกทีฟ (Electrostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานทางกล

### 2.1.1 ชนิดของเพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์ (Piezo-electric Transducer)

เพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. แบบ generation-action transducer ใช้เป็นตัวรับโดยแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะสามารถหาได้จากแรงดันและความถี่ที่มากระทำต่อวัตถุเพียโซอิเล็กทริก

2. แบบ motor - action transducer ใช้เป็นตัวส่งโดยการเปลี่ยนรูปร่างของวัสดุที่ทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิกนั้นกับขนาดแอมพลิจูดและความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้

### 2.1.2 ตัวส่งและตัวรับ

ทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริกที่ใช้สารเซรามิก จะมีอยู่ 2 อย่าง คือ ตัวส่ง (Transmitter) และตัวรับ (Receiver) ตัวส่ง ก็คืออัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ให้แก่วัสดุ ให้ออกมาเป็นคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิก หน้าที่ของตัวส่งจึงคล้ายๆกับเป็นลำโพง ตัวรับก็คืออัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกที่มาตกกระทบตัวมัน ให้ออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า หน้าที่ของตัวรับจึงคล้ายๆกับเป็นไมโครโฟน

### 2.1.3 การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวรับและตัวส่ง

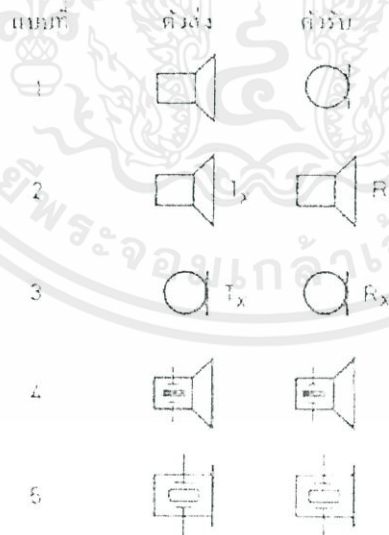
เมื่อเซรามิกได้รับสัญญาณแรงดันมาตกกระทบตัวมัน จะทำให้สารเซรามิกโก่งงอ ซึ่งจะทำให้เกิดการอัดอากาศโดยรอบ เกิดเป็นคลื่นเสียงขึ้นมา ดังนั้น ถ้าเราป้อนสัญญาณไฟฟ้าเป็นช่วงๆ (Electrically pulse) จากออสซิลเลเตอร์ โดยทั่วไปกำลังของเอาต์พุตที่ออกมาจะตกประมาณ 10% ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้ แต่กำลังเอาต์พุตจะมีค่าสูงสุดที่ค่าโดยประมาณก็ต่อเมื่อความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารเซรามิกนั้นๆ ส่วนที่ความถี่อื่น ๆ นั้นกำลังของเอาต์พุตจะมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ส่วนการทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวรับมีการทำงานตรงกันข้ามกับตัวส่ง กล่าวคือ เมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของชิ้นสารเซรามิกมากระทบ จะทำให้ชิ้นสารโก่งงอไปมา ทำให้สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นคร่อมขั้วทั้งสองของมันเองได้

คุณสมบัติโดยทั่วไปของคลื่นอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริกก็คือมีความต้านทานไฟตรงสูงมาก อาจมีค่าสูงถึง 100M เรียกว่า ถ้ามีลิตมิเตอร์ธรรมดาตั้งสเกลวัดค่าความต้านทานสูงๆ เข็มจะไม่กระดิกเลย แต่ในขณะที่มันทำงานค่าความต้านทานจะมีค่าลดลง

#### 2.1.4 สัญลักษณ์ของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ

เนื่องจากทรานสดิวเซอร์ตัวส่งถูกออกแบบให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ตัวมันออกมาเป็นคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิก หน้าที่ของมันจึงคล้ายลำโพง ส่วนตัวรับถูกออกแบบเจาะจงให้แปลงคลื่นเสียงในย่านความถี่อัลตราโซนิกที่มาตกกระทบตัวมันให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า หน้าที่ของตัวรับมันจึงคล้ายไมโครโฟนด้วยเหตุนี้เวลาเขียนสัญลักษณ์ของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์จึงนิยมเขียนตามหน้าที่ของมันคือถ้าเป็นตัวส่งก็เขียนสัญลักษณ์เป็นลำโพง ถ้าเป็นตัวรับก็เขียนสัญลักษณ์เป็นไมโครโฟนตามแบบที่ 1 ในรูปที่ 2 แต่ก็มีหนังสือบางเล่มเขียนสัญลักษณ์ของทั้งตัวส่งและตัวรับเป็นไมโครโฟนหรือลำโพงอย่างใดอย่างหนึ่งไปเลย ดังแบบที่ 2 และ 3 แต่เขียนอักษรย่อว่า Tx (Transmitter) , Rx (Receiver) กำกับอยู่ด้วย หรืออาจจะใช้คำพูดกำกับให้ชัดเจนไปเลย ที่มีการใช้สัญลักษณ์เหมือนกันก็เพราะว่าหน้าตาของตัวส่งและตัวรับที่ออกแบบมาให้ใช้งานคู่กันเหมือนกัน แต่มีเบอร์กำกับมาด้านข้างให้รู้ว่าตัวใดเป็นตัวส่งและตัวใดเป็นตัวรับ และคุณสมบัติของทั้งสองตัวนั้นคล้ายคลึงกันมากจนสามารถนำมาใช้งานแทนกันได้โดยตรงในการใช้งานหลายรูปแบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.1 สัญลักษณ์ของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบต่างๆ  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.5 ข้อควรรู้ในการใช้งานอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ

ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับนั้นพอสรุปเป็นแนวทางในการใช้งานได้ดังนี้

1. ไม่ควรให้ตัวทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระแทกหรือตกจากที่สูง เพื่อป้องกันโครงสร้างภายในมิให้เสียหายได้

2. ทรานสดิวเซอร์ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงสุดได้ไม่เกินกว่า  $20 V_{rms}$  ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับทรานสดิวเซอร์ก็ควรจะอยู่ในขีดจำกัดนี้

3. ความถี่เรโซแนนซ์(ความถี่ที่ตัวมันทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด)ของทรานสดิวเซอร์ 40 KHz ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะผิดพลาดไปไม่เกิน  $\pm 1$  KHz และมีแถบความถี่ (Bandwidth) ประมาณ 4.5 KHz สำหรับตัวส่ง และมีแถบความถี่ประมาณ 5 KHz สำหรับตัวรับ จะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าของตัวส่งอยู่เล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ออกมาจากทรานสดิวเซอร์ตัวส่งได้

4. อุณหภูมิใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ในช่วง  $-20^{\circ} C$  ถึง  $+60^{\circ} C$

5. ทั้งทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมากกล่าวคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30 องศา ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 dB ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับไปประมาณ 30 องศา ความไวหรือขนาดแรงดันที่ออกมาจะลดลงไปประมาณ 10 dB ด้วยเช่นกัน ดังนั้นในการใช้งานที่เป็นการควบคุมระยะไกลในที่โล่งแจ้งจึงควรพยายามให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งตรงเข้าหากันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามในกรณีที่อยู่ในห้องอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้เล็กน้อย เพราะคลื่นเสียงอัลตราโซนิคสามารถสะท้อนกับกำแพง พื้น และวัตถุที่อยู่ในห้อง ทำให้คลื่นเสียงเข้าไปหาตัวรับได้หลายทิศทาง

คลื่นอัลตราโซนิคที่ปล่อยออกมาจากตัวทรานสดิวเซอร์ในช่วงใกล้ๆกับตัวทรานสดิวเซอร์ (Near field) จะมีลักษณะบีมเหมือนทรงกระบอก แต่ในระยะที่ไกลออกไป (Far field) ลักษณะบีมจะกระจายกว้างออกไปด้วยมุมค่าหนึ่ง ซึ่งค่าของมุมที่กว้างออกและความยาวของ Near field จะแปรผันตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวทรานสดิวเซอร์ โดยความยาวของ Near field จะแปรผันตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ส่วนค่าของมุมที่กว้างออกจะแปรผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลาง

6. ในใช้งานตัวรับจะต้องมีตัวต้านทานต่อขนานกับตัวรับเพื่อทำหน้าที่เป็นโหลด ตามปกติแล้วตัวต้านทานตัวนี้ควรมีค่าอยู่ในช่วงจาก 10 k – 100 k จากการทดลองพบว่าถ้าเปลี่ยนโหลดจาก 100 k มาเป็น 10 k ความไวจะลดลงประมาณ 10 ถึง 20 dB แต่แถบความถี่จะกว้างขึ้น ถ้าใช้ค่าความต้านทานต่ำลงไป

อีก ความถี่เรโซแนนซ์ ( ความถี่กลาง ) จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ ถ้าการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมากควรใช้โพลต์ที่มีความต้านทานสูงหน่อย เพื่อให้ตัวส่งมีความไวสูงและมีแถบความถี่แคบ

7. ตามปกติแล้วเราสามารถนำเอาตัวส่งและรับมาใช้งานแทนกันได้ในการใช้งานส่วนใหญ่ และตัวส่งหรือตัวรับของยี่ห้อใด รุ่นใด ก็สามารถที่จะนำมาใช้แทนกันได้ ในงานส่วนใหญ่ขอเพียงแต่ให้มีความถี่เรโซแนนซ์เดียวกันเท่านั้นเอง อย่างไรก็ตามในบางกรณีอาจต้องเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานสมมูลทางด้านไฟสลับเพื่อให้ลักษณะผลตอบสนองทางความถี่สอดคล้องกับของเดิม

๕

## 2.2 ไอซีเบอร์ 555

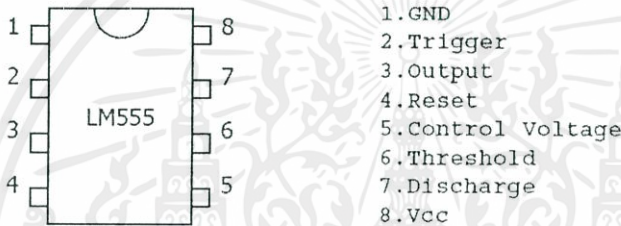
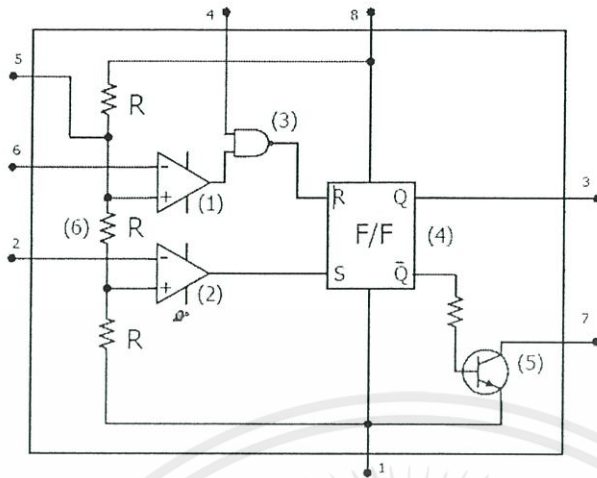
ไอซีเบอร์ 555 เป็นไอซี ที่นิยมใช้กันมากในการนำไปสร้างสัญญาณรูปคลื่นแบบต่างๆ เช่น สัญญาณ Square Wave สัญญาณพัลส์ สัญญาณ ramp และวงจรตั้งเวลา ไอซีเบอร์ 555 เป็นอุปกรณ์วงจรรวมที่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ อยู่ภายใน และมีส่วนที่ต้องต่อภายนอกเพื่อควบคุมการทำงานและใช้งานเป็นลักษณะต่างๆ ซึ่งง่ายต่อการออกแบบและง่ายในการสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ต่างๆ อีกทั้งสามารถเข้าใจการทำงานได้ง่าย

ไอซีเบอร์ 555 มีโหมดการทำงาน 3 โหมด ดังนี้

- 1) โมโนสเตเบิล (Monostable) ในโหมดนี้ การทำงานของไอซีเบอร์ 555 จะเป็นแบบยิงเกิ้ลช็อต (single-shot) หรือวันช็อต (one-shot) โดยการสร้างสัญญาณครั้งเดียว ประยุกต์การใช้งานสำหรับการนับเวลา การตรวจสอบพัลส์ สวิตช์สัมผัส ฯลฯ
- 2) อะสเตเบิล (Astable) ในโหมดนี้ การทำงานจะเป็นออสซิลเลเตอร์ การใช้งาน ได้แก่ ทำไฟกะพริบ, กำเนิดพัลส์, กำเนิดเสียง, เตือนภัย ฯลฯ
- 3) ไบสเตเบิล (Bistable) ในโหมดนี้ ไอซี 555 สามารถทำงานเป็นฟลิปฟล็อป (flip-flop) ถ้าไม่ต่อขา DIS และไม่ใช้คาปาซิเตอร์ ใช้เป็นสวิตช์ bouncefree latched switches เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างไอซีเบอร์ 555



รูปที่ 2.2 โครงสร้างไอซีเบอร์ 555

2.2.1 หน้าที่ส่วนต่างๆ ของไอซีเบอร์ 555

ขา 1 , 2 คือวงจร Comparator เป็นตัวที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณ input ทั้ง 2 ขา ถ้า คัดดาไฟฟ้าที่ชั่ววอกมากกว่าคักดาที่ชั่วลบ Output จะมีค่า Logic “1” เท่ากับ VCC ถ้าคักดาที่ชั่ววอกน้อยกว่าชั่วลบ Output จะมีค่า Logic “0” เท่ากับศูนย์โวลท์ ( 0. Volt.)

ขา 3 คือวงจร Nand gate มีคุณสมบัติว่า ถ้า input ทั้งสองขา เป็น Logic “1” Output จะมีค่าเป็น Logic “0” แต่ถ้า input ขาใดขาหนึ่งเป็น Logic “0” ก็จะทำให้ Output จะมีค่าเป็น Logic “1” ทันที

Input 1	Input 2	Output
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ตารางที่ 2.1 แสดงการ Nand gate

ขา 4 เป็นวงจร Flip-Flop แบบ RS – F/F มีคุณสมบัติดังนี้

R	S	Q	$\bar{Q}$
0	0	Q เดิม	$\bar{Q}$ เดิม
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	ไม่ใช่	ไม่ใช่

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติ Flip-Flop แบบ RS - F/F

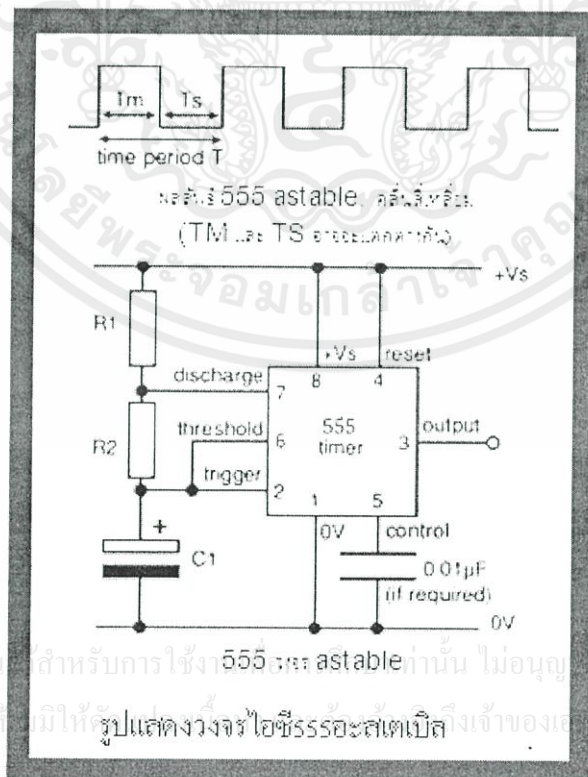
ขา 5 เป็นวงจร Transistor ที่ทำหน้าที่ Switching ถ้า  $\bar{Q}$  เป็น logic “1” Transistor จะทำงาน “ON” นั่นคือจะ Short วงจร ระหว่างขา 7 และ 1 ถ้า  $\bar{Q}$  เป็น logic “0” จะ Open ขา 7 และ 1 ของไอซีเบอร์ 555

ขา 6 เป็นตัวต้านทาน 3 ตัว ที่มีขนาดความต้านทานเท่ากันทั้ง 3 ตัว มีหน้าที่แบ่งแรงดัน VCC ออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆกัน ต่อกับ R แต่ละตัว มีค่าเท่ากับ  $VCC/3$  ค่า R นี้จะมีขนาดความต้านทานเป็น K โอห์ม

ขา 7 ต้องเชื่อมต่อกับคาปาซิเตอร์ตัวหนึ่ง ซึ่งเวลาคายประจุของมันจะมีผลต่อช่วงเวลาการนับ

ขา 8 เป็นแรงดันจ่ายไฟบวก ซึ่งต้องอยู่ในช่วง +5 ถึง +15 V

### 2.2.2 การใช้ไอซี 555 ในแบบอะอสเตเบิล



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรอะอสเตเบิล

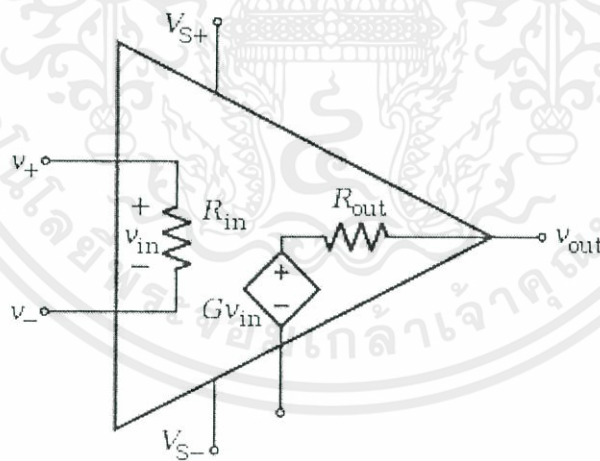
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งาน 555 timer astable เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดูและดาวน์โหลดฟรีที่เว็บไซต์ของเรานี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรรีบยบายได้ดังนี้

ขาทรริกเกอร์ 2 และขาเทรสโฮลต์ 6 ของ IC ถูกต่อร่วมกันและต่อร่วมกับตัวเก็บประจุ C1 และ R2 เพื่อรับแรงดันของตัว C1 ที่ประจุเก็บไว้ ตัว C1 จะประจุแรงดันผ่าน R1 และ R2 จนมีแรงดันตกคร่อมตัว C1 ถึงประมาณ  $2V_{CC}/3$  เป็นจุดกำหนดการทำงานของตัวเปรียบเทียบ 1 มีสัญญาณออกเอาต์พุตไปกระตุ้นฟลิปฟลอปในตัว IC ป้อนศักย์บวกให้ขา B ของ Q1 ในตัว IC ของตัว Q1 ทำงานให้ C1 เริ่มคายประจุผ่าน R2 ไปขา 7 ของ IC ผ่านลงกราวด์ที่ Q1 ภายในตัว IC จนเมื่อแรงดันตกคร่อมตัว C1 ลดลงประมาณ  $V_{CC}/3$  เป็นจุดกำหนดการทำงานของตัวเปรียบเทียบ 2 มีสัญญาณออกเอาต์พุตไปกระตุ้นฟลิปฟลอปในตัว IC ป้อนศักย์ลบให้ขา B ของ Q1 ตัว Q1 หยุดทำงานทำให้ตัว C1 หยุดคายประจุและเริ่มประจุแรงดันใหม่อีกครั้ง สภาวะการทำงานจะเป็นเช่นนี้สลับกันแรงดันตกคร่อมตัว C1 เปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่างแรงดัน  $V_{CC}/3$  ถึง  $2V_{CC}/3$  แรงดันสัญญาณส่งออกเอาต์ขา 3 เป็นคลื่นสี่เหลี่ยมมี 2 ช่วง คือช่วงแรงดันเป็นบวกและช่วงแรงดันเป็น 0V

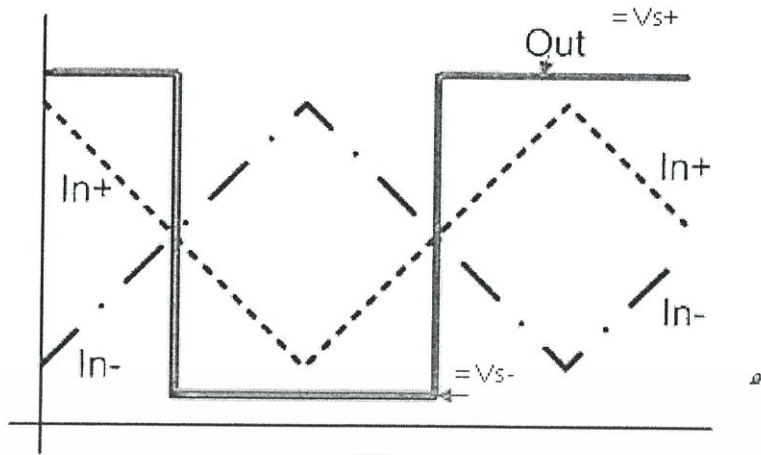
### 2.3 วงจรเปรียบเทียบ(Comparator)

Voltage comparator หรือ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณแรงดัน คือ วงจรที่ทำการเปรียบเทียบสัญญาณแรงดันระหว่างสัญญาณขาบวก(non-inverting)และลบ(inverting) ของ op-amp เพื่อที่จะเปรียบเทียบว่าขาไหนมีค่าที่มากกว่ากัน



รูปที่ 2.4 แสดงภายในของวงจรถือเปรียบเทียบ

โดยถ้าขา non-inverting (In+) มีค่ามากกว่าขา inverting (In-) ค่าแรงดัน output จะ saturate (อิ่มตัว) ไปในทิศทางบวก โดยค่าแรงดันไฟฟ้าที่อิ่มตัวนั้นจะมีค่าเท่ากับไฟเลี้ยง ( $V_{S+}$ ) ของ op\_ amp นั้นเอง และในทางกลับกันถ้าขา inverting (-) มีค่าแรงดันมากกว่าจะทำให้ค่าแรงดัน output จะ saturate ไปในทิศทางที่เท่ากับค่าไฟเลี้ยงลบ ( $V_{S-}$ ) นั้นเอง



รูปที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบแรงดัน

### 2.4 วงจรกรองความถี่ (Filter Circuit)

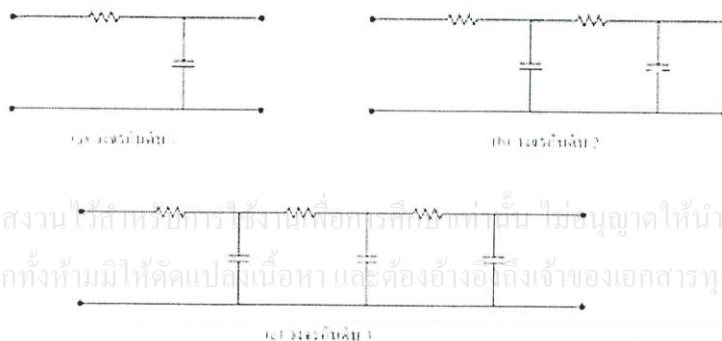
วงจรกรองความถี่หรือฟิลเตอร์ (Filter) คือวงจรไฟฟ้าที่ยอมให้สัญญาณไฟฟ้าที่ความถี่ใด ๆ ความถี่หนึ่งหรือช่วงความถี่ใดความถี่หนึ่งเท่านั้นผ่านไปได้ ส่วนความถี่อื่นหรือช่วงความถี่อื่น ๆ นอกเหนือจากที่กำหนดจะถูกลดทอนไปซึ่งจะเป็นช่วงความถี่ใดนั้นจะขึ้นอยู่กับการออกแบบวงจร

วงจรกรองความถี่มีด้วยกัน 2 แบบ คือ

1. แบบ Passive คือวงจรที่ประกอบขึ้นด้วยอุปกรณ์แบบพาสซีฟ ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าเพื่อให้ทำงาน ซึ่งได้แก่ อุปกรณ์ประเภท ตัวต้านทาน (R) ตัวเก็บประจุ (C) และ ขดลวดเหนี่ยวนำ (L)
2. แบบ Active คือ วงจรที่ประกอบขึ้นด้วยอุปกรณ์ที่ต้องการไฟฟ้า เพื่อกระตุ้นการทำงานของตัวอุปกรณ์ ซึ่งได้แก่ อุปกรณ์ประเภท ทรานซิสเตอร์ หรือ ไอซี

#### 2.4.1 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low Pass Filter: LPF)

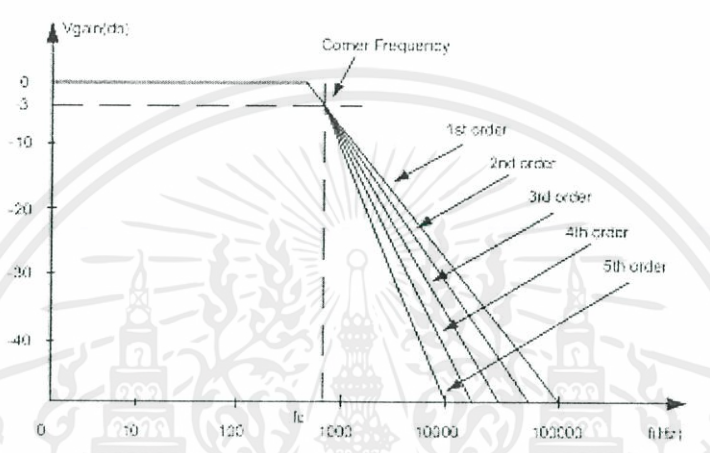
หมายถึง วงจรที่จะยอมให้สัญญาณความถี่ตั้งแต่ 0 Hz ถึงความถี่ที่กำหนดผ่านไปได้ ส่วนความถี่ตั้งแต่ที่กำหนดสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ จะลดทอนไปตามลำดับ ลักษณะของวงจรมีตั้งแต่อันดับหนึ่งขึ้นไป ดังรูป



รูปที่ 2.6 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางทฤษฎีวงจรกรองความถี่ต่ำจะยอมให้สัญญาณใดๆ ที่มีความถี่ตั้งแต่ 0 Hz จนถึงความถี่ที่กำหนดซึ่งเรียกว่า ความถี่คัทออฟ หรือ ความถี่ขอบเขต (Cutoff Frequency) ผ่านไปได้โดยไม่มีการลดทอนของสัญญาณ และถ้าความถี่ของสัญญาณเข้ามีค่าเกินที่กำหนดไว้ สัญญาณออกควรจะมีค่าเป็นศูนย์ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถจะทำเช่นนั้นได้ เนื่องจากการตอบสนองสัญญาณที่ความถี่ต่างๆ ของอุปกรณ์ประเภทพาสซีฟ จะเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไปไม่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ดังนั้นผลที่ได้จึงเป็นดังรูปที่ 2.7 คือเมื่อสัญญาณมีความถี่สูงขึ้นวงจรจะลดสัญญาณลงไปเรื่อยๆ จนกระทั่งจะลดลงในอัตราคงที่ค่าหนึ่ง



รูปที่ 2.7 แสดงความถี่ขอบเขต (Cutoff Frequency)

ขั้นตอนการคำนวณวงจรกรองความถี่ต่ำ

สิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นพิเศษสำหรับการออกแบบวงจรฟิลเตอร์ชนิดกรองความถี่ต่ำผ่านก็คือ ค่าความถี่คัทออฟ  $\omega_c$  ที่ต้องการใช้งาน ซึ่งความถี่คัทออฟหาได้จากสมการ

$$\omega_c = \frac{1}{RC} = 2\pi f_c$$

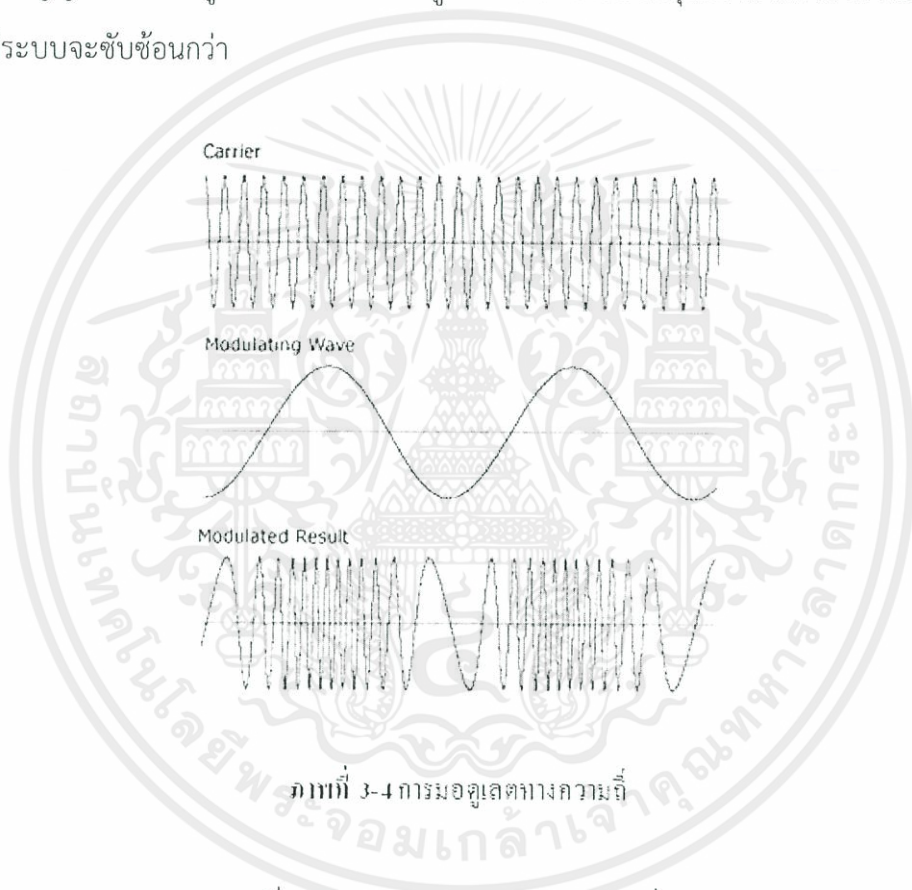
- โดยที่  $\omega_c$  มีหน่วยเป็น เรเดียนต่อวินาที (rad/s)
- $f_c$  มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ (Hz)
- R มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)
- C มีหน่วยเป็น ฟาร์ด (F)

2.5 วงจร Voltage Control Oscillator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ปกติจะทำงานร่วมในระบบ PLL (Phase Lock Loop) ซึ่งเป็นระบบที่ทำหน้าผลิตความถี่ที่มีความเที่ยงตรงและเปลี่ยนค่าความถี่ได้ตามต้องการ ส่วน VCO จะทำหน้าที่ผลิตคลื่นความถี่ โดยค่าคลื่นความถี่ที่ผลิตได้ จะเปลี่ยนแปลงตามแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนมาควบคุม โดย แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมความถี่จะมา

จากการเปรียบเทียบที่ต้องการกับฐานความถี่อ้างอิง เช่น ถ้าความถี่ที่ผลิตจาก VCO สูงเกินจากความถี่ที่ต้องการ ก็ถูกลดความถี่โดยปรับแรงดันไฟฟ้าควบคุมให้ลดลง หรือ ถ้าความถี่ที่ผลิตจาก VCO น้อยกว่าความถี่ที่ต้องการ ก็สูงเพิ่มความถี่โดยปรับแรงดันไฟฟ้าควบคุมให้สูงขึ้น และ เมื่อความถี่ที่ได้ตรงกับความถี่ที่ต้องการ แรงดันไฟฟ้าที่ควบคุมจะถูกล๊อคไว้ให้มีค่าคงที่ (โดยปกติจะมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนควบคุมมีค่าน้อยมาก)

การมอดูเลตความถี่ (Frequency Modulation หรือ FM ) วิธีการนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงความถี่ของคลื่นพาห์ตามสัญญาณของข้อมูลที่เข้ามา การมอดูเลตแบบความถี่ให้คุณภาพที่ดีกว่าการมอดูเลตแบบแอมพลิจูดแต่ระบบจะซับซ้อนกว่า



ภาพที่ 3-4 การมอดูเลตทางความถี่

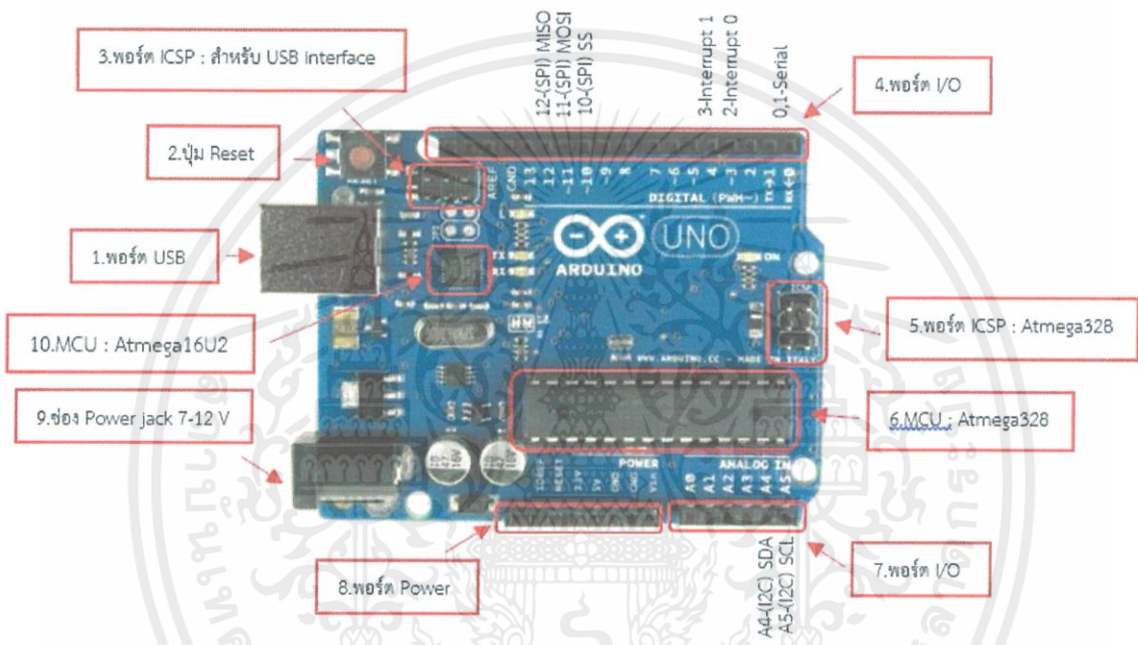
รูปที่ 2.8 แสดงการมอดูเลตทางความถี่

## 2.6 Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ดถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย สามารถเรียกใช้หรือเพิ่มไลบรารีต่างๆ เพื่อสะดวกใช้งานตามจุดประสงค์ที่เราต้องการ ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเสียบต่อกับบอร์ดเสริม (Shield) ประเภทต่างๆ เช่น XBee Shield, Music Shield, Relay Shield, Wireless Shield, GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบน Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย ซึ่งการเขียนโปรแกรมจะเสียบสาย USB เข้ากับตัวคอมพิวเตอร์กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino โดยใช้ไฟเลี้ยงจากสาย USB (+5V)

### ส่วนประกอบต่างๆบน Arduino



รูปที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบต่างๆบน Arduino

1. USB Port: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2. Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
4. I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin 0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin 3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 5. ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7. I/O Port: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5
8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND,  $V_{in}$
9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

#### จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

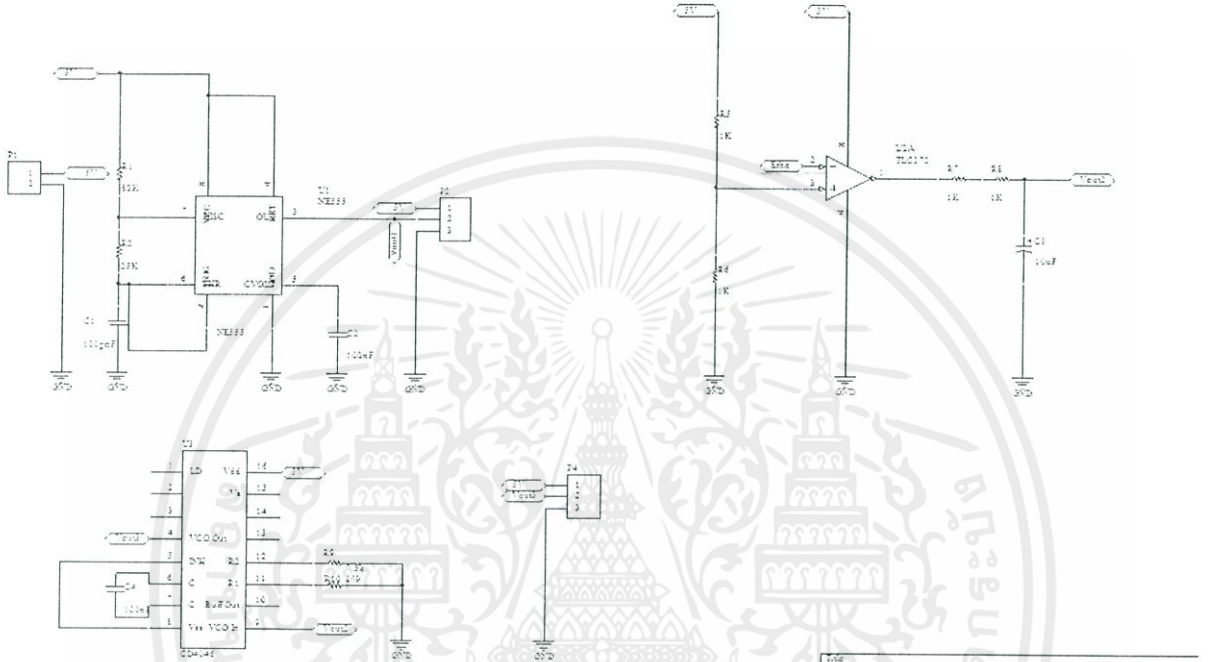
1. ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
2. มี Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแรง
3. Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
4. ราคาไม่แพง
5. Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

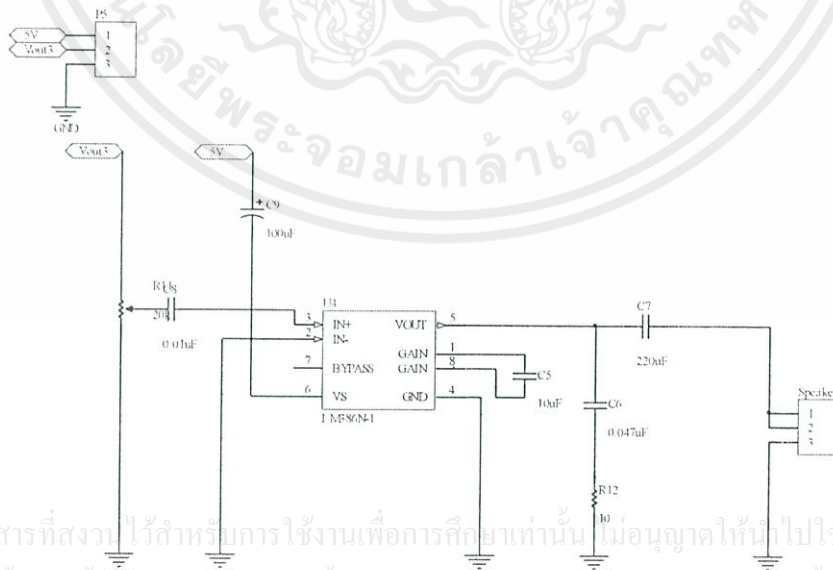
### บทที่ 3

#### การออกแบบและการทำงานของวงจร

##### 3.1 วงจรของหมวกเตือนภัยส่วนของ Analog



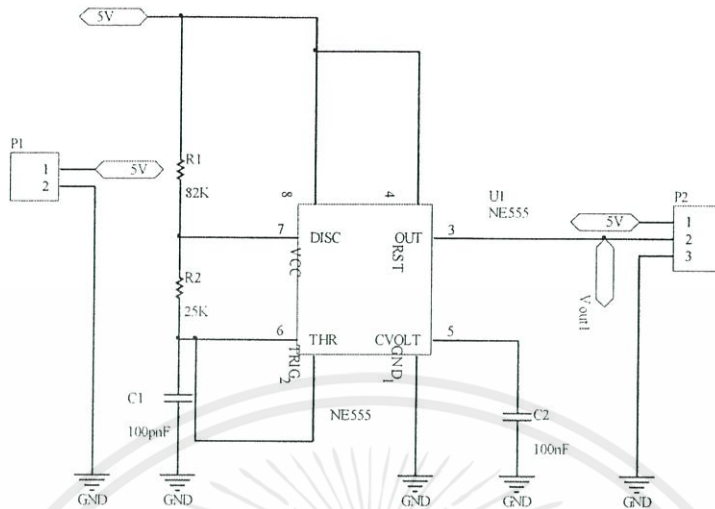
รูปที่ 3.1 แสดงวงจร NE555 Comparator Low pass filter และ VCO



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 แสดงวงจร Amplifier

### 3.2 วงจรแต่ละส่วนและการคำนวณ



รูปที่ 3.3 แสดงวงจร Astable

#### 3.2.1 คำนวณหาค่า $R_1$ $R_2$ $T_{low}$ และ $T_{high}$ ของวงจรอะสเตเบิล

$$F = 1.44 / (R_1 + 2R_2) C_1 \quad (1)$$

กำหนดให้  $F = 100\text{Hz}$  และ  $C_1 = 0.1\mu\text{F}$  จะได้

$$100 = 1.44 / (R_1 + 2R_2) \times 0.1\mu\text{F}$$

$$T_{low} / T_{high} = R_2 / R_1 + R_2 \quad (2)$$

กำหนดให้  $T_{low} = 20$  และ  $T_{high} = 80$  จะได้

$$20/80 = R_2 / R_1 + R_2$$

นำสมการที่ (2) แทนลงในสมการที่ (1) จะได้

เอกสารนี้เป็น  $R_1 = 82\text{ k}\Omega$  และ  $R_2 = 25\text{ k}\Omega$  ซึ่งงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หา  $T_{low}$  กับ  $T_{high}$  จาก

$$T_{low} = 0.7R_2C_1 \quad \text{----- (3)}$$

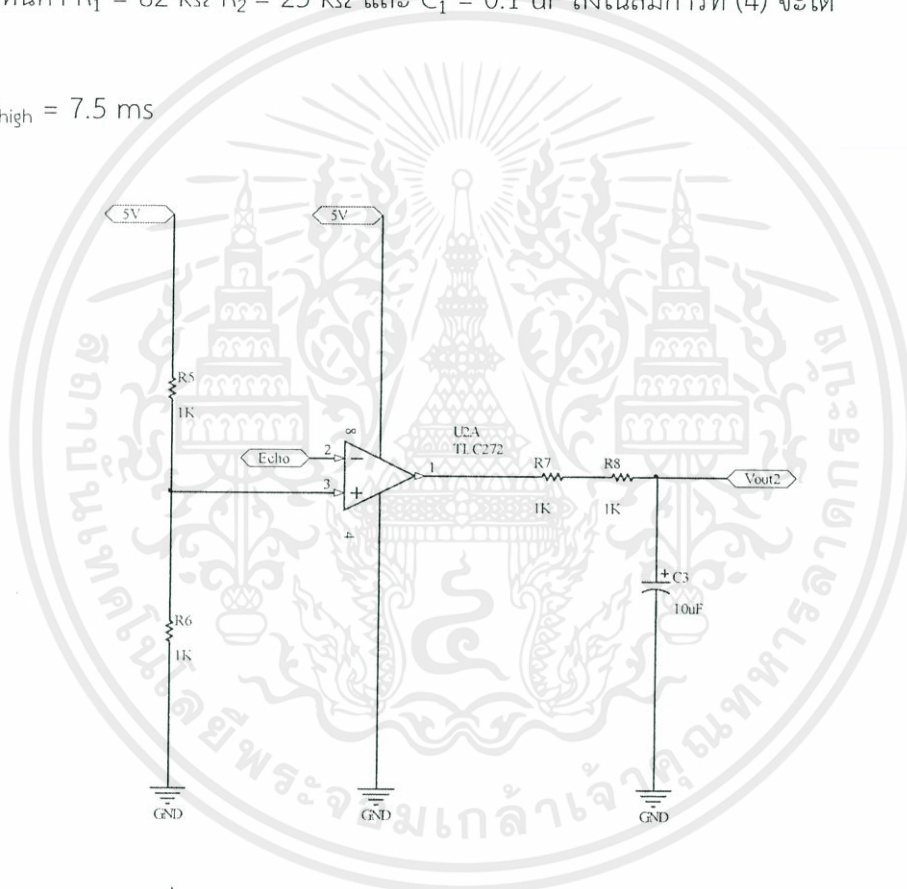
แทนค่า  $R_2 = 25 \text{ k}\Omega$  และ  $C_1 = 0.1 \mu\text{F}$  ลงในสมการที่ (3) จะได้

$$T_{low} = 1.5 \text{ms}$$

$$T_{high} = 0.7(R_1+R_2)C_1 \quad \text{----- (4)}$$

แทนค่า  $R_1 = 82 \text{ k}\Omega$   $R_2 = 25 \text{ k}\Omega$  และ  $C_1 = 0.1 \mu\text{F}$  ลงในสมการที่ (4) จะได้

$$T_{high} = 7.5 \text{ ms}$$



รูปที่ 3.4 แสดงวงจร Comparator และ Low pass filter

วงจร Comparator จะทำหน้าที่กลับเฟสจากสัญญาณเซ็นเซอร์และผ่าน Low pass filter เพื่อให้มีลักษณะคล้ายเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

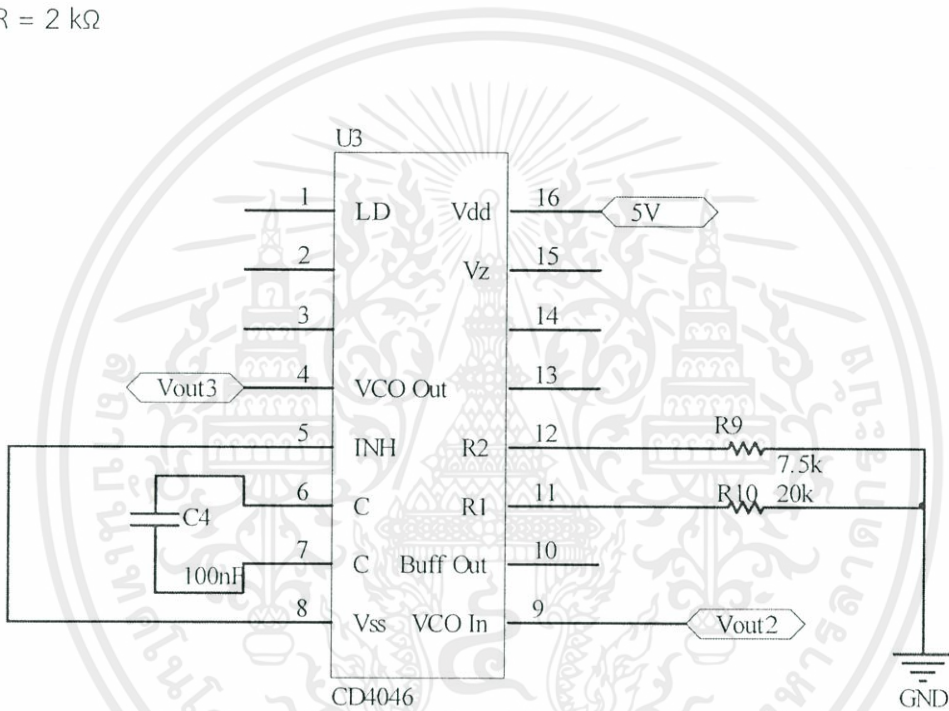
### 3.2.2 วงจร Comparator Low pass filter และการคำนวณค่า RC ของ Low pass filter

$$1/RC = 2\pi f \quad \text{----- (1)}$$

กำหนดค่าC=10uFและค่าf=8Hz นำค่าทั้งสองแทนลงสมการที่ (1)

$$R = 1/2\pi(8)(10\mu F)$$

$$R = 2 \text{ k}\Omega$$



รูปที่ 3.5 แสดงวงจร VCO

VCO จะรับสัญญาณจาก Low pass filter และมอดูเลตกับความถี่ที่เรากำหนดขึ้น

### 3.2.3 วงจร VCO และการคำนวณค่า R ของวงจร VCO

กำหนดช่วงความถี่ที่ต้องการ  $f_{min} = 500 \text{ Hz}$  ,  $f_{max} = 15 \text{ kHz}$

$$f_{min} = 1/[R_2(C_1+32pF)] \quad \text{----- (1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
กำหนดค่า  $f_{min} = 500 \text{ Hz}$  ,  $C_1 = 100 \text{ nF}$  และแทนค่าลงสมการ (1)  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งนี้ไป และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_2 = 1/[500(100nF+32pF)]$$

$$R_2 = 20 \text{ k}\Omega$$

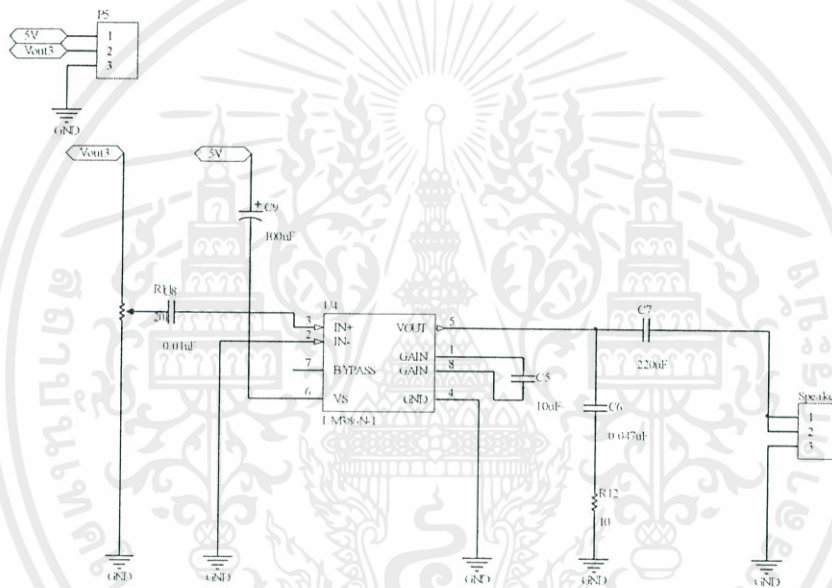
$$f_{\max} = 1/[R_1(C_1+32\text{pF})] + f_{\min} \quad \text{-----} \quad (2)$$

กำหนดค่า  $f_{\max} = 15 \text{ kHz}$  ,  $C_1 = 100 \text{ nF}$  ,  $f_{\min} = 500 \text{ Hz}$  และแทนค่าในสมการที่ (2)

$$R_1 = 1/[15\text{k}(100\text{nF}+32\text{pF})]+500$$

$$R_1 = 7.5 \text{ k}\Omega$$

### 3.2.4 วงจร Amplifier



รูปที่ 3.6 แสดงวงจร Amplifier

### 3.3) หลักการทำงานของวงจรส่วน Digital

#### 3.3.1 Code

```
int sing = 13;
```

กำหนดให้ขาที่ 13 เป็นขาสัญญาณ

```
int a;
```

กำหนดให้ a มีค่าเป็นจำนวนเต็ม

```
void setup() {
```

```
pinMode(2,OUTPUT); //ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการรีเซ็ตขาที่ 2 เป็น Vcc ยาวๆให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
```

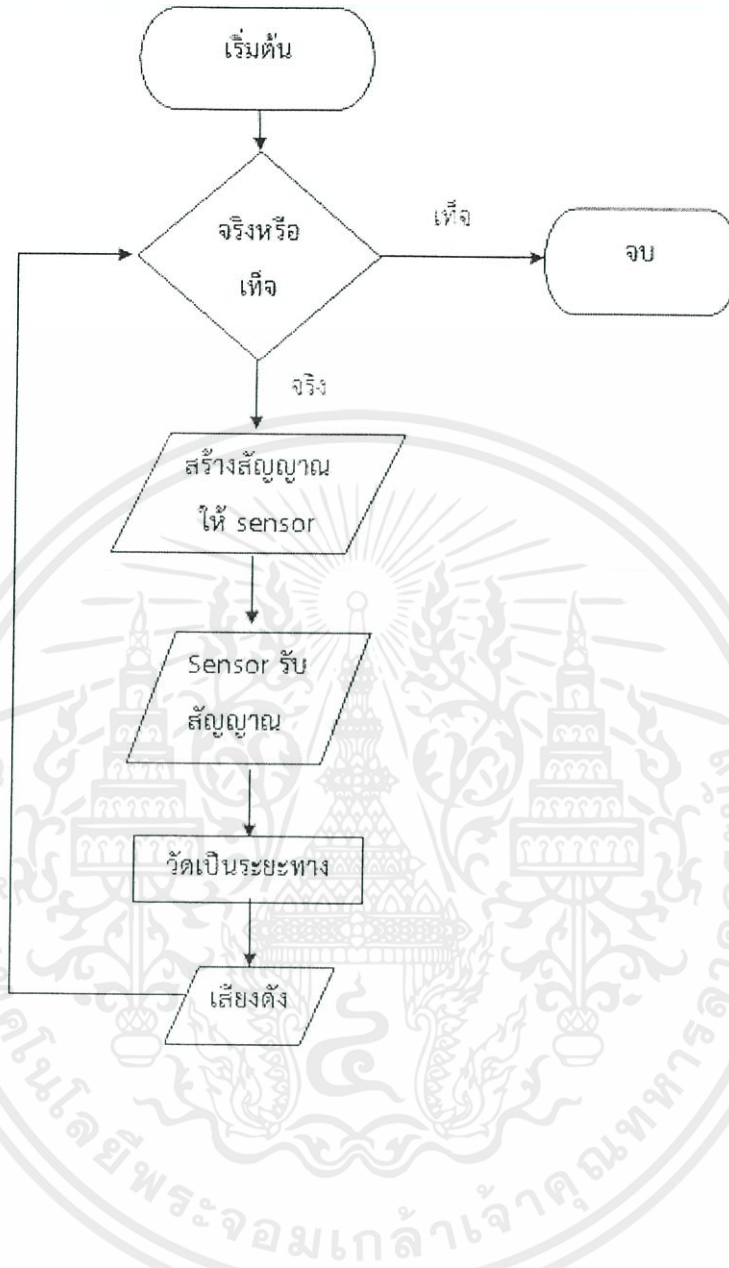
```
pinMode(6,OUTPUT); //ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตั้งขาที่ 6 เป็น GND ออกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
```

```
Serial.begin(9600);
```

<pre> } void loop() { digitalWrite(2, HIGH); long duration, cm; pinMode(3, OUTPUT); digitalWrite(3, LOW); delayMicroseconds(2); digitalWrite(3, HIGH); delayMicroseconds(5); digitalWrite(3, LOW); pinMode (4, INPUT); duration = pulseIn(4, HIGH); cm = microsecondsToCentimeters(duration); a = cm*3; tone(13,500,1000); delay(a); noTone(13); delay(a); } long microsecondsToCentimeters(long microseconds) { return microseconds / 58 ; } </pre>	<p>คำสั่งวนซ้ำ</p> <p>ให้ขา 2 มีแรงดันเท่ากับไฟเลี้ยง</p> <p>ให้ duration , cm เก็บค่าตัวแปร</p> <p>ให้ขา 3 ส่งสัญญาณให้ Sensor</p> <p>ให้ขา 3 มีแรงดันเท่ากับ 0</p> <p>ให้รอเวลา 2 ไมโครวินาที</p> <p>ให้ขา 3 มีแรงดันเท่ากับไฟเลี้ยง</p> <p>ให้รอเวลา 5 ไมโครวินาที</p> <p>ให้ขา 3 มีแรงดันเท่ากับ 0</p> <p>ให้ขา 4 รับสัญญาณจาก Sensor</p> <p>ให้จับระยะเวลาตอนที่ขา 4 มีแรงดันเท่ากับไฟเลี้ยง</p> <p>ให้เก็บค่าระยะทางหน่วยเซนติเมตรในตัวแปร cm</p> <p>ให้ a เก็บค่า cm คูณ 3</p> <p>ให้ขา 13 ส่งความถี่ 500 Hz</p> <p>ให้รอเวลา a ไมโครวินาที</p> <p>ให้ขา 13 ไม่ส่งสัญญาณ</p> <p>ให้รอเวลา a ไมโครวินาที</p> <p>} ฟังก์ชันย่อยที่แปลงคาบเวลาเป็น ระยะทางในหน่วยเซนติเมตร</p>
--	--

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3.2 Flow chart



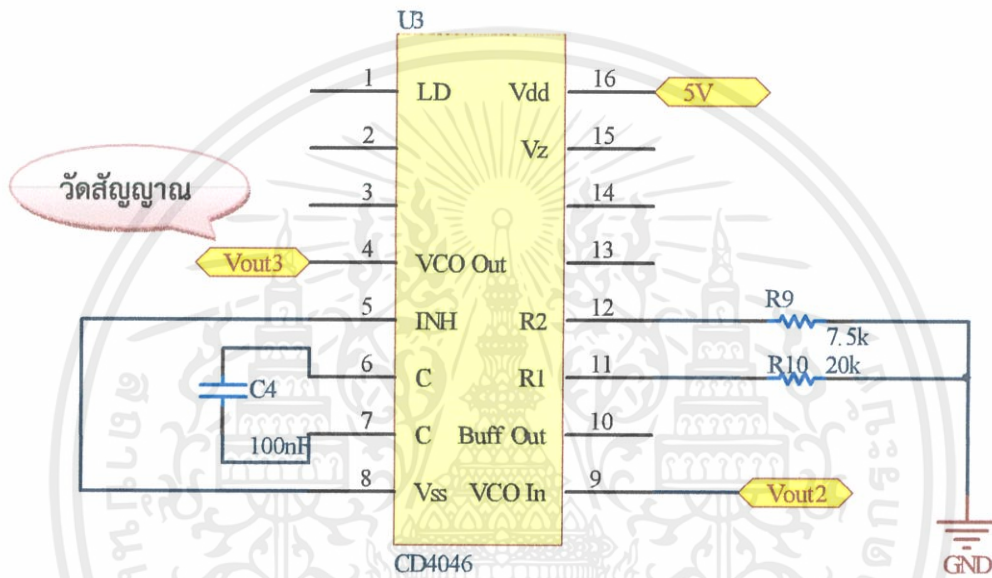
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 การทดลองในส่วนของ Analog

วัดสัญญาณที่ออกจากขาที่ 4 (Output) ของวงจรวจร VCO (CD4046) เพื่อแสดงให้เห็นว่าที่ระยะทางต่างกันสัญญาณจะมอดูเลชันกับความถี่ที่มีค่าแตกต่างกัน



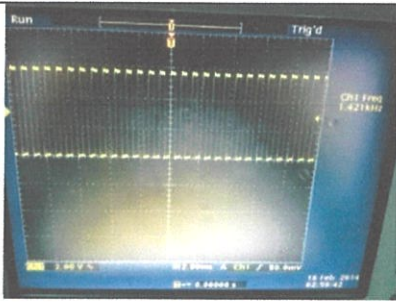
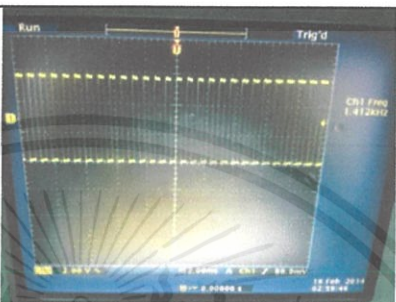

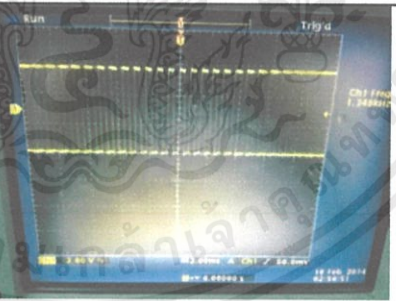
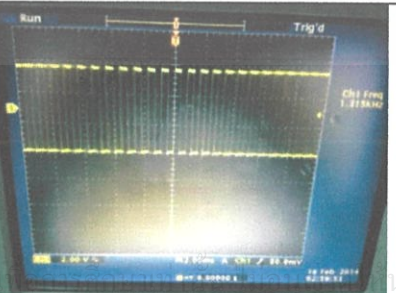
รูปที่ 4.1 แสดงบริเวณที่วัดสัญญาณ

#### 4.2 ผลการทดลองในส่วนของ Analog

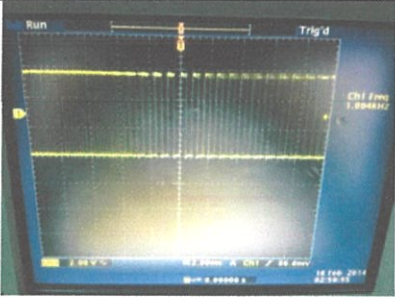
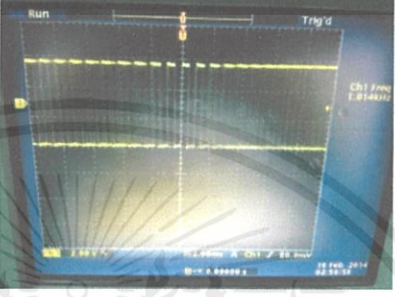
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการวัดสัญญาณขาที่ 4 ของวงจรวจร VCO (CD4046)

ระยะทาง(cm)	สัญญาณที่วัดได้
15	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาก่อนทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>30</p>	
<p>45</p>	
<p>60</p>	
<p>75</p>	
<p>90</p>	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไปว่ากรณีใดกรณีหนึ่งคือที่นั่นมันให้ข้อมูลแบบนั้นและต้องเข้าใจถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณำไปใช้

105	
120	

#### 4.3 ตารางแสดงผลความถี่ในการเกิดเสียงของวงจร Digital

ระยะทาง(เซนติเมตร)	ความถี่ในการเกิดเสียง(ครั้ง/วินาที)
30	8
60	6
90	4
120	2
150	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ในส่วนของวงจร Analog เมื่อสัญญาณที่ส่งออกจากอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ไปกระทบกับวัตถุที่เป็นสิ่งกีดขวาง สัญญาณจะสะท้อนกลับมาโดยมีลักษณะกลับเฟสกับสัญญาณที่ส่งไป จากนั้นเรานำสัญญาณที่ได้มาผ่านวงจร Comparator เพื่อกลับเฟสของสัญญาณแล้วผ่านวงจร low pass filter และวงจร VCO เพื่อให้สัญญาณที่เราต้องการมอดูเลชันกับค่าความถี่ที่เรากำหนดโดยที่ถ้าวัตถุอยู่ใกล้กับอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ สัญญาณที่ได้จะทำการมอดูเลตกับความถี่สูงแต่ถ้าวัตถุอยู่ไกลเซ็นเซอร์ สัญญาณจะมอดูเลตกับความถี่ต่ำสุดท้ายสัญญาณจะผ่านวงจร Amplifier ซึ่งสัญญาณที่มอดูเลตกับความถี่สูงลักษณะเสียงที่ออกมาจะเป็นเสียงแหลม แต่ถ้าสัญญาณที่มอดูเลตกับความถี่ต่ำลักษณะของเสียงที่ออกมาจะเป็นเสียงทุ้ม

ในส่วนของวงจร Digital เมื่อป้อนความถี่และไฟเลี้ยงให้กับอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์จะส่งความถี่ค่าหนึ่งออกไปกระทบกับวัตถุที่เป็นสิ่งกีดขวาง สัญญาณจะสะท้อนกลับมาแล้วนำสัญญาณนั้นมาประมวลผลโดย Arduino ว่าระยะทางที่อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์กับสิ่งกีดขวางอยู่ห่างกันเท่าไร จากนั้น Arduino จะส่งสัญญาณไปที่หูฟังและเกิดเป็นเสียงออกมา ซึ่งเสียงที่ออกมาจะมีความถี่ในการเกิดเสียงที่ต่างกัน คือ ถ้าวัตถุอยู่ใกล้ ความถี่ในการเกิดเสียงจะมาก แต่ถ้าวัตถุอยู่ไกล ความถี่ในการเกิดเสียงจะน้อย

#### 5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

1. เสียงที่ออกมาจากวงจร Amplifier อาจจะมีเสียงอื่นแทรกเข้ามาซึ่งเกิดจากสัญญาณรบกวน
2. การส่งสัญญาณอาจมีการล่าช้าเพราะระยะทางการส่งสัญญาณไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. อัลดร่าโซนิค. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก : [https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CDkQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.vcharkarn.com%2Fuploads%2F252%2F252273.doc&ei=uolvUonuNs3orQfr\\_oHYCA&usg=AFQjCNFCKFiYjsKk6KLJoZmS-\\_R-PrSNjA&bvm=bv.51773540,d.bmk](https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CDkQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.vcharkarn.com%2Fuploads%2F252%2F252273.doc&ei=uolvUonuNs3orQfr_oHYCA&usg=AFQjCNFCKFiYjsKk6KLJoZmS-_R-PrSNjA&bvm=bv.51773540,d.bmk) (วันที่ค้นข้อมูล: 4 ธันวาคม 2556)
2. Inverting Amplifier. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก : [http://www.electronics-tutorials.ws/opamp/opamp\\_2.html](http://www.electronics-tutorials.ws/opamp/opamp_2.html) (วันที่ค้นข้อมูล: 4 มกราคม 2557)
3. IC เบอร์ 555. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก : <http://dtv.mcot.net/data/manual/book1155178943.pdf> (วันที่ค้นข้อมูล: 7 มกราคม 2557)
4. วงจรพัลส์. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก : [https://wiki.stjohn.ac.th/groups/poly\\_power/wiki/276d7/](https://wiki.stjohn.ac.th/groups/poly_power/wiki/276d7/) (วันที่ค้นข้อมูล: 7 มกราคม 2557)
5. วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก : <http://www.kmitl.ac.th/~ktapinun/teaching/file/book7.pdf> (วันที่ค้นข้อมูล: 7 มกราคม 2557)
6. แนะนำ Arduino. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaieasyelec.com/basic-electronics/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1-Arduino-%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%881-%E0%B9%81%E0%B8%99%E0%B8%B0%E0%B8%99%E0%B8%B3%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B9%83%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD-Arduino.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## CMOS Micropower Phase-Locked Loop

■ CD4046B CMOS Micropower Phase-Locked Loop (PLL) consists of a low-power, linear voltage-controlled oscillator (VCO) and two different phase comparators having a common signal-input amplifier and a common comparator input. A 5.2-V zener diode is provided for supply regulation if necessary.

The CD4046B types are supplied in 16-lead hermetic dual-in-line ceramic packages (F3A suffix), 16-lead dual-in-line plastic packages (E suffix), 16-lead small-outline packages (NSR suffix), and 16-lead thin shrink small-outline packages (PW and PWR suffixes).

### VCO Section

The VCO requires one external capacitor C1 and one or two external resistors (R1 or R1 and R2). Resistor R1 and capacitor C1 determine the frequency range of the VCO and resistor R2 enables the VCO to have a frequency offset if required. The high input impedance ( $10^{12}\Omega$ ) of the VCO simplifies the design of low-pass filters by permitting the designer a wide choice of resistor-to-capacitor ratios. In order not to load the low-pass filter, a source-follower output of the VCO input voltage is provided at terminal 10 (DEMODULATED OUTPUT). If this terminal is used, a load resistor (R<sub>S</sub>) of 10 k $\Omega$  or more should be connected from this terminal to V<sub>SS</sub>. If unused this terminal should be left open. The VCO can be connected either directly or through frequency dividers to the comparator input of the phase comparators. A full CMOS logic swing is available at the output of the VCO and allows direct coupling to CMOS frequency dividers such as the RCA-CD4024, CD4018, CD4020, CD4022, CD4029, and CD4059. One or more CD4018 (Presettable Divide-by-N Counter) or CD4029 (Presettable Up/Down Counter), or CD4059A (Programmable Divide-by-N Counter), together with the CD4046B (Phase-Locked Loop) can be used to build a micropower low-frequency synthesizer. A logic 0 on the INHIBIT input "enables" the VCO and the source follower, while a logic 1 "turns off" both to minimize stand-by power consumption.

### MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

#### DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE, (V<sub>DD</sub>)

Voltages-referenced to V<sub>SS</sub> Terminal) ..... -0.5V to +20V

INPUT VOLTAGE RANGE, ALL INPUTS ..... -0.5V to V<sub>DD</sub> +0.5V

DC INPUT CURRENT, ANY ONE INPUT .....  $\pm 10\text{mA}$

#### POWER DISSIPATION PER PACKAGE (P<sub>D</sub>):

For T<sub>A</sub> = -55°C to +100°C ..... 500mW

For T<sub>A</sub> = +100°C to +125°C ..... Derate Linearly at 12mW/°C to 200mW

#### DEVICE DISSIPATION PER OUTPUT TRANSISTOR

FOR T<sub>A</sub> = FULL PACKAGE-TEMPERATURE RANGE (All Package Types) ..... 100mW

OPERATING-TEMPERATURE RANGE (T<sub>A</sub>) ..... -55°C to +125°C

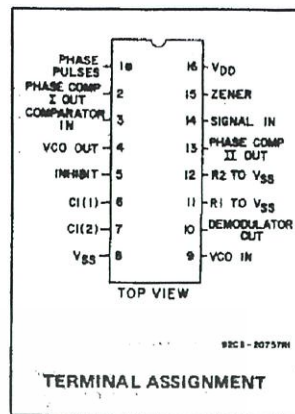
STORAGE TEMPERATURE RANGE (T<sub>stg</sub>) ..... -65°C to +150°C

#### LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):

At distance 1/16  $\pm$  1/32 inch (1.59  $\pm$  0.79mm) from case for 10s max ..... +265°C

### Features:

- Very low power consumption: 70  $\mu\text{W}$  (typ.) at VCO f<sub>o</sub> = 10 kHz, V<sub>DD</sub> = 5 V
- Operating frequency range up to 1.4 MHz (typ.) at V<sub>DD</sub> = 10 V, R<sub>I</sub> = 5 k $\Omega$
- Low frequency drift: 0.04%/°C (typ.) at V<sub>DD</sub> = 10 V
- Choice of two phase comparators: Exclusive-OR network (I) Edge-controlled memory network with phase-pulse output for lock indication (II)
- High VCO linearity: <1% (typ.) at V<sub>DD</sub> = 10 V
- VCO inhibit control for ON-OFF keying and ultra-low standby power consumption
- Source-follower output of VCO control input (Demod. output)
- Zener diode to assist supply regulation
- Standardized, symmetrical output characteristics
- 100% tested for quiescent current at 20 V
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings
- Meets all requirements of JEDEC Tentative Standard No. 13B, "Standard Specifications for Description of 'B' Series CMOS Devices"



### Applications:

- FM demodulator and modulator
- Frequency synthesis and multiplication
- Frequency discriminator
- Data synchronization
- Voltage-to-frequency conversion
- Tone decoding
- FSK - Modems
- Signal conditioning
- (See ICAN-6101) "RCA COS/MOS Phase-Locked Loop - A Versatile Building Block for Micropower Digital and Analog Applications"

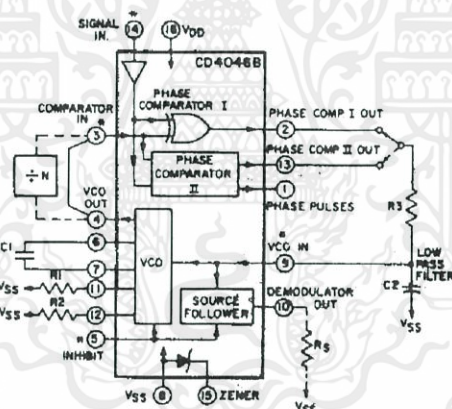
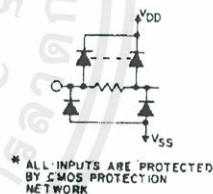


Fig. 1 - CMOS phase-locked loop block diagram.



\* ALL INPUTS ARE PROTECTED BY CMOS PROTECTION NETWORK

92C9-29172

### Phase Comparators

The phase-comparator signal input (terminal 14) can be direct-coupled provided the signal swing is within CMOS logic levels [logic "0"  $\leq 30\%$  (V<sub>DD</sub>-V<sub>SS</sub>), logic "1"  $\geq 70\%$  (V<sub>DD</sub>-V<sub>SS</sub>)]. For smaller swings the signal must be capacitively coupled to the self-biasing amplifier at the signal input.

Phase comparator I is an exclusive-OR network; it operates analogously to an over-driven balanced mixer. To maximize the lock range, the signal- and comparator-input frequencies must have a 50% duty cycle. With no signal or noise on the signal input, this phase comparator has an average output voltage equal to V<sub>DD</sub>/2. The low-pass filter connected to the output of phase comparator

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของ

# LM386

## Low Voltage Audio Power Amplifier

### General Description

The LM386 is a power amplifier designed for use in low voltage consumer applications. The gain is internally set to 20 to keep external part count low, but the addition of an external resistor and capacitor between pins 1 and 8 will increase the gain to any value from 20 to 200.

The inputs are ground referenced while the output automatically biases to one-half the supply voltage. The quiescent power drain is only 24 milliwatts when operating from a 6 volt supply, making the LM386 ideal for battery operation.

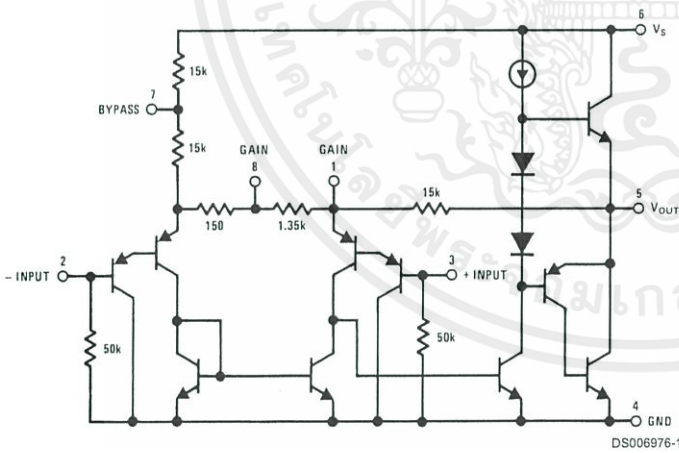
### Features

- Battery operation
- Minimum external parts
- Wide supply voltage range: 4V–12V or 5V–18V
- Low quiescent current drain: 4mA
- Voltage gains from 20 to 200
- Ground referenced input
- Self-centering output quiescent voltage
- Low distortion: 0.2% ( $A_V = 20$ ,  $V_S = 6V$ ,  $R_L = 8\Omega$ ,  $P_O = 125mW$ ,  $f = 1kHz$ )
- Available in 8 pin MSOP package

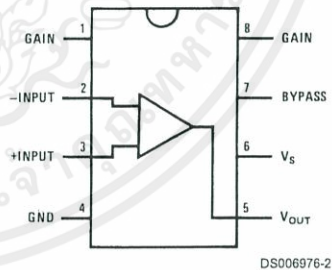
### Applications

- AM-FM radio amplifiers
- Portable tape player amplifiers
- Intercoms
- TV sound systems
- Line drivers
- Ultrasonic drivers
- Small servo drivers
- Power converters

### Equivalent Schematic and Connection Diagrams



Small Outline, Molded Mini Small Outline, and Dual-In-Line Packages



**Top View**  
 Order Number LM386M-1, LM386MM-1, LM386N-1, LM386N-3 or LM386N-4  
 See NS Package Number M08A, MUA08A or N08E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Absolute Maximum Ratings** (Note 2)

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

Supply Voltage (LM386N-1, -3, LM386M-1)	15V
Supply Voltage (LM386N-4)	22V
Package Dissipation (Note 3) (LM386N)	1.25W
(LM386M)	0.73W
(LM386MM-1)	0.595W
Input Voltage	±0.4V
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Operating Temperature	0°C to +70°C
Junction Temperature	+150°C
Soldering Information	

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 sec)	+260°C
Small Outline Package (SOIC and MSOP)	
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.

Thermal Resistance	
$\theta_{JC}$ (DIP)	37°C/W
$\theta_{JA}$ (DIP)	107°C/W
$\theta_{JC}$ (SO Package)	35°C/W
$\theta_{JA}$ (SO Package)	172°C/W
$\theta_{JA}$ (MSOP)	210°C/W
$\theta_{JC}$ (MSOP)	56°C/W

**Electrical Characteristics** (Notes 1, 2)

$T_A = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Supply Voltage ( $V_S$ ) LM386N-1, -3, LM386M-1, LM386MM-1 LM386N-4		4 5		12 18	V
Quiescent Current ( $I_Q$ )	$V_S = 6\text{V}, V_{IN} = 0$		4	8	mA
Output Power ( $P_{OUT}$ ) LM386N-1, LM386M-1, LM386MM-1 LM386N-3 LM386N-4	$V_S = 6\text{V}, R_L = 8\Omega, \text{THD} = 10\%$ $V_S = 9\text{V}, R_L = 8\Omega, \text{THD} = 10\%$ $V_S = 16\text{V}, R_L = 32\Omega, \text{THD} = 10\%$	250 500 700	325 700 1000		mW
Voltage Gain ( $A_V$ )	$V_S = 6\text{V}, f = 1\text{kHz}$ 10 $\mu\text{F}$ from Pin 1 to 8		26 46		dB
Bandwidth (BW)	$V_S = 6\text{V}, \text{Pins 1 and 8 Open}$		300		kHz
Total Harmonic Distortion (THD)	$V_S = 6\text{V}, R_L = 8\Omega, P_{OUT} = 125\text{mW}$ $f = 1\text{kHz}, \text{Pins 1 and 8 Open}$		0.2		%
Power Supply Rejection Ratio (PSRR)	$V_S = 6\text{V}, f = 1\text{kHz}, C_{BYPASS} = 10\mu\text{F}$ Pins 1 and 8 Open, Referred to Output		50		dB
Input Resistance ( $R_{IN}$ )			50		k $\Omega$
Input Bias Current ( $I_{BIAS}$ )	$V_S = 6\text{V}, \text{Pins 2 and 3 Open}$		250		nA

**Note 1:** All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.

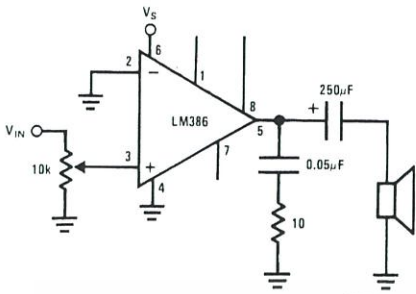
**Note 2:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular 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 3:** For operation in ambient temperatures above 25°C, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and 1) a thermal resistance of 107°C/W junction to ambient for the dual-in-line package and 2) a thermal resistance of 170°C/W for the small outline package.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

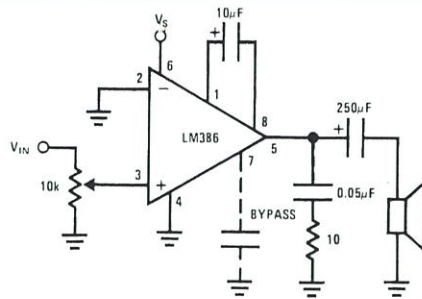
# Typical Applications

**Amplifier with Gain = 20  
Minimum Parts**



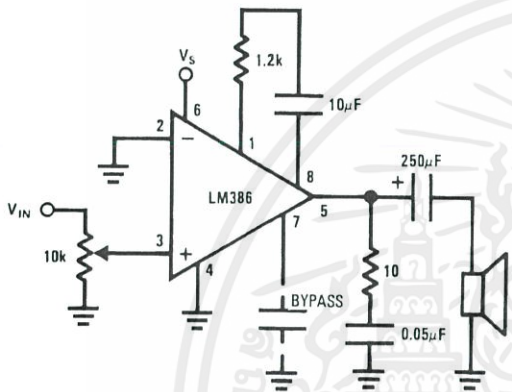
DS006976-3

**Amplifier with Gain = 200**



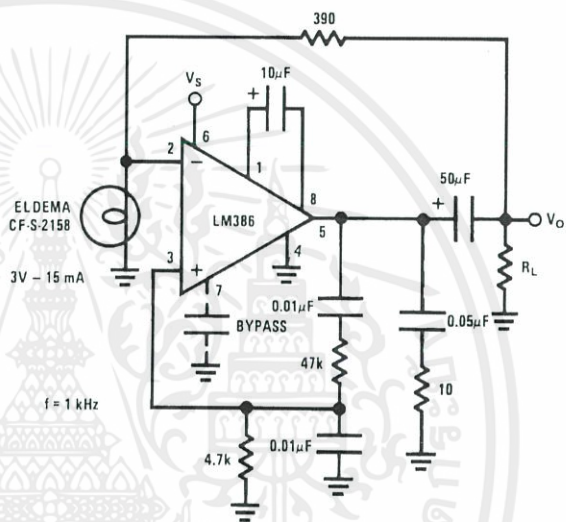
DS006976-4

**Amplifier with Gain = 50**



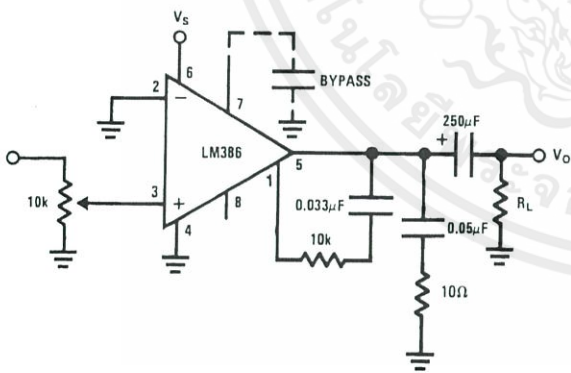
DS006976-6

**Low Distortion Power Wienbridge Oscillator**



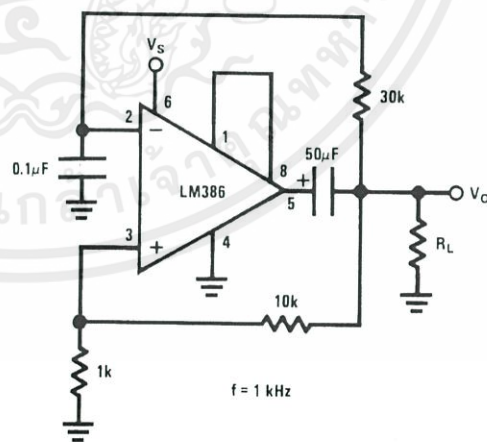
DS006976-7

**Amplifier with Bass Boost**



DS006976-8

**Square Wave Oscillator**



DS006976-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

### Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

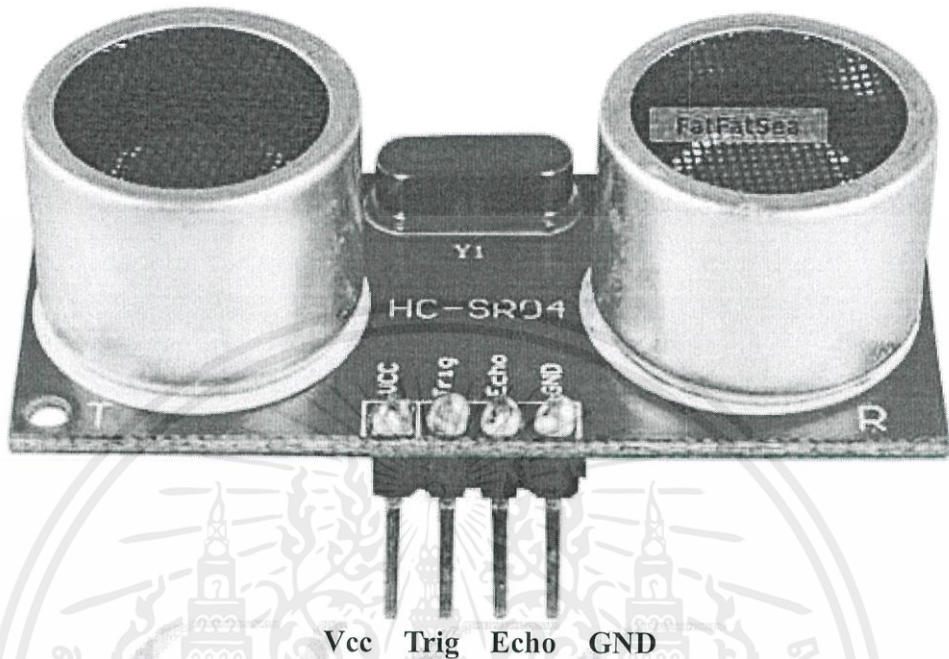
Test distance = (high level time×velocity of sound (340M/S) / 2,

### Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

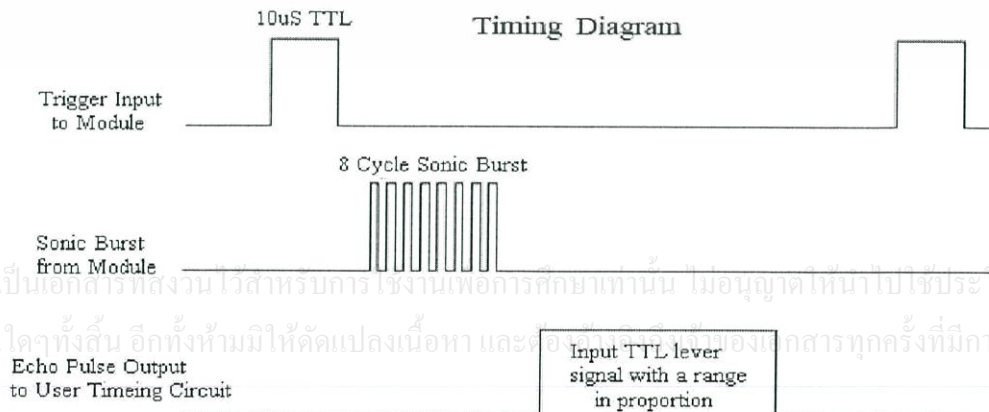
### Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm



## Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10uS pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion . You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula:  $\mu\text{S} / 58 = \text{centimeters}$  or  $\mu\text{S} / 148 = \text{inch}$ ; or: the range = high level time \* velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และขอสงวนลิขสิทธิ์ในเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

---

## Attention:

- The module is not suggested to connect directly to electric, if connected electric, the GND terminal should be connected the module first, otherwise, it will affect the normal work of the module.
- When tested objects, the range of area is not less than 0.5 square meters and the plane requests as smooth as possible, otherwise ,it will affect the results of measuring.

[www.ElecFreaks.com](http://www.ElecFreaks.com)



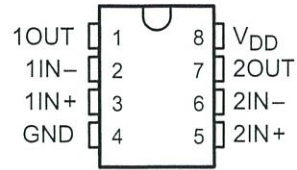
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLC272, TLC272A, TLC272B, TLC272Y, TLC277 LinCMOS™ PRECISION DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS

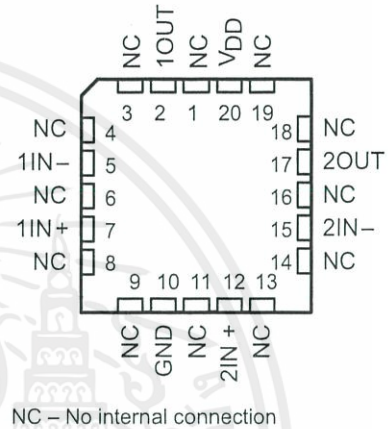
SLOS091E – OCTOBER 1987 – REVISED FEBRUARY 2002

- **Trimmed Offset Voltage:**  
TLC277 . . . 500  $\mu\text{V}$  Max at 25°C,  
 $V_{\text{DD}} = 5\text{ V}$
- **Input Offset Voltage Drift . . . Typically**  
0.1  $\mu\text{V}/\text{Month}$ , Including the First 30 Days
- **Wide Range of Supply Voltages Over**  
Specified Temperature Range:  
0°C to 70°C . . . 3 V to 16 V  
-40°C to 85°C . . . 4 V to 16 V  
-55°C to 125°C . . . 4 V to 16 V
- **Single-Supply Operation**
- **Common-Mode Input Voltage Range**  
Extends Below the Negative Rail (C-Suffix,  
I-Suffix types)
- **Low Noise . . . Typically 25 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$  at**  
 $f = 1\text{ kHz}$
- **Output Voltage Range Includes Negative**  
Rail
- **High Input impedance . . .  $10^{12}\ \Omega$  Typ**
- **ESD-Protection Circuitry**
- **Small-Outline Package Option Also**  
Available in Tape and Reel
- **Designed-In Latch-Up Immunity**

D, JG, P, OR PW PACKAGE  
(TOP VIEW)



FK PACKAGE  
(TOP VIEW)



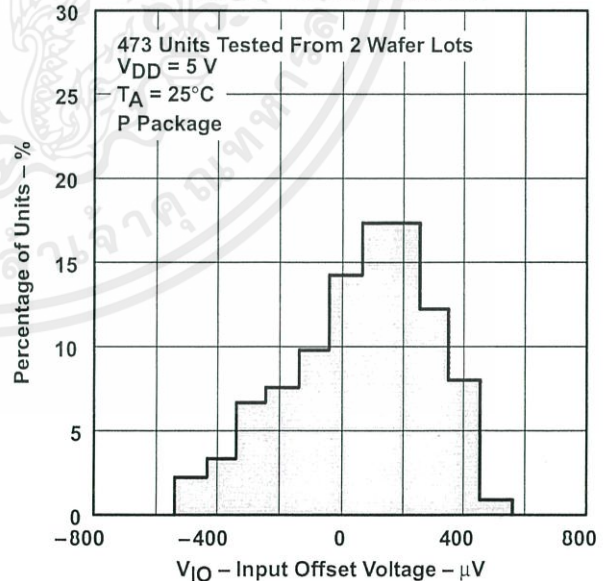
## description

The TLC272 and TLC277 precision dual operational amplifiers combine a wide range of input offset voltage grades with low offset voltage drift, high input impedance, low noise, and speeds approaching those of general-purpose BiFET devices.

These devices use Texas Instruments silicon-gate LinCMOS™ technology, which provides offset voltage stability far exceeding the stability available with conventional metal-gate processes.

The extremely high input impedance, low bias currents, and high slew rates make these cost-effective devices ideal for applications previously reserved for BiFET and NFET products. Four offset voltage grades are available (C-suffix and I-suffix types), ranging from the low-cost TLC272 (10 mV) to the high-precision TLC277 (500  $\mu\text{V}$ ). These advantages, in combination with good common-mode rejection and supply voltage rejection, make these devices a good choice for new state-of-the-art designs as well as for upgrading existing designs.

DISTRIBUTION OF TLC277  
INPUT OFFSET VOLTAGE



LinCMOS is a trademark of Texas Instruments.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS  
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

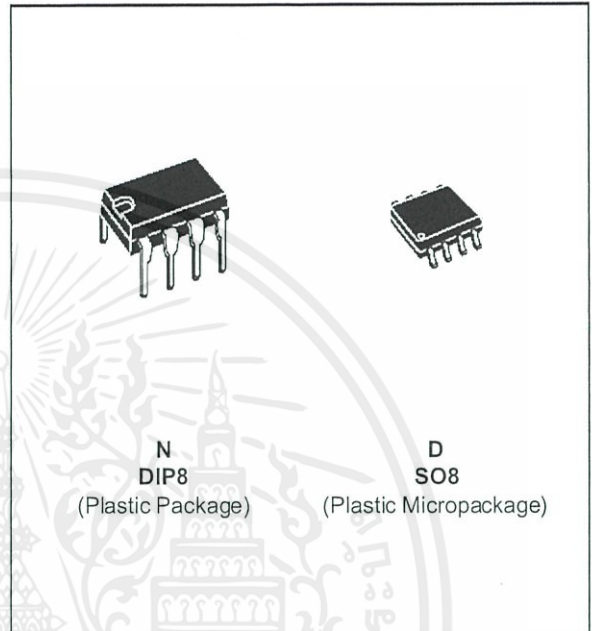
Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated



# 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



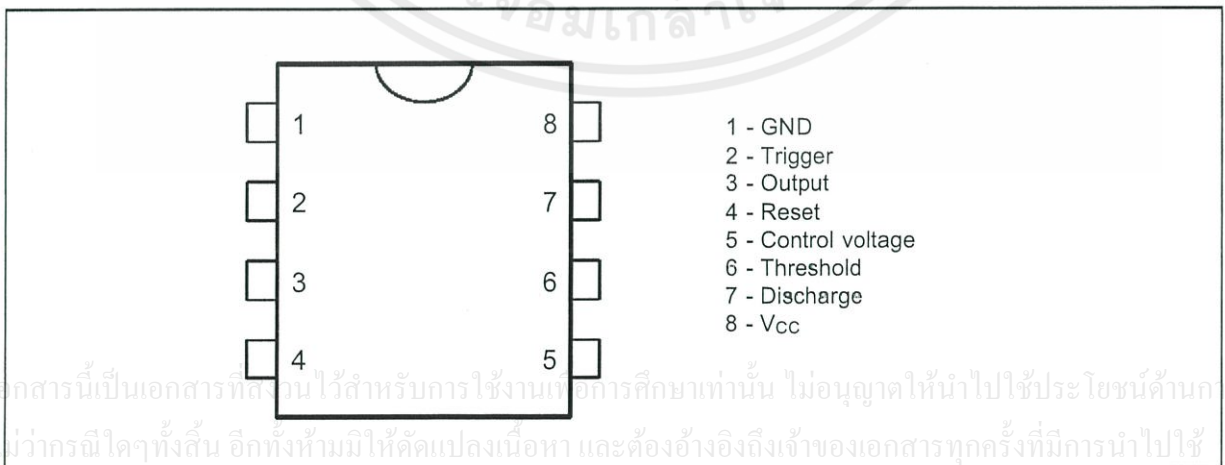
### DESCRIPTION

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)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 13

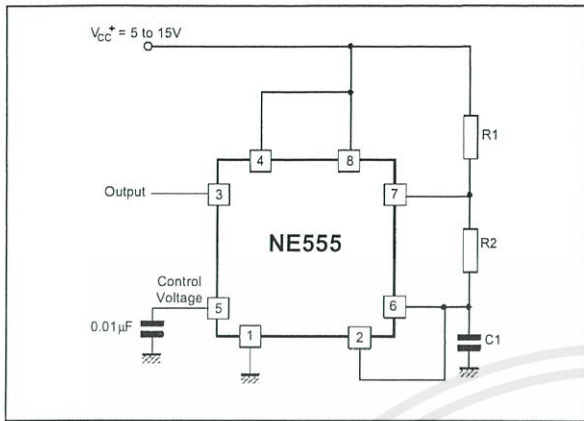


Figure 14 shows actual waveforms generated in this mode of operation.

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 them :

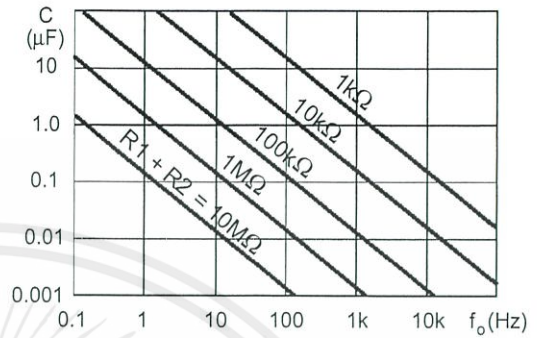
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2) C_1}$$

and may be easily found by figure 15.

The duty cycle is given by :

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

Figure 15 : Free Running Frequency versus R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> and C<sub>1</sub>



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.

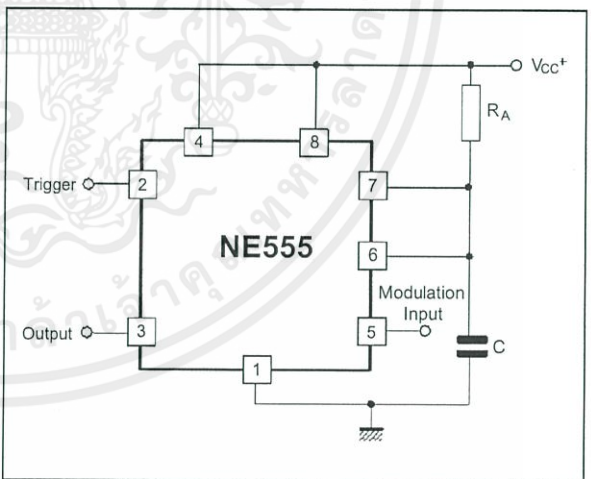
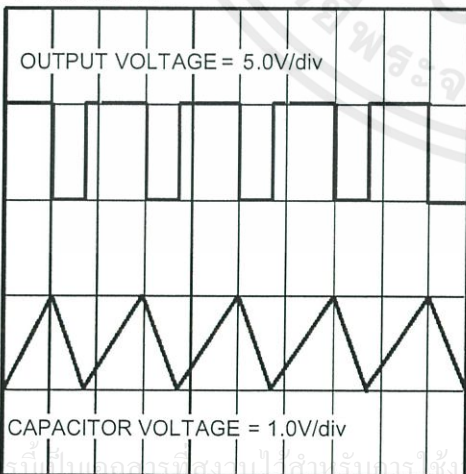


Figure 14

t = 0.5 ms / div



R<sub>1</sub> = R<sub>2</sub> = 4.8kΩ, C<sub>1</sub> = 0.1µF, R<sub>L</sub> = 1kΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้