

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก

ULTRASONIC DISTANCE METER



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 72071
วัน,เดือน,ปี..... - 8 ส.ย. 2550

b. 117 ๖3024
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก
ULTRASONIC DISTANCE METER

ผู้จัดทำ นางสาวกิตติพร กลีบจำปา 46010048
นางสาวขวัญชนก ขุนสิทธิเจริญ 46010074


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร. เกียรติศักดิ์ คมวัชระ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก

โดย

นางสาวกิติพร

กสิบจำปา

นางสาวขวัญชนก

ขุนสิทธิ์เจริญ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. เกียรติศักดิ์ คมวัชระ

ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ นำเสนอเกี่ยวกับการวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก โดยใช้ PIC ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม จากหลักการของคลื่นเสียง เสียงเดินทางในอากาศด้วยความเร็วเท่ากับ 340 m/s ดังนั้นเราจึงนำหลักการนี้มาประยุกต์ใช้ โดยเมื่อเราส่งพัลส์สัญญาณให้กับอุลตราโซนิกตัวส่งส่งไปยังวัตถุ สัญญาณที่ส่งออกไปจะสะท้อนกลับมายังอุลตราโซนิกตัวรับโดยที่ใช้ PIC ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ และเป็นตัวนับเวลาในหน่วยไมโครวินาที เมื่อเราได้ค่าเวลาแล้วนำค่าเวลาที่ได้อีกไปคำนวณค่าระยะทางโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ และแสดงผลด้วยจอ LCD ในหน่วย เซนติเมตร, นิ้ว และ ฟุต

ULTRASONIC DISTANCE METER

By

Miss. Kitiporn Kleapjumpa

Miss. Khwanchanok Khunsitcharoen

Advisor

Assoc.Prof.Dr. Kiattisak Kumwachara

Academic Year 2006

ABSTRACT

This thesis presents about using Ultrasonic to measure the distance, controlled by PIC Microcontroller. We know the theorem that “Noise is moving in the air at 340 m/s”, so if we send wave of Transducer Ultrasonic to the object then the wave will return to Receive Ultrasonic. When we send the square wave to Transducer Ultrasonic by PIC Microcontroller, we use register of PIC Microcontroller, Timer0, to count the time in microsecond. We get the times that counted by PIC Microcontroller to calculate for the distance by the PIC Microcontroller written in CCS C program. When we get the distance from calculation, then display the distance on LCD display in unit, cm, inch and feet that is easy to read.

The project has been conducted as in the following steps. First, the theorem and the principle that is associated with this project. Second, the structure and the qualifications of Ultrasonic and PIC Microcontroller. Third, The structure of necessary circuit is designed and constructed. Then microcontroller programmed, written in CCS C. Its tasks are to count for the time and calculate the distance and send the value to LCD display. Lastly, The experiments are conducted. The result show that the LCD display show the right distance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญาานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จาก รศ.ดร. เกียรติศักดิ์ คมวัชระ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด รวมทั้งข้อมูลที่เป็นที่เกี่ยวกับตัวโครงการ และความช่วยเหลืออื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจ คอยเตือน รวมทั้งคอยถามไถ่ความคืบหน้าของโครงการอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่เป็นกำลังใจที่คิดลอคมา ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงลงได้



ผู้จัดทำ

นางสาวกิติพร

นางสาวขวัญชนก

กสิณจำปา

สุนสิทธิ์เจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำ โครงงาน	1
1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 คลื่น	3
2.1.1 คลื่นตามยาว	3
2.1.2 คลื่นตามขวาง	4
2.2 คลื่นเสียง	4
2.2.1 ลักษณะคลื่นเสียง	4
2.2.2 คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นเสียง	5
2.3 คลื่นอุลตราโซนิก	7
2.4 ความแรงและกำลังของคลื่นอุลตราโซนิก	9
2.5 อุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์	10
2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของทรานสดิวเซอร์	12
2.5.2 คุณสมบัติทางความถี่ของทรานสดิวเซอร์	13
2.5.3 เบี่ยงโซทรานสดิวเซอร์	13
2.5.4 เบี่ยงโซอิเล็กทริกเอฟเฟ็ค	14
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	15
2.6.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์	15
2.6.2 ข้อแตกต่างระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์	15
2.6.3 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.6.3.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU : Central Processing Unit)	17
2.6.3.2 หน่วยความจำ	18
2.6.3.3 พอร์ตอินพุท / เอาต์พุท (I/O port)	18
2.6.4 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์	29
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	31
3.1 การส่งพัลส์ความถี่ 40 kHz	32
3.2 การใช้ไทมเมอร์เคาน์เตอร์ในการนับเวลา	33
3.3 การใช้งานอินเทอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC	35
3.4 การคำนวณค่าระยะทางจากเวลาที่สะท้อนกลับ	36
3.5 การแสดงผลทางจอ LCD	38
3.6 ภาครับสัญญาณ	38
บทที่ 4 การทดลอง	44
4.1 การทดลองสัญญาณพัลส์ที่ออกจาก PIC และสัญญาณที่ตัวส่ง	44
4.2 การทดลองสัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ตัวส่ง	45
4.3 การทดลองสัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ผ่านวงจรขยาย	45
4.4 สัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่	46
4.5 สัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ตัวขมิตริกเกอร์	47
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	51
5.1 สรุปผลการทดลอง	51
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	51
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการใช้งานเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก	53
ภาคผนวก ข โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง	58
เอกสารอ้างอิง	69

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว	3
2.2 แสดงถึงลักษณะของการเกิดคลื่นตามขวาง	4
2.3 แสดงการเกิดบีทของคลื่น	5
2.4 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นนิ่ง	6
2.5 แสดงลักษณะของคลื่นเสียงที่ผ่านช่องแคบ ๆ จนเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดใหม่	6
2.6 แสดงการหักเหของคลื่นเสียงในตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน	7
2.7 แสดงการจำแนกความถี่ต่าง ๆ ในช่วงคลื่นอุตราโซนิก	8
2.8 แสดง Delay Line ที่ใช้ในหน่วยสัญญาณที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างคลื่นแม่เหล็กกับคลื่นอุตราโซนิก	9
2.9 ลักษณะของเซลล์ในแต่ละสถานะ	11
2.10 แสดงลักษณะ โครงสร้างภายในทั่ว ๆ ไปของทรานสดิวเซอร์	14
2.11 แสดงปรากฏการณ์เปียโซอิเล็กทริก	14
2.12 โครงสร้างพื้นฐานของไมโคร โปรเซสเซอร์	16
2.13 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์	16
2.14 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC	20
2.15 โครงสร้างของพอร์ต A (RA0, RA1, RA2, RA3, RA5)	22
2.16 โครงสร้างของพอร์ต A (RA4)	22
2.17 โครงสร้างของพอร์ต B (RB0 – RB3)	23
2.18 โครงสร้างของพอร์ต B (RB4 – RB7)	24
2.19 โครงสร้างของพอร์ต C (RC0, RC2, RC5, RC7)	26
2.20 โครงสร้างของพอร์ต C (RC3, RC4)	26
2.21 โครงสร้างของพอร์ต D	27
2.22 โครงสร้างของพอร์ต E	28
3.1 การทำงานโดยรวมของเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุตราโซนิก	31
3.2 การส่งสัญญาณพัลส์ความถี่ 40kHz	33
3.3 การเซตค่าให้ไทมเมอร์ 0 และการบริการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากไทมเมอร์0 เกิดโอเวอร์โฟลว	36
3.4 การคำนวณหาค่าระยะทางจากค่าไทมเมอร์0	38
3.5 รูปวงจรรขยายสัญญาณ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และรัฐสงวนลิขสิทธิ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 หลังจากผ่านวงจรกรองความถี่แล้ว เข้าหาทรานซิสเตอร์	42
3.7 วงจรเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก	43
4.1 สัญญาณพัลส์ที่ออกจาก PIC และที่ตัวส่ง	44
4.2 สัญญาณที่ตัวรับอุลตราโซนิกและสัญญาณที่ตัวส่งอุลตราโซนิก	45
4.3 สัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ผ่านวงจรขยาย	46
4.4 สัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่วงจรแรก	46
4.5 สัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่วงจรที่สอง	47
4.6 สัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ตัวชมิทริกเกอร์เมื่อยังไม่มีการสะท้อนกลับจากวัตถุ	48
4.7 สัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ตัวชมิทริกเกอร์เมื่อมีการสะท้อนกลับจากวัตถุ	48
4.8 กราฟเปรียบเทียบค่าระยะทางที่วัดได้กับระยะทางจริง	50
ก.1 รูปวงจรภายในเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก	53
ก.2 แสดงเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก	53
ก.3 เครื่องวัดระยะทางทำการส่งพัลส์เพื่อไปสะท้อนกับวัตถุ	54
ก.4 แสดงการวัด โดยวัตถุคือกำแพงที่ระยะ 50 เซนติเมตร	55
ก.5 แสดงระยะทางจริงที่ระยะ 50 เซนติเมตร	55
ก.6 แสดงระยะทางที่วัดได้ที่ระยะ 50 เซนติเมตร	56
ก.7 แสดงการวัด โดยวัตถุคือกำแพงที่ระยะ 90 เซนติเมตร	56
ก.8 แสดงระยะทางจริงเทียบกับระยะทางที่วัดได้ที่ระยะ 90 เซนติเมตร	57

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการเปรียบเทียบความยาวคลื่นที่ความถี่และความเร็วของคลื่นที่มีค่าต่างกัน	7
2.2 แสดงคุณสมบัติบางอย่างของสารเซรามิก	13
2.3 Microcontroller PIC	19
2.4 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ Microcontroller PIC16F877a	30
4.1 ตารางแสดงผลการทดลองการวัดระยะทางด้วยเครื่องวัดระยะทาง	49



บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีต่าง ๆ ได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเทคโนโลยีของคลื่นเสียงนั้นได้ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบันเป็นอย่างมาก และมีการพัฒนาไปอย่างไม่หยุดยั้ง ไม่ว่าจะเป็นนำไปใช้ในการสื่อสาร อุปกรณ์ทำความสะอาด เครื่องควบคุมระยะไกล เครื่องวัดระยะทางและเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่นำไปใช้ในการประดิษฐ์อุปกรณ์ต่าง ๆ อีกมากมาย เราจึงเกิดแนวคิดในการใช้เทคโนโลยีทางด้านเสียงมาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของวัตถุหรือสิ่งกีดขวางแล้วนำมาแสดงผลเป็นระยะทาง

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของตัวรับตัวส่งอัลตราโซนิกและการนำไปใช้
2. เพื่อศึกษาโครงสร้างสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877a และการเขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877a
3. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ของตัวรับตัวส่งอัลตราโซนิกและไมโครคอนโทรลเลอร์
4. เพื่อศึกษาและสร้างเครื่องมือวัดระยะทางโดยใช้หลักการสะท้อนของคลื่นอัลตราโซนิก

1.3 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงการ

เครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เป็นเครื่องที่นำมาใช้โดยอาศัยหลักการของคลื่นสะท้อน ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และความรู้ทางคอมพิวเตอร์ โดยมีหลักการทำงานจากการส่งคลื่น ในรูปแบบการส่งคลื่นไปสะท้อนที่พื้นผิวของวัตถุแล้วกลับมายังตัวรับเพื่อตรวจสอบหาระยะทางของวัตถุ ถ้าหากวัตถุอยู่ภายในระยะขอบเขตที่เราสามารถตรวจหาวัตถุได้ ตัวรับจะสามารถรับสัญญาณสะท้อนกลับได้ แล้วส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลเพื่อหาระยะทางและนำมาแสดงผลบนจอ LCD ซึ่งรูปแบบของคลื่นอัลตราโซนิกที่นำมาใช้นี้เป็นคลื่นที่มีทิศทาง และสามารถกำหนดจุดที่คลื่นจะเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายได้อย่างแน่นอน คลื่นอัลตราโซนิกที่เรานำมาใช้นั้นเลือกค่าความถี่ที่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์

1.4 รายละเอียดของปฏิญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปฏิญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

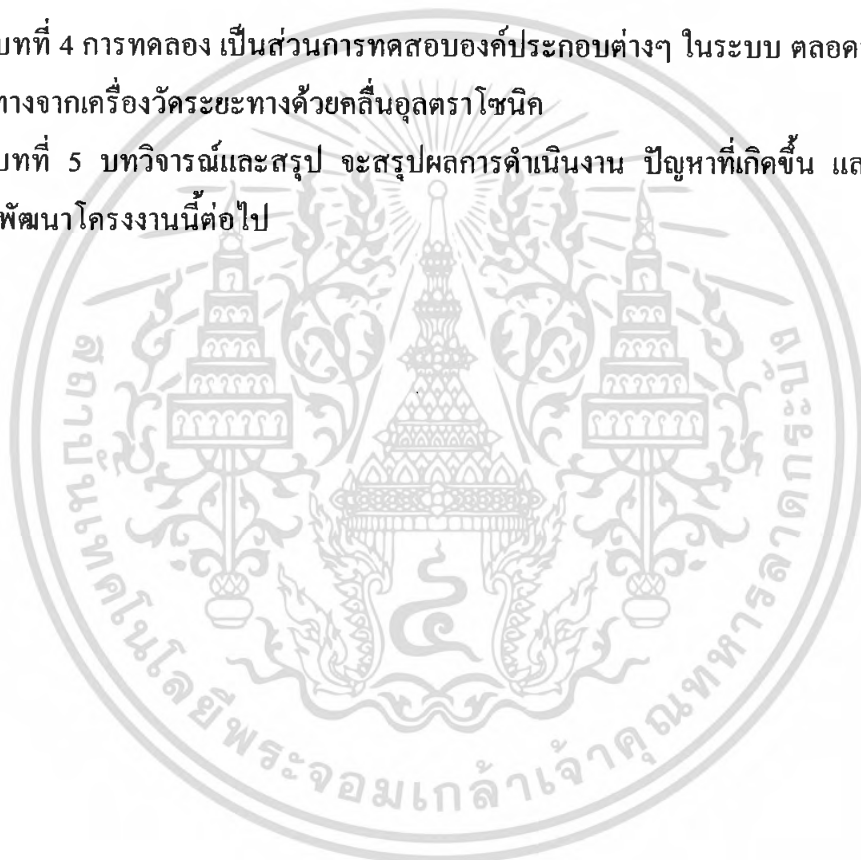
บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการศึกษา และการจัดทำโครงการ พร้อมทั้งรายละเอียดของปฏิญญานิพนธ์ของแต่ละบท

บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการรับและการส่งคลื่นอุลตราโซนิกจากตัวรับและตัวส่ง ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้คือ PIC16F877a

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง นำเสนอวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องและนำเอาความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดทำโครงการ

บทที่ 4 การทดลอง เป็นส่วนการทดสอบองค์ประกอบต่างๆ ในระบบ ตลอดจนการทดลองวัดระยะทางจากเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป จะสรุปผลการดำเนินงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางการปรับปรุงพัฒนาโครงการนี้ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

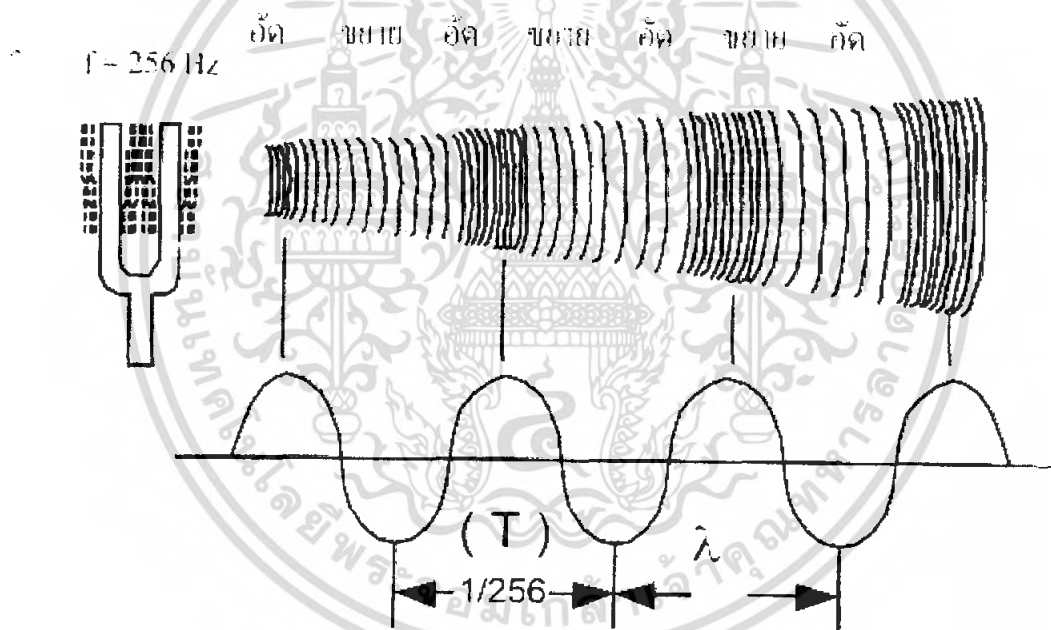
บทที่ 2

ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

2.1 คลื่น (Wave)

คลื่นเกิดจากการแกว่งหรือสั่น (Oscillated) ของวัตถุ ซึ่งจะเกิดเป็นพลังงานและถ่ายทอดออกจากแหล่งกำเนิดคลื่นไปยังบริเวณโดยรอบ โดยคลื่นทั่วไปสามารถจำแนกตามความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการสั่นของอนุภาคตัวกลางกับทิศทางการเคลื่อนที่ได้ 2 ชนิด คือ

2.1.1 คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) คือคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นเสียง เป็นต้น ซึ่งแสดงลักษณะของคลื่นตามยาวดังรูปที่ 2.1

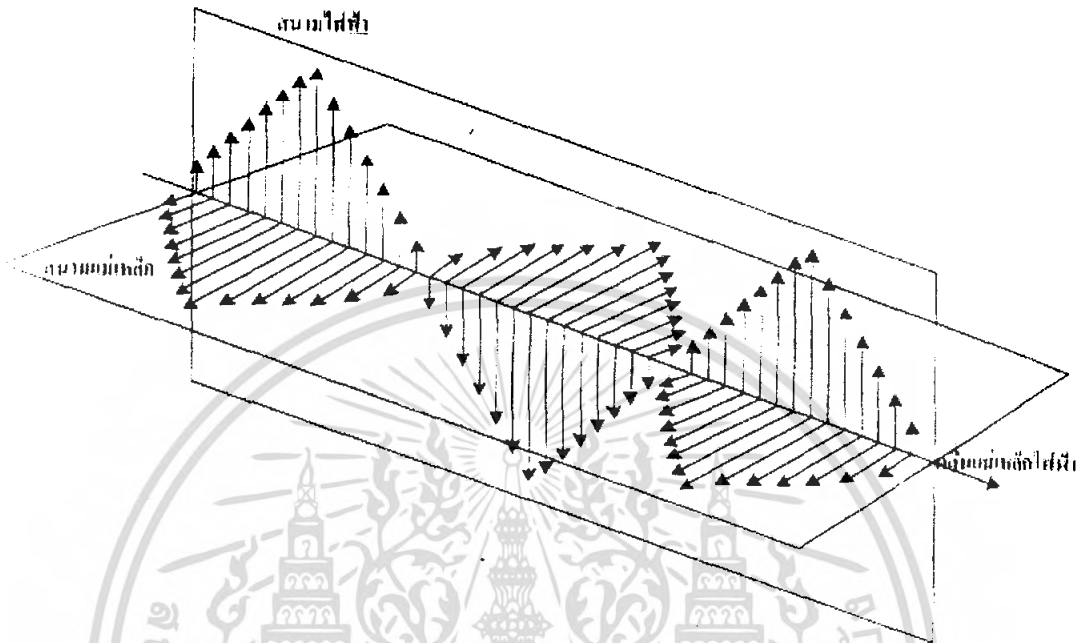


รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว

จากรูปจะเห็นได้ว่ามีส่วนที่เป็นคลื่นอัด (Compression) คลื่นช่วงที่อนุภาคของตัวกลางมีความดันสูง และคลื่นขยาย (Rarefaction) คือ คลื่นช่วงที่อนุภาคของตัวกลางมีความดันต่ำ เมื่อนำค่าของความดัน (P) ที่เปลี่ยนไปตามระยะทางระหว่างส่วนอัดถึงส่วนอัด หรือส่วนขยายถึงส่วนขยาย คือ 1 ความยาวคลื่น และมีคาบเวลาเป็น T ซึ่งมีค่าเท่ากับ $1/f$ โดยจุดที่เป็นเส้นแกนนั้นมีค่าความดัน 1 บรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) เป็นคลื่นที่อนุภาคตัวกลางมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นน้ำ เป็นต้น โดยรูปที่ 2.2 เป็นการแสดงถึงลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเกิดจากสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) และสนามไฟฟ้า (Electric Field) มีการเคลื่อนที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นนั่นเอง



รูปที่ 2.2 แสดงถึงลักษณะของการเกิดคลื่นตามขวาง

2.2 คลื่นเสียง (Sound Wave)

คลื่นเสียงนั้นจัดอยู่ในรูปคลื่นตามยาว ซึ่งสามารถเดินทางผ่านวัตถุตัวกลางในลักษณะอัดและขยายทำให้เกิดเสียงขึ้นมา โดยแหล่งกำเนิดเสียงแบ่งได้ตามวัตถุกำเนิดเสียงได้ 3 ประเภท คือ

1. เกิดจากการสั่นของสายหรือแท่ง ได้แก่ เครื่องสายต่างๆ ส้อมเสียง ฯลฯ
2. เกิดจากการสั่นของแผ่นผิว ได้แก่ ไซอะเฟรมของลำโพง หนักกลอง ฯลฯ
3. เกิดจากการสั่นของลำอากาศ ได้แก่ เครื่องเป่าต่างๆ ฯลฯ

เนื่องจากคลื่นเสียงนั้นต้องอาศัยตัวกลางในการเดินทาง จึงทำให้คลื่นเสียงไม่สามารถผ่านสุญญากาศได้

2.2.1 ลักษณะคลื่นเสียง

“ความถี่” ความถี่ของคลื่นเสียงในตัวกลางใด ๆ คือ ความถี่ของการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงนั้น ความถี่ที่มนุษย์สามารถได้ยินมีค่าอยู่ในช่วง 20 Hz - 20 kHz เรียกว่า “Audible Frequency” ความถี่ต่ำกว่าที่มนุษย์ได้ยินเรียกว่า “Infrared Frequency” และความถี่ที่สูงกว่าที่มนุษย์ได้ยินเรียกว่า “Ultrasonic Frequency”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

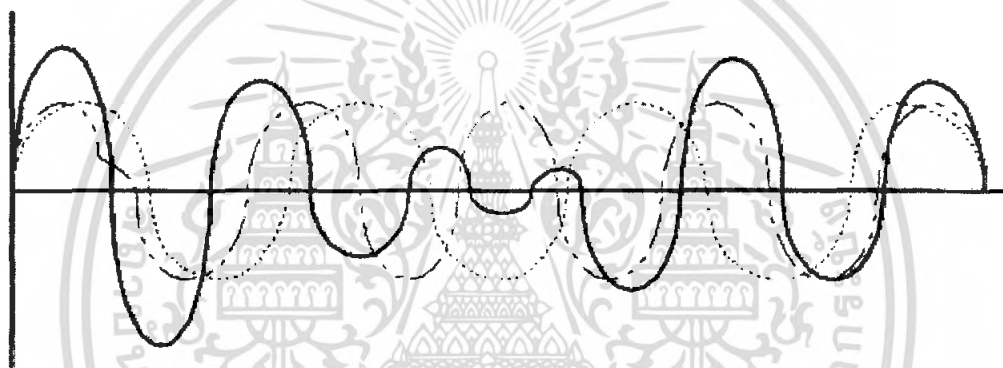
“อัตราเร็วของเสียง” อัตราเร็วของคลื่นเสียงนั้นย่อมแปรผันตามคุณสมบัติของตัวกลางที่มีเสียงเดินทางผ่าน ซึ่งตัวแปรที่จำกัดอัตราเร็วของเสียง คือ ความหนาแน่น (Density) อุณหภูมิ (Temperature) และความยืดหยุ่น (Elasticity)

2.2.2 คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นเสียง

คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นเสียง แบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ

1. การแทรกสอด (Interference) เกิดจากการรวมกันของคลื่น 2 คลื่นขึ้นไป ขณะเมื่อพบกันในตัวกลาง (Medium) เดียวกัน ซึ่งทำให้เกิดผลได้หลายลักษณะ เช่น

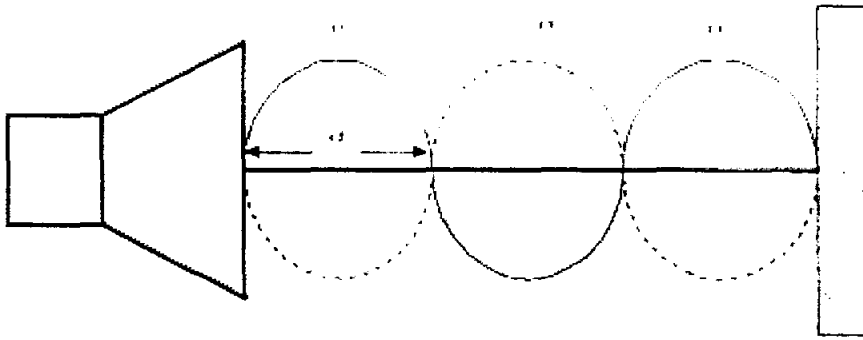
การบีบ (Beat) ของคลื่น เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการรวมคลื่นที่มีความถี่ต่างกันหรือต่างเฟสกัน เคลื่อนที่ไปในตัวกลางเดียวกันแล้วรวมกันเป็นคลื่นใหม่ ซึ่งทำให้แอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 2.3 แสดงการเกิดบีบของคลื่น

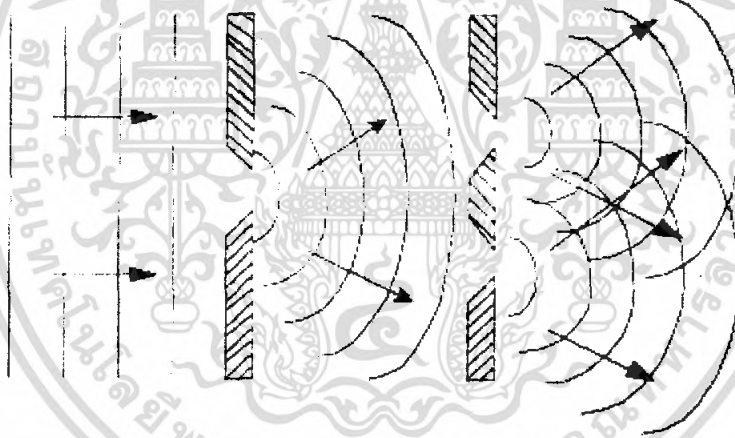
จากรูปที่ 2.3 เป็นการแสดงการบีบของคลื่น 2 คลื่น ซึ่งได้คลื่นที่มีแอมพลิจูดเปลี่ยนแปลง ซึ่งประโยชน์ของการบีบของคลื่น จะนำไปใช้ในการเปรียบเทียบความถี่ของคลื่นให้แสดงผลออกมาในลักษณะของแอมพลิจูดที่แตกต่างกัน

การเกิดคลื่นนิ่ง (Standing Wave) เกิดจากการแทรกสอดของคลื่นชุดที่มีแอมพลิจูดเท่ากันและความถี่เดียวกัน แต่มีทิศทางการเคลื่อนที่ตรงข้ามกัน หรือมีเฟสตรงข้ามกัน ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นนิ่ง



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นนิ่ง

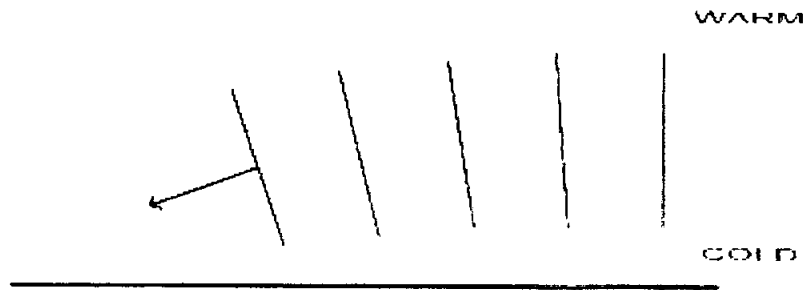
2. การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง (Diffraction) คลื่นเสียงจะเลี้ยวเบนอ้อมสิ่งกีดขวางที่มีลักษณะเป็นมุมหรือเป็นช่องแคบ ซึ่งปรากฏการณ์เช่นนี้เราพบอยู่ในชีวิตประจำวันอยู่ตลอดเวลา เช่น ในกรณีที่เราได้ยินเสียงแตรรถที่แล่นอยู่คนละมุมตึก หรือการได้ยินเสียงที่ลอดผ่านช่องเล็ก ๆ จากอีกห้องหนึ่ง ดังแสดงในรูป 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของคลื่นเสียงที่ผ่านช่องแคบ ๆ จนเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดใหม่

3. การสะท้อนของคลื่นเสียง (Reflection) คลื่นเสียงสามารถสะท้อนได้เมื่อตกกระทบตัวกลางโดยที่มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน และจะทำให้เกิดเสียงก้อง (Echo)

4. การหักเหของคลื่นเสียง (Refraction) คลื่นเสียงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันจะเกิดการหักเหของคลื่น ซึ่งทำให้ความเร็วของคลื่นเสียงเปลี่ยนไป โดยที่ความถี่ยังคงที่อยู่ ดังรูป 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงการหักเหของคลื่นเสียงในตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน

2.3 คลื่นอุตราโซนิก

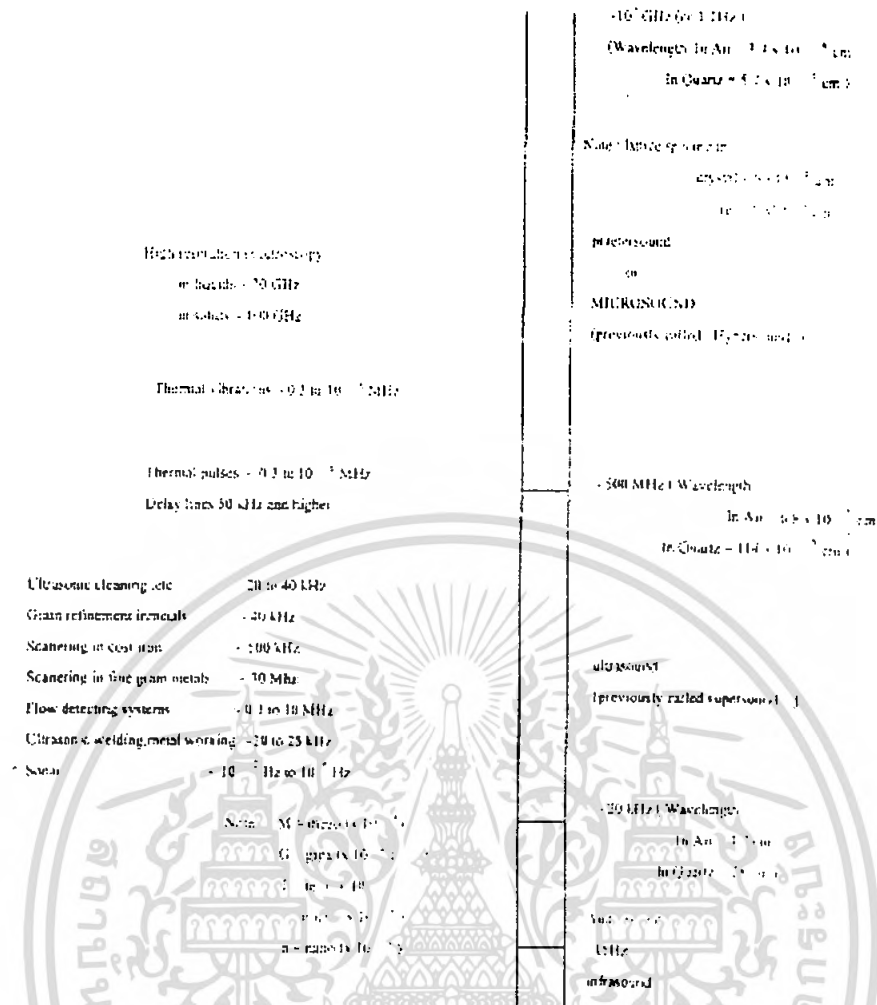
อุตราโซนิก หมายถึง คลื่นที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์จะได้ยินเสียงในย่านความถี่ 20 Hz ถึง 20 kHz อุตราโซนิกที่กล่าวถึงโดยทั่วไปจึงหมายถึงคลื่นที่มีความถี่สูงกว่า 20 kHz ขึ้นไป สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอุตราโซนิกมาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้เราสามารถดึงคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง เรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอุตราโซนิกทำให้นำไปใช้งานได้หลายอย่าง โดยในรูปที่ 2.7 แสดงถึงช่วงความถี่ต่างๆ ของคลื่นอุตราโซนิกที่นำไปใช้งานในด้านต่างๆ

คลื่นอุตราโซนิกส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นจากการออสซิลเลชัน (Oscillation) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นคลื่นไซน์ (Sinusoidal) ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นอุตราโซนิก ซึ่งมีความถี่ต่างๆ ซึ่งความยาวคลื่นของคลื่นในแต่ละความถี่แตกต่างกันไป ด้วย โดยความยาวคลื่นจะสัมพันธ์กับค่าความเร็ว (c) และค่าความถี่ (f) ของคลื่นอุตราโซนิก ซึ่งการเปรียบเทียบความยาวคลื่นที่ความถี่ และความเร็วของคลื่นที่มีค่าต่างกันซึ่งแสดงในตารางที่ 2.1

Frequency	Wavelength (λ)			
	(For $C = 1000 \text{ m/s}$)	(For $C = 3000 \text{ m/s}$)	(For electromagnetic radiation)	
1 Hz	$2 \times 10^3 \text{ Hz}$	5 cm	15 cm	$1.5 \times 10^3 \text{ m}$
10 Hz	1 cm	3 cm	$3 \times 10^2 \text{ m}$	
100 Hz	1 cm	3 mm	300 m	
1 MHz	$5 \times 10^{-4} \text{ Hz}$	20 μm	60 μm	6 m
10 Hz	10^{-4} Hz	1 μm	3 μm	30 cm

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบความยาวคลื่นที่ความถี่และความเร็วของคลื่นที่มีค่าต่างกัน

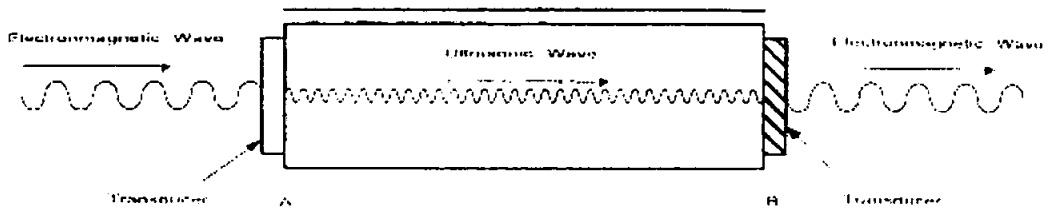
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงการจำแนกความถี่ต่างๆ ในช่วงคลื่นอุลตราโซนิก

จากตารางแสดงค่าที่ $c = 1000$ m/s และ 3000 m/s ซึ่งอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลวและเปรียบเทียบกับความเร็วแสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่เดียวกัน จะเห็นว่ามีค่าแตกต่างกันมาก โดยความเร็วของคลื่นอุลตราโซนิก จะมีค่าต่ำกว่าความเร็วในการแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาก (ในสุญญากาศมีค่าความเร็วประมาณ 3×10^8 m/s) จากหลักการนี้เป็นประโยชน์มากในตัวอย่างของระบบโทรทัศน์และระบบดิจิตอลคอมพิวเตอร์ที่ใช้หน่วง (Delay) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การเปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ไปเป็นคลื่นอุลตราโซนิกโดยใช้ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) หลักการคือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใน 1 ms สามารถเดินทางได้ระยะทาง $3 \times 10^8 \times 10^{-3} = 300$ km ซึ่งมีค่ามาก เราจึงสามารถหน่วงสัญญาณนี้ได้ โดยเปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นอุลตราโซนิกโดยใช้อุปกรณ์ “ Delay Line ” ซึ่งแสดงในรูป 2.8 ซึ่งประกอบด้วยตัวส่งและตัวรับคลื่นอุลตราโซนิกโดยคลื่นจะเคลื่อนที่ใน Delay Line ในระยะทาง

d ซึ่งในระยะ d นี้ อาจจะเป็นตัวกลางที่เป็นก๊าซ ของเหลว หรือของแข็งก็ได้ ซึ่งจะมีความเร็วที่แตกต่างกันไป



รูปที่ 2.8 แสดง Delay Line ที่ใช้ในหน่วยสัญญาณที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างคลื่นแม่เหล็กกับคลื่นอุลตราโซนิก

2.4 ความแรงและกำลังของคลื่นอุลตราโซนิก

เมื่อทรานสดิวเซอร์ของอุลตราโซนิกปล่อยคลื่นอุลตราโซนิกออกไป จะทำให้อุณหภูมิของตัวกลางมีการสั่นสะเทือน อุณหภูมิ นั้น ๆ จึงมีพลังงานที่เนื่องมาจากการสั่นสะเทือนอัตราการใช้ของพลังงานจึงเรียกได้ว่าเป็นความแรงของลำอุลตราโซนิก อาจกล่าวให้ชัดเจนไปกว่าความแรงของอุลตราโซนิกที่จุด ๆ หนึ่งเป็นอัตราการใช้ของพลังงานผ่านพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร ซึ่งวางอยู่ตั้งฉากกับลำอุลตราโซนิกที่จุดนั้น เมื่อความแรงของอุลตราโซนิกเพิ่มมากขึ้นจะมีการเพิ่มใน Pressure amplitude, Particle – displacement amplitude และ Particle – velocity amplitude

กำลังของอุลตราโซนิก เป็นอัตราการใช้ของพลังงานที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของลำอุลตราโซนิก จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{Ultrasonic power (W)} = \text{Ultrasonic intensity (W/cm}^2\text{)} \times \text{Cross – sections}$$

ในการใช้งานคลื่นอุลตราโซนิกนั้น เนื่องจากเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้เราสามารถส่งคลื่นไปยังจุดเป้าหมายที่ต้องการได้อย่างเจาะจง ยิ่งถ้าคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นจะยิ่งสั้นลง โดยถ้าความยาวคลื่นมากกว่าช่องเปิดของทรานสดิวเซอร์ เช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมีความถี่ประมาณ 1 เมตรเศษ ซึ่งยาวกว่าช่องเปิดของตัวทรานสดิวเซอร์ ทำให้คลื่นเสียงที่ออกมาจากตัวกำเนิดเสียงนี้เกิดการหักเหและเลี้ยวเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียง ทำให้เกิดการกระจายของคลื่นเสียง (Scatter) ไม่มีทิศทางที่แน่นอน แต่ถ้าใช้คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงขึ้นมาใน

ย่านอัลตราโซนิก เช่น ที่ความถี่ 40 kHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียง 8 mm. เท่านั้น ซึ่งจะเล็กกว่าช่องเปิดของตัวกำเนิดเสียงมาก คลื่นเสียงที่ได้จะไม่เลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งเป็นลำแคบ ๆ (Beam) ซึ่งมีทิศทางที่แน่นอน

คลื่นอัลตราโซนิกนั้นเมื่อต้องเดินทางในอากาศ ความถี่ที่ใช้งานมักถูกจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 kHz เพราะถ้าความถี่สูงขึ้นกว่านี้ อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มมากขึ้น ทำให้ระดับความแรงของคลื่นอัลตราโซนิกที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานในด้านการแพทย์นั้นจะใช้รัศมีทำการสั้น ๆ จึงใช้ความถี่ในช่วง 1 MHz – 10 MHz ส่วนความถี่ที่เป็น GHz จะมีใช้งานในตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางนั้นไม่ใช่ในอากาศแต่เป็นตัวกลางอื่นเช่น น้ำ เป็นต้น

จากการมีทิศทางของคลื่นอัลตราโซนิกทำให้นำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic Remote Control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic Cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุ โดยสังเกตตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกายใช้ทดสอบการรั่วของท่อ เป็นต้น

2.5 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์

อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ คือ อุปกรณ์ซึ่งสามารถแปลงพลังงานกลโดยการสั่นไปมาซึ่งทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิกกระจายไปในวัตถุตัวกลาง หรือจากพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิกแปลงไปเป็นพลังงานกลซึ่งสามารถทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นได้จากตัวทรานสดิวเซอร์นั้น

ทรานสดิวเซอร์ที่ให้กำเนิดคลื่นอัลตราโซนิกมี 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

1. แมคคานิคทรานสดิวเซอร์ (Mechanical Transducers)
2. อิเล็กโตรแมคคานิคทรานสดิวเซอร์ (Electromechanical Transducers)

อิเล็กโตรแมคคานิคทรานสดิวเซอร์ จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานเสียงที่ใช้กันอยู่มี 4 ชนิด คือ

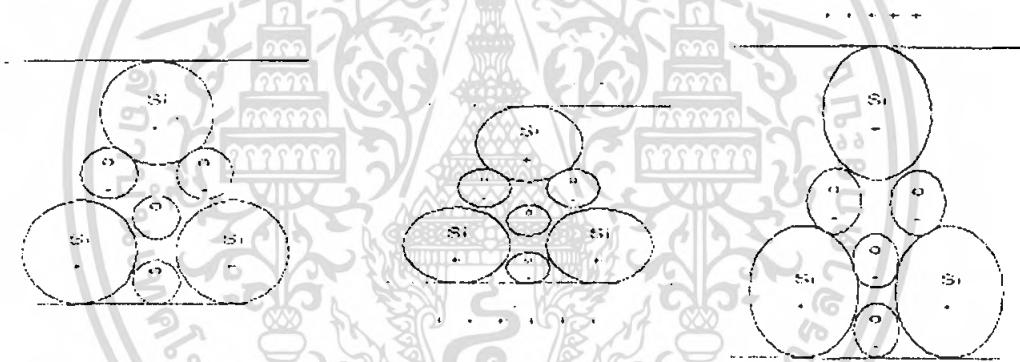
1. แบบมูฟวี่งคอยล์ (Moving Coil)
2. แบบอิเล็กโตรสแตติก (Electrostatic)
3. แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric)
4. แบบเฟอร์โรอิเล็กทริก (Ferroelectric)

1. แบบมูฟวี่งคอยล์ นั้นคล้ายกับมูฟวี่งคอยล์ของลำโพง มีประโยชน์มากในการเป็นตัวสั่น (vibrator) ของทดสอบความแรงของอุปกรณ์แบบมูฟวี่งคอยล์ ชนิดริบบอน (Ribbon) ทำด้วยอลูมิเนียมบาง ๆ วางไว้ระหว่างขั้วทั้งสองของแม่เหล็ก มันทำตัวเสมือนเป็นขดลวดของมูฟวี่งคอยล์ใช้ทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิกในการศึกษาคุณสมบัติในการดูดกลืนอัลตราโซนิกของก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบอิเล็กทรอนิกส์แคทริก ใช้หลักการที่ว่า ในระหว่างแผ่นขนานของ Parallel Plate Capacitor เมื่อเราให้ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นทั้งสองจะทำให้เกิดแรงดันขึ้น หลักการใหญ่ของมันจะใช้ทำเป็นลำโพงเสียงที่มีคุณภาพสูง แต่ไม่นิยมนำมาใช้ทำให้เกิดคลื่นอุลตราโซนิกทั้งในแบบมูฟวี่คอยล์และแบบอิเล็กทรอนิกส์แคทริก

3. แบบเพียโซอิเล็กทรอนิกส์ และ 4. แบบเฟอร์โรอิเล็กทรอนิกส์ ในผลึกที่ประกอบด้วยโพล่าโมเลกุล (Polar Molecule) ซึ่งอยู่จุดศูนย์กลางของความสมมาตร (Center of symmetry) ถ้าตัดเอาเพลท (Plate) อันเนื่องมาจากผลึกนี้แล้วทำให้เกิดการบิดงอ (Deform) ด้วยเครื่องมือกลจะทำให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นระหว่างผิวหน้าทั้งสองเพลท ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า *ไดเร็กเพียโซอิเล็กทริกเอฟเฟ็ค* (direct Piezoelectric Effect) ศักย์ระหว่างผิวหน้าทั้งสองของเพลทนี้จะเกิดการบิดเบี้ยวไปตัวเอง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า *อินเวอร์สเพียโซอิเล็กทริกเอฟเฟ็ค* (Inverse Piezoelectric Effect) ตัวอย่างเช่น ผลึกควอตซ์ ดังรูป 2.9 แสดงหนึ่งหน่วยเซลล์ซึ่งอยู่ระหว่างเพลท (Plane) ที่ขนานกัน



รูปที่ 2.9 (ก) เซลล์ที่ยังไม่ถูกแรงใด ๆ (ข) เซลล์ถูกอัด (ค) เซลล์ถูกยืด

รูป 2.9(ก) จะอยู่ในสภาวะปกติจุดศูนย์กลางว่างของประจุบวกของซิลิคอนกับประจุลบของออกซิเจนอยู่ที่เดียวกันและจำนวนประจุไฟฟ้าทั้งสองเท่ากันจะไม่เกิดไดโพลโมเมนต์ขึ้น ดังนั้นผลเนื่องจากการกระจายของประจุตกคร่อมระนาบทั้งสองที่ขนานกันจึงเป็นศูนย์

รูป 2.9(ข) ถ้าเราทำให้มันเปลี่ยนรูปร่างไปจากเดิมโดยการจัดให้หดหรือดึงให้เป็นดังตามรูปที่ 2.9(ค) จุดศูนย์กลางว่างของประจุทั้งสองจะไม่อยู่ที่เดียวกัน ทำให้เกิดการกระจายของประจุขึ้นระหว่างระนาบทั้งสอง

การทำให้มันเปลี่ยนรูปร่างด้วยการอัดหรือการหดตามรูปนั้น จะเป็นการแยกจุดศูนย์กลางว่างผลจะทำให้เกิดประจุปรากฏบนระนาบทั้งสอง ในรูปแบบนี้เรียกว่า *ไดเร็กเพียโซอิเล็กทริกเอฟเฟ็ค*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแบบ อินเวอร์สเปียโซอิเล็กทริกเอฟเฟ็ค จะเกิดโดยให้สนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นเพลททั้งสอง ทำให้จุดศูนย์กลางของทั้งสองประจุเคลื่อนออกจากกันในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้เซลล์บิดเบี้ยวไป ถ้ามีแผ่นควอทซ์ซึ่งตัดมาจากผลึกควอทซ์ ในทิศทางที่จะทำให้เกิดสั้นสะเทือนขนานกับสนามไฟฟ้าที่ใช้ เมื่อเราให้สนามไฟฟ้าสลับ เพลทนี้จะขยายและหดตัวด้วยความถี่เดียวกับสนามไฟฟ้าซึ่งจะเหมือนกับลูกสูบ ดังนั้นมันจะเป็นตัวกำเนิดคลื่นเสียงได้

ปัจจุบันสารไม่กี่ชนิดที่จะให้ปรากฏการณ์เปียโซอิเล็กทริก สารไดอิเล็กทริกทุกชนิดเป็นสารอิเล็กโทรสแตติก แต่ปกติแล้วผลนี้จะน้อยมาก แต่สารที่ให้ผลอย่างมากได้แก่ สารไททาเนท (Titanates) ซีคอนเนท (Zirconates) และในกรณีเช่นนี้เราเรียกว่า มันเป็นสารเฟอร์โรอิเล็กทริก ปกติสารเหล่านี้จะอยู่ในรูปของส่วนผสมเซรามิก ซึ่งประกอบไปด้วยโดเมน (Domain) ที่มีขั้วอิสระรวมตัวกันมาก ๆ ถ้าเรานำสารแบบนี้มาสักหนึ่งชนิด เอาไปเผาให้สูงกว่าอุณหภูมิเคอริก (Curie Temperature) ของมันแล้ว ทำให้เย็นภายใต้สนามไฟฟ้าสูง ๆ ทิศทางของขั้วโดเมนต่าง ๆ จะวางตัวไปแนวเดียวกับสนาม และจะยังคงอยู่ต่อไปเช่นนั้น แม้ว่าเราจะเอาสนามไฟฟ้าออกไป นั่นแสดงว่ามันแสดงคุณสมบัติเช่นเฟอร์มาเนทอิเล็กทริก บางทีมันจะเป็นสารเปียโซอิเล็กทริก ถ้าหากว่ามันประพฤติตัวไปตามสมการของสารเปียโซอิเล็กทริกตามธรรมชาติแล้ว เราจะใช้สมการเหล่านี้อธิบายคุณสมบัติของสารเปียโซอิเล็กทริกแท้ ๆ

2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ในทางอุลตราโซนิกจะมีคุณสมบัติพิเศษคือ มีเปียโซอิเล็กทริกเอฟเฟ็ค และที่ใช้กันมากคือผลึกควอทซ์ (Quartz) แบเรียมติเตเนท (Barium titanate) และลีดเซอโคเนท (Lead zirconate titanate) สารเหล่านี้เมื่อนำมาทำเป็นทรานสดิวเซอร์ ยังแสดงคุณสมบัติเป็นคาปาซิเตอร์ทางไฟฟ้าอีกด้วย ค่าคาปาซิแตนซ์เป็นไมโครฟาร์ดจะได้สัดส่วนกับค่าที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant, K) ของวัสดุคูณด้วยพื้นที่และหารด้วยความหนา โครงสร้างของทรานสดิวเซอร์มีความคล้ายคาปาซิเตอร์ที่วอลุ่มเล็ก โทรคที่อยู่ 2 ข้างถูกแยกโดยช่องที่มีสารเซรามิกตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติบางประการของสารเซรามิกได้รับความร้อนจะทำให้ไดโพล (dipole) เคลื่อนไหวได้โดยเสรีและที่จุดนี้เมื่อได้รับศักย์ไฟฟ้าเข้าไป ก็จะมีการจัดเรียงตัวและมีคุณสมบัติเปียโซอิเล็กทริก ถ้าภายหลังเซรามิกที่มีคุณสมบัตินี้ถูกเผาให้ร้อนถึงอุณหภูมิดังกล่าวอีก คุณสมบัติเปียโซอิเล็กทริกจะหมดไป ดังนั้นความร้อนสามารถทำลายทรานสดิวเซอร์ได้ โดยเฉพาะถ้าอุณหภูมิสูงเกินเคอริก

ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเป็นค่าทรานสดิวเซอร์ต้องการการพลังงานไฟฟ้าเท่าใด จึงจะเปลี่ยนเป็นพลังงานกลได้ทั้ง แบเรียมติเตเนทและลีดเซอโคเนท มีประสิทธิภาพมากกว่าผลึกควอทซ์ 5-6 เท่า เนื่องจากค่าคงที่ไดอิเล็กทริกต่ำมากและมีค่าคงที่ (Coupling constant) ต่ำมาก จึงไม่ค่อยได้นำควอทซ์มาใช้ในเครื่องอุลตราโซนิกในปัจจุบัน

2.5.2 คุณสมบัติทางความถี่ของทรานสดิวเซอร์

ความถี่ของทรานสดิวเซอร์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเชิงกลและลักษณะรูปร่างตัวอย่างเช่น เซรามิกแท่งเหลี่ยมแบนจะมีความถี่เรโซแนนซ์ได้ 3 อย่างคือ มีการยึดหดตามความหนาและรัศมี อย่างไรก็ตามเมื่อป้อนศักย์ไฟฟ้าเข้าไปสามารถทำให้ทรานสดิวเซอร์ยึดหดในแนวไหนก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับขั้วไฟฟ้าที่ใช้บริษัทที่ทำทรานสดิวเซอร์จะกำหนดความถี่คงที่ สำหรับแต่ละแบบของการยึดหด

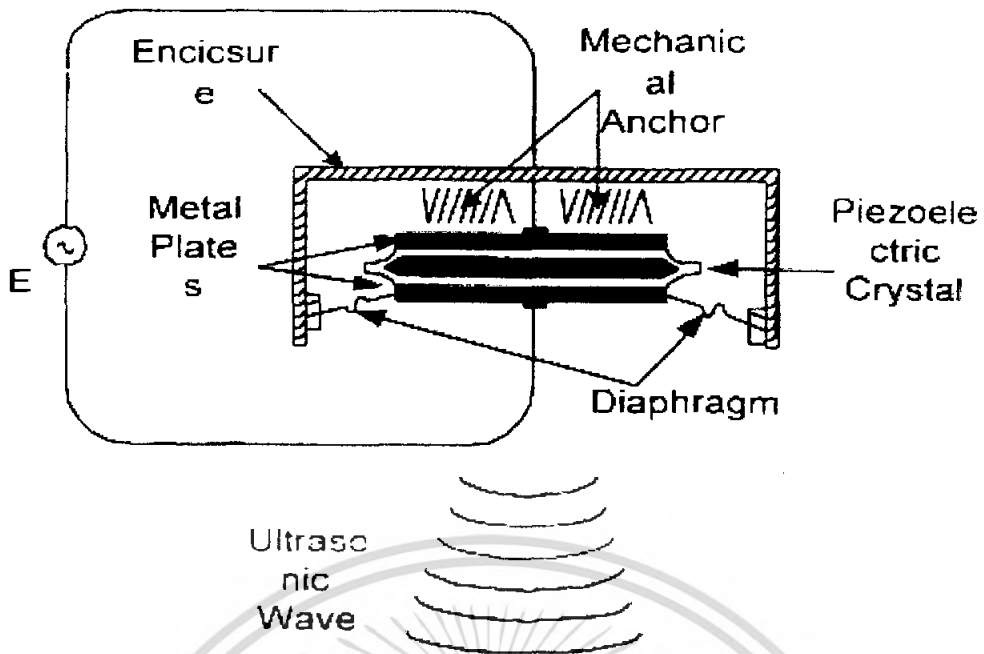
$$\text{Resonant frequency} = \frac{\text{constant } t}{\text{thickness(inch)}}$$

Material	Curie Temperature (°C)	Q	Dielectric Constant (K)	Coupling coefficient (KT)
Quartz	550	Very High	4.5	0.09
Barium titanate	100	400-700	1700	0.38
Lead zirconate titanate	300	90-500	1450	0.51

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติบางอย่างของสารเซรามิก

2.5.3 เปียโซทรานสดิวเซอร์

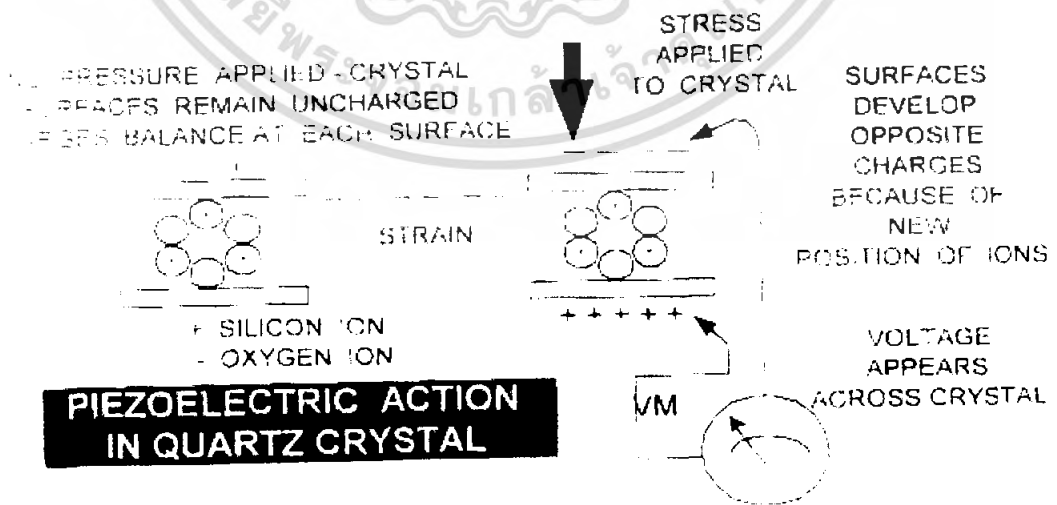
โครงสร้างภายในประกอบด้วย ชิ้นสารเปียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric element) ซึ่งสามารถทำได้จากสารหลายชนิด เช่น ผลึกแร่ควอตซ์ (quartz) แบเรียมติทานาต (barium titanat) เกลือร็อคเชล (rechelle salt) ฯลฯ แต่นิยมใช้กันแพร่หลายคือ ชิ้นสารเปียโซอิเล็กทริกที่ทำมาจากแบเรียมติทานาต ซึ่งได้จากการผสมสารติทานาเนียมกับแบเรียมคาบอเนต ที่อุณหภูมิประมาณ 1300 – 1400 C° และผลึกรูปแบบชิ้นสารเซรามิกซึ่งจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมโดยส่วนใหญ่ จากชิ้นสารเซรามิกนี้จะถูกประกบด้วยแผ่นเพลท 2 แผ่นซึ่งส่วนใหญ่ทำมาจากเงิน เพื่อต่อเป็นขาของอิเล็กทรอนิกส์นั่นเอง ด้านข้างหนึ่งของแผ่นเพลทจะถูกยึดเพื่อไม่ให้เกิดการสั่น ส่วนอีกด้านจะยึดกับแผ่นไดอะแฟรม ซึ่งสามารถเคลื่อนไหวไปมาได้โดยแผ่นไดอะแฟรมนี้จะถูกสร้างให้มีลักษณะคล้ายกับเลนซ์ เพื่อรวมคลื่นให้มีความเร็วสูงขึ้น ซึ่งจะกล่าวถึงลักษณะโครงสร้างต่อไป



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะโครงสร้างภายในทั่ว ๆ ไปของทรานสดิวเซอร์

2.5.4 ปiezoelectric effect

ปรากฏการณ์แบบ piezoelectric สามารถอธิบายได้คือ เมื่อสภาวะปกติยังไม่มี ความดันหรือคลื่นมาตกกระทบกับชิ้นสารเซรามิก ประจุไฟฟ้าซึ่งอยู่ภายในชิ้นสารจะเกิดการสมดุล ทำให้แผ่นเพลทเงินที่ประกอบอยู่มีศักย์ไฟฟ้าที่เท่ากัน ซึ่งผลรวมของประจุไฟฟ้าบนแผ่นเพลทมีค่าเท่ากับศูนย์ แต่เมื่อมีความดันหรือคลื่นเสียงมากระทบชิ้นสารเซรามิก จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของชิ้นสารคือมีการโค้งงอไปตามลักษณะคลื่นที่ตกกระทบ



รูปที่ 2.11 แสดงปรากฏการณ์ piezoelectric

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในกรณีนี้จะทำให้เกิดการจัดเรียงประจุ คือ เกิดมีประจุตรงข้ามขึ้นบนแผ่นเพลทที่ประกบชั้นสารเซรามิกอยู่ ซึ่งผลของประจุไฟฟ้าตรงข้ามนี้ทำให้เกิดเป็นแรงดันหรือคลื่นที่มากกระทบชั้นสารเซรามิกที่โค้งงอไปมา

ทรานสดิวเซอร์เปียโซอิเล็กทริก สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างพลังงานกลกับพลังงานไฟฟ้า ในกรณีการเปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลคือตัวส่งคลื่นอุตราโซนิกจะทำงาน เมื่อเราป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งอาจมีความถี่ในช่วง 20 – 100 kHz แรงดันที่ป้อนนี้จะทำให้ชั้นสารเซรามิกเกิดการบิดตัวไปมาจะทำให้แผ่นไดอะแฟรมนี้อัดกับอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นความถี่กับสัญญาณที่ป้อนเข้ามา ซึ่งคลื่นที่ผลิตได้จะมีกำลังเอาต์พุตสูงสุดเมื่อความถี่ที่ป้อนเข้ามามีค่าตรงกับความถี่เรโซแนนท์ ซึ่งเป็นความถี่ทางธรรมชาติของชั้นสารเซรามิกนั้น จะทำให้ความถี่อื่นๆ นอกเหนือจากนี้จะมีค่าลดลงกว่าความถี่เรโซแนนท์มาก

ในทางกลับกันการเปลี่ยนจากพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้านี้คือ ตัวรับคลื่นอุตราโซนิก เราสามารถที่จะมองได้ว่าเป็นแหล่งจ่ายหนึ่ง ๆ เพราะมันไม่ต้องการแหล่งจ่ายอื่น ๆ มาป้อนก็สามารถสร้างแรงดันไม่สูงมากนัก โดยการทำงานของตัวรับคลื่นนี้เมื่อคลื่นซึ่งมีความดันมากกระทบบนแผ่นไดอะแฟรม ซึ่งค่าความถี่ของคลื่นทำให้ชั้นสารเซรามิกถูกบีบไปมา ซึ่งจะทำให้เกิดปรากฏการณ์เปียโซอิเล็กทริกบนชั้นสารทำให้สามารถสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีค่าความถี่เดียวกับคลื่นที่มากระทบได้

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

2.6.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

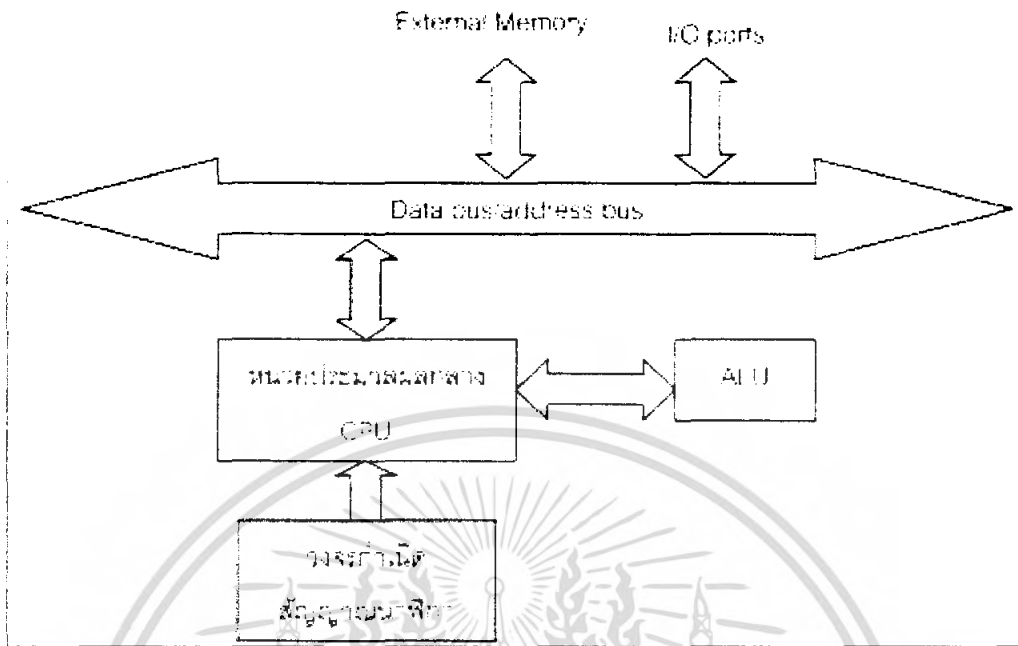
ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่งซึ่งภายในประกอบด้วยวงจรอื่น ๆ หลายวงจรและทำงานร่วมกัน เช่น หน่วยประมวลผลกลาง (CPU : Central Processing Unit) หน่วยความจำทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU : Arithmetic Logic Unit) วงจรออสซิลเลเตอร์ (Osillator) หน่วยความจำ (Memory : ROM, RAM) วงจรรับสัญญาณอินพุตและขับสัญญาณเอาต์พุต (I/O port) เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานควบคุมได้ดี เนื่องจากสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้อย่างอิสระ ตามความต้องการของเรา

2.6.2 ข้อแตกต่างระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

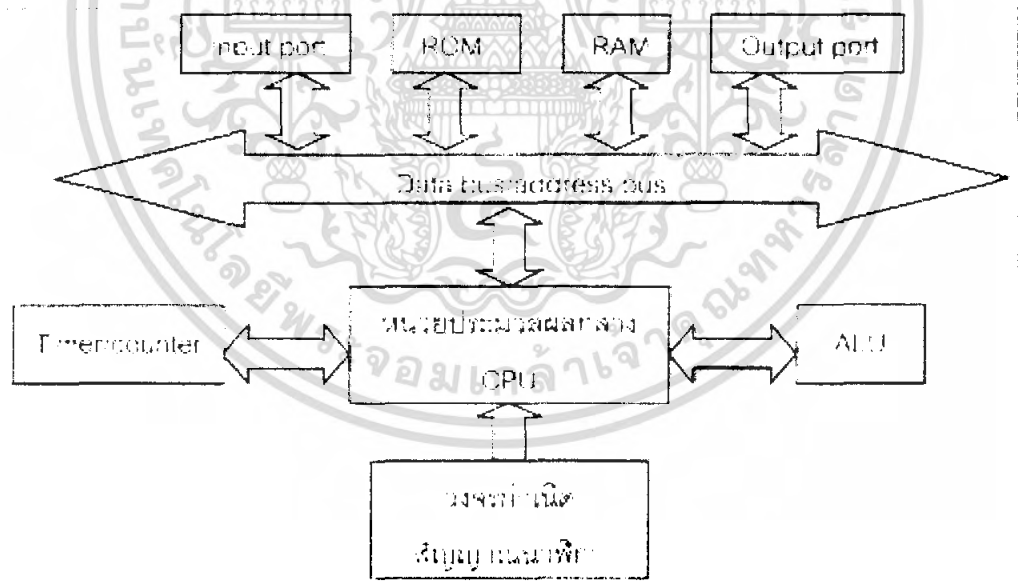
ไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น ซีพียูเบอร์ Z80 เป็นต้น จะไม่มีหน่วยความจำ RAM ROM และ Port อยู่ในตัวชิป ทำให้ต้องต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเพิ่มและต้องใช้ ICs ขยายพอร์ตเพิ่มเติม ข้อดีคือ สามารถเพิ่มหน่วยความจำได้ตลอด ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีวงจรพื้นฐานประกอบอยู่ในชิป เช่น หน่วยความจำ RAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROM และ I/O Port ดังนั้น ในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จึงมีขนาดเล็กกว่าและราคาต่ำกว่าระบบไมโครโปรเซสเซอร์



รูปที่ 2.12 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครโปรเซสเซอร์



รูปที่ 2.13 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์

Microcontroller PIC มีโครงสร้างหลายลักษณะ ทั้ง 8 pins, 14 pins, 28 pins และ 40 pins ซึ่งมีให้เลือกใช้มากมายขึ้นอยู่กับว่าจะเลือกใช้ขนาด Memory เท่าใดให้เหมาะสมกับลักษณะงานที่ทำ โดยสามารถแบ่งหน่วยความจำได้ 3 แบบ คือ (1) หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช (FLASH Program Memory) มีขนาดความจุ 1 ถึง 32 kwords (2) หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory RAM) มีขนาดความจุ 64 ถึง 1536 bytes (3) หน่วยความจำข้อมูลอีพรอม (EEPROM Data Memory) มีขนาดความจุถึง 256 bytes Microcontroller PIC16F877a มีพอร์ตใช้งานทั้งสิ้น 5 พอร์ต คือ PORTA 6 บิต PORTB 8 บิต PORTC 8 บิต PORTD 8 บิต และ PORTE 3 บิต เป็นพอร์ตแบบมี 2 ทิศทาง คือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุท และเอาต์พุท และยังเป็นพอร์ตที่สามารถแปลงสัญญาณ ADC (Analog to Digital Converter) ได้อีกด้วย Microcontroller PIC มีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

- มีพอร์ต I/O ขนาด 3 บิต 6 บิต 8 บิต จำนวน 5 พอร์ต
- มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 1 ถึง 32 kwords
- มีหน่วยความจำข้อมูลแรม RAM 64 ถึง 1536 bytes
- มีหน่วยความจำข้อมูลอีพรอม EEPROM 256 bytes
- Timer / Counter
 - Timer 0 ขนาด 8 บิต
 - Timer 1 ขนาด 16 บิต
 - Timer 2 ขนาด 8 บิต
- มีกระแสซิงก์และกระแสซอร์ส (High Sink / Source Current) 25 mA
- มีวงจรแปลงสัญญาณ Analog to Digital Converter 10 บิต
- มีวงจรสื่อสารแบบอนุกรมทั้ง SPI และ I²C (Master / Slave)
- มีวงจร Pulse Width Modulation (PWM) ความละเอียดสูงสุดถึง 10 บิต
- มีหน่วยความจำแบบ Flash สามารถเขียนและลบได้มากกว่า 100,000 ครั้ง

2.6.3.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU : Central Processing Unit)

CPU เปรียบได้กับสมองของคนเรานั้นเอง เพราะการคำนวณต่างๆ เกิดขึ้นที่นี้ CPU ประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ หลายวงจร เช่น วงจรควบคุมเวลาและระบบการทำงาน (Timing and Control Unit) ซึ่งจะทำหน้าที่จัดการทั้งหมดของวงจรทั้งประมวลผลและควบคุมตามคำสั่งที่ได้รับ การคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU : Arithmetic and Logic Unit) โดยจะทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลทางคณิตศาสตร์และระบบลอจิก วงจรถอดรหัสคำสั่ง (Instruction decoder) จะทำหน้าที่แปลงคำสั่งทั้งหมดให้เป็นภาษาเครื่อง วงจรควบคุมการทำงานของ Counter

วงจรควบคุมสัญญาณนาฬิกา ตลอดจนหน่วยความจำภายใน Register, Address, Subtraction, Buffer และอื่น ๆ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและประมวลผลของ CPU เป็นต้น

2.6.3.2 หน่วยความจำ

ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นต้องคำนึงถึงชนิดของหน่วยความจำและวิธีการเข้าถึงด้วย ซึ่งต่างจากการเขียน PC ที่สนใจเพียงชนิดของตัวแปรว่าจะใช้เก็บข้อมูลประเภทใด สำหรับหน่วยความจำในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC นั้น จะมีหน่วยความจำโปรแกรมใช้งาน 3 ประเภท ดังนี้

- หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช (FLASH Program Memory)

หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash ROM) ในปัจจุบันนี้หน่วยความจำชนิดนี้ได้ถูกนำมาใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น โดยมีคุณสมบัติในการเขียนโปรแกรมและลบโปรแกรมได้มากกว่า 100,000 ครั้ง ซึ่งการทำงานจะมีความเร็วสูงมากเหมาะกับการพัฒนางานที่มีขนาดใหญ่

- หน่วยความจำโปรแกรม (Data Memory RAM)

หน่วยความจำส่วนนี้มีไว้ใช้เก็บข้อมูลขณะประมวลผลโปรแกรม สามารถอ่านและเขียนข้อมูลในขณะที่มีไฟเลี้ยง แต่เมื่อไม่จ่ายไฟเลี้ยงข้อมูลต่าง ๆ จะสลายไป

- หน่วยความจำแบบอีอีพรอม (EEPROM Data Memory)

หน่วยความจำแบบ EEPROM เป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนและลบโปรแกรมได้ด้วยกระแสไฟฟ้าในหน่วยความจำถาวรของ PROM (Programmable Read Only Memory) โดยภายในมีการพัฒนาให้ RAM (Random Access Memory) ที่มีหน่วยความจำชั่วคราวให้เก็บข้อมูลได้ถาวรแบบหน่วยความจำ ROM (Read Only Memory) โดยสามารถเขียนและลบโปรแกรมได้จำนวนหลาย ๆ ครั้ง

2.6.3.3 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต (I/O port)

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีพอร์ตสำหรับติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกแล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งานและคุณสมบัติของพอร์ต โดยสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกทำหน้าที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตได้ เช่น Pushbutton, Keypad, Sensor, LCD, Timer/ Counter ตลอดจนการแปลงสัญญาณ Analog to Digital Converter เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ถูกพัฒนามาเพื่อใช้งานด้านอุตสาหกรรมโดยมีการผลิตมากมายหลายชนิดหลายรุ่น ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ โดยจะขอยกตัวอย่างบางรุ่น ดังตารางที่

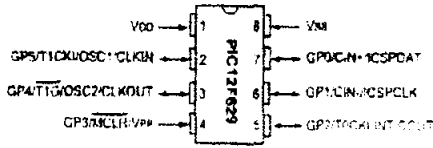
2.3

เบอร์ (Device)	หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)	หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)		อินพุต/เอาต์พุต (I/O Port)	ไทมเมอร์/คาน์เตอร์ (Timer/Counter)
	Flash Memory (kwords)	RAM (bytes)	EEPROM (bytes)		
PIC12F620	1	64	128	8	2
PIC12F675	1	64	128	8	2
PIC16F630	1	64	144	14	2
PIC16F676	1	64	128	14	2
PIC16F628	2	224	128	16	6
PIC16F872	2	128	64	28	8
PIC16F871	2	128	64	40	8
PIC16F873	4	192	144	28	8
PIC16F876	8	384	256	28	8
PIC16F877	8	384	256	40	8
PIC16F877A	8	384	256	40	8
PIC18F242	16	768	256	28	4
PIC18F252	32	1,536	256	28	4
PIC18F442	16	768	256	40	4
PIC18F452	32	1,536	256	40	4
PIC18F455	32	1,536	256	60	4

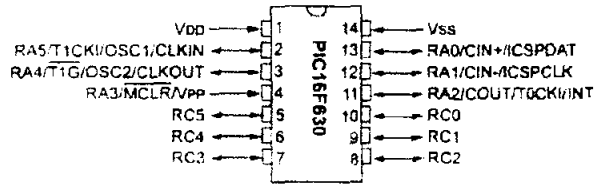
ตารางที่ 2.3 Microcontroller PIC

ก) Microcontroller PIC

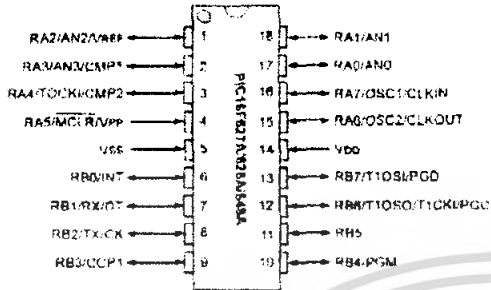
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



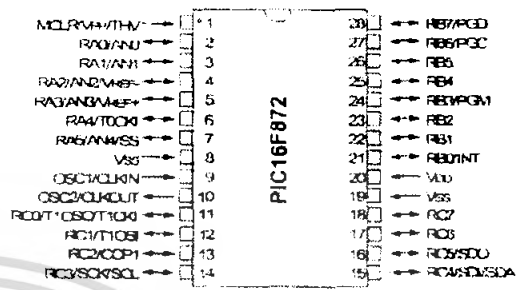
Microcontroller PIC 8 pins



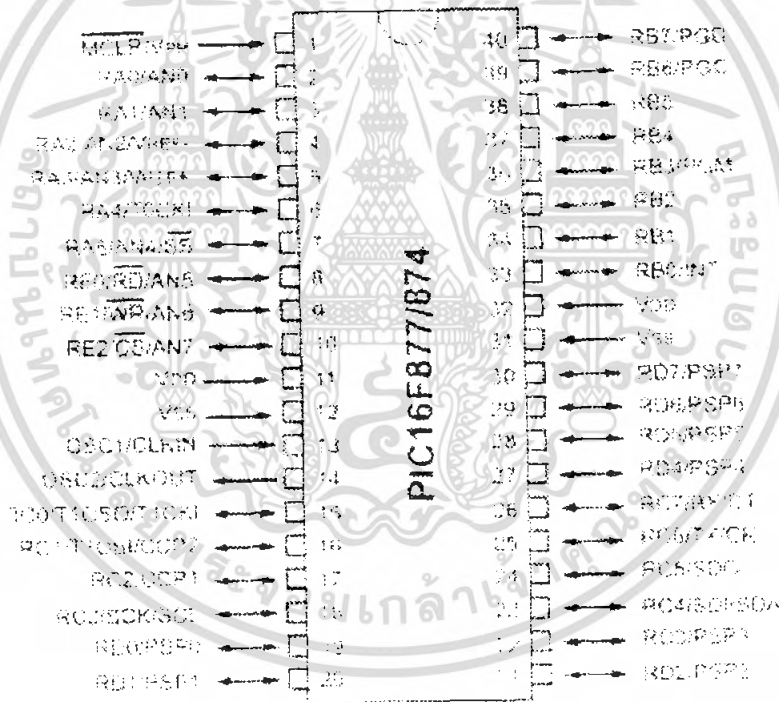
Microcontroller PIC 14 pins



Microcontroller PIC 18 pins



Microcontroller PIC 28 pins



Microcontroller PIC 40 pins

ข) การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 2.14 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

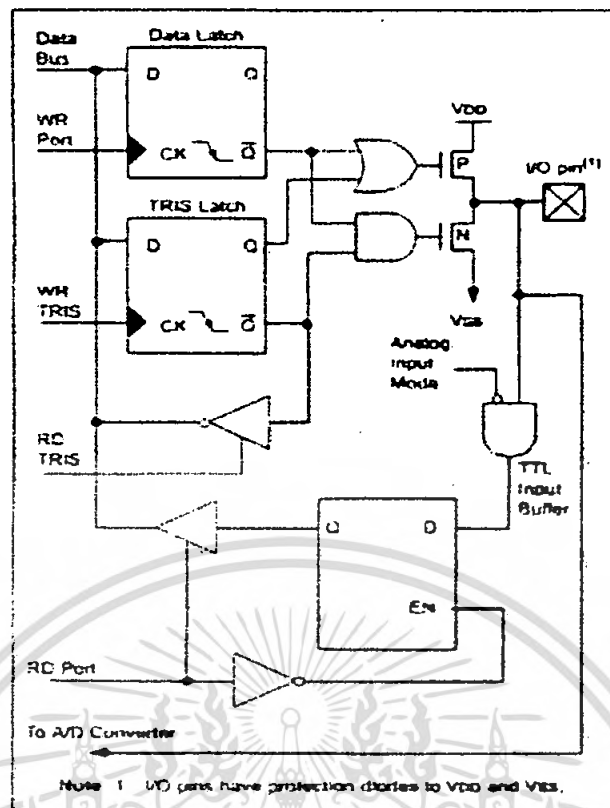
ในตัว CPU ของ Microcontroller PIC16F877a ขนาด 40 Pins มีขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port มีจำนวนขาสัญญาณทั้งสิ้น 33 Pins ดังนี้

- PORTA RA0-RA5 จำนวน 6 Pins
- PORTB RB0-RB7 จำนวน 8 Pins
- PORTC RC0-RC7 จำนวน 8 Pins
- PORTD RD0-RD7 จำนวน 8 Pins
- PORTE RE0-RE2 จำนวน 3 Pins

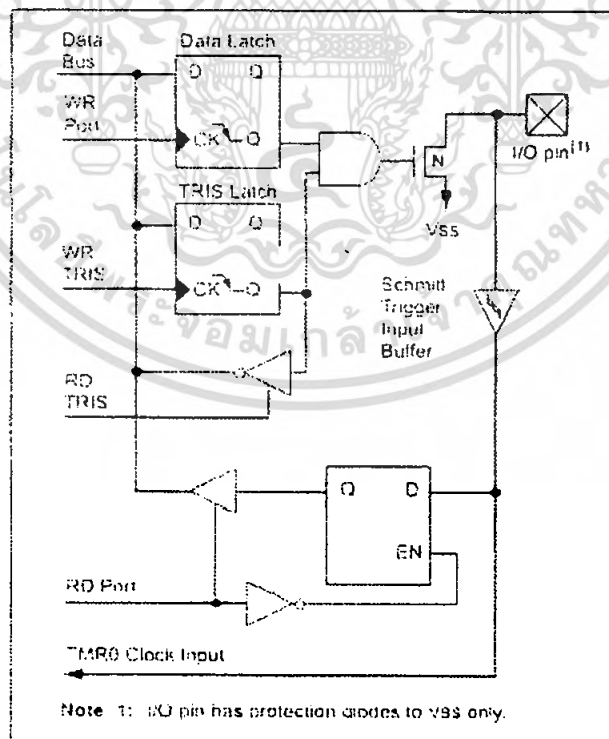
ขาสัญญาณแต่ละขาของ Microcontroller PIC16F877a มีหน้าที่การทำงานดังนี้

1. PORTA RA0-RA5 พอร์ต A มีขาสัญญาณจำนวน 6 Pins โดยเป็นขาสัญญาณใช้ติดต่อ Input / Output Port และยังทำหน้าที่เป็นอินพุตของสัญญาณ ADC (Analog to Digital Converter) ด้วย

RA0/AN0	ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 0
RA1/AN1	ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 1
RA2/AN2	ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 2
RA3/AN3	ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 3
RA4/TOCK1/C1OUT	ขาสัญญาณนาฬิกา Input Timer 0 ขาสัญญาณ Output เปรียบเทียบ ADC ช่อง 1
RA5/AN4/SS	ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 4 แบบ Synchronize ขาสัญญาณ Output เปรียบเทียบ ADC ช่อง 2



รูปที่ 2.15 โครงสร้างของพอร์ต A (RA0, RA1, RA2, RA3, RA5)

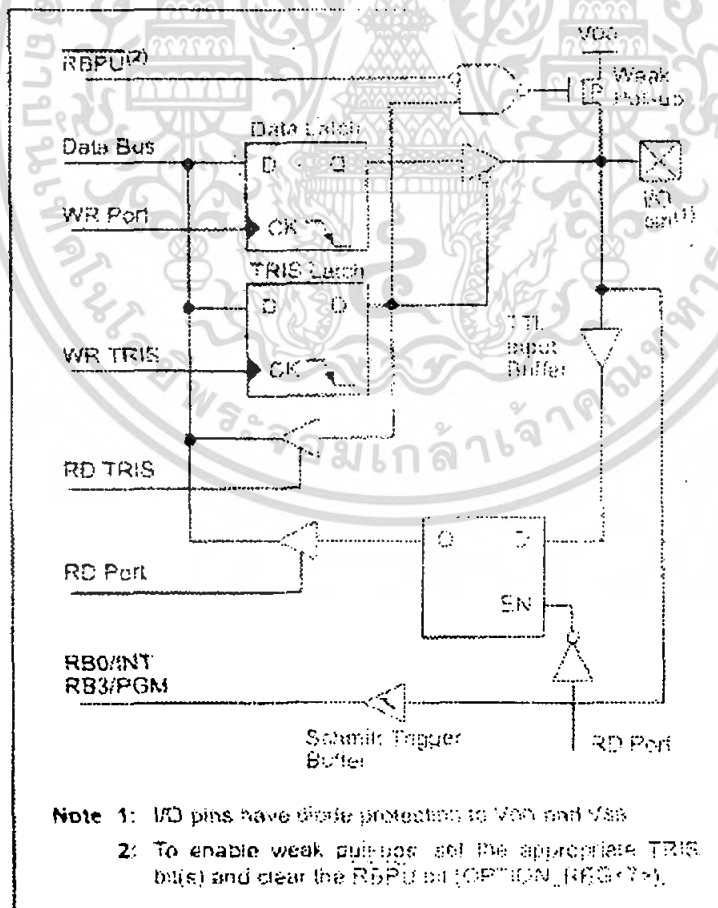


รูปที่ 2.16 โครงสร้างของพอร์ต A (RA4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

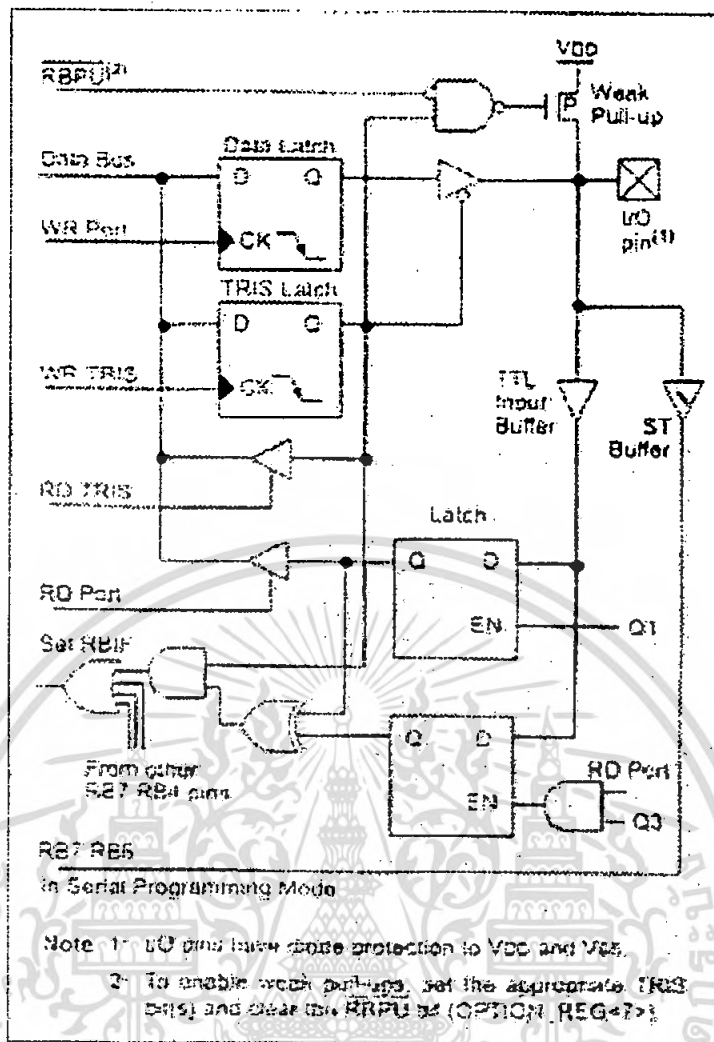
2. PORTB RB0-RB7 พอร์ต B มีขาสัญญาณจำนวน 8 Pins ภายในมีวงจรถูลัพ (R-Pull-Up) ใช้ติดต่อ Input / Output Port และยังทำหน้าที่เป็นสัญญาณ Input ในการ Interrupt จากภายนอกด้วย

- RB0/INT ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port
 ขาสัญญาณ Input รับ Interrupt จากภายนอก
- RB1 ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port
- RB2 ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port
- RB3/LVP ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port
 ขาสัญญาณ Input รับแรงดันต่ำ(5V) ถ้ามีการ Enable
- RB4-RB7 ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port
 ภายในมีวงจรถูลัพ (R- Pull- Up) และInterrupt Logic
 ขาที่สามารถเกิด Interrupt ได้ถ้ามีการ Enable



รูปที่ 2.17 โครงสร้างของพอร์ต B (RB0 – RB3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 โครงสร้างของพอร์ต B (RB4 – RB7)

3. PORTC RC0-RB7 พอร์ต C มีขาสัญญาณจำนวน 8 Pins โดยพอร์ต C เป็นพอร์ตที่ติดต่อกับสัญญาณได้หลายรูปแบบ เช่น ติดต่อกับ Input / Output Port, PWM, I²C, Timer เป็นต้น

RC0/T1OSO/TICK1 ขาสัญญาณติดต่อกับ Input / Output Port

ขาสัญญาณ Output วงจร Oscillator Timer 1

ขาสัญญาณ Output วงจร Oscillator Timer 1

RC1/T1OSI/CCP2

ขาสัญญาณติดต่อกับ Input / Output Port

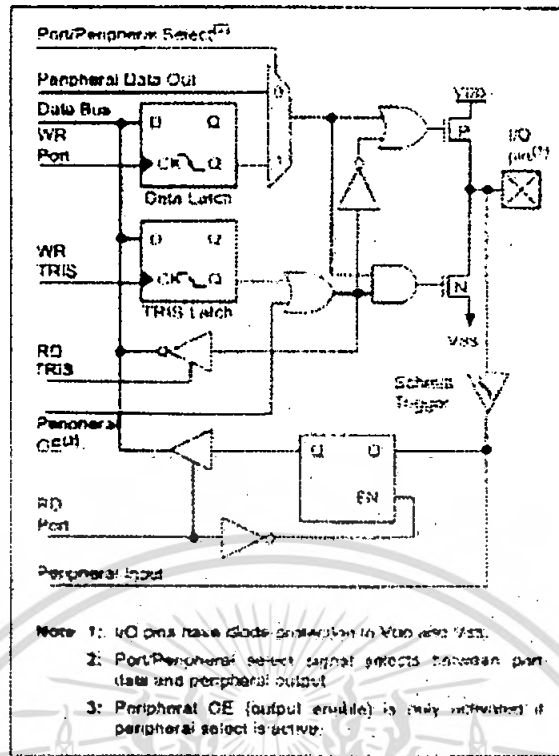
ขาสัญญาณ Output วงจร Oscillator Timer 1

ขาสัญญาณ Output วงจรเปรียบเทียบสัญญาณโมดูล CCP2

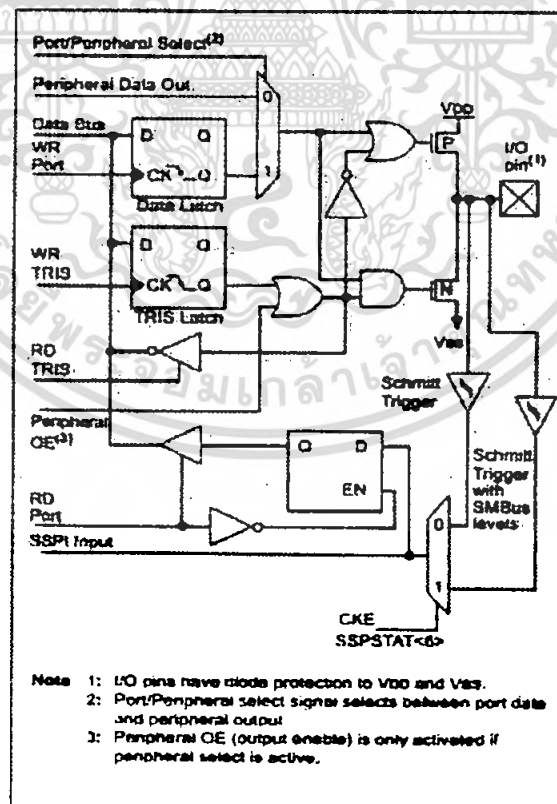
ขาสัญญาณ Output PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

RC2/CCP1	ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port ขาสัญญาณ Output วงจรเปรียบเทียบสัญญาณโมดูล CCP1 ขาสัญญาณ Output PWM
RC3/SCK/SCL	ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port ขาสัญญาณ Clock ของวงจร SPI (SCK) ขาสัญญาณ Clock ของระบบบัส I ² C (SCL)
RC4/SDI/SDO	ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port ขาสัญญาณ Input/Serial Dataของระบบ SPI (SDI) ขาสัญญาณ Clock ของระบบบัส I ² C (SDA)
RC5/SDO	ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port ขาสัญญาณ Output/Serial Dataของระบบ SPI (SDO)
RC6/TxD/CK	ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port ขาสัญญาณส่ง Data/Serial Port (TxD) ขาสัญญาณ Clock/Synchronize (CK)
RC7/RxD/DT	ขาสัญญาณติดต่อ Input / Output Port ขาสัญญาณรับ Data/Serial Port (RxD) ขาสัญญาณ Data/Synchronize (DT)



รูปที่ 2.19 โครงสร้างของพอร์ต C (RC0, RC2, RC5, RC7)

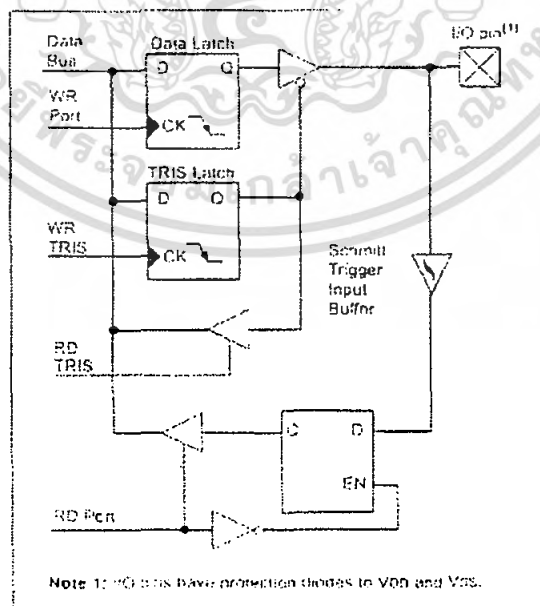


รูปที่ 2.20: โครงสร้างของพอร์ต C (RC3, RC4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. PORTD RA0-RA7 พอร์ต D มีขาสัญญาณจำนวน 8 Pins โดยเป็นขาสัญญาณใช้ติดต่อกับ Input / Output Port และยังทำหน้าที่ขยายพอร์ตแบบขนาน (PSP : Parallel Slave Port)

RD0/PSP0	ขาสัญญาณติดต่อกับ Input / Output Port ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 0
RD1/PSP1	ขาสัญญาณติดต่อกับ Input / Output Port ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 1
RD2/PSP2	ขาสัญญาณติดต่อกับ Input / Output Port ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 2
RD3/PSP3	ขาสัญญาณติดต่อกับ Input / Output Port ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 3
RD4/PSP4	ขาสัญญาณติดต่อกับ Input / Output Port ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 4
RD5/PSP5	ขาสัญญาณติดต่อกับ Input / Output Port ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 5
RD6/PSP6	ขาสัญญาณติดต่อกับ Input / Output Port ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 6
RD7/PSP7	ขาสัญญาณติดต่อกับ Input / Output Port ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 7



รูปที่ 2.21 โครงสร้างของพอร์ต D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. PORTE RE0-RE2 พอร์ต E มีขาสัญญาณจำนวน 3 Pins โดยเป็นขาสัญญาณใช้ติดต่อกับ Input / Output Port และยังทำหน้าที่เป็นอินพุตของสัญญาณ ADC (Analog to Digital Converter) ด้วย

RE0/AN5/RD

ขาสัญญาณติดต่อกับ Input / Output Port

ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 1

ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานควบคุมการอ่าน

(RD : Read)

RE1/AN6/WR

ขาสัญญาณติดต่อกับ Input / Output Port

ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 6

ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานควบคุมการเขียน

(WR : Write)

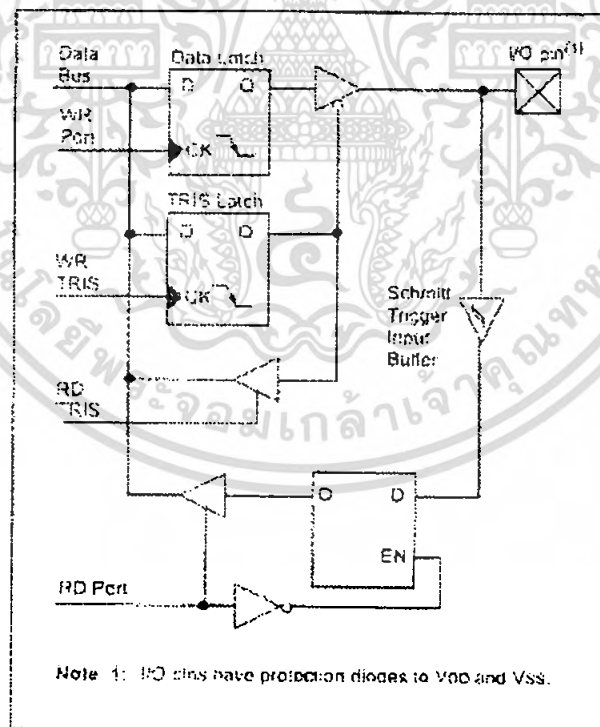
RE2/AN7/CS

ขาสัญญาณติดต่อกับ Input / Output Port

ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 7

ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานควบคุมการเลือก

อุปกรณ์ (Chip Select)



รูปที่ 2.22 โครงสร้างของพอร์ต E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรเลอร์

ไมโครคอนโทรเลอร์ PIC16F877a แบบ Flash Memory จะมีการจัดสรรพื้นที่ในการใช้งานทั้งหมด 4 bank ที่มีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่ bank 0 Address (0x00-0x7F)

Address (0x00-0x1F) เป็นพื้นที่ของ Register

Address (0x20-0x7F) เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปโดยมีขนาด 90 bytes

พื้นที่ bank 1 Address (0x80-0xFF)

Address (0x80-0x9F) เป็นพื้นที่ของ Register

Address (0xA0-0xEF) เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปโดยมีขนาด 80 bytes

Address (0xF0-0xFF) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ Address (0x70-0x7F) ใน bank 0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

พื้นที่ bank 2 Address (0x100-0x17F)

Address (0x100-0x10F) เป็นพื้นที่ของ Register

Address (0x110-0x11F) เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปโดยมีขนาด 16 bytes

Address (0x120-0x16F) เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปโดยมีขนาด 80 bytes

Address (0x120-0x16F) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ Address (0x70-0x7F) ใน bank 0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

พื้นที่ bank 3 Address (0x180-0x1FF)

Address (0x180-0x18F) เป็นพื้นที่ของ Register

Address (0x190-0x19F) เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปโดยมีขนาด 16 bytes

Address (0x1A0-0x1EF) เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปโดยมีขนาด 80 bytes

Address (0x120-0x16F) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ Address (0x70-0x7F) ใน bank 0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

File Address	File Address	File Address	File Address
Indirect addr (0) 00h	Indirect addr (0) 80h	Indirect addr (0) 100h	Indirect addr (0) 180h
TMR0 01h	OPTION_REG 81h	TMR0 101h	OPTION_REG 181h
PC1 02h	PC1 82h	PC1 102h	PC1 182h
STATUS 03h	STATUS 83h	STATUS 103h	STATUS 183h
FSR 04h	FSR 84h	FSR 104h	FSR 184h
PORTA 05h	TRISA 85h	PORTA 105h	TRISA 185h
PORTB 06h	TRISB 86h	PORTB 106h	TRISB 186h
PORTC 07h	TRISC 87h	PORTC 107h	TRISC 187h
PORTD(1) 08h	TRISD(1) 88h	PORTD 108h	TRISD 188h
PORTE(1) 09h	TRISE(1) 89h	PORTE 109h	TRISE 189h
RELAT 0Ah	RELAT 8Ah	RELAT 10Ah	RELAT 18Ah
INTCON 0Bh	INTCON 8Bh	INTCON 10Bh	INTCON 18Bh
PIR1 0Ch	PIR1 8Ch	EEDATA 10Ch	ECON1 18Ch
PIR2 0Dh	PIR2 8Dh	EEDATH 10Dh	ECON2 18Dh
TMR1H 0Eh	PCON 8Eh	EEDATH 10Eh	Reserved 18Eh
TICON 0Fh	SSPCON 8Fh	EEADRH 10Fh	Reserved 18Fh
TMR2 10h	SPSR 90h	EEADRH 110h	Reserved 190h
TZCON 11h	SPSR 91h	EEADRH 111h	Reserved 191h
SSPBUF 12h	SPR2 92h	EEADRH 112h	Reserved 192h
SSPCON 13h	SSPADL 93h	EEADRH 113h	Reserved 193h
SSPCON 14h	SSPSTAT 94h	EEADRH 114h	Reserved 194h
CCP1L 15h	SSPSTAT 95h	EEADRH 115h	Reserved 195h
CCP1H 16h	TXSTA 96h	EEADRH 116h	Reserved 196h
CCP1CON 17h	TXSTA 97h	General Purpose Register 117h	General Purpose Register 197h
RCSTA 18h	SPSRG 98h	General Purpose Register 118h	General Purpose Register 198h
TXREG 19h	SPSRG 99h	General Purpose Register 119h	General Purpose Register 199h
RCREG 1Ah	ADRESL 9Ah	General Purpose Register 11Ah	General Purpose Register 19Ah
CCP2L 1Bh	ADRESL 9Bh	General Purpose Register 11Bh	General Purpose Register 19Bh
CCP2H 1Ch	ADRESH 9Ch	General Purpose Register 11Ch	General Purpose Register 19Ch
CCP2CON 1Dh	ADRESH 9Dh	General Purpose Register 11Dh	General Purpose Register 19Dh
ADRFSH 1Eh	ALCON 9Eh	General Purpose Register 11Eh	General Purpose Register 19Eh
ADCON0 1Fh	ALCON 9Fh	General Purpose Register 11Fh	General Purpose Register 19Fh
Bank 0 20h	Bank 1 A0h	Bank 2 120h	Bank 3 1A0h
General Purpose Register 50 Bytes	General Purpose Register 60 Bytes	General Purpose Register 60 Bytes	General Purpose Register 60 Bytes
Bank 0 7Fh	Bank 1 7Fh	Bank 2 17Fh	Bank 3 17Fh
Bank 0 7Fh	Bank 1 7Fh	Bank 2 17Fh	Bank 3 17Fh

Unimplemented data memory locations, read as '0'
 * Not a physical register

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F876.
 2: These registers are reserved, normally these registers clear.

ตารางที่ 2.4 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ Microcontroller PIC16F877a

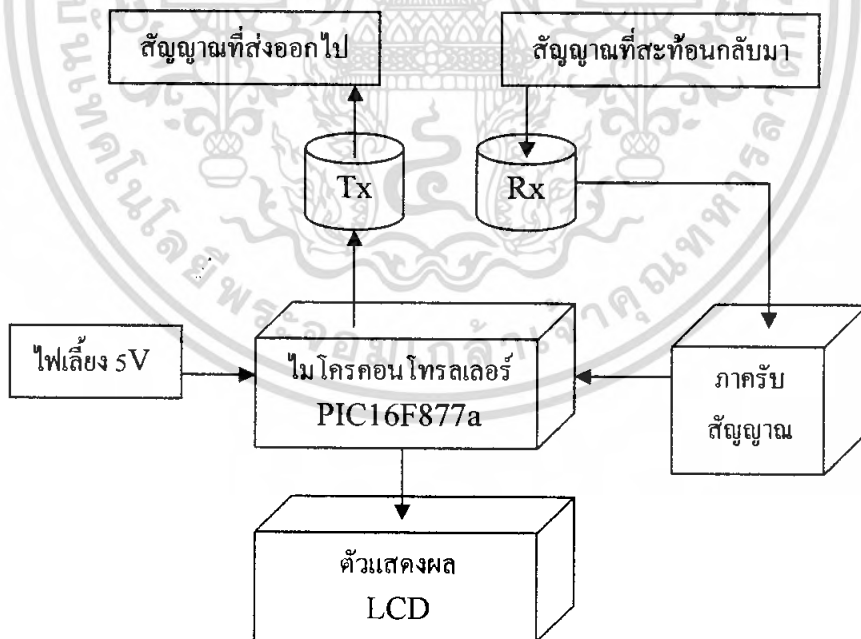
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้มีความก้าวหน้าขึ้นเรื่อยๆ ในทุก ๆ วัน มีการผลิตสิ่งที่มีประโยชน์ต่อชีวิต มีประโยชน์ต่อการศึกษา จำพวกไอซี ตัวประมวลผล การใช้งานมักจะมีการนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อประโยชน์สูงสุด

โครงการนี้ก็ได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877a มาเป็นตัวประมวลผลในการทำงานประยุกต์ใช้คู่กับตัวรับตัวส่งอัลตราโซนิก ซึ่งในปัจจุบันความนิยมในการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และตัวรับส่งอัลตราโซนิกมีค่อนข้างมาก ในปัจจุบันก็ได้มีการนำอุปกรณ์สองชนิดนี้มาทำเป็นเครื่องอำนวยความสะดวกมากมาย เช่น เครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic cleanser) เครื่องวัดความหนาของวัตถุ เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล (sonar) เครื่องหาตำแหน่งอวัยวะในร่างกาย หรือใช้ทดสอบการรั่วของท่อ เป็นต้น ส่วนโครงการนี้ได้นำมาประยุกต์ทำเป็นเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โดยหลักการทำงานคร่าว ๆ ของเครื่องนี้แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 3.1 การทำงานโดยรวมของเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

การทำงานของเครื่องนี้จะเริ่มจากการที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการส่งสัญญาณพัลส์ความถี่ 40 kHz ออกไปให้กับตัวส่ง เมื่อสัญญาณได้ไปสะท้อนกับวัตถุที่จะทำการวัดระยะทางก็เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะสะท้อนกลับมาเข้าหาตัวรับ ด้านตัวรับเมื่อได้รับสัญญาณก็ต้องมาผ่านภาครับสัญญาณเนื่องจากสัญญาณที่เข้ามานั้นมีขนาดที่เล็กมาก ตัวขยายสัญญาณเมื่อทำการขยายสัญญาณเสร็จก็จะส่งต่อไปยังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877a เพื่อทำการประมวลผล และสุดท้ายก็จะแสดงค่าที่ได้ออกมาทางจอแสดงผล LCD

หลักการทำงานโดยละเอียดสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.1 การส่งพัลส์ความถี่ 40 kHz

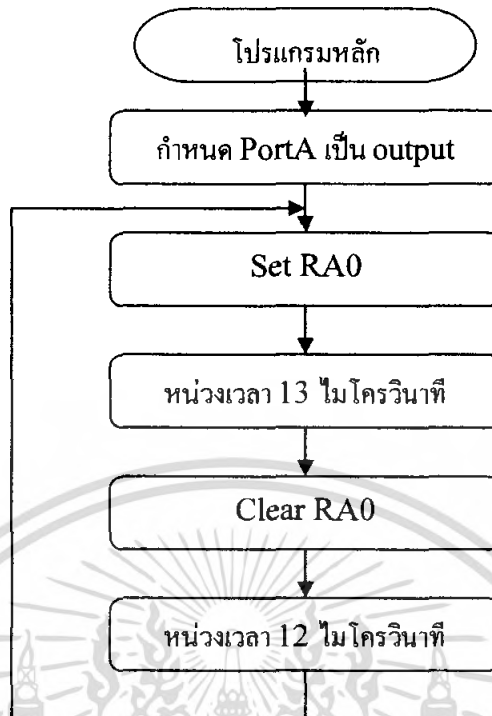
ในการส่งพัลส์ความถี่ 40 kHz เราจะใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวส่ง โดยใช้ PIC ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยพัลส์ความถี่ที่ออกมาจาก PIC จะกำเนิดขึ้นโดย software ภายใน PIC ซึ่งเราใช้วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบคริสตอล ความถี่ 4MHz ค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาภายในจะถูกหารด้วย 4 ดังนั้นสัญญาณนาฬิกาภายใน PIC จะเท่ากับ 1MHz หรือกำหนดเป็นช่วงเวลาได้เท่ากับ 1 ไมโครวินาที

ดังนั้นจะได้ว่า เมื่อต้องการให้ PIC ทำการส่งพัลส์ความถี่ที่ 40 kHz ออกมา ซึ่งกำหนดเป็นช่วงเวลาได้เท่ากับ 25 ไมโครวินาที ดังนั้นเราจะต้องให้สัญญาณลอจิกสูงปรากฏที่เอาต์พุตนานเท่ากับ $25/2 = 12.5$ ไมโครวินาที และให้สัญญาณลอจิกต่ำปรากฏที่เอาต์พุตนานเท่ากับ 12.5 ไมโครวินาทีเช่นกัน ทำนองนี้ไปเรื่อยๆ

การทำให้สัญญาณลอจิกสูงปรากฏที่เอาต์พุตนานเท่ากับ 12.5 ไมโครวินาที ทำได้โดยการหน่วงเวลา ให้ PIC ส่งลอจิกสูง ไปยังเอาต์พุตเป็นเวลา 12.5 ไมโครวินาที

ในที่นี้เราจะทำการส่งพัลส์ความถี่ 40kHz ออกไปเป็นจำนวน X ลูก เนื่องจากเมื่อเราทำการส่งพัลส์ความถี่ออกไปโดยทราบจำนวนลูกแล้ว เมื่อเริ่มส่งสัญญาณพัลส์ 40kHz ออกไปทางด้านภาครับ เมื่อมีสัญญาณใดๆเกิดขึ้นทางด้านภาครับ ทางด้านภาครับจะยังไม่เกิดการตอบสนองต่อสัญญาณใดๆ จนกระทั่งภาครับจะส่งสัญญาณครบ X ลูกตามที่กำหนด เมื่อส่งไปครบจำนวนที่ต้องการ ก็จะให้ทางด้านภาครับทำการตรวจสอบระดับลอจิกต่อไป

สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การส่งสัญญาณพัลส์ความถี่ 40kHz

3.2 การใช้ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ในการนับเวลา

เมื่อเราทำการส่งพัลส์ความถี่ 40 kHz ออกไปครบ X ลูก จากนั้นก็จะทำการนับเวลา โดยในการนับเวลานั้นเราจะใช้ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ที่มีอยู่ใน PIC

การเลือกโหมดไทมเมอร์/เคาน์เตอร์

ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์(timer/counter) เป็นส่วนสำคัญสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เพื่อนำมาสร้างฐานเวลา โดยไทมเมอร์หรือตัวตั้งเวลาและเคาน์เตอร์หรือตัวนับ มีทั้งขนาด 8 บิต และ 16 บิต สามารถใช้กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์เมื่อเกิดการนับค่าเกินหรือโอเวอร์โฟลว(overflow)

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ทั้งเบอร์ 16F877a จะมีไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ ให้นำมาใช้งานได้มากถึง 3 ตัว คือ ไทมเมอร์0(Timer0), ไทมเมอร์1(Timer1), ไทมเมอร์2(Timer2) ซึ่งในที่นี้ได้เลือกใช้ไทมเมอร์0(Timer0) มาทำการนับเวลา

การกำหนดให้ไทมเมอร์ทำงานในโหมดไทมเมอร์หรือเคาน์เตอร์จะขึ้นอยู่กับการนับสัญญาณ ถ้าเป็นการนับสัญญาณนาฬิกาจากภายใน ก็จะทำงานเป็นตัวตั้งเวลาหรือไทมเมอร์ แต่ถ้าเป็นการนับสัญญาณจากภายนอกก็จะเป็นตัวนับหรือเคาน์เตอร์

การจัดเตรียมไทมเมอร์

ในการใช้งานไทมเมอร์นั้น ต้องมีการจัดเตรียมไทมเมอร์ก่อนที่จะใช้งาน โดยอาศัยฟังก์ชัน `setup_timer_X()` (X คือค่าแสดงถึงตัวเลขของไทมเมอร์) ซึ่งในที่นี้เลือกใช้ `Timer0` รูปแบบการใช้งาน ฟังก์ชัน `setup_timer_0()`

```
setup_timer_0(mode)
```

โดยที่

Mode คือค่าคงที่ที่กำหนดในไฟล์เฮดเดอร์(.h file) มีรายละเอียดดังนี้

Mode	ความหมาย
RTCC_INTERNAL	รับสัญญาณนาฬิกาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์
RTCC_EXT_L_TO_H	รับสัญญาณนาฬิกาที่เปลี่ยนจากลอจิกต่ำไปสูงจากภายนอก
RTCC_EXT_H_TO_L	รับสัญญาณนาฬิกาที่เปลี่ยนจากลอจิกสูงไปต่ำจากภายนอก

ซึ่งในที่นี้เลือกใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจากภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นทำการเซตได้ดังนี้

```
setup_timer_0(RTCC_INTERNAL);
```

การอ่านและเขียนไทมเมอร์

ในการอ่านและเขียนไทมเมอร์เคาน์เตอร์จะใช้ฟังก์ชัน `set_timer_0()` และ `get_timer_0()`

- เซตไทมเมอร์ด้วยฟังก์ชัน `set_timer_0()`

รูปแบบการใช้งาน

```
set_timer_0(value)
```

โดยที่ `value` คือกำหนดค่าเริ่มต้นในการนับให้กับไทมเมอร์ สำหรับ `Timer0` เป็นแบบ `int 8 บิต(0-255)`

- อ่านไทมเมอร์ด้วยฟังก์ชัน `get_timer_0()`

รูปแบบการใช้งาน

```
value = get_timer_0()
```

โดยที่ `value` คือค่า `int 8 บิต` สำหรับ `Timer0`

ในการใช้งานTimer0 เป็นตัวนับค่าเวลา เนื่องจากTimer0 เป็นตัวแปรแบบ int8 ซึ่งจะทำให้การนับค่าตั้งแต่ 0 จนกระทั่งถึง 255 จะวนกลับมาเริ่มต้นนับค่าที่ 0 อีกครั้ง ข้อจำกัดนี้ เราสามารถแก้ไขโดยใช้ฟังก์ชันอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ได้

3.3 การใช้งานอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

อินเตอร์รัปต์(interrupt) คือ การขัดจังหวะการทำงานของซีพียูหรือโปรแกรมที่กำลังทำงานอยู่ เพื่อมาทำงานในส่วนโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว การใช้อินเตอร์รัปต์นั้น จะช่วยประหยัดเวลาในการทำงานของโปรแกรมที่ไม่ต้องไปคอยตรวจสอบเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งตลอดเวลา โดยส่งหน้าที่การตรวจสอบนี้ให้กับบริการอินเตอร์รัปต์แทนในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC จะมีบริการตอบสนองการใช้งานอินเตอร์รัปต์ที่ค่อนข้างมากและหลากหลายประเภท เช่น

1. การอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์โอเวอร์โฟลว
2. การอินเตอร์รัปต์จากการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล เป็นต้น

การอินเตอร์รัปต์ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นเพียงบางส่วนเท่านั้น เนื่องจากการบริการอินเตอร์รัปต์ขึ้นอยู่กับเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งาน

ในการเขียนโปรแกรมควบคุมอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ด้วยภาษา C สำหรับ CCS C คอมไพเลอร์นั้นจะกำหนดการเขียนในรูปแบบไคเร็กคิฟเพื่อกำหนดให้ฟังก์ชันในบรรทัดถัดมา คือ ฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับการอินเตอร์รัปต์ ซึ่งในที่นี้ ใช้ฟังก์ชันอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการโอเวอร์โฟลวของTimer0 สามารถกำหนดไคเร็กคิฟของการอินเตอร์รัปต์ได้ ดังนี้

```
ไคเร็กคิฟการอินเตอร์รัปต์      ความหมายของการเกิดอินเตอร์รัปต์
#INT_TIMER0                    จากการโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์0
```

การใช้งาน Built-in functions ที่เกี่ยวข้องกับอินเตอร์รัปต์

นอกจากไคเร็กคิฟที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานอินเตอร์รัปต์แล้ว ในการใช้งานอินเตอร์รัปต์ยังประกอบไปด้วย Built-in functions ที่เกี่ยวข้องกับการอินเตอร์รัปต์มีดังนี้

- ฟังก์ชัน enable_interrupts() กำหนดให้มีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

รูปแบบการใช้งาน

```
enable_interrupts(level)
```

โดยที่ level คือ ลำดับค่าคงที่ของการอินเตอร์รัปต์ที่กำหนดในคี่ไวน์ของไฟล์เฮดเดอร์ (device.h file) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC แต่ละเบอร์

ในที่นี้กำหนดให้มีการอินเทอร์รัปต์เนื่องจาก Timer0 เกิดโอเวอร์โฟลวขึ้น ดังนั้น ต้องกำหนดดังนี้

```
Enable_interrupts(INT_TIMER0);
```

- ฟังก์ชัน `disable_interrupts()` กำหนดยกเลิกการใช้งานอินเทอร์รัปต์รูปแบบการใช้งาน

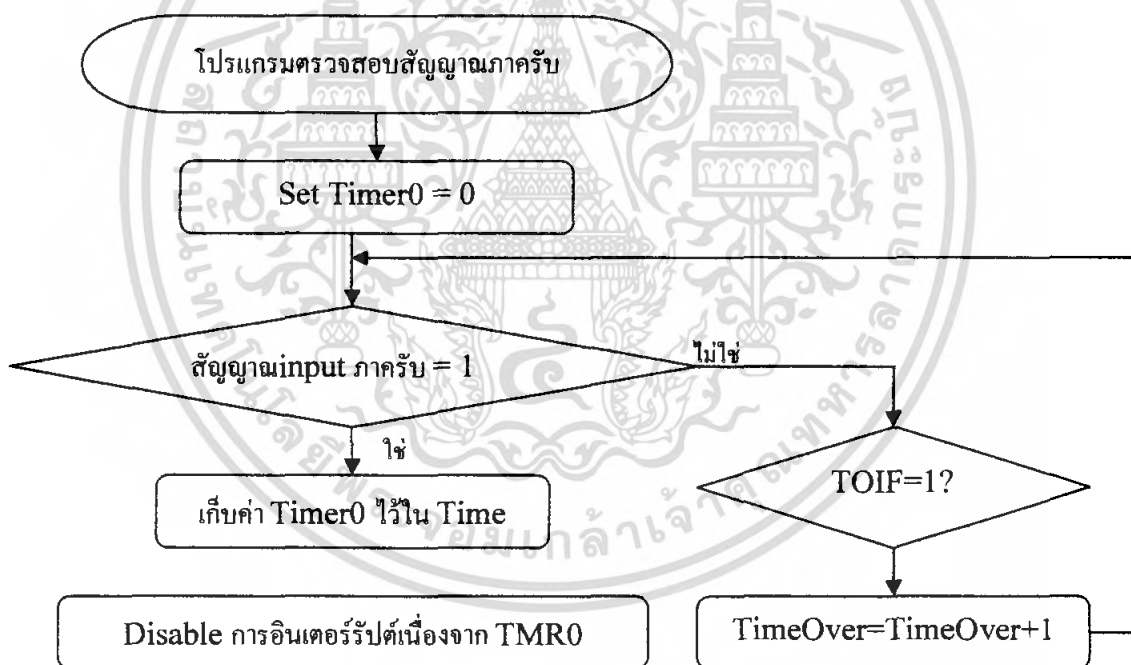
```
Disable_interrupts(level)
```

โดยที่ `level` คือ ลำดับค่าคงที่ของการอินเทอร์รัปต์ที่กำหนดในดีไวน์ของไฟล์เฮดเดอร์ (`device.h` file) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC แต่ละเบอร์

ในที่นี้กำหนดให้มีการยกเลิกการใช้งานการเกิดอินเทอร์รัปต์เนื่องจาก Timer0 เกิดโอเวอร์โฟลวขึ้น ดังนั้น ต้องกำหนดดังนี้

```
disable_interrupts(INT_TIMER0);
```

การเซตค่าให้ไทมเมอร์ 0 ทำการนับค่าเวลาไปเรื่อยๆ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การเซตค่าให้ไทมเมอร์ 0 และการบริการอินเทอร์รัปต์เนื่องจากไทมเมอร์ 0 เกิดโอเวอร์โฟลว

3.4 การคำนวณค่าระยะทางจากเวลาที่สะท้อนกลับ

จากที่เราทราบว่าในเวลา 1 วินาที ระยะทางที่เสียงเดินทางเป็น 340 เมตร

ดังนั้นในเวลา t วินาที เสียงจะเดินทางได้เป็น $340 \times t$ เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ระยะทาง $340 \times t$ เมตร นั้นเป็นระยะทางที่คลื่นใช้ทั้งขาไปและขากลับ

ดังนั้น จึงต้องทำการหารค่าระยะทางที่ได้ด้วย 2

ดังนั้น จะได้ระยะห่างวัตถุเท่ากับ $340 \times t / 2$ เมตร

จากหัวข้อ 3.2 และ 3.3 เมื่อเราทำการเริ่มนับเวลาด้วยไทมเมอร์0 และเมื่อที่ขาinput ตรวจสอบสัญญาณยังไม่มีสัญญาณเข้ามา เมื่อ Timer0 เกิดโอเวอร์โฟลว จะทำการเพิ่มค่าตัวแปร TimerOver ทีละหนึ่ง

TimeOver = TimeOver+1;

และเมื่อขาinput ตรวจสอบสัญญาณมีค่าเป็น '1' จะทำการเก็บค่า Timer0 ที่นับได้

Time = get_timer0();

และจากค่าไทมเมอร์0 โอเวอร์โฟลว จะได้ เวลาทั้งหมดที่เกิดจากการโอเวอร์โฟลวของไทมเมอร์0 (Time1)

Time1 = TimeOver * 256;

ดังนั้นจะได้ค่าเวลาทั้งหมด (TimeAll)

TimeAll = Time1 + Time;

เวลา 1 วินาที ระยะทางที่เสียงเดินทางเป็น 340 เมตร

ดังนั้น ในเวลา t วินาที เสียงจะเดินทางได้เป็น $340 \times t$ เมตร

แต่เนื่องจาก เวลาทั้งหมดที่เราเก็บไว้ในตัวแปร TimeAll มีหน่วยเป็นไมโครวินาที (เนื่องจากค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาภายในจะถูกหารด้วย 4 ซึ่งเราเลือกใช้วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบคริสตอลความถี่ 4MHz ดังนั้น สัญญาณนาฬิกาภายในจะเท่ากับ 1 MHz หรือกำหนดเป็นช่วงเวลาได้เท่ากับ 1 ไมโครวินาที)

ดังนั้น เวลา 1 วินาที ระยะทางที่เสียงเดินทางเป็น 340 เมตร

ดังนั้นในเวลา TimeAll ไมโครวินาที เสียงจะเดินทางได้เป็น $340 \times \text{TimeAll}$ เมตร

ดังนั้น จะได้ระยะห่างวัตถุเท่ากับ $340 \times 0.000001 \times \text{TimeAll} / 2$ เมตร เมื่อ $t = \text{TimeAll}$

เมื่อแปลงเป็นหน่วยเซนติเมตร ($1\text{m} = 100\text{cm}$)

MeasureCM = TimeAll * 340 / 2 * 0.0001;

เมื่อแปลงเป็นหน่วยนิ้ว ($30\text{cm} = 12\text{in}$)

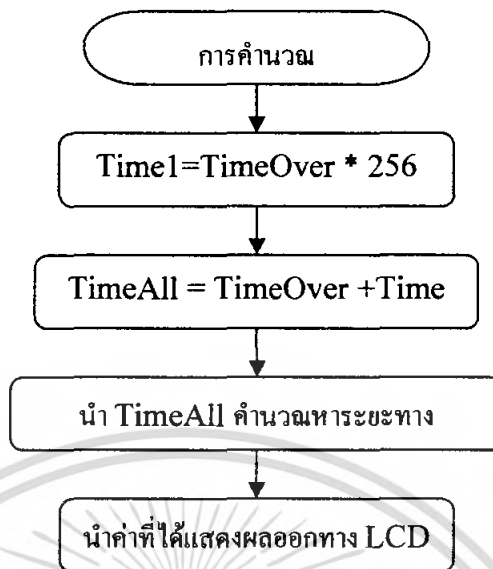
MeasureIN = MeasureCM / 30 * 12;

เมื่อแปลงเป็นหน่วยฟุต ($1\text{ft} = 12\text{in}$)

MeasureFt = MeasureCM / 30;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเขียนโฟลชาร์ตแสดงการคำนวณได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การคำนวณหาระยะทางจากค่าไทมเมอร์ 0

3.5 การแสดงผลทางจอ LCD

ในปัจจุบัน โมดูล LCD(Liquid Crystal Display Module) ได้รับความนิยมนำมาใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์มาก เนื่องจากสามารถแสดงผลได้หลากหลายรูปแบบ นอกจากนี้ยังมีขนาดเล็ก แต่การใช้งานต้องอยู่ในมุมมองที่เหมาะสม

➤ การควบคุมและใช้งานโมดูล LCD ในโหมด 4 บิต

ในการส่งข้อความตัวอักษรเพื่อที่จะให้ไปแสดงผลบนโมดูล LCD นั้น ในขั้นตอนแรกจะต้องเขียนชุดคำสั่งควบคุมเพื่อส่งให้กับโมดูล LCD ก่อน จากนั้นจึงตามด้วยข้อมูลข้อความที่ต้องการแสดงผล ซึ่งในที่นี้เราเลือกควบคุม LCD ในโหมด 4 บิต ซึ่งในโหมดนี้จะติดต่อกับขาข้อมูลของโมดูล LCD เพียง 4 ขาเท่านั้น คือขา D4-D7 นอกจากนั้นยังติดต่อกับขา RS สำหรับเลือกส่งคำสั่งหรือข้อมูลแสดงผล และติดต่อกับขา E สำหรับส่งสัญญาณพัลส์เพื่อเอนเอเบิลการแสดงผลของโมดูล LCD

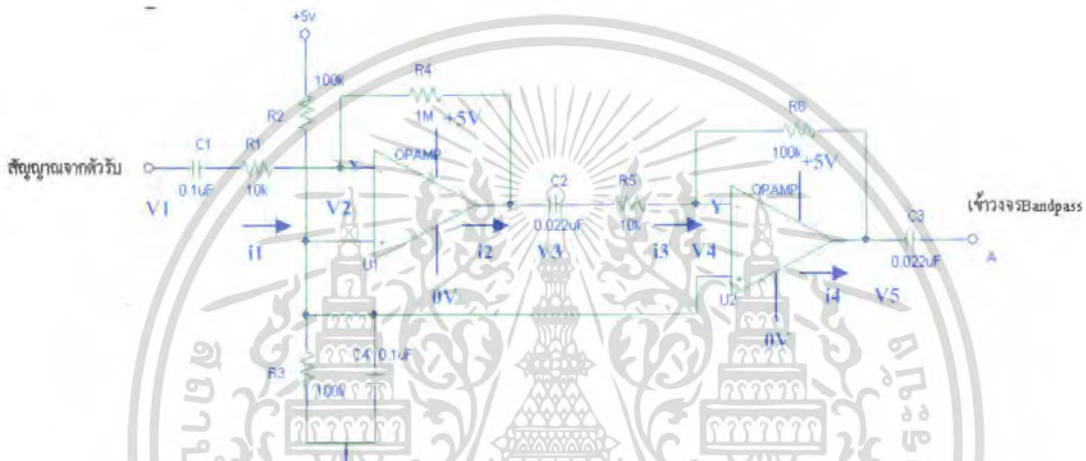
3.6 ภาครับสัญญาณ

เมื่อสัญญาณถูกส่งจากอุตตราโซนิคตัวส่ง(Tx) สัญญาณพัลส์ก็จะไปกระทบกับวัตถุที่อยู่ข้างหน้า และสะท้อนกลับมายังอุตตราโซนิคตัวรับ(Rx) แต่เนื่องจากสัญญาณที่สะท้อนกลับมานี้จะมีระดับแอมพลิจูดที่ต่ำมาก จึงจำเป็นจะต้องมีการขยายสัญญาณขึ้น เพื่อที่จะเน้นการจับระดับสัญญาณให้ PIC รับรู้และตอบสนองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรมายสัญญาณ

เมื่อสัญญาณถูกส่งออกจากอุตราโซนิกตัวส่ง สัญญาณพัลส์ก็จะไปกระทบกับวัตถุที่อยู่ข้างหน้า และสะท้อนกลับมายังอุตราโซนิกตัวรับ (Rx) แต่สัญญาณที่สะท้อนกลับมานี้มีระดับแอมพลิจูดที่ต่ำมาก จึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณขึ้น เพื่อที่จะเน้นการจกระดับสัญญาณให้กับ PIC รับรู้และตอบสนองได้ เมื่อสัญญาณสะท้อนกลับมาถึงตัวรับ ก็จะมีวงจรมายสัญญาณเอชียอยู่ 2 ชุด โดยที่ชุดแรก จะมีอัตราขยาย 100 เท่า กำหนดโดย R1 และ R4 และชุดที่ 2 จะมีอัตราขยายประมาณ 10 เท่ากำหนดโดย R5 และ R6 ดังรูป



รูปที่ 3.5 รูปวงจรมายสัญญาณ

จากรูปที่ C1, R1 จะได้
$$Z_1 = R_1 + \frac{1}{C_1 s} = \frac{R_1 C_1 s + 1}{C_1 s} \tag{3.1}$$

ที่ node X , จากคุณสมบัติของ op-amp $i_1 = i_2, V_2 = 0$ จะได้

$$\frac{V1(s) - V2(s)}{Z1(s)} = \frac{V2(s) - V3(s)}{R4}$$

$$\frac{V1(s)}{Z1} = \frac{-V3(s)}{R4} = \frac{V3(s)}{V1(s)} = \frac{-R4}{Z1} \tag{3.2}$$

แทนค่าสมการที่ (3.1) ลงในสมการที่ (3.2) จะได้

$$= -\frac{R4 C_1 s}{R_1 C_1 s + 1} \cong -\frac{R4}{R_1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำงานเดียวกัน ที่ op-amp ตัวที่สองก็คิดเช่นเดียวกัน จะได้

$$\text{จากรูปที่ C2, R5 จะได้ } Z_2 = R_5 + \frac{1}{C_2 s} = \frac{R_5 C_2 s + 1}{C_2 s} \quad (3.3)$$

ที่ node X , จากคุณสมบัติของ op-amp $i_3 = i_4$, $V_4 = 0$ จะได้

$$\frac{V_3(s) - V_4(s)}{Z_2(s)} = \frac{V_4(s) - V_5(s)}{R_6}$$

$$\frac{V_3(s)}{Z_2(s)} = \frac{-V_5(s)}{R_6} = \frac{V_5(s)}{V_3(s)} = \frac{-R_6}{Z_2} \quad (3.4)$$

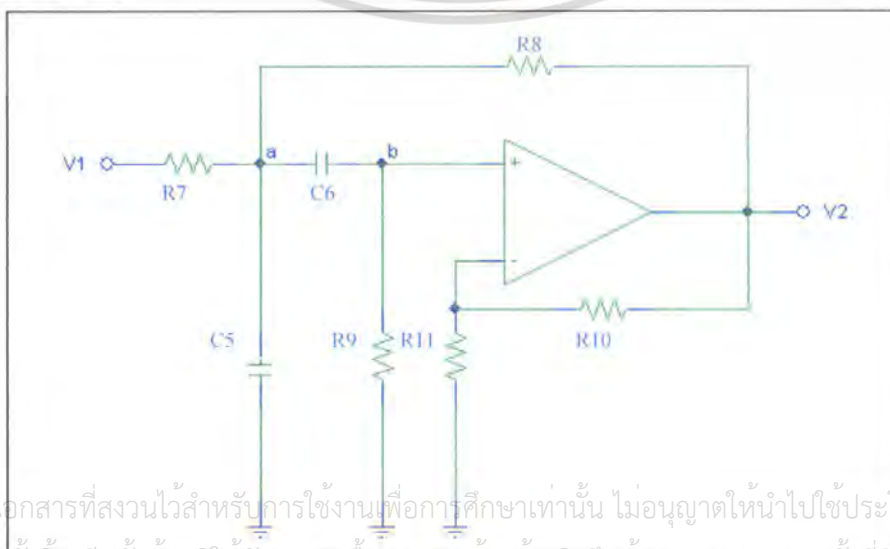
แทนค่าสมการที่ (3.3) ลงในสมการที่ (3.4) จะได้

$$= -\frac{R_6 C_2 s}{R_5 C_2 s + 1} \approx -\frac{R_6}{R_5}$$

และเนื่องจากคลื่นอุลตราโซนิกอยู่ในช่วงความถี่ 40kHz ในภาครับสัญญาณอาจจะมีสัญญาณรบกวนเข้ามาปนกับสัญญาณที่ต้องการรับ ดังนั้นเราจะต้องทำการกรองสัญญาณนั้นออกไป เพื่อให้สัญญาณที่เข้ามามีความคมชัดมากขึ้น และน่าเชื่อถือมากขึ้น

ในการกรองสัญญาณ เราจะใช้วงจร Bandpass filter ที่ย่านความถี่ 40kHz วงจร Bandpass สามารถอธิบายได้ ดังนี้

Band Pass Filter



ที่ node b จากกฎของเคอร์ชอฟ

$$\left(\frac{1}{R_9} + SC_6\right)V_b - SC_6V_a = 0 \quad (3.5)$$

แต่ $\frac{V_2}{V_b} = \mu \Rightarrow V_b = \frac{V_2}{\mu}$ (3.6)

แทน (3.6) ใน (3.5) ได้

$$\left(\frac{1}{R_9} + SC_6\right)\frac{V_2}{\mu} - SC_6V_a = 0 \quad (3.7)$$

ที่ node a จากกฎของเคอร์ชอฟ

$$\left(SC_5 + SC_6 + \frac{1}{R_7} + \frac{1}{R_8}\right)V_a - SC_6\left(\frac{V_2}{\mu}\right) - \frac{V_2}{R_8} - \frac{V_1}{R_7} = 0 \quad (3.8)$$

จาก(3.7) แทน V_a ใน (3.8) จะได้

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\mu\left(\frac{1}{R_7C_5}\right)S}{S^2 + \left[\frac{1}{R_7C_5} + \frac{1}{R_8C_6} + \frac{1}{R_9C_5} + \frac{(1-\mu)}{R_8C_5}\right]S + \frac{R_7 + R_8}{R_7R_8R_9C_5C_6}}$$

ดังนั้นจะได้

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{R_7 + R_8}{R_7R_8R_9C_5C_6}}$$

$$\therefore f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{R_7 + R_8}{R_7R_8R_9C_5C_6}} \quad (3.9)$$

ค่า gain $\mu = 1 + \frac{R_{10}}{R_{11}}$

จากสมการที่ (3.9) เราสามารถนำมาคำนวณหาค่า R และ C ในวงจรได้ ดังนี้

$$f_0 = 40\text{kHz}$$

$$\text{เลือก } R_7, R_8 = 10\text{k}\Omega \text{ และ } C_5, C_6 = 0.001\mu\text{F}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าใน (3.8) จะได้

$$(40k)^2 = \frac{1}{2\pi} \frac{(10k + 10k)}{10k \times 20k \times R_3 \times (0.001 \times 10^{-9})^2}$$

ดังนั้น ได้ $R_3 = 9947.84\Omega$

เลือกใช้ความต้านทานปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม

จากนั้นเราจะนำสัญญาณที่ได้จากวงจรกรองความถี่แล้ว ไปเข้าตัวทรานซิสเตอร์ เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นเสมือนสวิตช์ ON-OFF

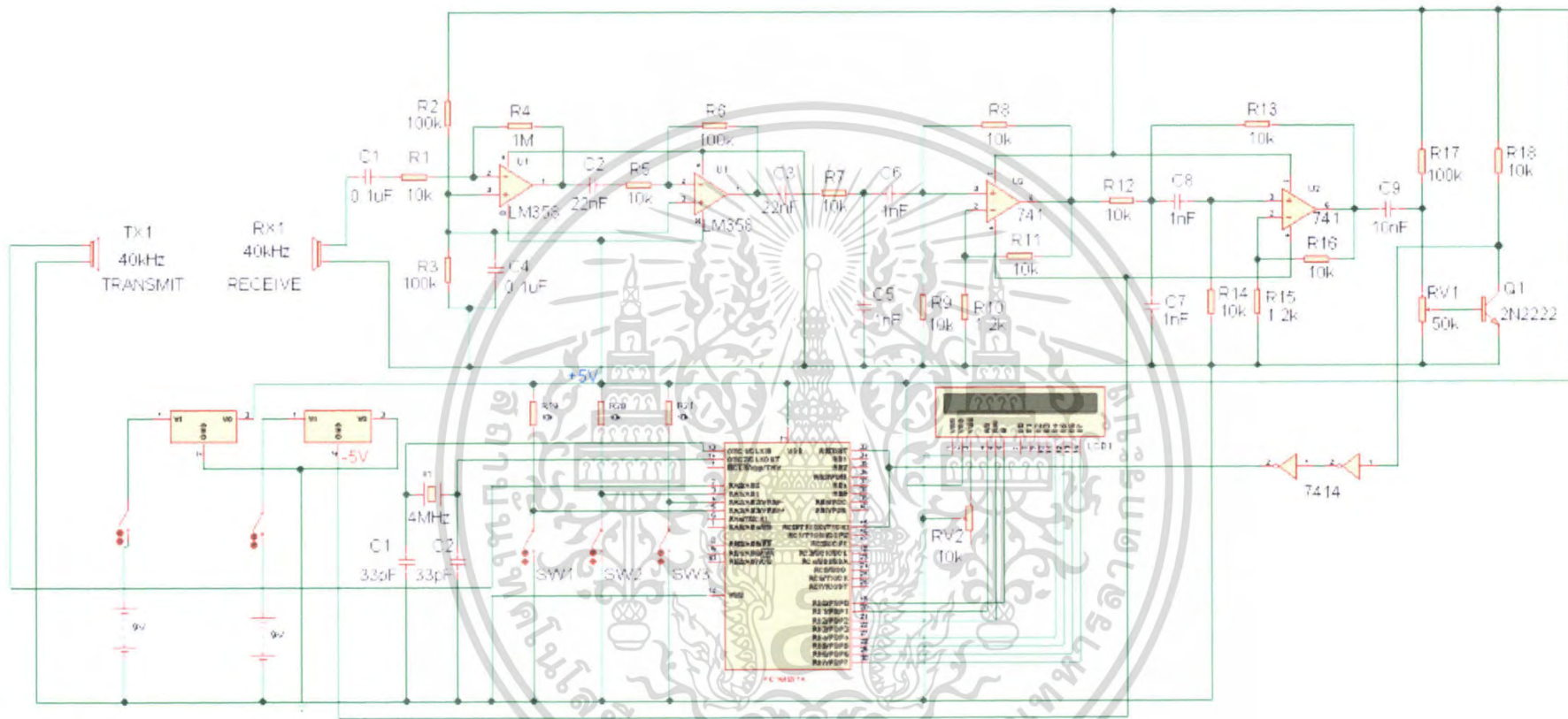


รูปที่ 3.6 หลังจากผ่านวงจรกรองความถี่แล้ว เข้าหาทรานซิสเตอร์

โดยทรานซิสเตอร์นี้ จะทำหน้าที่กำหนดพัลส์ที่มีระดับสัญญาณเท่ากับระดับสัญญาณลอจิกให้แก่ PIC โดยจะมี V ของความต้านทานปรับค่าได้ เป็นตัวกำหนดแรงดันคัสไบอัสให้แก่ขาเบสของทรานซิสเตอร์

เมื่อตัวรับได้รับสัญญาณจากการสะท้อนจากตัวส่งที่แรงพอ และผ่านการขยายสัญญาณมาแล้ว ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ก็จะได้รับกระแสไบอัสเอาต์พุต จากขาคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์ โดยปกติที่ยังไม่ได้รับการไบอัส จะมีระดับลอจิกเป็น 'High' แต่เมื่อได้รับการไบอัสก็จะเปลี่ยนมาเป็น 'Low' ซึ่งการเปลี่ยนสถานะนี้ ก็จะทำให้ PIC สามารถรับรู้ได้

แต่เนื่องจากว่า สัญญาณที่ออกมาไม่เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ชัดเจน ดังนั้นจึงมีการนำเอาขาสัญญาณที่ออกจากขาคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์มาต่อเข้ากับขั้วมิตริกเกอร์ เพื่อให้ได้สัญญาณสี่เหลี่ยมที่คมชัดมากขึ้น ได้วงจรรวมของเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก ดังนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



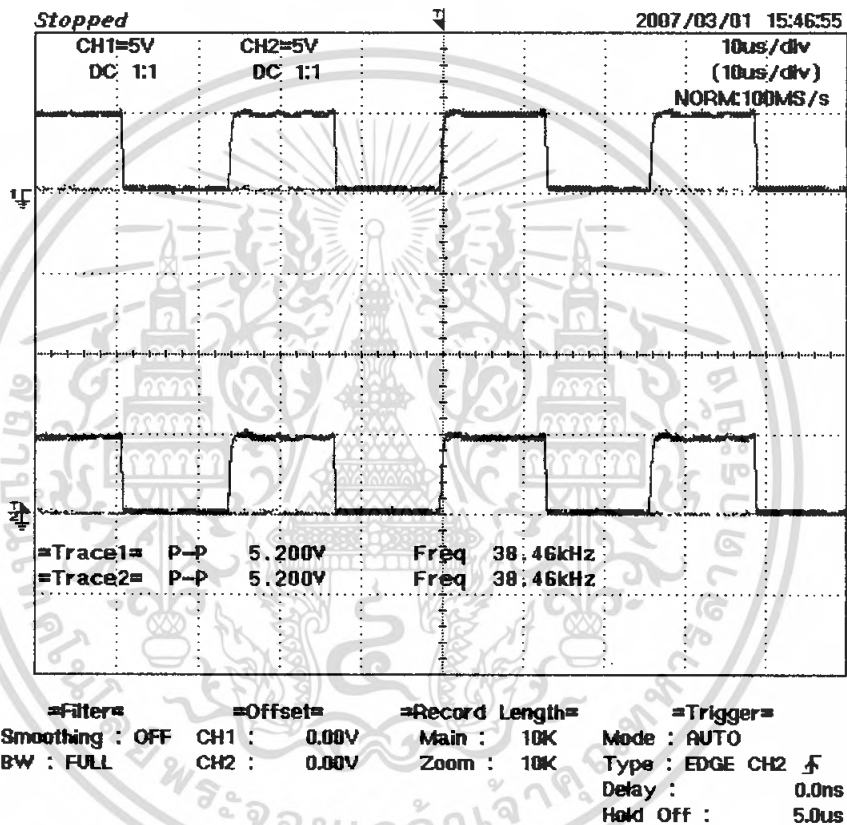
รูปที่ 3.7 วงจรเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก

บทที่ 4

การทดลอง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง โดยทำการทดสอบตัวเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก แล้วทำการบันทึกกราฟที่ได้ขณะทดลองในส่วนต่างๆ ของวงจร โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การทดลองสัญญาณพัลส์ที่ออกจาก PIC และสัญญาณที่ตัวส่ง

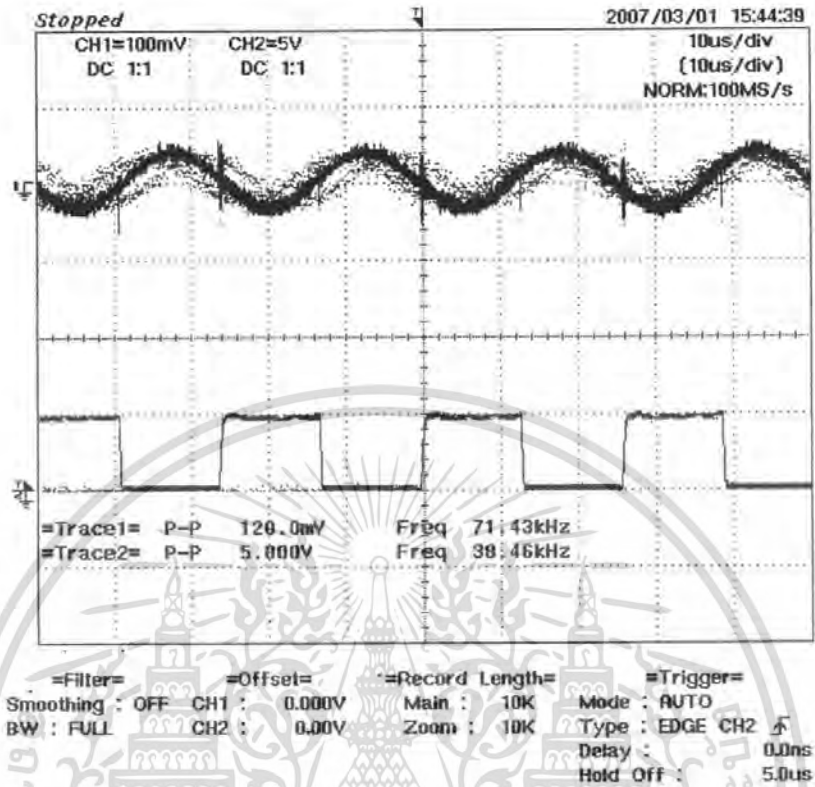


รูปที่ 4.1 สัญญาณพัลส์ที่ออกจาก PIC และที่ตัวส่ง

จากรูป สัญญาณพัลส์ที่ออกจาก PIC จะมีค่าเท่ากับที่ตัวส่งเพราะ โครงงานนี้พัลส์ที่ส่งให้กับตัวส่งนั้นทำการส่งพัลส์จากตัว PIC โดยตรง โดยค่าพัลส์ที่ส่งออกมา นั้น มีค่าความถี่เท่ากับ 40 kHz ซึ่งเป็นความถี่เรโซแนนซ์ของตัวส่งอุลตราโซนิกที่ใช้ในการทำโครงงาน

หลังจากที่พัลส์ได้ถูกส่งไปที่ตัวส่งแล้ว จะทำการส่งออกไปเพื่อกระทบกับวัตถุหรือสิ่งกีดขวาง และจะสะท้อนกลับมากกระทบกับตัวรับอุลตราโซนิก

4.2 การทดลองสัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ตัวส่ง



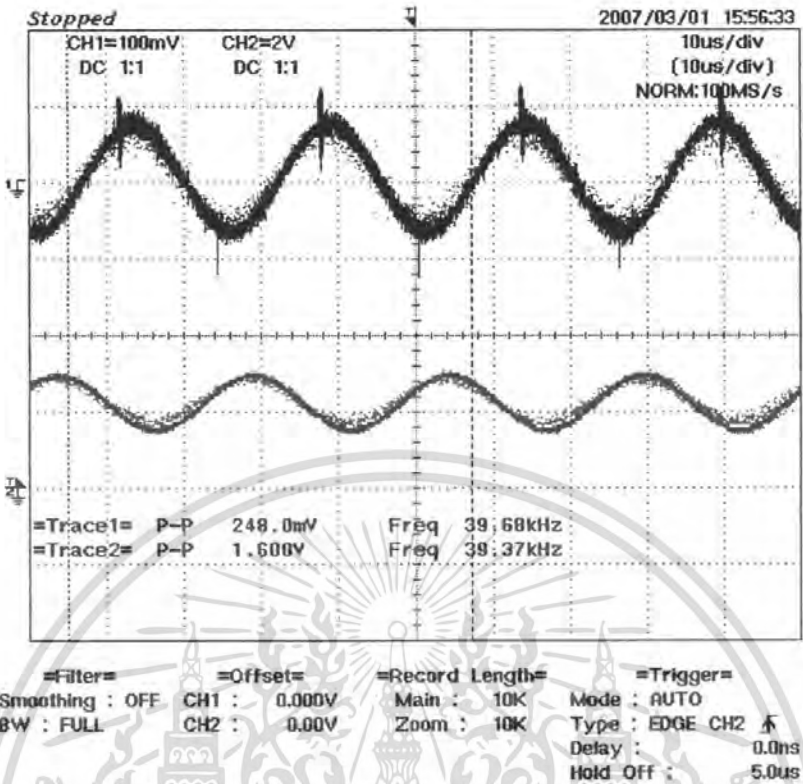
รูปที่ 4.2 สัญญาณที่ตัวรับอุตราโซนิกและสัญญาณที่ตัวส่งอุตราโซนิก

จากรูปจะเห็นว่า สัญญาณที่เข้ามาที่ตัวรับอุตราโซนิกนั้นมีขนาดเล็กมาก อยู่ในหน่วยมิลลิโวลต์ ซึ่งถ้าเป็นเช่นนี้ PIC จะไม่สามารถทำการประมวลผลได้เลย เราจึงทำการนำสัญญาณที่ตัวรับอุตราโซนิกนั้นไปผ่านวงจรขยาย เพื่อให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อที่จะได้สามารถนำไปประมวลผลที่ PIC ได้

4.3 การทดลองสัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ผ่านวงจรขยาย

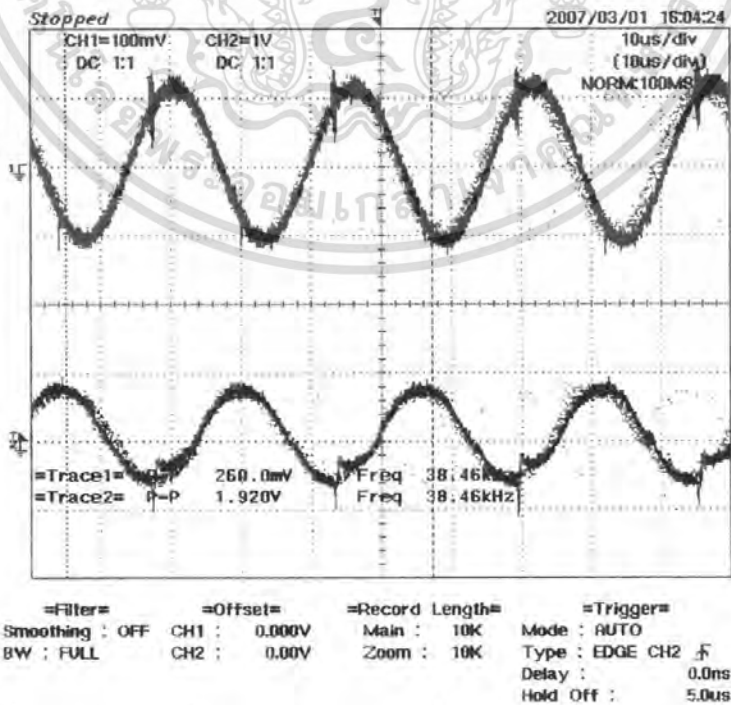
สัญญาณที่ผ่านวงจรขยายนี้นั้นจะมีค่าสูงขึ้น โดยจะทำการขยายสองครั้ง โดยในครั้งแรกจะมีค่าเกินประมาณ 100 เท่า และครั้งที่สองมีค่าเกินประมาณ 10 เท่า ดังที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 3 เมื่อสัญญาณได้ผ่านวงจรขยายแล้วจะเห็นว่า มีค่ามากพอที่จะไปกระทำกับ PIC แต่ค่าที่เข้ามานั้นจะสังเกตเห็นว่ามีค่าสัญญาณรบกวนอยู่ เราจึงนำสัญญาณนี้ไปผ่านวงจรกรองความถี่เป็นขั้นตอนต่อไป วงจรกรองความถี่นี้เป็นวงจรกรองแบบ Band Pass คือ ต้องทำการกรองความถี่ให้เหลือแต่ความถี่ที่เราต้องการเท่านั้น เนื่องจากค่าความถี่เรโซแนนท์ของตัวรับและตัวส่งอุตราโซนิกมีค่าเท่ากับ 40 kHz ฉะนั้นถ้าความถี่ที่ได้ไม่ใช่ค่านี้แสดงว่าไม่ใช่ค่าสัญญาณพัลส์ที่ส่งออกไปจากตัวส่งอุตราโซนิกนั่นเอง โดยกราฟที่ได้มีดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



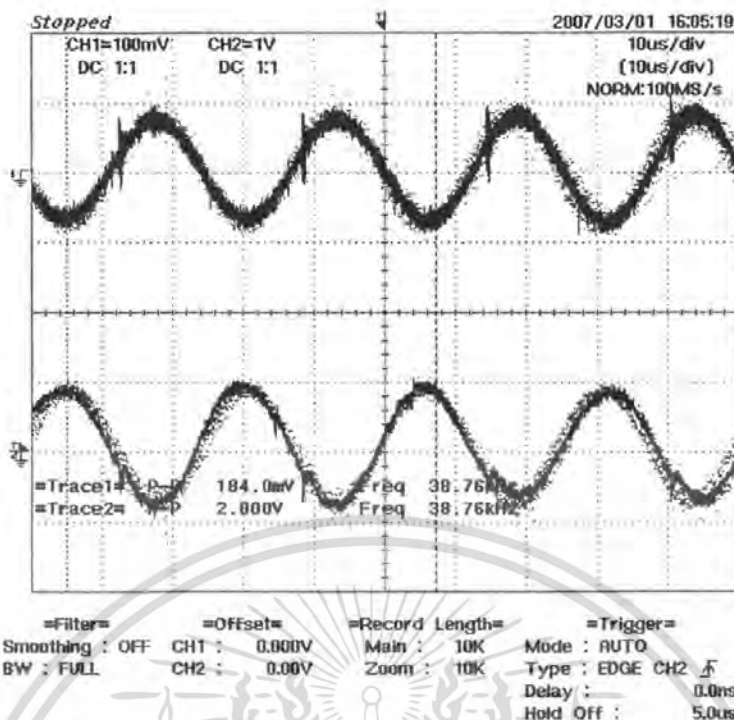
รูปที่ 4.3 สัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ผ่านวงจรขยาย

4.4 สัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่



รูปที่ 4.4 สัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่วงจรแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



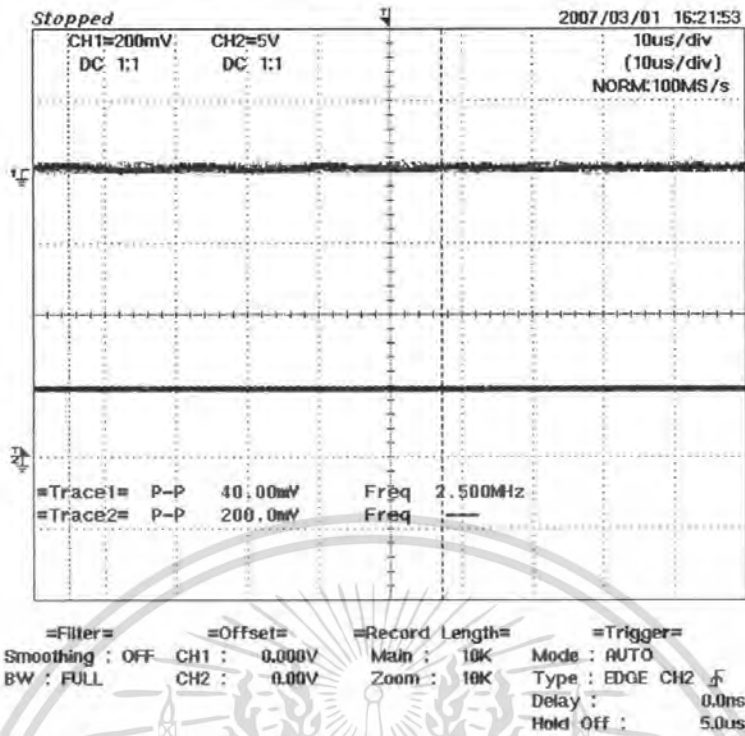
รูปที่ 4.5 สัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่วงจที่สอง

สัญญาณที่ผ่านวงจรขยายมาแล้วดังที่กล่าวไปแล้วว่าจะมีค่าสัญญาณรบกวนอยู่ ฉะนั้นจึงนำมาผ่านวงจรกรองความถี่ ซึ่งที่ใช้วงจรกรองความถี่สองวงจรมันก็เพราะว่าสัญญาณที่เข้ามานั้น ถ้าเป็นสัญญาณที่สะท้อนมาจากวัตถุหรือสิ่งกีดขวางที่มีระยะทางไกลจะทำให้มีสัญญาณรบกวนเข้ามา มาก จึงทำการกรองสองครั้งเพื่อให้สัญญาณที่ได้มีความถูกต้องมากขึ้น สัญญาณที่ผ่านวงจรกรองวงจแรกจะเห็นว่ายังคงมีสัญญาณรบกวนอยู่ แต่เมื่อผ่านวงจรกรองวงจที่สองพบว่า ค่าที่ได้มีค่าสัญญาณรบกวนลดลง รูปสัญญาณมีความคมมากขึ้น หลังจากผ่านวงจรกรองแล้วก็จะไปสู่ขั้นตอนของการทำงานกับทรานซิสเตอร์และตัวขมิตทริกเกอร์ ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนการส่งสัญญาณพัลส์ที่ได้ไปที่ตัว PIC เพื่อทำการประมวลผลต่อไป

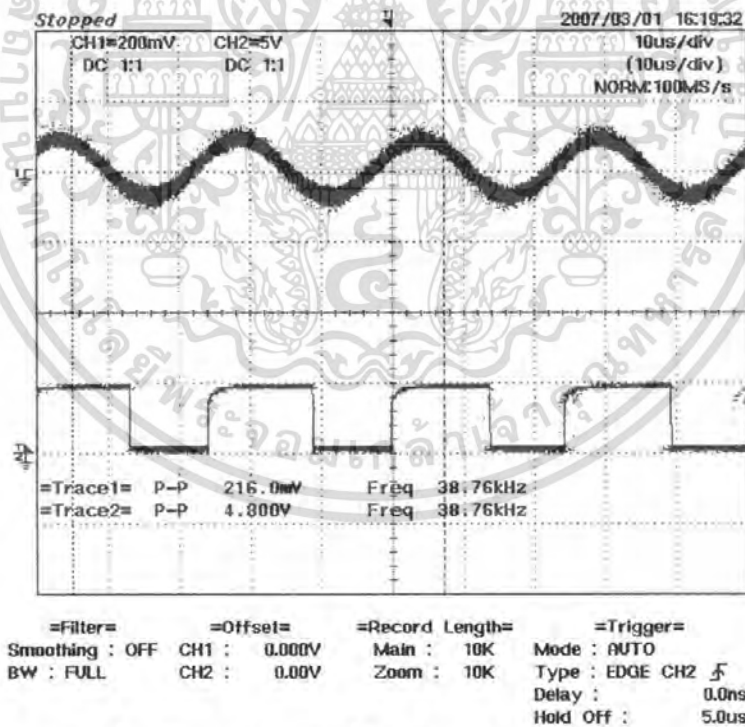
4.5 สัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ตัวขมิตทริกเกอร์

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่าขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนที่จะเข้าสู่การประมวลผลของ PIC สัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่แล้วนั้นจะไปทำการไบอัสให้กับขาเบสของตัวทรานซิสเตอร์ ทำให้มีสถานะ ON - OFF เกิดขึ้น ซึ่งเป็นการควบคุมการทำงานของ PIC ได้ในระดับหนึ่ง แต่เนื่องจากตัวทรานซิสเตอร์นั้น จะมีค่าสัญญาณไม่คงที่ เราจึงนำตัวขมิตทริกเกอร์มาใช้งานร่วมด้วย ซึ่งตัวขมิตทริกเกอร์นี้จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่เข้ามาให้เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม เพื่อให้มีความชัดเจนระหว่างสถานะ ON - OFF มากขึ้น การประมวลผลจะได้มีความแม่นยำมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 สัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ตัวขมดทรกเกอร์เมื่อยังไม่มีการสะท้อนกลับจากวัตถุ



รูปที่ 4.7 สัญญาณที่ตัวรับและสัญญาณที่ตัวขมดทรกเกอร์เมื่อมีการสะท้อนกลับจากวัตถุ

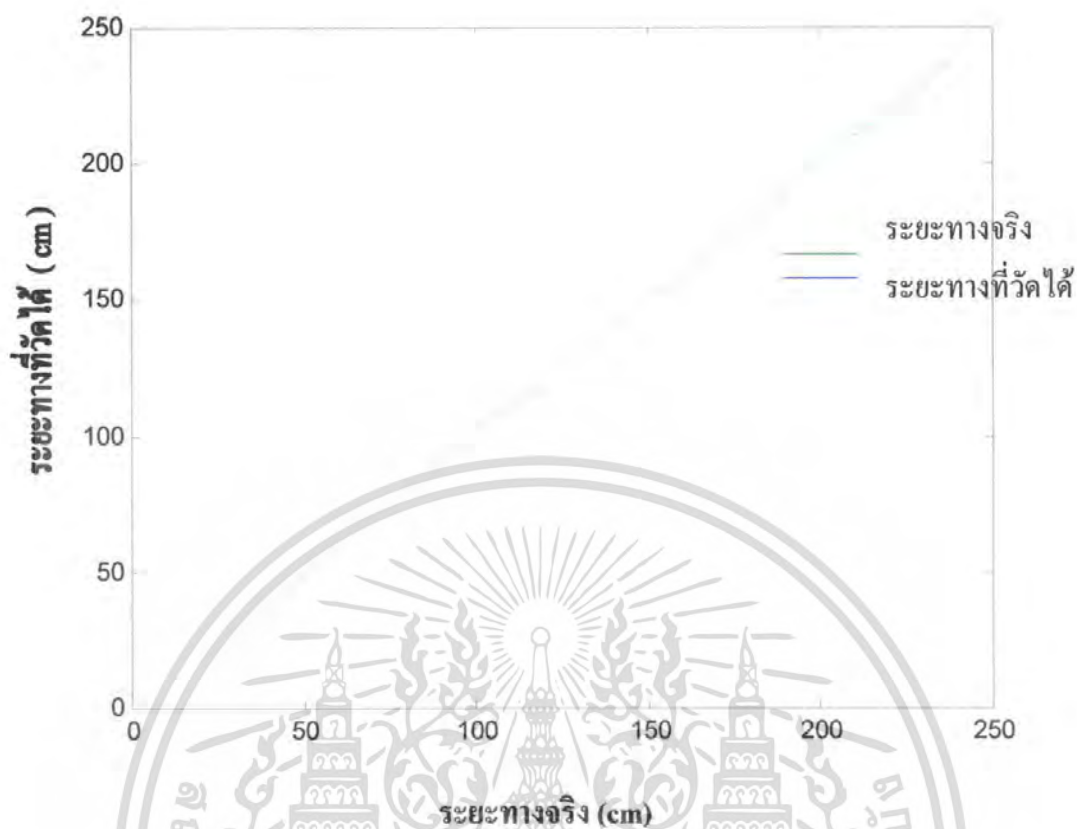
จากรูปจะเห็นว่า เมื่อยังไม่มีสัญญาณสะท้อนกลับมาจากวัตถุหรือสิ่งกีดขวางสัญญาณที่เข้า
มาจะมีสถานะเป็นลอจิกสูง แต่เมื่อมีสัญญาณสะท้อนกลับมาจากวัตถุหรือสิ่งกีดขวางสัญญาณที่
ออกจากตัวขมดทรกเกอร์จะมีค่าเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม มีสถานะ ON - OFF ชัดเจน ทำให้เมื่อ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งไปประมวลผลที่ตัว PIC จะทำให้ PIC หยุดนับเวลาที่เริ่มนับตั้งแต่ส่งออกไปจนกลับเข้ามาสู่ตัว PIC อีกทีหนึ่ง ค่าเวลาที่ได้อาจจะนำไปประมวลผลและทำการแสดงผลที่จอ LCD เป็นระยะทางที่วัดได้ โดยค่าระยะทางที่วัดได้จากการทดลอง มีค่าดังตาราง

ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	ระยะทางที่วัดได้ (เซนติเมตร)		
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3
20	18	19	20
40	38	40	41
60	59	61	62
80	78	78	79
100	103	102	99
120	119	121	120
140	139	140	139
160	158	158	159
180	179	180	180
200	203	201	202
220	218	219	218
240	238	239	239

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดลองการวัดระยะทางด้วยเครื่องวัดระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบค่าระยะทางที่วัดได้กับระยะทางจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะพบว่าในการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางจริงแล้วจะพบว่าค่าที่วัดได้จะใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 4.1 แต่ในแต่ละช่วงของระยะจะมีค่าผิดพลาดที่แตกต่างกัน ดังกราฟที่ทำการพล็อตเทียบกันระหว่างระยะทางที่วัดได้กับระยะทางจริง ในช่วงระยะทางแรกๆ ที่มีค่าน้อยคือประมาณไม่เกิน 1 ฟุต ถ้าค่าที่วัดได้กับค่าระยะทางจริงจะมีค่าผิดพลาดมากกว่าในช่วงกลางๆ คือประมาณ 100 – 180 เซนติเมตร และค่าผิดพลาดจะเกิดขึ้นมากอีกช่วงหนึ่งคือช่วงที่มีระยะทางมากกว่า 180 เซนติเมตรขึ้นไป ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการที่ปรับค่าความต้านทานได้เหมาะสมในช่วงใดช่วงหนึ่ง โดยในช่วงแรกนั้นค่าระยะทางมีค่าน้อย ทำให้การสะท้อนเกิดขึ้นเร็วการประมวลผลจึงเกิดความผิดพลาด และเมื่อระยะทางห่างออกไปมากๆ ก็จะทำให้สัญญาณที่สะท้อนกลับมามีค่าน้อยจนเกิดความผิดพลาดได้เช่นเดียวกัน

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

คลื่นอุลตราโซนิกนับว่าใช้วัดระยะทางได้ดีเพราะเดินทางเกือบจะเป็นเส้นตรง แต่วิธีการส่งที่ใช้ในการทดลองนี้ จะทำให้มีค่ากำลังส่งค่อนข้างต่ำ ถ้าจะพัฒนาให้ได้ระยะทางที่ไกลขึ้นและมีความแม่นยำมากขึ้น ควรใช้วงจรกำเนิดสัญญาณเป็นตัวสร้างสัญญาณให้กับตัวส่งอุลตราโซนิก การใช้งานเครื่องนี้มีข้อจำกัดคือ วัตถุที่นำมาสะท้อนต้องมีขนาดใหญ่พอสมควร และเวลาทดลองต้องไม่มีวัตถุอื่นอยู่ใกล้จนเกินไป เพราะจะทำให้การสะท้อนของคลื่นเกิดความผิดพลาดได้

ค่าผิดพลาดของการทดลองสามารถเกิดได้จากตัวบุคคลผู้ทำการทดลอง อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบวงจร วัตถุที่ใช้ทำการวัด ดังนั้นต้องเลือกวัตถุที่สะท้อนคลื่นเสียงได้ดี คือ วัตถุขนาดใหญ่และมีผิวเรียบ เช่น ผนังห้อง กำแพง ฯลฯ ก็จะวัดระยะทางได้ใกล้เคียงกับระยะทางจริง

จากโครงการนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการนำคลื่นอุลตราโซนิกมาประยุกต์ใช้งาน ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำไปใช้งานหลายอย่าง เช่น การนำไปใช้เป็นตัวเซนเซอร์ในวงจรที่ไม่ต้องใช้ความละเอียดมากนัก หรือใช้ในการวัดความลึกของน้ำทะเล เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] รัฐพงษ์ นามแดง. “ตลับเมตรไร้สายควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC” วารสารเคมีคอนคักเตอร์ ฉบับที่ 194 มีนาคม 2544
- [2] ประจัน พลังสันติกุล. **เรียนรู้และใช้งาน CCS C คอมไพเลอร์ เขียนโปรแกรมภาษา C ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC. พิมพ์ครั้งที่1.** กรุงเทพมหานคร : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์. 2547.
- [3] ณัฐพล วงศ์สุนทรชัย, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877**
- [4] เศรษฐี มณีธรรม, สำเร็จ เต็มราม. **คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC**
- [5] ไชยโย คำแก่นแก้ว, วาทิน เจนกิจ. “เครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิกแสดงผลเป็นเสียง” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการใช้งานเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก



รูปที่ ก.1 รูปวงจรภายในเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก



รูปที่ ก.2 แสดงเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

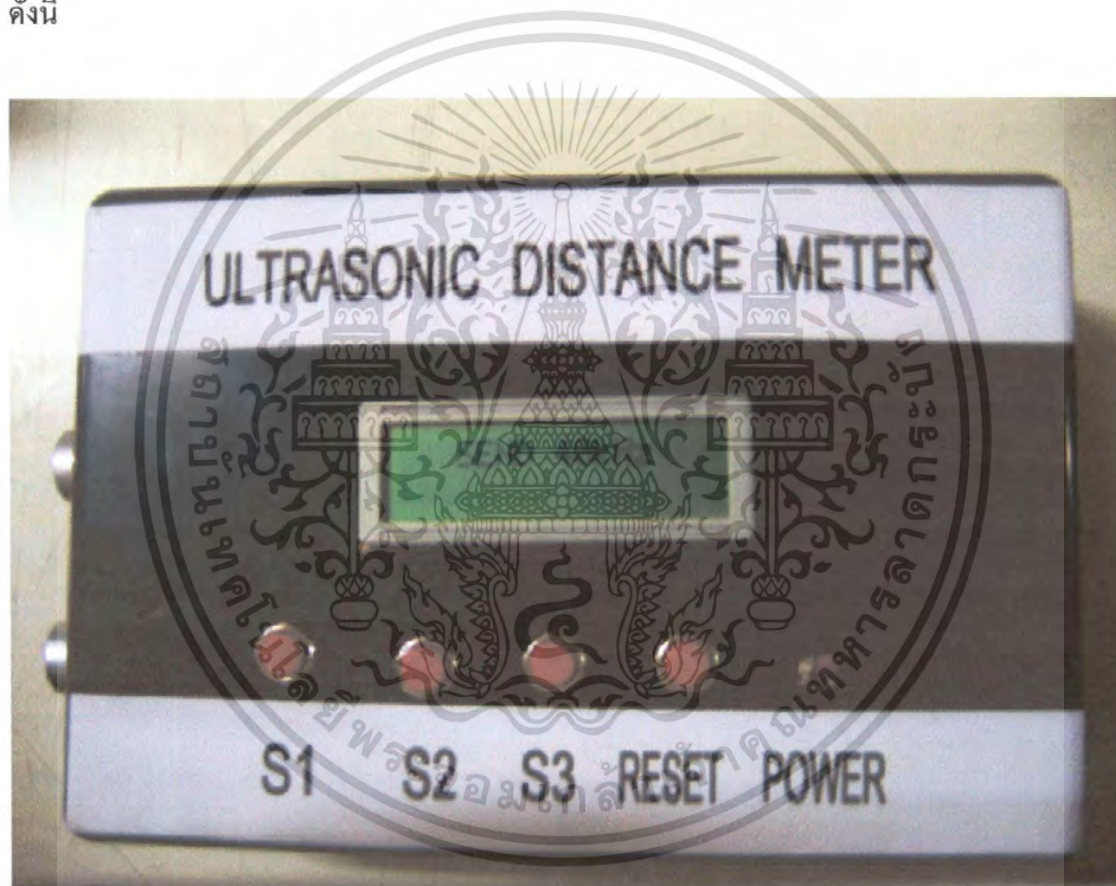
เมื่อทำการเปิดเครื่องโดยทำการโยกสวิตช์ POWER หน้าจอ LCD จะปรากฏข้อความดังรูปที่ ก.2 สวิตช์ที่ใช้ในการทำงานคือ S1 S2 และ S3 โดยสวิตช์แต่ละตัวจะมีผลแตกต่างกัน ดังนี้

S1 คือ ส่งสัญญาณพัลส์ตลอดจาก PIC ใช้ในการวัดระยะทางตั้งแต่ 1 เมตรขึ้นไป

S2 คือ ส่งสัญญาณพัลส์จำนวน 50 ลูกจาก PIC ใช้ในการวัดระยะทางต่ำกว่า 1 ฟุต

S3 คือ ส่งสัญญาณพัลส์จำนวน 100 ลูกจาก PIC ใช้ในการวัดระยะทาง 1 ฟุต ถึง 1 เมตร

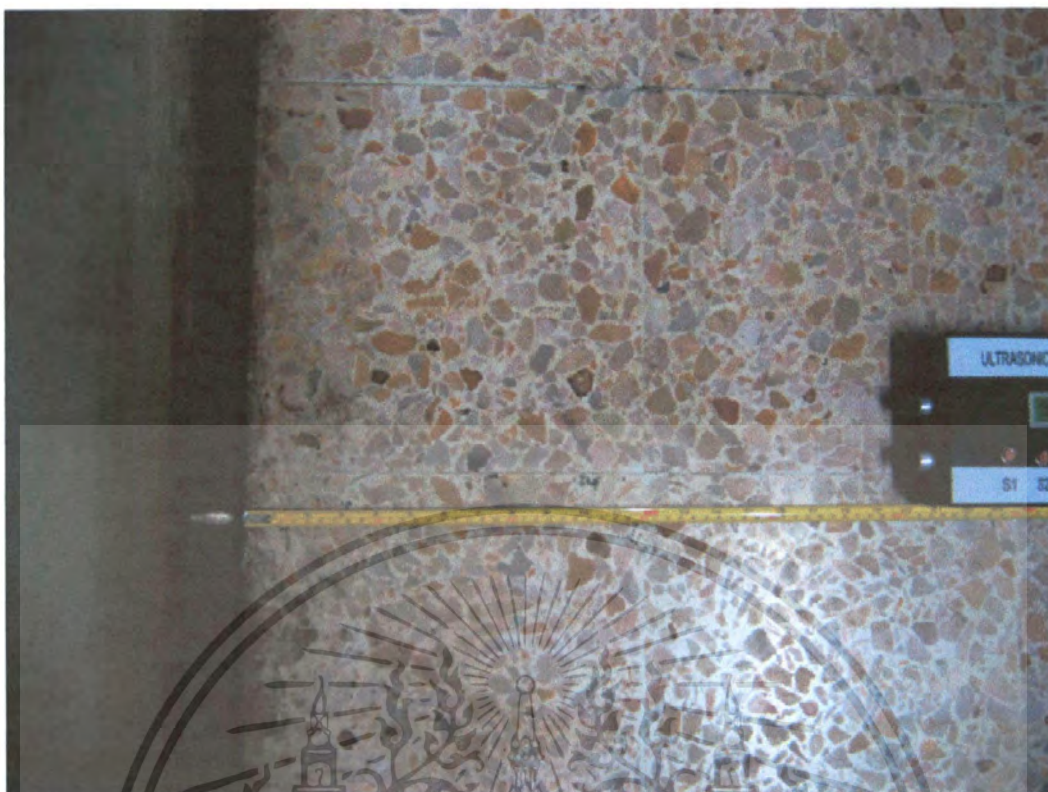
เมื่อทำการกดสวิตช์ที่เหมาะสมกับระยะทางที่จะวัดแล้ว หน้าจอ LCD จะปรากฏข้อความ ดังนี้



รูปที่ ก.3 เครื่องวัดระยะทางทำการส่งพัลส์เพื่อไปสะท้อนกับวัตถุ

เมื่อหน้าจอปรากฏข้อความดังรูป ก.3 แสดงว่าเครื่องได้ทำงานแล้ว รอการสะท้อนกลับของคลื่นที่ได้ทำการส่งไปจากตัวส่งและรอการประมวลผลเพื่อแสดงเป็นระยะทางที่หน้าจออีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.4 แสดงการวัด โดยวัดจากกึ่งกลางที่ระยะ 50 เซนติเมตร

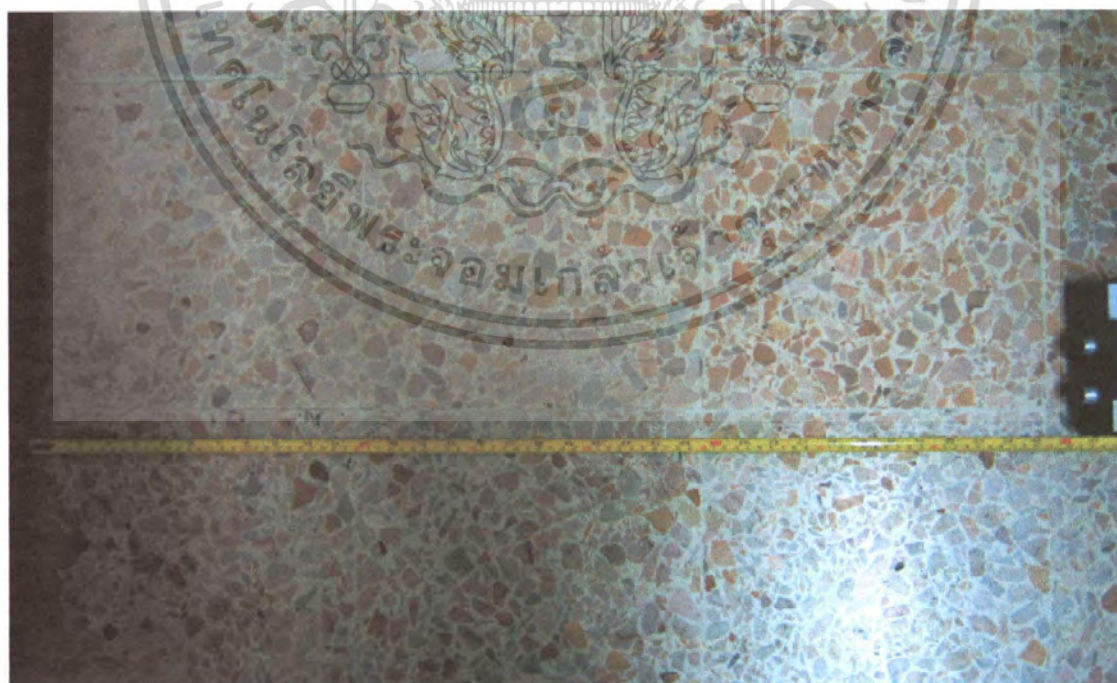


รูปที่ ก.5 แสดงระยะทางจริงที่ระยะ 50 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.6 แสดงระยะทางที่วัดได้ที่ระยะ 50 เซนติเมตร



รูปที่ ก.7 แสดงการวัดโดยวัดจากกำแพงที่ระยะ 90 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.8 แสดงระยะทางจริงเทียบกับระยะทางที่วัดได้ที่ระยะ 90 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปรแกรมการทดลอง

```

#define _PIC16F877A_           //Use PIC16F877A device

#include <16f877a.h>

#define CLOCK_SP 4000000      //Clock Speed(4MHz)

#define HS,NOWDT,NOPROTECT    //Oscillator mode HS, No Watchdog timer, Code no protection

#define delay(clock=4000000)

#define use_portd_lcd         //define for use portd lcd
#include <lcd.c>              //use module function

#define CoN PIN_A3
#define SW1 PIN_A1
#define SW2 PIN_A2

#define STRING_SIZE 17
#define msg0 " POWER ON "
#define msg1 " START "
#define msg2 " PRESS BUTTON "
#define msg3 " Send 40kHz "

Boolean Signal=TRUE;

INT Timer_flow=0;
INT Time0;

```

```

/*****
*****Function prototype*****
*****/

void LCD_Command(int cm);
void Stropy(char *s1, char *s2);
void LCD_String(char *s, int dly);
void LCD_Show(void);
void LCD_Clear(void);

/*****
*****Function For Timer0 Overflow*****
*****/

#INT_TIMER0
void IntTimer0_isr(void){
    Timer_flow++;
}

/*****
*****Function For External Interrupts*****
*****/

#INT_EXT
void IntExt_isr(void){
    Time0 = get_timer0();
    output_low(PIN_A0);
    disable_interrupts(INT_EXT);
    disable_interrupts(INT_Timer0);
    Signal=FALSE;
}

/*****
*****Function LCD Command*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

*****/
void LCD_Command(int cm){
    lcd_send_byte(0,cm);
}

/*****
*****Function String copy*****
*****/

void Strcpy(char *s1, char *s2){
    while(*s1++ = *s2++);
}

/*****
*****Function LCD String*****
*****/

void LCD_String(char *s, int dly){
    while(*s!=0){
        lcd_putc(*s++);
        delay_ms(dly);
    }
}

/*****
*****Function Clear LCD*****
*****/

void LCD_Clear(){
    LCD_Command(0x01);
    delay_ms(100);
}

/*****
*****Function LCD Show*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

*****/
void LCD_Show(void){
    int i;
    char str[17];
    LCD_Command(0x05);    //Start first line
    Strcpy(str, msg0);
    LCD_String(str,500);
    delay_ms(1000);

    LCD_Clear();

    LCD_Command(0x07);    //Start first line
    Strcpy(str, msg1);
    LCD_String(str,500);
    LCD_Command(0x43);    //Start second line
    Strcpy(str, msg2);
    LCD_String(str,500);
}

/*****
*****Function Show LCD Send 40kHz*****
*****/
void LCD_Send_freq(void){
    int i;
    char str[17];
    LCD_Command(0x05);    //Start first line
    Strcpy(str, msg3);
    LCD_String(str,500);
}

/*****
*****Main Function*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```
*****/
```

```
void main(void){
    float MeasureCm,MeasureFt,MeasureIn;
    float Time1,TimeAll;
    int Time0;

    setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
    setup_adc(ADC_OFF);
    setup_psp(PSP_DISABLED);
    setup_spi(FALSE);
    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL);

    lcd_init();
    LCD_Show();

    while(TRUE){
        if(!input(CoN)){
            lcd_init();
            LCD_send_freq();
            enable_interrupts(global);
            enable_interrupts(INT_EXT);
            enable_interrupts(INT_Timer0);
            set_timer0(0);
            while(TRUE){
                Loop:                if(Signal){
                                        output_high(PIN_A0);
                                        delay_us(9);
                                        output_low(PIN_A0);
                                        delay_us(5);
                                        goto Loop;
                                    }
                                    else{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        goto Cal_value;
    }
}
}
else if(!input(PIN_A1)){
    int i=0;
    lcd_init();
    LCD_send_freq();
    for(i=0;i<=50;i++){
        output_high(PIN_A0);
        delay_us(9);
        output_low(PIN_A0);
        delay_us(5);
    }
    goto Stop;
}
else if(!input(PIN_A2)){
    int i=0;
    lcd_init();
    LCD_send_freq();
    for(i=0;i<=100;i++){
        output_high(PIN_A0);
        delay_us(9);
        output_low(PIN_A0);
        delay_us(5);
    }
    goto Stop;
}
}
}

```

Stop: output_low(PIN_A0);

set_timer0(0);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

enable_interrupts(global);
enable_interrupts(INT_Timer0);
while(TRUE){
    if(input(PIN_C0)){
        Time0 = get_timer0();
    }
    else if(!input(PIN_C0)){
Cal_value:        Time1 = Timer_flow * 256;
                   TimeAll = Time1+Time0;
                   MeasureCm = TimeAll*0.001*17 + 4.2;           //cm unit
                   MeasureIn = MeasureCm*0.4;                   //in unit
                   MeasureFt = MeasureIn*12;                    //ft unit

printf(lcd_putc, "\f%5.2f cm. %3.2f ft. \n%5.2f in.", MeasureCm, MeasureFt, MeasureIn);
while(TRUE);
    }
}
}

```

คำอธิบายโปรแกรม

ในส่วนของโปรแกรมหลักนี้ จะมีการตรวจสอบสถานะของสวิตช์ทั้งหมด 3 ตัว ว่าสวิตช์ตัวไหนจะถูกเลือก

สวิตช์ตัวที่ 1 จะทำการส่งความถี่ 40kHz ไปเรื่อยๆ โดยที่จะมีการบริการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอก และการบริการอินเตอร์รัปต์เนื่องจาก Timer0 โอเวอร์โฟลว โดยที่เมื่อเราเริ่มส่งความถี่ 40kHz เราก็จะทำการตรวจสอบการเกิดโอเวอร์โฟลวของ Timer0 และตรวจสอบการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกของ PIC Microcontroller

- กรณีที่ 1 การเกิดโอเวอร์โฟลวของ Timer0 เกิดขึ้นก่อนการอินเตอร์รัปต์ เนื่องจากสัญญาณภายนอก ก็จะทำการเพิ่มค่าตัวแปร Timer_flow ทีละหนึ่ง เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณต่อไป และจะกลับมาทำการตรวจสอบการเกิดโอเวอร์โฟลวของ Timer0 และตรวจสอบการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกของ PIC Microcontroller ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรณีที่ 2 เมื่อการอินเทอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกเกิดขึ้น จะทำการเก็บค่าการนับจากรีจิสเตอร์ไทเมอร์0 ในขณะนั้น และจะนำค่าที่ได้ไปใช้ในการคำนวณ

สวิทช์ตัวที่ 2 จะทำการส่งความถี่ 40kHz ออกไปเป็นจำนวน 50 ลูก จากนั้นจะทำการตรวจสอบการอินเทอร์รัปต์เนื่องจากTimer0โอเวอร์โฟลว จากนั้นทำการตรวจสอบสถานะของสัญญาณจากภาครับ หากสัญญาณยังมีค่าเป็น '1' จะทำการเก็บค่าการนับของรีจิสเตอร์ Timer0 ไปเรื่อยๆ และหากเกิดการอินเทอร์รัปต์เนื่องจากTimer0โอเวอร์โฟลว ก็จะทำการเพิ่มค่าตัวแปร Timer_flow ที่ละหนึ่ง และจะทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสัญญาณจากภาครับมีค่าเป็น '0' ก็จะทำการนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาทำการคำนวณ

สวิทช์ตัวที่ 3 ใช้หลักการเดียวกับสวิทช์ตัวที่ 2 เพียงแต่จำนวนพัลส์ความถี่ 40kHz มากกว่าการส่งแบบสวิทช์ตัวที่ 2 เป็นจำนวน 2 เท่า

และเมื่อนำเวลาทั้งหมดที่ได้มาคำนวณหาระยะทางในหน่วย เซนติเมตร(cm.), นิ้ว(in.), ฟุต(ft.) จากนั้นนำค่าระยะทางทั้งหมดแสดงผลทางจอLCD





Dual Low Power Operational Amplifiers

Utilizing the circuit designs perfected for recently introduced Quad Operational Amplifiers, these dual operational amplifiers feature 1) low power drain, 2) a common mode input voltage range extending to ground/VEE, 3) single supply or split supply operation and 4) pinouts compatible with the popular MC1558 dual operational amplifier. The LM158 series is equivalent to one-half of an LM124.

These amplifiers have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. They can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V, with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuit Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Single and Split Supply Operation
- Similar Performance to the Popular MC1558
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness of the Device without Affecting Operation

MAXIMUM RATINGS ($T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	LM258 LM358	LM2904 LM2904V	Unit
Power Supply Voltages				Vdc
Single Supply	V_{CC}	32	26	
Split Supplies	V_{CC}, V_{EE}	± 16	± 13	
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	± 32	± 26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range (Note 2)	V_{ICR}	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	t_{SC}	Continuous		
Junction Temperature	T_J	150		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +125		$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	T_A			$^\circ\text{C}$
LM258		-25 to +85	-	
LM358		0 to +70	-	
LM2904		-	-40 to +105	
LM2904V		-	-40 to +125	

NOTES: 1. Split Power Supplies.

2. For Supply Voltages less than 32 V for the LM258/358 and 26 V for the LM2904, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

LM358, LM258, LM2904, LM2904V

DUAL DIFFERENTIAL INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

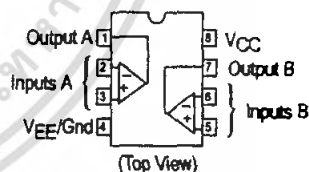


N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO-8)

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM2904D	$T_A = -40^\circ$ to $+105^\circ\text{C}$	SO-8
LM2904N		Plastic DIP
LM2904VD	$T_A = -40^\circ$ to $+125^\circ\text{C}$	SO-8
LM2904VN		Plastic DIP
LM258D	$T_A = -25^\circ$ to $+85^\circ\text{C}$	SO-8
LM258N		Plastic DIP
LM358D	$T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$	SO-8
LM358N		Plastic DIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NPN general purpose transistors

BC549; BC550

DEFINITIONS

Data Sheet Status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.



**3-TERMINAL POSITIVE VOLTAGE
REGULATOR**

FEATURES

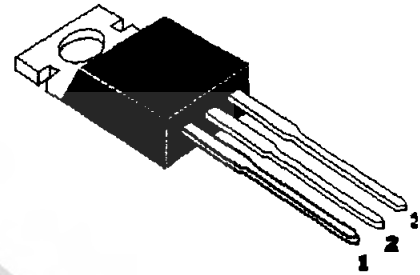
- *Output current In Excess Of 1A
- *Fixed output voltage of 5V available
- *Thermal overload shutdown protection
- *Short circuit current limiting
- *Output transistor SOA protection

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(Operating temperature range applies unless otherwise specified)

Characteristic	Symbol	Rating	Unit
Input voltage	V_I	35	V
Output Current	I_O	1.5	A
Power Dissipation	P_D	Internally Limited	mW
Operating Junction Temperature Range	T_{OPR}	-20~150	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-55~150	$^{\circ}C$

Package: TO-220



Pin	1	2	3
STYLE	I	G	O
NO.1	I	G	O

ELECTRICAL CHARACTERISTICS at $T_{amb}=25^{\circ}C$

($V_I=10V, I_O=0.5A, 0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C, C_I=0.33\mu F, C_O=0.1\mu F$, unless otherwise specified)(Note 1)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions
Output Voltage	V_O	4.8	5	5.2	V	$T_J=25^{\circ}C$
Output Voltage	V_O	4.75		5.25	V	$8V \leq V_I \leq 20V, I_O=5mA-1.0A$ $P_D < 15W$
Load Regulation	ΔV_O		1.3	100	mV	$T_J=25^{\circ}C, I_O=5mA-1.5A$
Load Regulation	ΔV_O		0.15	50	mV	$T_J=25^{\circ}C, I_O=0.25A-0.75A$
Line Regulation	ΔV_O		5	100	mV	$7V \leq V_I \leq 25V, T_J=25^{\circ}C$
Line Regulation	ΔV_O		1.3	50	mV	$8V \leq V_I \leq 12V, T_J=25^{\circ}C$
Quiescent Current	I_q		3.2	8	mA	$T_J=25^{\circ}C$
Quiescent Current Change	ΔI_q			1.3	mA	$8V \leq V_I \leq 25V$
Quiescent Current Change	ΔI_q			0.5	mA	$5mA \leq I_O \leq 1.0A$
Output Noise Voltage	V_N		10		μV	$10Hz \leq f \leq 100kHz$
Temperature coefficient of V_O	$\Delta V_O / \Delta T$		-0.30		mV/ $^{\circ}C$	
Ripple Rejection	RR		68		dB	$8V \leq V_I \leq 18V, f=120Hz, T_J=25^{\circ}C$
Peak Output Current	I_{pk}		2.2		A	$T_J=25^{\circ}C$
Short-Circuit Current	I_{sc}		200		mA	$V_I=35V, T_J=25^{\circ}C$
Dropout Voltage	V_D		2.0		V	$T_J=25^{\circ}C, I_O=1A$

Note1: The maximum steady state usable output current is dependent on input voltage, heat sinking, lead length of the package and copper pattern of PCB. The data above represent pulse test conditions with junction temperatures specified at the initiation of test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้