สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดระยะทางด้วยอุลตร้าโซนิก
Ultrasonic distance measurement

โดย
นายธวัชชัย ลัดมโน
Mr. THAWATCHAI LADMANO

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....72088
วัน,เดือน,ปี.....- 8 มิ.ย. 2550

.b.....117 b3292
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดระยะทางด้วยอุลตร้าโซนิค

Ultrasonic distance measurement

โดย

นายธวัชชัย ลัดมโน 46010301

Mr. THAWATCHAI LADMANO

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ประภากร สุวรรณะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2549

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวัดระยะทางด้วยอุลตร้าโซนิค

ผู้จัดทำ

1.นาย ธวัชชัย ลัดมโน

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ประภากร สุวรรณะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ กระผมซึ่งเป็นผู้จัดทำได้รับความกรุณาจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ประภากร สุวรรณะ ที่ให้ความช่วยเหลือกระผมและแนวคิดเกี่ยวกับโปรเจค และบางครั้งก็ช่วยแนะนำโปรเจคให้ผมด้วย แม้กระผมจะสร้างความเบื่อหน่ายให้กับอาจารย์ และบางครั้งฟังคำศัพท์เทคนิคของอาจารย์พูดไม่ค่อยรู้เรื่อง แต่อาจารย์ก็ไม่เคยลดละในการพยายามสอนผมให้เข้าใจ เข้าใจในตัวผม และอาจารย์ช่วยแก้ไขข้อผิดพลาดและแนะแนวทางให้ผมเข้าใจในสิ่งที่ทำมากขึ้น

ขอบคุณพ่อแม่ ที่ให้กำลังใจและแนะนำในสิ่งที่ควรทำ และให้กำลังใจผมเป็นอย่างดี

ขอบคุณ หลิน ที่พูดให้มีกำลังใจในการทำโปรเจค

ขอบคุณลี่ ที่มาช่วยตรวจจรของผม

ขอบคุณอ๋อง สำหรับคำแนะนำดีดีนะครับ

นาย ธวัชชัย ลัดมโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อไทย I

บทคัดย่ออังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป V

สารบัญตาราง VI

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 แนวคิดในการจัดทำปริญญานิพนธ์ 1

1.2 ขอบเขตของโครงงาน 1

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 คลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic Wave) 2

2.1.1 ความหมายของคลื่นอัลตราโซนิก 2

2.1.2 ชนิดของคลื่นอัลตราโซนิก 2

2.1.3 การเกิดคลื่นอัลตราโซนิก 3

2.1.4 ความถี่และความยาวคลื่น 3

2.1.5 ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก 4

2.1.6 ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิก 7

2.1.7 การลดทอนของคลื่นอัลตราโซนิก 7

2.1.8 การแยกแยะ 7

2.1.9 ประโยชน์การใช้งานของคลื่นอัลตราโซนิก 7

2.2 เปียโซอิเลคทริค ทรานสดิวเซอร์ (Piezo-electric Transducer) 8

2.2.1 ชนิดของเปียโซอิเลคทริคทรานสดิวเซอร์ 9

2.2.2 การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ 9

2.2.3 ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับ 10

2.2.4 สัญลักษณ์ของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ 11

2.3 วงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ 12

2.4 วงจรอุลตร้าโซนิก (Ultrasonic Circuit) 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 พื้นฐานตัวกำเนิดคลื่นอุลตร้าโซนิก 12
2.4.2 การกำเนิดคลื่นอุลตร้าโซนิกที่ใช้ไอซี 567 (Phase – locked – loop) 15
บทที่ 3 การออกแบบ เครื่องวัดระยะทางด้วยอุลตร้าโซนิค 17
บทที่ 4 ผลการทดลอง 32
4.1 การตรวจสอบว่า T_x สามารถส่งได้ค่าV_oได้สูงที่สุด ณ ความถี่ที่เท่าไหร่ 32
4.2. การวัดระยะทางโดยนำ Tx และ Rx หันหน้าชนกัน แล้วเพิ่มระยะทางทุกๆ 20 เซนติเมตร 35
4.3 วัดค่าความต้านทานของตัวส่งและตัวรับ 36
4.4 การใช้งานเครื่องวัดระยะทาง 38
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

บทที่ 2 รูปที่ 2.1 แพทเทอร์นของการอัดและการเบาบางของคลื่นเสียงที่อยู่รอบ ๆ แหล่งกำเนิดเสียง 4

รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์ของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบต่าง ๆ 12

รูปที่ 2.3 แสดงวงจรอัสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งประกอบขึ้นจากไอซีเบอร์ 555 13

รูปที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบแรงดันที่เอาท์พุทกับแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C 13

รูปที่ 2.5 วงจรกำเนิดคลื่นอุลตร้าโซนิก โดยใช้ไอซี 567 PLL 15

รูปที่ 4.1 โมโนสเตเบอร์ ที่ 1และ 2 26

รูปที่ 4.2 โมโนสเตอเบอร์ที่ 2 และ 4 26

รูปที่ 4.3 วงจรของ LA 1600 27

รูปที่ 4.4 วงจรตัวหาร 28

รูปที่ 4.5 วงจรออสซิเลเตอร์ 29

รูปที่ 4.7 บล็อกไดอะแกร็ม 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

บทที่ 2 ตารางที่ 2.1 แสดงความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกในก๊าซต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 0 องศา 15
เซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1แนวคิดในการจัดทำปริญญานิพนธ์

ความจริงแล้วการวัดระยะทางไม่ใช่เรื่องยากหากมีเครื่องมือวัดที่เหมาะสมด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ทำให้สามารถวัดระยะทางได้สะดวกและละเอียดยิ่งขึ้นกว่าการวัดในสมัยโบราณซึ่งทำการวัดโดยใช้การประมาณจากความยาวของแขนมนุษย์ สำหรับระยะทางสั้นๆ อาจทำให้การวัดด้วยไม้บรรทัด หรือสายวัดระยะทาง หากเป็นระยะทางไกลๆ อาจใช้อุปกรณ์วัดระยะทางโดยใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิก โดยเฉพาะท่านที่ต้องวัดระยะห่างของวัตถุ หรือความสูงของเพดานบ่อยๆเช่น ช่างไม้ หรือช่างก่อสร้าง ที่ต้องทำการวัดขนาดของความกว้างยาวและสูงของห้องแล้ว การใช้ตลับเมตรหรือสายวัดเมตรคงจะทำได้ไม่ค่อยสะดวกนัก ยิ่งถ้าต้องการวัดความสูงของเพดานด้วยแล้วยิ่งทำได้ลำบากมากเครื่องวัดระยะทางอัลตราโซนิกนี้จะช่วยเพิ่มความสะดวกและแม่นยำยิ่งขึ้น เมื่อท่านต้องการวัดรอยรั่วของท่อที่ต้องการก็สามารถใช้เครื่องมือที่มีความแม่นยำได้เช่นกัน

ซึ่งหลักการทำงานของอุปกรณ์ชิ้นนี้เป็นการประยุกต์การใช้งานของวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ให้มีความแม่นยำมากยิ่ง โดยการเพิ่มจำนวนอุปกรณ์ของเครื่องรับและเครื่องส่งให้มีจำนวนมากยิ่งขึ้นก่อนที่จะนำมาทำการคำนวณโดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์แล้วแสดงผลออกมาเป็นตัวเลข และสามารถเก็บข้อมูลไว้ใช้อ้างอิงตามความต้องการต่างๆ ได้ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำและทันสมัยมาก

1.2 ขอบเขตของโครงงาน

ลักษณะของเรื่องวัดระยาทางด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิค และแสดงผลการวัดระยะทาง วิธีที่ใช้ในการวัดระยะ คือ การปล่อยพัลส์จากวงจรกำเนิดสัญญาณ และรอรับการสะท้อนกลับของพัลส์สัญญาณ จึงหยุดวงจรนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 คลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic Wave)

2.1.1 ความหมายของคลื่นอัลตราโซนิก

อัลตราโซนิก หมายถึง คลื่นที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้ว หูของมนุษย์จะได้ยินเสียงในย่านความถี่ 20 Hz ถึง 20 kHz อัลตราโซนิกที่กล่าวถึงโดยทั่วไปจึงหมายถึง คลื่นที่มีความถี่สูงกว่า 20 kHz ขึ้นไป

2.1.2 ชนิดของคลื่นอัลตราโซนิก

คลื่นอัลตราโซนิก ที่เดินทางผ่านตัวกลางต่าง ๆ มีหลายชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามการเคลื่อนที่ในตัวกลางนั้น ๆ โดยสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.1.2.1 คลื่นความยาว (Longitudinal Wave) เป็นลักษณะของคลื่นซึ่งทุก ๆ จุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของอนุภาคจะเกิดขึ้นอย่างหนาแน่นและเบาบางสลับกันไป และจะเปลี่ยนแปลงไปเช่นนี้ในแต่ละปริมาตรของอนุภาค คลื่นตามยาวนี้สามารถเดินทางผ่านของแข็ง ของเหลว และก๊าซได้ โดยมากถ้ากล่าวถึงความเร็วของคลื่นแล้ว จะหมายถึงความเร็วของคลื่นตามยาว ในการพิจารณาคลื่นตามยาวที่เดินทางผ่านตัวกลางต่าง ๆ ได้นั้น ตัวกลางจะต้องมีขนาดใหญ่พอเมื่อเทียบกับความยาวคลื่น

2.1.2.2 คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) คือ คลื่นที่ทุก ๆ จุดบนคลื่นที่มีการเคลื่อนที่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางซึ่งคลื่นเดินทางไปในทิศทางหนึ่ง ๆ คลื่นชนิดนี้จะเดินทางผ่านตัวกลางที่มีขนาดของตัวกลางใหญ่กว่าขนาดของความยาวคลื่น และสามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งได้ คลื่นชนิดนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวและก๊าซได้ คลื่นตามขวางมีลักษณะเสมือนการเกิดขั้วลบและขั้วบวก ซึ่งเป็นเหตุผลว่าการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคไปเพียงทิศทางเดียวเช่น ในระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ไป ต้นกำเนิดของคลื่นตามขวางเป็นพื้นที่หน้าเรียบของระนาบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคอันเนื่องมาจากการแกว่ง ความหนาแน่นของตัวกลางจะไม่เปลี่ยนแปลง โดยการเคลื่อนที่ของคลื่นแบบตามขวาง ความเร็วของคลื่นชนิดนี้จะน้อยกว่าความเร็วของคลื่นชนิดตามยาว ในขณะที่เดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน ดังนั้นที่ความถี่เดียวกัน ความยาวของคลื่นตามขวางจะน้อยกว่าคลื่นตามยาวเสมอ

2.1.2.3 คลื่นผิวหน้า (Surface Wave) เป็นคลื่นชนิดหนึ่งซึ่งคล้ายกับคลื่นตามขวาง จะต่างกันตรงที่ว่าการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคไม่เป็นเพียงในทิศทางที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของคลื่นเท่านั้น แต่ยังมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นด้วย จึงทำให้คลื่นเคลื่อนที่ไปตามระนาบในแนวนอน ด้วยเหตุนี้ คลื่นจึงเดินทางผ่านไปเฉพาะบนผิวของตัวกลางเท่านั้น

2.1.3 การเกิดคลื่นอัลตราโซนิก

อัลตราโซนิกเป็นคลื่นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานกล โดยการสั่นไปมา หรือเกิดการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล ทำให้เกิดคลื่นย่านอัลตราโซนิกกระจายออกไปในอากาศ ดังนั้นจึงถือได้ว่าคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นคลื่นกล (Mechanical Wave) คลื่นอัลตราโซนิกสามารถถูกสร้างได้โดยตัวทรานสดิวเซอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ในที่นี้จะใช้ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริก (Piezo-eletric Transducer) โดยจะทำการแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล และมีความถี่เรโซแนนท์ (Resonant Frequency) คงที่อยู่ค่าหนึ่งสำหรับแบบเปียโซอิเลคทริคนี้ เป็นแบบที่นิยมเพราะราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย

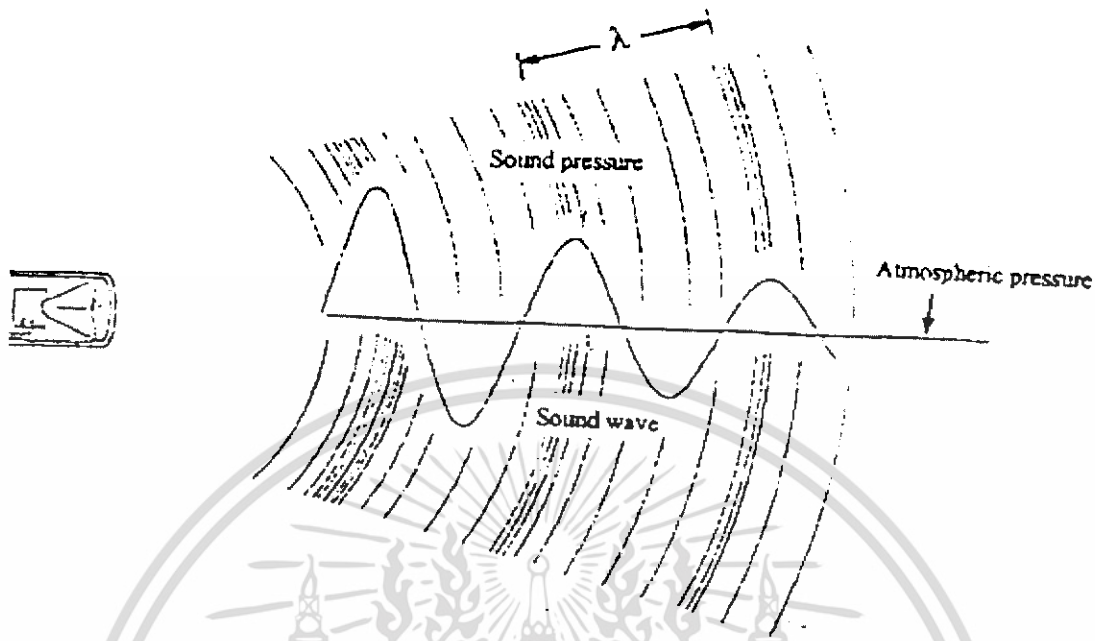
2.1.4 ความถี่และความยาวคลื่น

ความถี่ คือ จำนวนของการออสซิลเลทหรือการแกว่งที่สมบูรณ์จากแหล่งกำเนิดคลื่นภายใน 1 วินาที คลื่นที่ถูกส่งจากแหล่งกำเนิดจะเดินทางด้วยความถี่เดียวกันนี้ เช่น อัตราการสั่นของสายไวโอลินที่มีความถี่ 440 kHz มันก็จะมีความถี่เดียวกับคลื่นที่ถูกส่งและรับได้จากผู้ฟัง

ความยาวคลื่น คือ ระยะยาวที่คลื่นเดินทางระหว่างแต่ละการสั่นที่สมบูรณ์หรือการเดินทาง 1 รอบ (1 Cycle) สามารถกล่าวได้ว่าความยาวคลื่นเป็นระยะทางระหว่างการอัดอย่างต่อเนื่อง (Successive Compression) หรือการบางเบาของอากาศ (Rarefaction)

การอัด คือ การที่บริเวณนั้นมีความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันมากกว่าบริเวณรอบ ๆ ส่วนการเบาบางเป็นบริเวณเฉพาะที่เกิดการลดความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันสัมพันธ์กับแรงดันของบรรยากาศปกติ รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบของการอัดและการเบาบางรอบ ๆ แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงและแสดงความยาวคลื่นที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แพทเทอร์นของการอัดและการเบาบางของคลื่นเสียงที่อยู่รอบ ๆ แหล่งกำเนิดเสียง

ระยะระหว่างการอัดที่สมบูรณ์และระยะระหว่างการเบาบางของคลื่น จะแสดงถึงความยาวคลื่นของคลื่น (λ)

ความถี่และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์ตามสมการข้างล่าง

$$v = f\lambda \qquad (2.1)$$

v = ความเร็วที่คลื่นสามารถเดินทางได้ในตัวกลาง (m/s)

f = ความถี่ของคลื่น (Hz)

2.1.5 ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก

คลื่นเหนือเสียงหรือคลื่นอัลตราโซนิก ที่เดินทางในตัวกลางที่ต่างกัน ย่อมจะมีความเร็วในการเดินทางผ่านตัวกลางนั้น ๆ แตกต่างกันด้วย โดยขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางหรือก๊าซ แรงดันของก๊าซ เมื่อกำหนดให้คลื่นเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นก๊าซ รวมทั้งอุณหภูมิในขณะนั้น สำหรับทฤษฎีที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคลื่นในตัวกลางที่เป็นก๊าซเหล่านั้นสามารถแสดงได้ดังนี้

$$v = (\gamma p / \rho)^{1/2} \quad (m/s) \qquad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

v = ความเร็วที่คลื่นอัลตราโซนิกสามารถเดินทางได้ในก๊าซ (m/s)

γ = ค่าอัตราส่วนของความร้อนของก๊าซที่แรงดันคงที่ต่อความร้อนที่ปริมาตรคงที่ (Adiabatic Bulk Modulus : อากาศมี = 1.4)

p = ความดันของก๊าซในหน่วย Pascal (ความดันของอากาศที่ระดับน้ำทะเล = 1.0135×10^6 pascal)

ρ = ความหนาแน่นของก๊าซ (kg/m^3) : อากาศมี ρ = 1.29 kg/m^3

เนื่องจากในอากาศประกอบด้วยโมเลกุลอะตอมคู่เป็นพื้นฐาน ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่ให้ค่า Adiabatic Bulk Modulus ของอากาศเป็น 1.4 และเมื่อแทนลงไปในความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.2) ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกในอากาศก็จะเป็นดังสมการ

$$v = (1.4\, P/\rho)^{1.2} \quad (m/s) \qquad (2.3)$$

สำหรับก๊าซในอุดมคติจะมีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและแรงดันดังนี้

$$PV = RT \qquad (2.4)$$

R = Molar gas constant (Newton – m/Kelvin)

T = ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ (Kelvin)

V = ปริมาตรของก๊าซ (m^3)

P = ความดันของก๊าซ (Newton / m^2)

ความดันดังสมการที่ (2.4) สามารถแทนในรูปของความสัมพันธ์ดังนี้

$$P = \rho RT/M \quad (Newton/m^2) \qquad (2.5)$$

เมื่อมวล M เป็นมวลโมเลกุลของก๊าซ และจากความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.5) เมื่อนำไปแทนกลับที่ความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.2) จะได้สมการที่ (2.6) จากสมการที่ (2.6) เราจะได้ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกในอากาศ ความเร็วของคลื่นในก๊าซอุดมคติจะขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซและอุณหภูมิ โดยเป็นอิสระจากการเปลี่ยนแปลงความดัน ดังนั้นความเร็วของคลื่นที่ยอดเขาก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรจะเหมือนกันที่เชิงเขาถ้าอุณหภูมิเท่ากัน ในทางปฏิบัติที่กล่าวมานี้ จะเป็นจริงสำหรับความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.2) โดยความดันของก๊าซและความหนาแน่นของก๊าซจะลดลงเมื่อความสูงนั้นสูงกว่าระดับน้ำทะเลมากยิ่งขึ้น และผลของความกดดันทางบรรยากาศจะมีผลต่อความเร็วของคลื่นเพียงเล็กน้อย ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกที่ยอมรับได้ในอากาศที่อุณหภูมิปกติ จะมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$v = 331.45 + 0.607\,t \ \text{(m/s)} \qquad (2.6)$$

$$v = 1{,}052.03 + 1.106 \ \text{(ft/s)} \qquad (2.7)$$

โดย t = อุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส

F = อุณหภูมิในหน่วยองศาฟาเรนไฮต์

สำหรับอุณหภูมิที่แตกต่างกันมากกว่า 20 องศาเซลเซียส เพื่อให้การคำนวณมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น จะใช้ความสัมพันธ์ดังสมการข้างล่างนี้

$$v = 331.45\,(T/273)^{1/2} \ \text{(m/s)} \qquad (2.8)$$

T = อุณหภูมิในหน่วยเคลวิน (K)

ตารางที่ 2.1 แสดงความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกในก๊าซต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

GAS	VELOCITY (m/s)
1. AIR (0 องศาเซลเซียส)	331.45
2. ARGON	319
3. CORBON MONOXIDE	338
4. CORBON DIOXIDE	259
5. HELIUM	965
6. HYDROGEN	1,284
7. METHANE	430
8. NEON	430
9. NITROGEN	435
10. OXYGEN	435
11. STREAM (134 องศาเซลเซียส)	494

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิก

ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิกจะถูกวัดในรูปความเข้มของคลื่น ซึ่งจะมีหน่วยเป็น วัตต์ ต่อ ตารางเซนติเมตร (W/cm^2) เป็นการไหลของพลังงานผ่านพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร ซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการเดินทางของคลื่นภายในเวลา 1 วินาที

2.1.7 การลดทอนของคลื่นอัลตราโซนิก

เมื่อคลื่นอัลตราโซนิกเดินทางผ่านตัวกลาง ลำคลื่น (Beam) ของคลื่นอัลตราโซนิกจะสูญเสียความเข้มไป เนื่องมาจากการลู่ออกของลำคลื่น หรือเกิดจากการกระจายพลังงานของคลื่นออกจากลำคลื่น เพราะความไม่ต่อเนื่องภายในตัวกลาง (Non Homogeneous) และอาจเกิดจากการดูดซับพลังงานส่วนหนึ่งของคลื่น โดยตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน พลังงานที่ถูกดูดซับนี้จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน การดูดซับพลังงานนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของตัวกลาง ความยืดหยุ่นและความหนาแน่น รวมทั้งความถี่ของคลื่นอัลตราโซนิกที่ใช้งาน ยิ่งความถี่สูง พลังงานก็จะยิ่งถูกดูดซับไปมาก ดังนั้นคลื่นอัลตราโซนิกที่นำเอามาใช้งาน โดยมากจะมีความถี่จำกัดอยู่ไม่เกิน 50 kHz หากความถี่สูงกว่านี้แล้ว เมื่อคลื่นเดินทางไปในอากาศในระยะทางไกลๆ ความแรงของคลื่นจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องมาจากสาเหตุดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ความแรงของคลื่นสะท้อนกลับมีขนาดไม่แรงพอที่จะทำให้เครื่องรับทำงานได้ หมายถึง ยิ่งคลื่นอัลตราโซนิกมีความถี่สูงขึ้นเพียงใดรัศมีการทำการก็จะยิ่งสั้นลง

2.1.8 การแยกแยะ

การแยกแยะหรือ รีโซลูชั่น (Resolution) ของการส่งระบบพัลส์คลื่นสะท้อนสามารถถูกใช้เป็นตัวกำหนดความสามารถของระบบที่แยกแยะความแตกต่างระหว่างตัวสะท้อน 2 ตัวที่อยู่ใกล้กัน การแยกแยะที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิด

2.1.8.1 การแยกแยะทางด้านข้าง (Azimuth Resolution) หรือการแยกแยะตามแนวอาซิมุธ เป็นความสามารถในการแยกความแตกต่างของเป้า 2 อัน ซึ่งวางในแนวนอนและตั้งฉากกับทิศทางของลำคลื่นในระยะที่เท่ากัน และขึ้นอยู่กับความกว้างของลำคลื่นที่ใช้ส่ง ซึ่งก็คือคลื่นอัลตราโซนิกนั่นเอง

2.1.8.2 การแยกแยะตามแนวแกนของลำคลื่น (Range Resolution) เป็นการวัดความสามารถในการแยกความแตกต่างของเป้า 2 อัน ตามแนวแกนของลำคลื่น ซึ่งถูกกำหนดโดยความยาวของพัลส์คลื่นสะท้อนของคลื่นอัลตราโซนิกจากเป้าเล็ก ๆ ในทางอุดมคติ ซึ่งพัลส์ ต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สั้น เพราะถ้าพัลส์ยาวเกินไป พัลส์คลื่นสะท้อนจากเป้าที่ระยะสั้น ๆ จะมาถึงตัวรับก่อนที่พัลส์ของตัวมันจะหมดไป ซึ่งจะทำให้คลื่นสะท้อนเกิดการชนกัน

2.1.9 ประโยชน์การใช้งานของคลื่นอัลตราโซนิก

คลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้สามารถกำหนดจุดที่คลื่นจะเดินทางไปยังเป้าหมายได้โดยเจาะจง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้น ความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิดที่ให้คลื่นออกมากของตัวที่ให้กำเนิดคลื่นเสียงความถี่นั้น เช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศ จะมีความยาวคลื่นถึงประมาณ 1 เมตรเศษ ๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องเปิดที่คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดคลื่นเสียงโดยทั่วไปมากมาย คลื่นที่หักเหที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดคลื่นนั้น ๆ แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตราโซนิก เช่น 40 kHz ซึ่งจะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียง 8 มิลลิเมตรเท่านั้น และจะเล็กกว่าช่องเปิดที่ให้เสียงลอดออกมา ที่ความถี่นี้ คลื่นจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบ จึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ หรือที่เราเรียกว่า มีทิศทางนั่นเอง การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกก่อให้เกิดประโยชน์ที่เราจะสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic Remote Control), เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic Cleaner), เครื่องวัดความหนาของวัตถุ, เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล (Sonar), เครื่องหาตำแหน่งอวัยวะภายในร่างกาย หรือใช้ทดสอบการรั่วของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ใช้จะขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น ถ้าการใช้งานจำเป็นต้องให้คลื่นอัลตราโซนิกเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้ก็จะถูกจำกัดอยู่ที่ความถี่ไม่เกิน 50 kHz เพราะมีความถี่สูงกว่านี้ อากาศจะดูดกลืนคลื่นได้เพิ่มมากขึ้น ทำให้ระดับความแรงของคลื่นอัลตราโซนิกที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานด้านการแพทย์ ซึ่งต้องการรัศมีทำการสั้น ๆ ก็อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 MHz – 10 MHz ขณะที่ความถี่เป็น GHz ก็มีการนำไปใช้ในหลาย ๆ ด้าน โดยตัวกลางที่คลื่นอัลตราโซนิกเดินทางผ่านตัวกลางที่ไม่ใช่อากาศ

2.2 เปียโซอิเลคทริค ทรานสดิวเซอร์ (Piezo-electric Transducer)

ทรานสดิวเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยการสั่นไปมาทำให้เกิดคลื่นเสียง และก็เป็นอุปกรณ์ที่ทำการรับคลื่นเสียงที่เข้ามาแล้ว แปลงกลับไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าได้ ดังนั้นในการทำงานจึงต้องมีทรานสดิวเซอร์ 2 ตัว โดยทำหน้าที่เป็นตัวส่งและตัวรับอย่างละตัว ในระบบเดียวกัน ซึ่งทรานสดิวเซอร์จะมีความถี่เรโซแนนท์ (Resonant Frequency) อยู่ค่าหนึ่งและจะต้องใช้คู่กันเสมอ ทรานสดิวเซอร์ทั้ง 2 ตัวนี้จะมีรูปร่างและลักษณะเหมือนกันทุกอย่าง และมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันมาก เราสามารถจะรู้ได้ว่าตัวไหนเป็นตัวส่งหรือตัวรับได้ โดยดูจากอักษรท้ายเบอร์ เช่น MA40A5R คือ ตัวส่ง “S” หมายถึง Sender

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MA40A5R คือตัวรับ "R" หมายถึง Receiver แต่ในวงจรสัญลักษณ์ของตัวส่งจะเหมือนรูปลำโพง หรือเขียนว่า Tx ซึ่งหมายถึง Transmitter และตัวรับจะเขียนในรูปลำโพง หรือเขียนว่า Rx ซึ่งหมายถึง Receiver

ทรานสดิวเซอร์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยมากจะมีความถี่เรโซแนนท์ให้เลือกใช้ตั้งแต่ค่า 23 kHz จนถึง 40kHz แต่ส่วนมากที่นำมาใช้และพบเห็นบ่อยคือ ค่า 23 kHz, 25 kHz และ 40 kHz โดยที่ค่าความถี่ 40 kHz เป็นแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากค่าความถี่นี้ การเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิกจะดีกว่าที่ความถี่อื่น ๆ และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด ในที่นี้จะกล่าวถึงแต่ในเฉพาะทรานสดิวเซอร์ที่เป็นแบบเปียโซอิเลคทริค เพราะเป็นแบบที่นำมาใช้ในการดำเนินงานจริงในโครงงานนี้

2.2.1 ชนิดของเปียโซอิเลคทริคทรานสดิวเซอร์

เปียโซอิเลคทริคทรานสดิวเซอร์ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิดคือ

2.2.3.1 ทรานสดิวเซอร์แบบเจเนอร์ชั่น แอกชั่น (Generation Transducer) ใช้เป็นตัวรับ โดยแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จะหาได้จากแรงดันและความถี่ที่มากระทำต่อวัสดุเปียโซอิเลคทริค

2.2.3.2 ทรานสดิวเซอร์แบบมอเตอร์ แอกชั่น (Motor-action Transducer) ใช้เป็นตัวส่ง โดยการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างที่ทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิก จะขึ้นอยู่กับความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ ในทั้ง 2 กรณี ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับขนาดของวัสดุเปียโซอิเลคทริค

2.2.2 การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ

สำหรับทางด้านตัวส่งเมื่อทรานสดิวเซอร์ได้รับสัญญาณแรงดันมาตกคร่อม จะทำให้ชิ้นสารเปียโซอิเลคทริคโก่งงอ ทำให้เกิดการอัดอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นขึ้นมา ดังนั้น ถ้าป้อนสัญญาณเป็นห้วง ๆ (Pulse) จากออสซิลเลเตอร์ก็จะทำให้ชิ้นสารโก่งงอมากน้อยหรือทิศทางใดตามขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าจากออสซิลเลเตอร์นั้น โดยทั่วไปกำลังเอาท์พุทที่ออกมาจะตกลงประมาณ 10% ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้ แต่เอาท์พุทจะสูงที่ค่านี้โดยประมาณก็ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ที่ป้อนเข้าชิ้นสารตรงกับความถี่เรโซแนนท์ที่เป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารนั้น ๆ ส่วนที่ความถี่อื่น ๆ กำลังเอาท์พุทจะลดลงยิ่งกว่านี้

ส่วนการทำงานของทางด้านรับ มีการทำงานตรงกันข้ามกับทางด้านตัวส่ง คือ เมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนท์ของชิ้นสารเข้ามา ก็จะทำให้ชิ้นสารโก่งตัวไปมาและเกิดสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้าคร่อมขั้วทั้งสองของชิ้นสารตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติโดยทั่วไปอย่างหนึ่งของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริคคือ มีความต้านทานต่อไฟตรงสูงมากและอาจจะสูงถึง 100 M-ohm เลยก็ได้ เรียกว่าถ้านำเอามัลติมิเตอร์ (Multimeter) ธรรมดามาตั้งสเกลวัดค่าความต้านทานสูง ๆ เข็มจะไม่กระดิกเลย แต่อย่างไรก็ตาม ในขณะที่มันทำงานความต้านทานต่อไฟฟ้าสลับจะลดลง

2.2.3 ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับ

ซึ่งพอจะสรุปเป็นแนวทางการใช้งานได้ดังนี้

2.2.3.1 ไม่ควรให้ทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระทบกระเทือนหรือตกจากที่สูง เพื่อป้องกันโครงสร้างภายในมิให้เสียหาย

2.2.3.2 ทรานสดิวเซอร์ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะทนแรงดันคร่อมตัวมันได้ไม่เกิน 20 Vrms ดังนั้น ขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับตัวทรานสดิวเซอร์ ก็ควรอยู่ภายในขีดจำกัดอันนี้

2.2.3.3 ความถี่เรโซแนนท์ หรือความถี่ที่ตัวมันทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดของทรานสดิวเซอร์แบบ 40 kHz ที่มีขายกันโดยทั่วไป จะผิดพลาดไปไม่เกิน บวกหรือลบ 1 kHz และมีแถบความถี่ (Bandwidth) ประมาณ 4.5 kHz สำหรับตัวส่ง และมีแถบความถี่ประมาณ 5.0 kHz สำหรับตัวมัน จะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าของตัวส่งเล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ออกมาจากตัวส่งได้

2.2.3.4 อุณหภูมิใช้งานของทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ในช่วง -20 ถึง 60 องศาเซลเซียส

2.2.3.5 ทั้งตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30 องศา ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 dB ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวเบี่ยงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับไปประมาณ 30 องศา ความไวของตัวรับหรือขนาดแรงดันที่ออกมาก็จะลดลงไปประมาณ 10 dB เช่นกัน ดังนั้นการใช้งานที่เป็นการควบคุมระยะไกลในที่โล่งแจ้ง จึงควรพยายามให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งหากันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่อยู่ในห้องคลื่นอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้มาก เพราะคลื่นอัลตราโซนิกนี้ สามารถสะท้อนกับกำแพงและวัตถุที่อยู่ภายในห้องได้ ทำให้คลื่นเข้าไปหาตัวรับได้หลายทิศทาง

คลื่นอัลตราโซนิกนี้ สามารถทำให้เป็นลำแคบได้ โดยการใช้เลนส์ที่เรียกว่าพลาโนคอนเคฟเลนส์ (Plono-concave Lens) วางข้างหน้าตัวทรานสดิวเซอร์ แต่การทำให้เป็นลำแคบนี้ จะทำให้ระยะการทำงานสั้นลง การทำให้คลื่นเป็นลำแคบนี้เหมาะสำหรับทรานสดิวเซอร์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างคลื่นที่มีความถี่สูงและเหมาะสำหรับใช้ในทางการแพทย์ (Ultrasound) โดยใช้ความถี่ตั้งแต่ 1-10 MHz

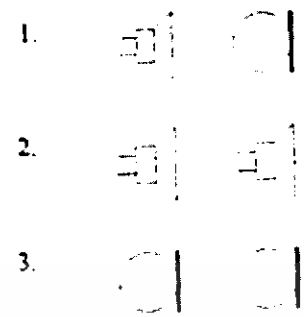
2.2.3.6 ในกรณีใช้งานตัวรับ จำเป็นต้องมีตัวต้านทานต่อขนาดกับตัวรบ เพื่อทำหน้าที่เป็นโหลด ตามปกติตัวต้านทานนี้ควรจะมีค่าอยู่ในช่วง 10 kΩ ถึง 100 kΩ จากการทดลองว่า ถ้าเปลี่ยนโหลดจาก 100 kΩ มาเป็น 10 kΩ ความไวของตัวรับจะลดลงประมาณ 10 ถึง 12 dB แต่แถบความถี่จะกว้างขึ้น ถ้าใช้ค่าความต้านทานต่ำลงไปอีก ความถี่เรโซแนนท์จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ ถ้าการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมาก ควรใช้โหลดที่มีความต้านทานสูงสักหน่อยเพื่อให้ตัวรับมีความไวสูง และมีแถบความถี่แคบ

2.2.3.7 ตามปกติแล้ว เราสามารถนำเอาตัวส่งและตัวรับมาใช้งานแทนกันได้ในการใช้งานส่วนใหญ่ และตัวส่งหรือตัวรับของยี่ห้อใด รุ่นใด ก็สามารถใช้แทนกันได้ ขอเพียงแต่ให้มีความถี่เรโซแนนท์เดียวกันเท่านั้นเอง อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีอาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานสมมูลย์ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อให้ลักษณะผลตอบสนองทางความถี่สอดคล้องกับของเดิม

2.2.4 สัญลักษณ์ของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ

เนื่องจากทรานสดิวเซอร์ตัวส่งถูกออกแบบให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ตัวมันออกมาเป็นคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิก หน้าที่ของมันจึงคล้าย ๆ เป็นลำโพง ส่วนตัวรับถูกออกแบบเจาะจงให้แปลงคลื่นเสียงในย่านความถี่อัลตราโซนิกที่มาตกกระทบที่ตัวมันให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า หน้าที่ของตัวรับจึงคล้าย ๆ กับเป็นไมโครโฟน ด้วยเหตุนี้เวลาเขียนสัญลักษณ์ของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์จึงนิยมเขียนตามหน้าที่ของมันดังแบบที่ 1 ในรูปที่ 2.8 แต่ก็มีหนังสือบางเล่มเขียนสัญลักษณ์ของทั้งตัวรับตัวส่งเป็นลำโพงหรือไมโครโฟนอย่างใดอย่างหนึ่งไปเลย ดังแบบที่ 2 และ 3 แต่เขียนอักษรย่อว่า Tx (Transmitter), Rx (Receiver) กำกับอยู่ด้วย หรืออาจจะใช้คำพูดกำกับให้ชัดเจนไปเลย ที่ต้องใช้สัญลักษณ์เหมือนกันก็เพราะว่า หน้าตาของตัวส่งและตัวรับที่ออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานคู่กันนั่นเหมือนกัน แต่มีเบอร์กำกับมาให้รู้ที่ด้านข้างว่าตัวใดเป็นตัวส่งตัวใดเป็นตัวรับ และคุณสมบัติของทั้งสองตัวนั้นคล้ายคลึงกันมากจนสามารถนำมาใช้งานแทนกันได้โดยตรงในหลายประเภทการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์ของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบต่าง ๆ

2.3 วงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์

วงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ มีลักษณะพิเศษคือ มันจะเปลี่ยนสถานะไปชั่วขณะหลังจากที่มีการทริกเกิดขึ้น และจะเปลี่ยนแปลงกลับเข้าสู้สถานะเสถียรอย่างเดิม ดังนั้นเราจึงอาจเรียกชื่อวงจาได้อีกอย่างหนึ่งว่า วงจรวันช็อท (One Shot), ซิงเกิลไซเคิล (Single Cycle) ยูนิไวเบรเตอร์ (Univibrator) ลักษณะรูปแรงดันเอาท์พุทที่วงจรสร้างขึ้นมีลักษณะเป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่เป็นประโยชน์อย่างมากในวงจรพัลซ์

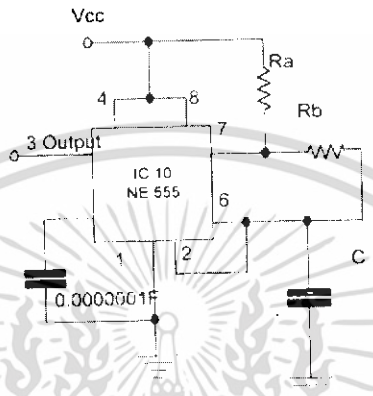
2.4 วงจรอุลตร้าโซนิก (Ultrasonic Circuit)

อุปกรณ์อุลตร้าโซนิกที่มีขายตามท้องตลาด ส่วนใหญ่จะใช้งานที่ความถี่คงที่โดยใช้ทรานสดิวเซอร์ เป็นตัวสร้างสัญญาณหรือเสียงสะท้อนที่ความถี่นั้น ๆ และเนื่องด้วยตัวทรานสดิวเซอร์มีช่วงแบนวิดท์ที่จำกัดและมีราคาสูง ทำให้ไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้แต่เราสามารถใช้อุปกรณ์ตัวอื่นที่ให้ผลใกล้เคียงกับตัวทรานสดิวเซอร์ นั้นคือลำโพงเปียโซ (Piezo Speaker) เป็นตัวทั้งตัวรับและส่งสัญญาณอุลตร้าโซนิก ซึ่งลำโพงเปียโซอาจไม่เหมาะสมกับตัวแสดงผลในหนังสือเหมือนตัวทรานสดิวเซอร์ แต่ก็สามารถนำลำโพงเปียโซขนาด 3 3/4 นิ้ว ไปใช้เป็นตัวรับสัญญาณวิทยุที่ไม่ละเอียดนักได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 พื้นฐานตัวกำเนิดคลื่นอุลตร้าโซนิก

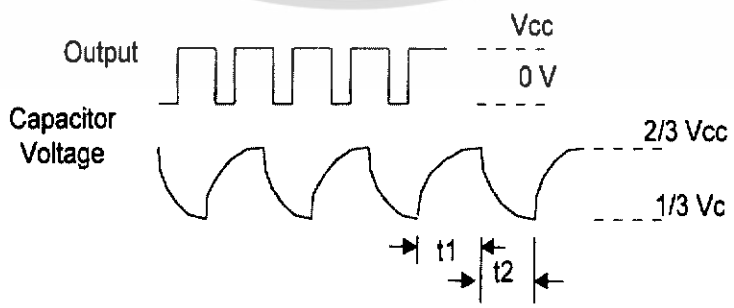
ในที่นี้จะใช้ทฤษฎีและหลักการทำงานของวงจรอัสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์หรือวงจร Square-Wave ซึ่งประกอบขึ้นมาจากไทม์เมอร์เบอร์ 555 ดังแสดงในวงจรรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรอัสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งประกอบขึ้นจากไอซีเบอร์ 555

การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 2.12 ตัวความต้านทาน R_a และ Rb ทำหน้าที่เป็น Timing Resistor เมื่อวงจรได้รับแรงดันไบอัส จากแหล่งจ่ายกำลังตัวเก็บประจุ C ซึ่งทำหน้าที่เป็น Timing Capacitor จะสะสมประจุผ่านตัวความต้านทาน R_b และ R_b จนกระทั่งเมื่อแรงดันตกคร่อมมีค่าเป็น 2/3 Vcc จะทำให้วงจร Upper Comparator กระตุ้นวงจรฟลิบฟล็อบซึ่งอยู่ภายในตัวไอซี และมีผลให้ตัวเก็บประจุ C เริ่มคายประจุผ่านตัวความต้านทาน R_b แรงดันที่ตกคร่อม C ก็จะลดลงและเมื่อมีค่าเหลือเป็น 1/3 Vcc แล้ว วงจร Lower Comparator ในวงจรไอซีก็จะถูกกระตุ้น และเริ่มการทำงานของวงจรใหม่อีกครั้งหนึ่ง ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบแรงดันที่เอาท์พุทกับแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเก็บประจุ C จะทำการประจุและคายประจุสลับกันไปอย่างสม่ำเสมอ ทำให้แรงดันตกคร่อมตัว มีค่าระหว่าง 2/3 Vcc และ 1/3 Vcc ตามลำดับ ศักดาที่เอาท์พุทของวงจรจะมีค่าสูง ในขณะที่ตัว C ทำการเก็บประจุ ซึ่งถ้าให้ t_1 คือช่วงเวลาที่เอาท์พุทมีศักดาสูงดังนั้น

$$t_1 = (R_a + R_b)\, C \log_e \left\{ \frac{Vcc - 2/3Vcc}{Vcc - 1/3Vcc} \right\}$$

และศักดาที่เอาท์พุทจะมีค่าต่ำในขณะที่ตัว C ทำการคายประจุ ซึ่งถ้าให้ t_2 ช่วงเวลาที่เอาท์พุทมีศักดาต่ำ

ดังนั้น $t_2 = 0.693\, R\, C$ วินาที

ช่วงเวลารวมสำหรับการสะสมและการคายประจุ คือ

$$T = t_1 + t_2$$
$$= 0.693\, (R_a + 2\, R_b)\, C \quad \text{วินาที}$$

ซึ่งค่า T คือช่วงเวลาความกว้างของพัลส์หนึ่งลูกคลื่น
ดังนั้น ความถี่ของพัลส์ที่เอาท์พุท คือ

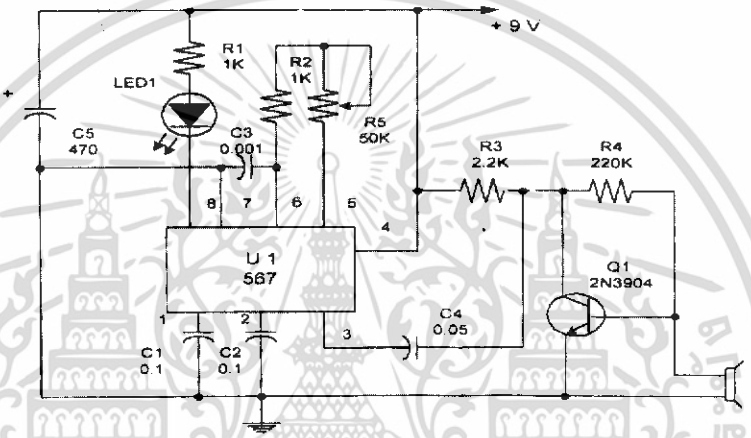
$$F = \frac{1}{T} = \frac{1.443}{(R_a + 2R_b)C} = 40 \text{ kHz}$$

วงจรในรูปที่ 2.14 จะใช้ไอซี 555 เป็นตัวปรับเปลี่ยนความถี่ในวงจรอัสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ทางเอาท์พุทของวงจรจะมีลักษณ์เป็นคลื่นสี่เหลี่ยม (Squareware) และใช้ R2 เป็นตัวปรับจูนความถี่จาก 12 kHz ถึง 50 kHz ช่วงความถี่ออสซิเลเตอร์สามารถปรับเปลี่ยนได้โดยขึ้นอยู่กับค่า C1 ถ้าต้องการให้ช่วงออสซิเลเตอร์เพิ่มขึ้นจะใช้ค่าต่ำ ๆ และถ้าต้องการลดช่วงออสเซิเลเตอร์ลงก็จะใช้ค่า C1 ที่มีค่าสูง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การกำเนิดคลื่นอุลตร้าโซนิกที่ใช้ไอซี 567 (Phase – locked – loop)

วงจรในรูปที่ 2.16 จะใช้ไอซี 567 เป็นตัวสร้างสัญญาณอุลตร้าโซนิก ในวงจรนี้จะดีกว่า 2 วงจรแรกตรงที่ ไอซี 567 จะมีวงจรกำเนิดสัญญาณข้างในและถูกออกแบบให้มีช่วงความถี่ที่กว้างมากจาก 1 Hz ถึง 500 kHz และมีเอาท์พุทเป็นเวฟฟอร์ม ที่ขา 5 จะตัวกำหนดช่วงความถี่ซึ่งสามารถปรับแต่งได้ และให้สัญญาณเอาท์พุทดีกว่า 2 วงจรแรก เนื่องจากมีอิมพีแดนซ์ต่อแมทช์ชิ่งอยู่



รูปที่ 2.5 วงจรกำเนิดคลื่นอุลตร้าโซนิก โดยใช้ไอซี 567 PLL

รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรรูปที่ 2.16

Semiconductor

U1-567 phase – locked loop integrated circuit

Q1, Q2 – 2 N3904 NPN transistor, Q3 – 2N3096 PNP transistor

Resistor (1/4 watt, 5%)

R1, R2 – 1000 ohm, R3, R4 – 10000 ohm , R5 – 50000 ohm Potentiometer

Capacitors

C1 – C5 - 0.1680 μF ceramic – disc , C6 – 0.001 μF Mylar, C7 – 470 μF 16 electrolytic

Additional Parts and Materials

Spkr1 – Piezo tweeter

Power source, Wire, hardware, etc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และค่าเอาท์พุทของวงจรนี้ยังสามารถปรับค่าได้ตั้งแต่ 10 kHz จนถึง 100 kHz โดยใช้ R5 เป็นตัวปรับค่าและทรานซิสเตอร์ Q1 ต่อเป็นวงจร Emitter Follower ที่มี Isolate กับเอาท์พุทของไอซีนี้ ส่วนทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 จะเป็นตัวขับวงจรเอาท์พุทแอมปลิไฟเออร์

ในวงจรนี้สามารถเปลี่ยนจากภาคส่งสัญญาณเป็นภาครับสัญญาณได้ โดยการต่อขา 7 ลงกราวด์ ถ้าต้องการให้เป็นตัวส่งสัญญาณ ซึ่งปกติขา 7 นี้ จะเป็น Normally Open และถ้าต้องการให้เป็นภาครับให้ดูในวงจรรูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 4
การออกแบบ เครื่องวัดระยะทางด้วยอุลตร้าโซนิค

ฝั่งส่ง

หลักการคำนวณ ออสซิเลเตอร์ โดยใช้ IC_1 555 โดยความถี่ที่เราต้องการนั้น มีค่าตั้งแต่ 16.5 KHz ถึง 17.5 KHz

เราจะหาความถี่ที่สูงที่สุดในออสซิเลเตอร์ตัวที่ 1 จากรูปเราจะเห็นว่า C นั้นมีค่าคงที่ แสดงว่า ความถี่นั้นจะเปลี่ยนแปลงตามความต้านทาน แสดงว่าจะต้องมีค่าความต้านทานอย่างน้อย 1 ตัว ที่เป็นตัวปรับค่าได้

ถ้าความต้านทานมีค่ามากที่สุด แสดงว่าความถี่น้อยที่สุด ถ้าความต้านทานน้อยที่สุด แสดงว่าเป็นความถี่มากที่สุด (ตามสเปคที่เรากำหนด)

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1.443}{(R_a + Rc + 2R_b)C}$$

เนื่องจากเราจะหาค่าความถี่ที่สุดที่สุดคือ 17.5 KHz แสดงว่า Ra ที่ปรับค่าได้นั้น เราจะปรับค่าประมาณ 0 Ω

โดยเรากำหนด ให้ C = 1.5nF

$$\frac{1.443}{(R_a + 2R_b)C} = 45 \text{ kHz}$$

$$\frac{1.443}{45\times10^{3}\times1.5\times10^{-9}} = R_b + 2R_c$$

$$R_b + 2R_c = 20.91 \text{ K}\Omega$$

เราสมมติค่า R_1 = 500 Ω

$$R_1 + 2R_2 = 20.91 \text{ K}\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
72088

$500\ \Omega + 2R_2 = 20.91\ K\Omega$

$R_c = 10.2\ K\Omega$

เนื่องจากค่าความต้านทานที่ขายในท้องตลาดนี้ไม่มีค่า $R_c = 10.2\ K\Omega$ เราจึงเลือกค่าความต้านทาน $R_c = 8.2\ K\Omega$

เนื่องจากเราจะหาค่าความถี่ที่ต่ำที่สุดคือ 16 KHz แสดงว่า Ra ที่ปรับค่าได้นั้น เราจะปรับค่าประมาณ มากที่สุด

โดยเรากำหนด ให้ C = 1.5nF

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1.443}{(R_a + Rc + 2R_b)C}$$

$$38.5\ KHz = \frac{1.443}{(R_a + 2Rc + 2R_b)C}$$

R_a (ปรับค่าได้) $= 1.4\ K\Omega$

เนื่องจากค่าความต้านทานที่ขายในท้องตลาดนี้ไม่มีค่า $R_a = 2\ K\Omega$ เราจึงเลือกค่าความต้านทาน 2 ตัวมาขนานกัน คือ R_3 $5K\Omega$ (ปรับค่าได้) กับ ความต้านทานR_4 $2\ K\Omega$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการคำนวณ ออสซิเลเตอร์

หลักการคำนวณ ออสซิเลเตอร์ โดยใช้ IC_1 555 โดยความถี่ที่เราต้องการนั้น มีค่าตั้งแต่ 16 KHz ถึง 17 KHz

เราจะหาความถี่ที่สูงที่สุดในออสซิเลเตอร์ตัวที่ 1 จากรูปเราจะเห็นว่า C นั้นมีค่าคงที่ แสดงว่า ความถี่นั้นจะเปลี่ยนแปลงตามความต้านทาน แสดงว่าจะต้องมีค่าความต้านทานอย่างน้อย 1 ตัว ที่เป็นตัวปรับค่าได้

ถ้าความต้านทานมีค่ามากที่สุด แสดงว่าความถี่น้อยที่สุด ถ้าความต้านทานน้อยที่สุด แสดงว่าเป็นความถี่มากที่สุด (ตามสเปคที่เรากำหนด)

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1.443}{(R_a + Rc + 2R_b)C}$$

เนื่องจากเราจะหาค่าความถี่ที่สุดที่สุดคือ 17 KHz แสดงว่า Ra ที่ปรับค่าได้นั้น เราจะปรับค่าประมาณ 0 Ω

โดยเรากำหนด ให้ C = 1.5nF

$$\frac{1.443}{(R_a + 2R_b)C} = 17.5 \text{ kHz}$$

$$\frac{1.443}{17.5\times10^{3}\times1.5\times10^{-9}} = R_b + 2R_c$$

$$R_b + 2R_c = 54.97\ \text{K}\Omega$$

เราสมมติค่า Rb = 10 KΩ

$$R_b + 2R_c = 54.97\ \text{K}\Omega$$

$$10\ \text{K}\Omega + 2R_c = 54.97\ \text{K}\Omega$$

$$R_c = 29.35\ \text{K}\Omega$$

เนื่องจากค่าความต้านทานที่ขายในท้องตลาดนี้ไม่มีค่า R_c = 29.35 KΩ เราจึงเลือกค่าความต้านทาน R_c = 30 KΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเราจะหาค่าความถี่ที่สุดที่สุดคือ 16.5 KHz แสดงว่า Ra ที่ปรับค่าได้นั้น เราจะปรับค่าประมาณ 0 Ω

โดยเรากำหนด ให้ C = 1.2nF

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1.443}{(R_a + Rc + 2R_b)C}$$

$$16.5KHz = \frac{1.443}{(2R_a + Rc + 2R_b)C}$$

R_a = 1.66 KΩ (ปรับค่าได้)

เนื่องจากค่าความต้านทานที่ขายในท้องตลาดนี้ไม่มีค่า R_a = 1.66 KΩ เราจึงเลือกค่าความต้านทาน R_a = 5 KΩ ขนานกับ 2.4 KΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ ตัวทริกโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์

หลักการคือ ตัวที่มาทริกนี้จะต้องมีค่าน้อยกว่าคาบที่น้อยที่สุดของวงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์(125 us) และจะต้องมีค่ามากกว่า 0.2 us (มาจาก ดาต้าชีส)

เรากำหนดให้คาบ ที่ไปทริกวงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ให้เท่ากับ 2.2 us และ $R = 10\,K\Omega$

$$T = RC$$

$$2.2\ us = (10K\,\Omega)C$$

$$C = 220\ Pf$$

หลักการคำนวณ โมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์

โดยใช้ $IC_1$4538 เราต้องการสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม โดยสัญญาณนี้จะนำไป Gate กับออสซิเลเตอร์ 40 KHz อีกตัวหนึ่ง โดยเราคำนวณความกว้างของคาบของ IC_1 4528 ไว้ตั้งแต่ 100uS – 500uS

$$T = (R_6+R_5)C_3$$

เราจะหาคาบที่สูงที่สุดในโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ ตัวที่ 1 จากรูปเราจะเห็นว่า C นั้นมีค่าคงที่ แสดงว่า คาบนั้นจะเปลี่ยนแปลงตามความต้านทาน แสดงว่าจะต้องมีค่าความต้านทานอย่างน้อย 1 ตัวที่เป็นตัวปรับค่าได้

ถ้าความต้านทานมีค่ามากที่สุด แสดงว่าคาบมากที่สุด ถ้าความต้านทานน้อยที่สุด แสดงว่าเป็นคาบน้อยที่สุด (ตามสเปคที่เรากำหนดไว้)

เนื่องจากเราจะหาค่าคาบที่ต่ำที่สุด แสดงว่า R_5 ที่ปรับค่าได้นั้น เราจะปรับค่าประมาณ 0 Ω ($R_5=0\,\Omega$)

$$T = (R_6+R_5)C_3$$

$$100\ us = R_6C_3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเรากำหนด ให้ C_3 = 47nF

R_6 = 2.1KΩ

เนื่องจากค่าความต้านทานที่ขายในท้องตลาดนี้ไม่มีค่า R_6 = 2.1 KΩ เราจึงเลือกค่าความต้านทาน R_6 = 2 KΩ

R_6 = 2 KΩ

เนื่องจากเราจะหาค่าคาบมากที่สุด (T= 500 uS) แสดงว่า R_5 ที่ปรับค่าได้นั้น เราจะปรับค่าความต้านทานปรับค่าได้ให้มีค่ามากที่สุด

$$T = (R_6+R_5)C_3$$

$$500\ us = (R_6 + R_5)C_3$$

โดยเรากำหนด ให้ C_3 = 47nF

R_5 = 8.63 KΩ

เนื่องจากค่าความต้านทานที่ขายในท้องตลาดนี้ไม่มีค่า R_5 = 8.63 KΩ เราจึงเลือกค่าความต้านทาน R_5 = 10 KΩ ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับการคำนวณมากที่สุด

ทำให้สเปคของเราที่กำหนดเป็น 94 us – 564 us

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการคำนวณ โมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์

โดยใช้ IC_3 4538 เราต้องการสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม โดยสัญญาณนี้จะเป็นตัวกำจัดสัญญาณรบกวนด้านข้าง โดยเราคำนวณความกว้างของคาบของ IC_3 4538 ไว้ตั้งแต่ 100 – 400 usec

$$T = (R_7+R_8)C_4$$

เราจะหาคาบของโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์

$$T = (R_8)C_4$$

$$100\ usec = R_8C_4$$

โดยเรากำหนด ให้ $C_4 = 56nF$

$$R_8 = 1.78\ K\Omega$$

เนื่องจากค่าความต้านทานที่ขายในท้องตลาดนี้ไม่มีค่า $R_9 = 1.78\ K\Omega$ เราจึงเลือกค่าความต้านทาน $R_9 = 2\ K\Omega$

$$R_8 = 2\ K\Omega$$

เนื่องจากเราจะหาค่าคาบมากที่สุด (T= 400 uS) แสดงว่า R_7 ที่ปรับค่าได้นั้น เราจะปรับค่าความต้านทานปรับค่าได้ให้มีค่ามากที่สุด

$$T = (R_7+R_8)C_4$$

$$400\ us = (R_7 + R_8)C_4$$

โดยเรากำหนด ให้ $C_4 = 56nF$

$$R_7 = 5.1\ K\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากค่าความต้านทานที่ขายในท้องตลาดนี้ไม่มีค่า R_5 = 5.1KΩ เราจึงเลือกค่าความต้านทาน R_5 = 5 KΩ ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับการคำนวณมากที่สุด

ทำให้สเปคของเราที่กำหนดเป็น 100 us – 400 us

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้ IC_2 4538 เราต้องการสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม โดยสัญญาณนี้จะเป็นตัวกำจัดสัญญาณรบกวนด้านข้าง โดยเราคำนวณความกว้างของคาบของ IC_2 4538 ไว้ตั้งแต่ 5 usec

$$T = (R_9)C_5$$

เราจะหาคาบของโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์

$$T = (R_9)C_5$$

$$5 \text{ usec} = R_9C_5$$

โดยเรากำหนด ให้ $C_5 = 1nF$

$$R_9 = 5 K\Omega$$

เนื่องจากค่าความต้านทานที่ขายในท้องตลาดนี้ไม่มีค่า $R_9 = 5 K\Omega$ เราจึงเลือกค่าความต้านทาน $R_9 = 5 K\Omega$

$$R_9 = 5 K\Omega$$

โดยใช้ IC_4 4538 เราต้องการสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม โดยสัญญาณนี้จะเป็นตัวกำจัดสัญญาณรบกวนด้านข้าง โดยเราคำนวณความกว้างของคาบของ IC_2 4538 ไว้ตั้งแต่ 30 msec

$$T = (R_{10})\, C_6$$

เราจะหาคาบของโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์

$$T = (R_{10})C_6$$

$$30 \text{ msec} = R_{10}C_6$$

โดยเรากำหนด ให้ $C_6 = 3$ uF

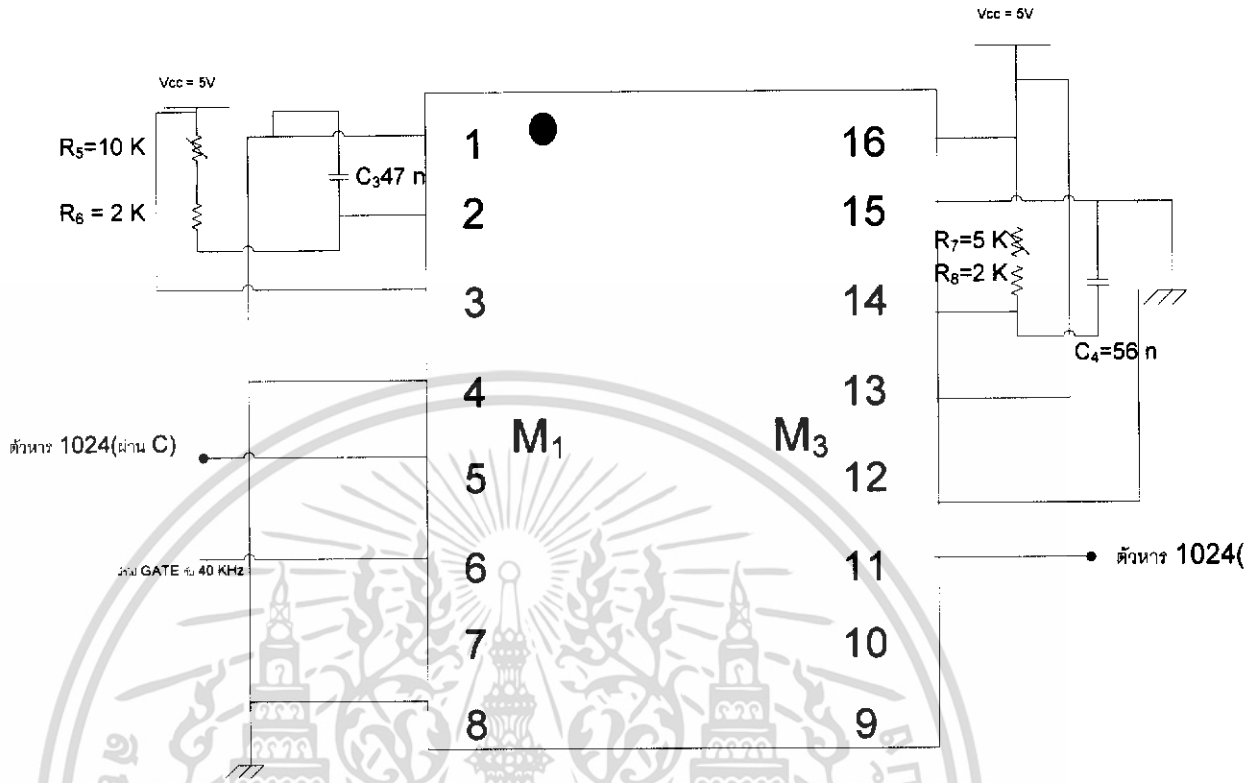
$$R_{10} = 10 K\Omega$$

เนื่องจากค่าความต้านทานที่ขายในท้องตลาดนี้ไม่มีค่า $R_{10} = 10 K\Omega$ เราจึงเลือกค่าความต้านทาน $R_{10} = 10 K\Omega$

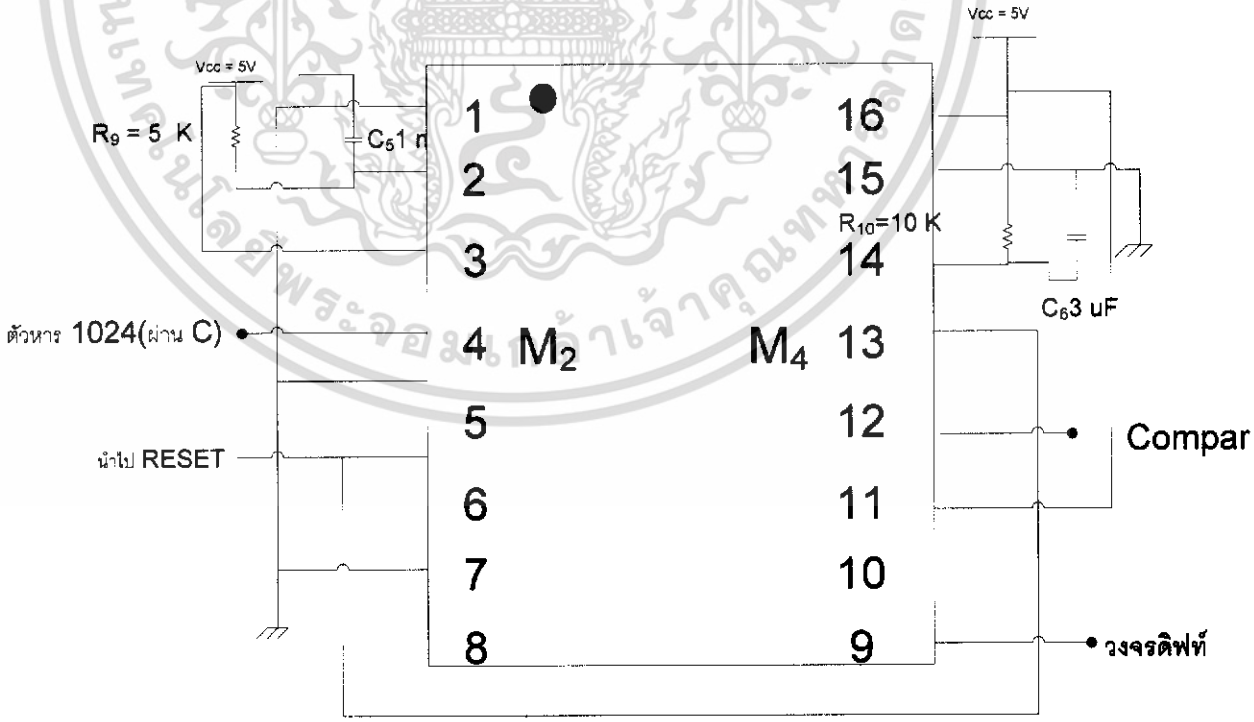
$$R_{10} = 10 K\Omega$$

L ที่เรานำมาใช้ในวงจรจูนแอมป์ มีหลักการมาจากการนำ L มาใส่ ไปเรื่อยจนได้ค่า L ที่เหมาะสม เราจึงเลือกค่า $L_1 = 3.3$ mH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



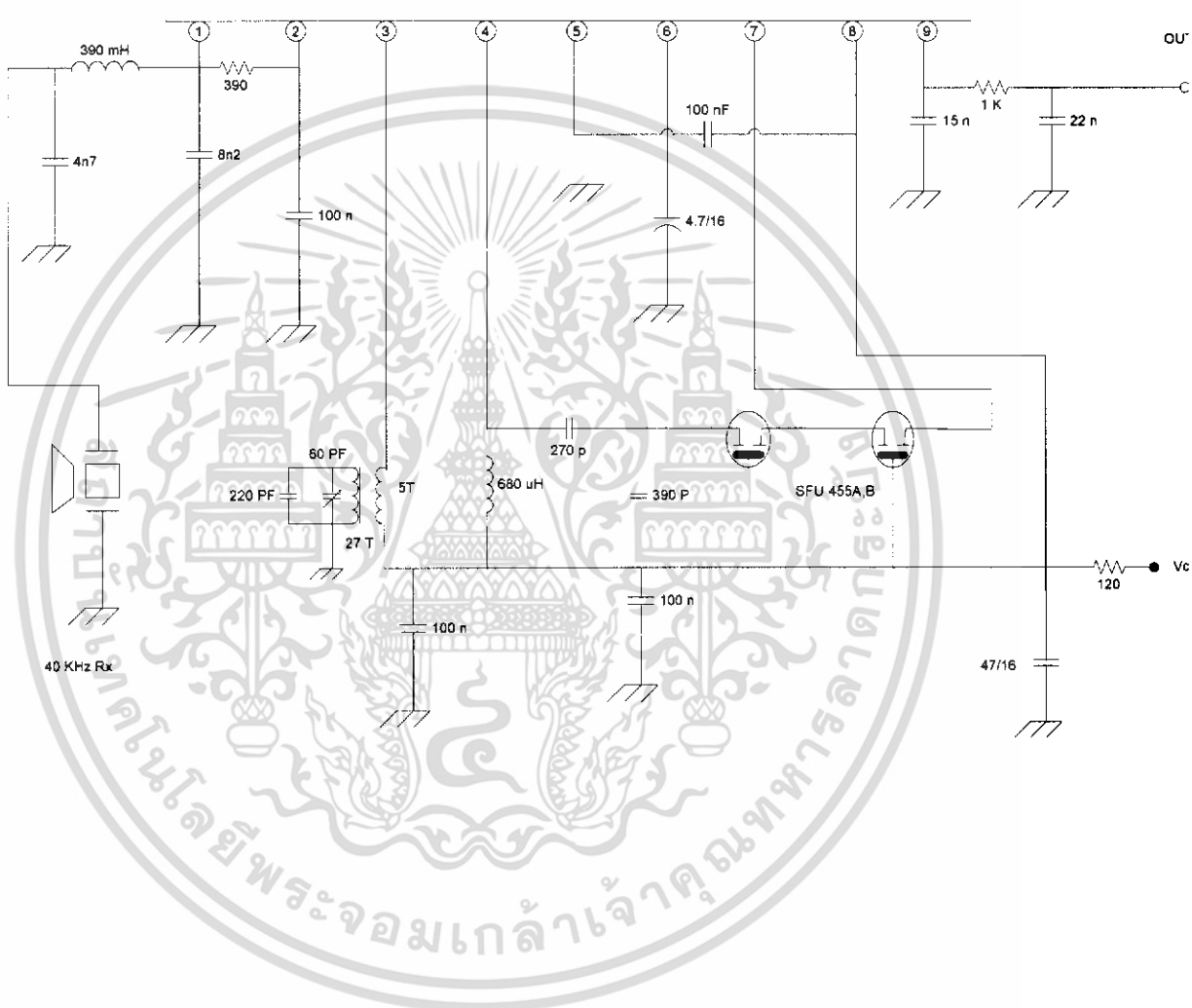
รูปที่ 4.1 โมโนสเตเบอร์ ที่ 1และ 3



รูปที่ 4.2 โมโนสเตเบอร์ที่ 2 และ 4

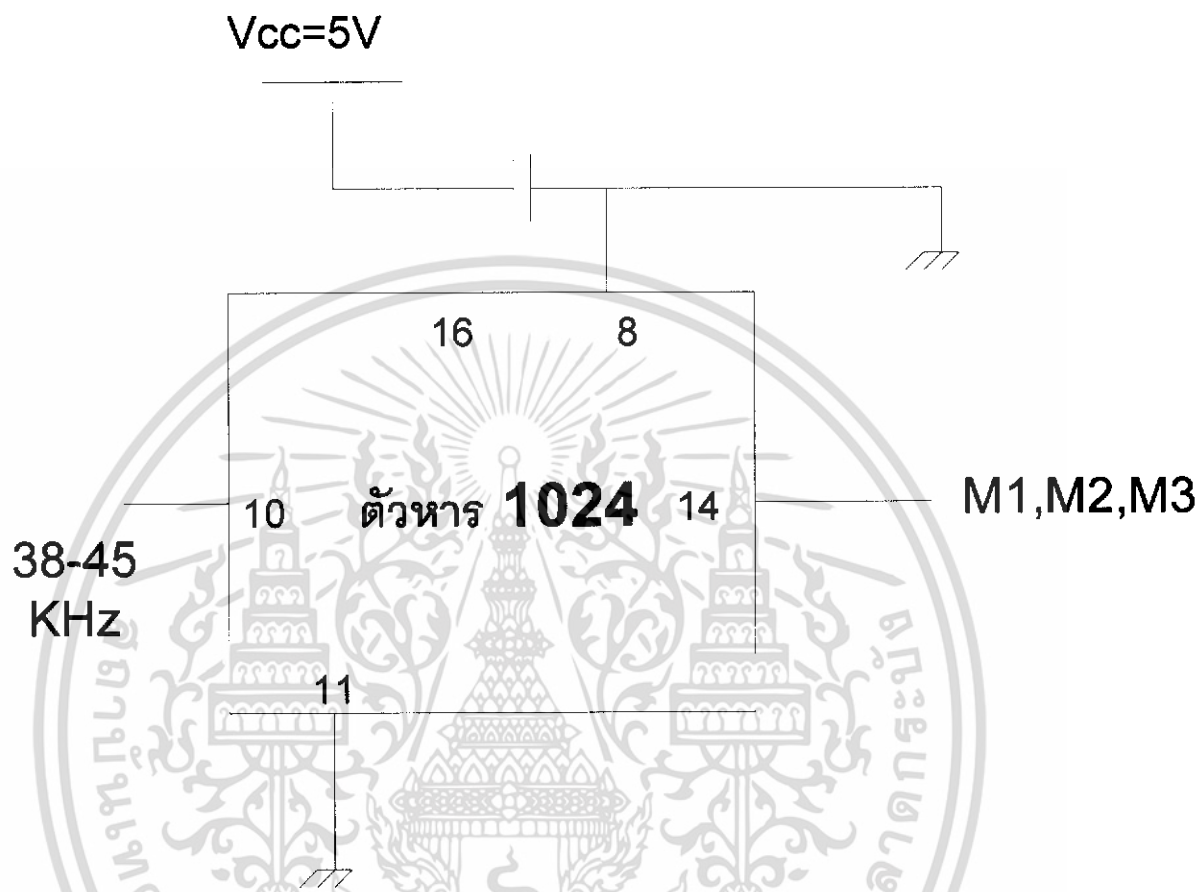
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LA 1600



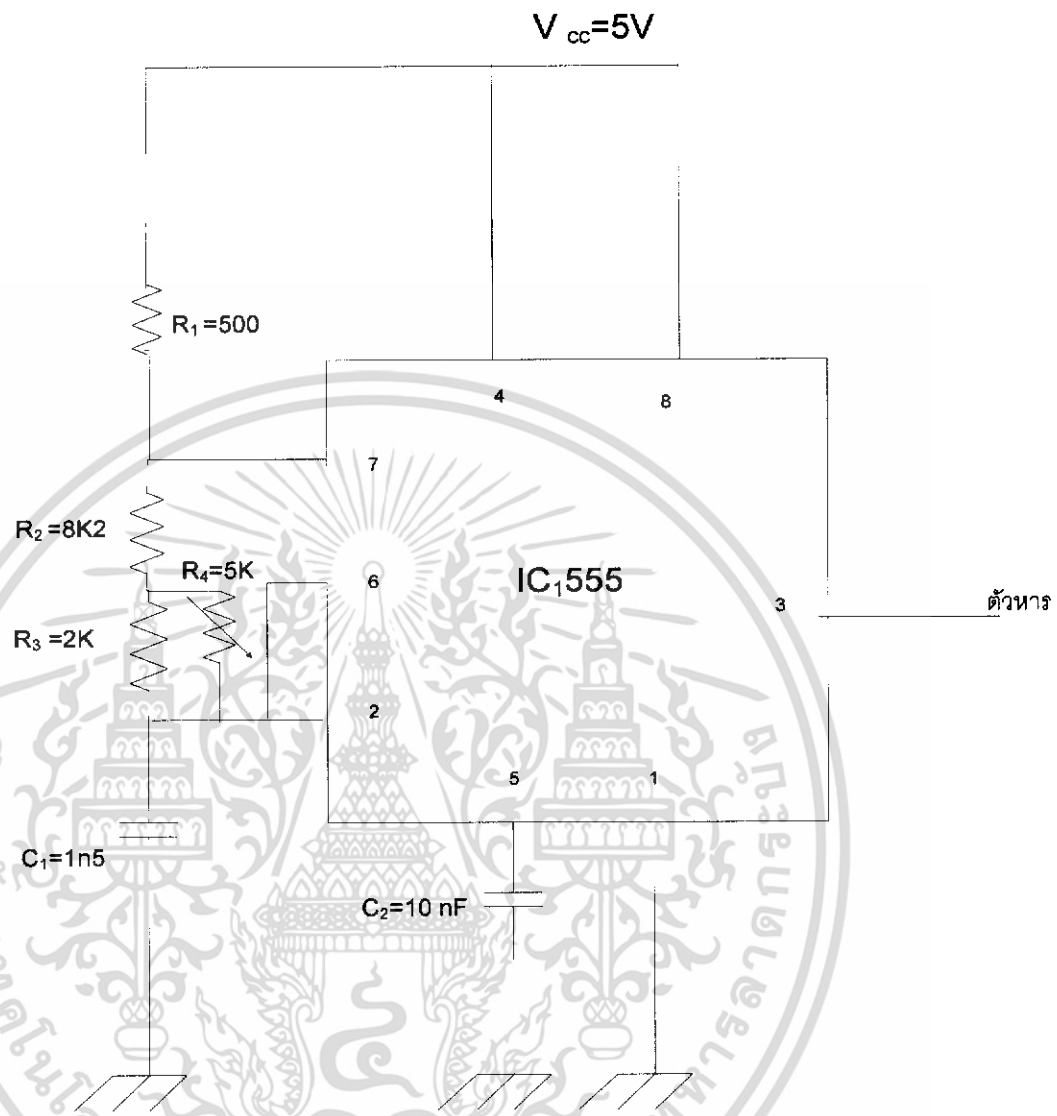
รูปที่ 4.3 วงจรของ LA 1600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



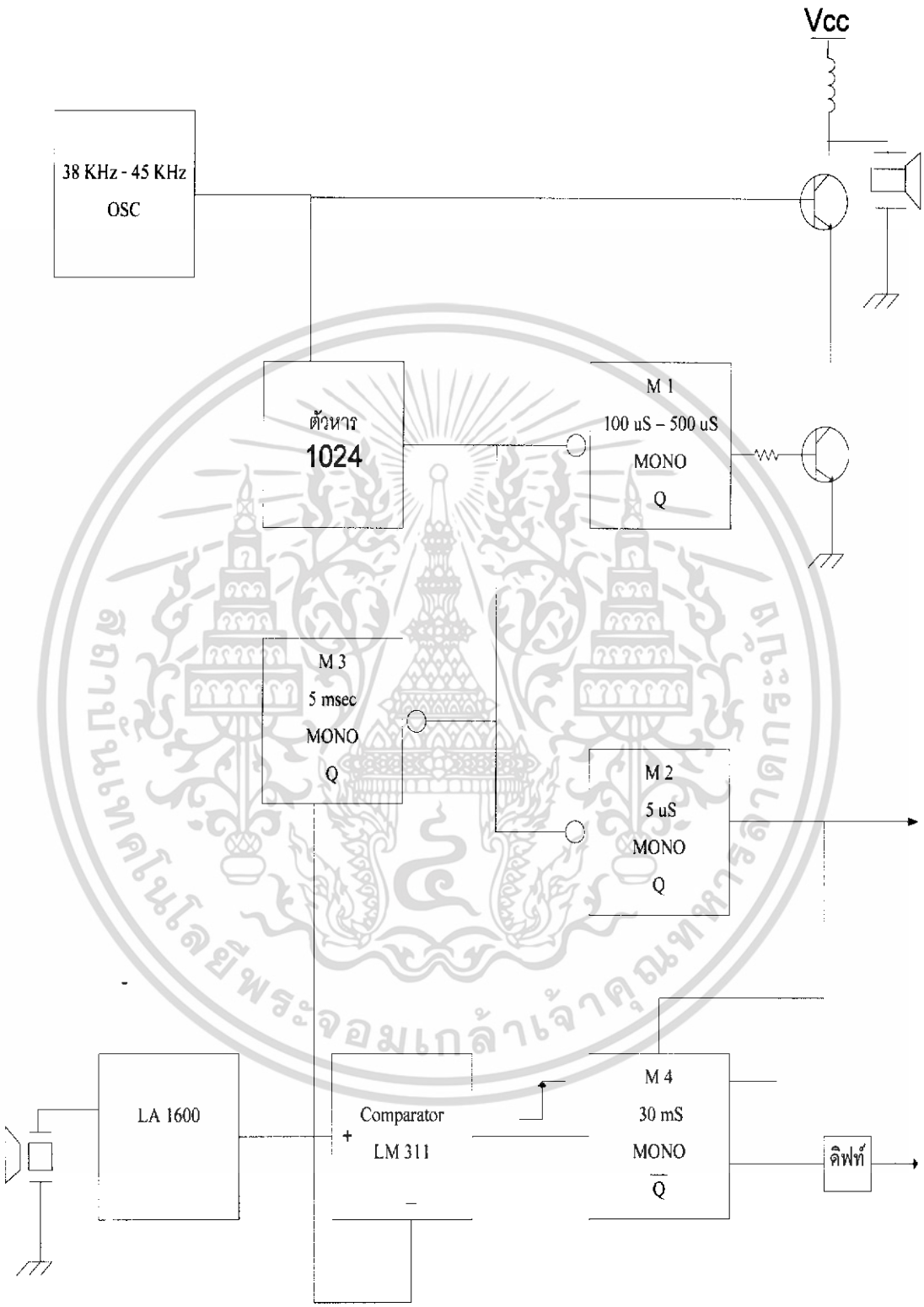
รูปที่ 4.4 วงจรตัวหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 วงจรออสซิเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 บล็อคไดอะแกร็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1). เป็นการตรวจสอบว่า T_x สามารถส่งได้ค่าV_oได้สูงที่สุด ณ ความถี่ที่เท่าไหร่

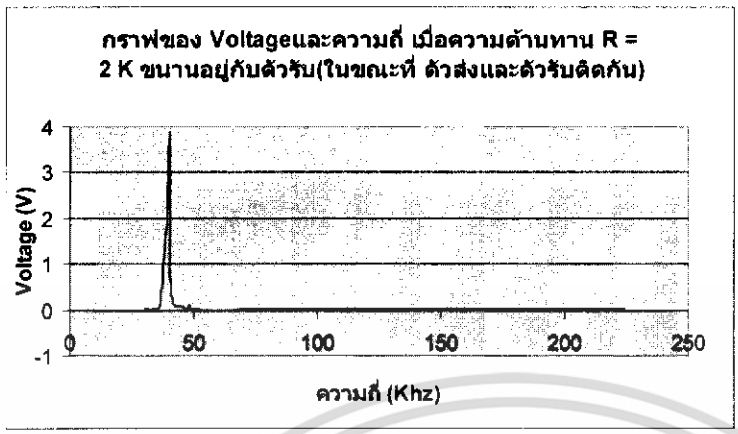
ค่าความต้านทาน R = 2 K	
ความถี่(KHz)	โวลต์(V)
30	0.0012
31	0.0036
32	0.0024
33	0.0024
34	0.032
35	0.0096
36	0.045
37	0.18
38	1.12
39	2.15
39.5	3.4
40	3.8
40.5	1.18
41	0.44
41.5	0.22
42	0.12
43	0.08
44	0.08
45	0.08
46	0.05
47	0.008
48	0.112
49	0.01
50	0.0032
60	0.00189
70	0.0034
80	0.0036
90	0.004
100	0.0052
130	0.0075
140	0.008
160	0.0085
190	0.01
200	0.011
210	0.011
224	0.01

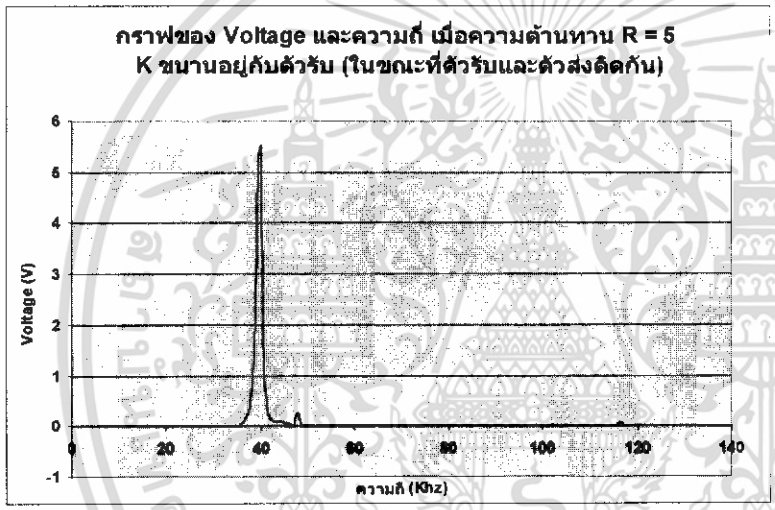
ค่าความต้านทาน R = 5 K	
ความถี่(KHz)	โวลต์(V)
25	0
26	0
27	0
28	0
29	0
30	0.0016
31	0.0048
32	0.0024
33	0.0032
34	0.0044
35	0.0126
36	0.042
37	0.195
38	0.64
38.5	1.52
39	2.15
39.5	5.2
40	5.5
40.5	2.1
41	0.72
42	0.17
43	0.092
44	0.08
45	0.074
46.5	0.048
47	0.014
48	0.27
49	0.016
50	0.0125
114	0.009
114.5	0.01
115	0.012
115.5	0.016
116	0.025
116.5	0.068
117	0.035

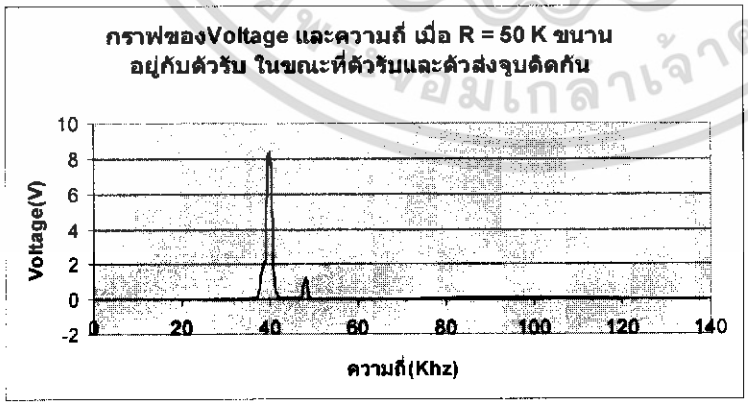
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความต้านทาน R = 50 K	
ความถี่(KHz)	โวลต์(V)
25	0.012
26	0.012
27	0.012
28	0.012
29	0.012
30	0.012
31	0.012
32	0.012
33	0.012
34	0.012
35	0.012
36	0.06
37	0.2
38	1.6
38.5	2
39	2.35
39.5	8
40	8.4
40.5	3.2
41	0.8
42	0.165
43	0.104
44	0.093
45	0.074
46	0.06
47	0.016
48	1.24
49	0.028
50	0.016
116.5	0.07
117	0.036
117.5	0.034
118	0.04
118.5	0.074
119	0.042
120	0.016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

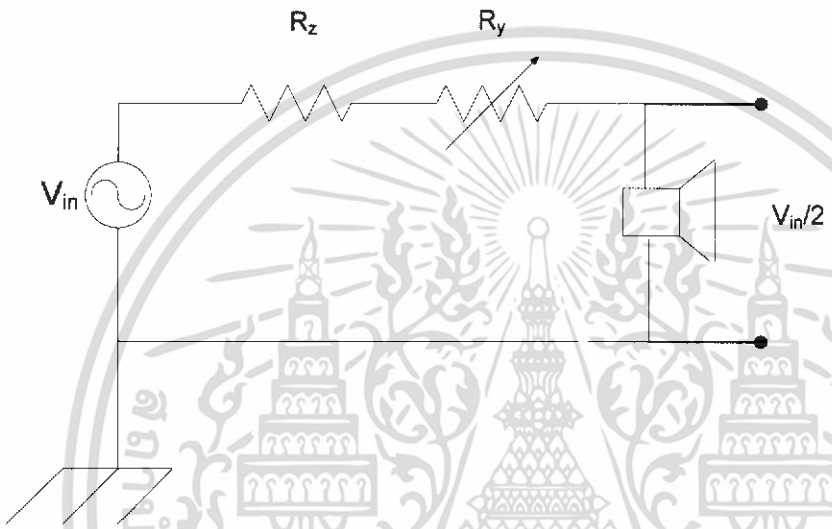
2. เป็นการวัดระยะทางโดยนำ Tx และ Rx หันหน้าเจอกัน แล้วเพิ่มระยะทางทุกๆ 20 เซนติเมตร

Voltage ฝั่งส่ง ประมาณ 42 V	
ระยะทาง(ซม.)	Voltage ที่ฝั่งรับ(mV)
0	2500
20	250
40	100
60	75
80	60
100	35
120	27
140	20
160	16
180	14
200	13
220	12
240	11
260	10
280	9
300	8
320	7
340	6
360	5
380	4
400	3
420	2
440	1.5
460	1.2
480	1
500	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วัดค่าความต้านทานของตัวส่งและตัวรับ

วัดค่าความต้านทานของตัวส่ง

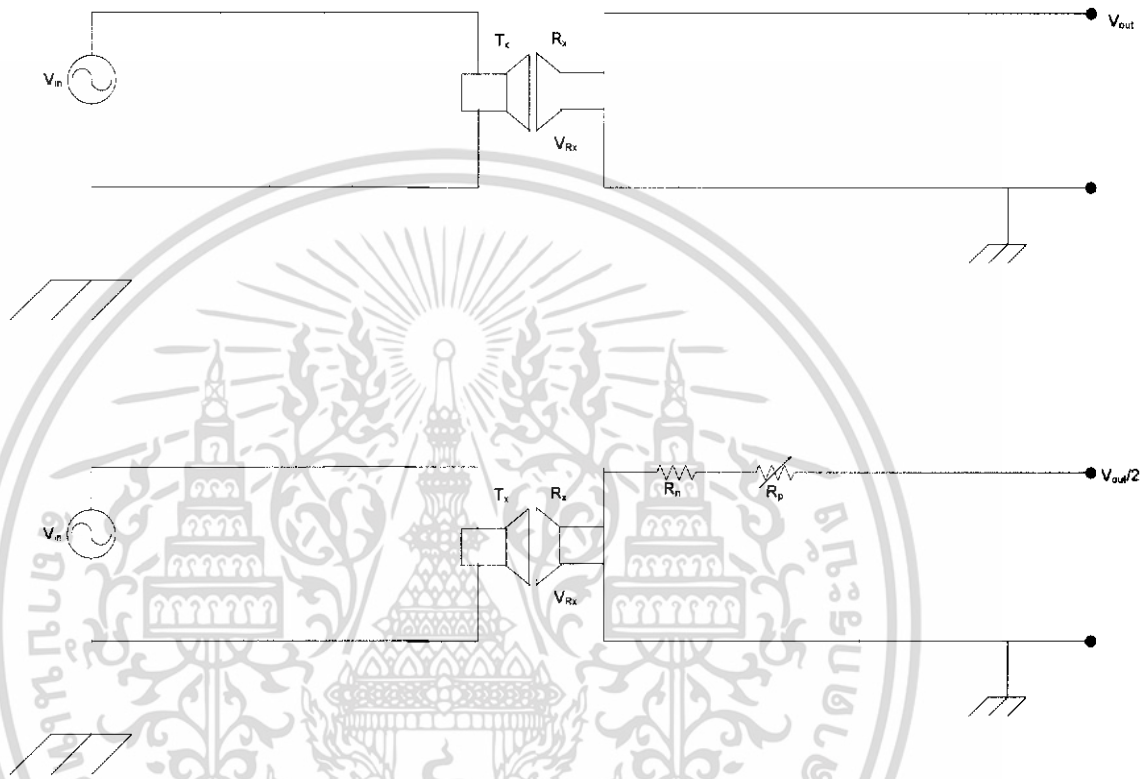


จากการทดลองหาค่าความต้านทาน R_{tx}

เราจะวัดค่าความต้านทานของตัวส่ง = 1.4 K Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดค่าความต้านทานของตัวส่ง



ค่าความต้านทานของตัวรับ = 2.3 K Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานของเครื่องวัดระยะทาง

ผลของการวัดระยะทาง		
ระยะทางจริง	ระยะทางจากการวัด	ความผิดพลาดที่คิดเป็นเปอร์เซนต์
30	32	6.666666667
40	42	5
50	52	4
60	61	1.666666667
70	71	1.428571429
80	82	2.5
90	91	1.111111111
100	102	2
110	112	1.818181818
120	121	0.833333333
130	131	0.769230769
140	142	1.428571429
150	151	0.666666667
160	161	0.625
170	171	0.588235294
180	181	0.555555556
190	191	0.526315789
200	200	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

คลื่นอุลตร้าโซนิคพบว่าใช้วัดระยะทางได้ดีเพราะเดินทางเกือบเป็นเส้นตรง เนื่องจาก ตัวส่งของอุลตร้าโซนิคเหมือน BPF ซึ่งจากผลการทดลองเราพบว่า ความถี่ที่ 40 KHz จะสามารถส่งสัญญาณได้ดีที่สุด

เนื่องจากการส่ง 40 KHz ถ้าเราส่งแบบต่อเนื่อง ทำให้เราไม่สามารถแยกได้ว่าลูกคลื่นแต่ละลูกคลื่นได้ เราจึงต้องส่งลูกคลื่นเป็นช่วงๆ คือเมื่อเราส่งลูกคลื่นที่1ไป และรับลูกคลื่นที่1 แล้วค่อยปล่อยลูกคลื่นที่ 2

ถ้าลูกคลื่นที่ส่งเป็นช่วง ๆ ในการส่งหนึ่งครั้งถ้าเราส่งจำนวนลูกคลื่นมากๆ จะสามารถส่งได้ดีในระยะไกล แต่ส่งได้ไม่ดีในระยะใกล้ ในการส่งหนึ่งครั้งถ้าเราส่งจำนวนลูกคลื่นน้อยๆ จะสามารถส่งได้ดีในระยะใกล้ แต่ส่งได้ไม่ดีในระยะไกล

ส่วนฝั่งรับประกอบด้วย วงจรขยายออมแอมป์และวงจรมิกเซอร์ฯลฯ

จากโครงงานนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการนำคลื่นอุลตร้าโซนิคมาประยุกต์ใช้งาน ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำไปใช้งานหลายอย่าง เช่น การนำไปใช้เป็นตัวเซ็นเซอร์ในวงจรที่ไม่ต้องใช้ความละเอียดมาก หรือใช้ในวัดความลึกของน้ำทะเล หรือเป็นเซนเซอร์ติดไว้หลังรถ ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิคส์, “ เทคนิคการใช้อุลตร้าโซนิคทรานดิวเซอร์” หน้า 58-73 , ฉบับที่ 44,เมษายน 2524

2. เครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิคด้วยแสง หน้า 15-20 ปี 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้