

เรืออัตโนมัติ

AUTOMATIC BOAT

ภูธิป กาญจนกิจบำรุง

Phuthip Kanjanakijbumrung

ภูมิ ลำเลิศลักษณชัย

Bhumi Lamlertluksanachai

ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เรืออัตโนมัติ

AUTOMATIC BOAT

โดย

ภูธิป กาญจนกิจบำรุง

ภูมิ ลำเลิศลักษณ์ชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์โกศล ชวนขยัน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เรืออัตโนมัติ

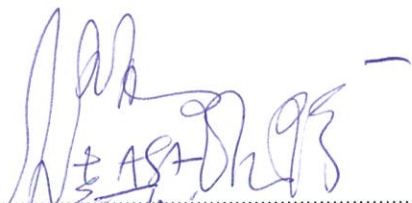
AUTOMATIC BOAT

ผู้จัดทำ นายภูธิป กาญจนกิจบำรุง 53011268

นายภูมิ ลำเลิศลักษณ์ชัย 53011272

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์โกศล ชวนขยัน

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว


.....
(อาจารย์โกศล ชวนขยัน)

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	เรืออัตโนมัติ	
นักศึกษา	นายภูธิป กาญจนกิจบำรุง	รหัสประจำตัว 53011268
	นายภูมิ ล้ำเลิศลักษณ์ชัย	รหัสประจำตัว 53011272
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2556	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์โกศล ชวนขยัน	

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้ได้อธิบายเกี่ยวกับการออกแบบเรือและสร้างเรือจำลองเคลื่อนที่อัตโนมัติ เป็นเรือจำลองที่ทำจากไม้อัดและเคลือบไฟเบอร์กลาส สามารถเคลื่อนที่บนผิวน้ำโดยไม่ต้องอาศัยมนุษย์ควบคุม เพื่อนำไปใช้ประโยชน์สำหรับงานตรวจสอบสภาวะสิ่งแวดล้อมบนพื้นผิวของแม่น้ำและลำคลองทั่วไป โดยภายในเรือจะประกอบไปด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิกตรวจจับระยะห่างจากแนวชายฝั่ง และนำค่าจากเซนเซอร์ที่ได้จากการวัดระยะไปประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ และถ้าหากระยะห่างของเรือกับแนวชายฝั่งไม่ตรงตามจุดประสงค์จะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการบังคับมอเตอร์เพื่อควบคุมทิศทางเรือให้เป็นไปตามต้องการ ส่วนด้านการขับเคลื่อนเรือจะมีวงจรขับเคลื่อนโดยใช้วงจรถีบมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน

Thesis Title	Automatic Boat		
Student	Mr.Phuthip kanjanakijbumrung	Student ID	53011268
	Mr.Bhumi Lamlertluksanachai	Student ID	53011272
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Electronics Engineering		
Year	2013		
Thesis Advisor	Mr.Kosol Chuankhayan		

Abstract

This report describes a design and construction of Automatic boat. This boat is built plywood and coated with fiberglass can cruise without human control be used for surveying river and canal or developed for other requirement. The main components of this boat are Ultrasonic sensor for measure distance of boat to obstacle, Microcontroller for compares the voltage from Ultrasonic Range sensor with specified value and distance of boat, and Hybrid circuit for drives motor.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรืออัตโนมัติประกอบไปด้วยตัวชิ้นงานและเอกสารประกอบชิ้นงาน โครงการนี้จะสำเร็จลุล่วงไปได้โดยยากถ้าขาดคำแนะนำจากท่านอาจารย์โกศล ชวนขยัน (อาจารย์ที่ปรึกษา) และอาจารย์พลพุด ผดุงกุล พร้อมทั้งการสนับสนุนทางด้านเงินทุนจากคุณพ่อคุณแม่ คุณตาและการช่วยเหลือจากเพื่อนๆ ในกลุ่มเรื่องคำปรึกษาในการทำงาน ขอขอบคุณภาคที่ทำให้ได้มีห้องในการทำงาน

ภูธิป กาญจนกิจบำรุง
ภูมิ ลำเลิศลักษณ์ชัย

สารบัญ

บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
คำนำ.....	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีประกอบ	
2.1) มอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR).....	2
2.2) การขับและกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR).....	2
2.3) การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง.....	4
2.4) วิธีการมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์ (PWM).....	5
2.5) ทฤษฎีคลื่น.....	6
2.6) ชนิดของคลื่น.....	6
2.7) เสียง.....	7
2.8) การเดินทางของคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง.....	8
2.9) คุณสมบัติของเสียง.....	9
2.10) คลื่นอัลตราโซนิก.....	9
2.11) การเกิดคลื่นอัลตราโซนิก.....	10
2.12) ความถี่และความยาวคลื่น.....	10
2.13) ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก.....	11
2.14) ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิก.....	13
2.15) การลดทอนของคลื่นอัลตราโซนิก.....	13
2.16) การแยกแยะ.....	13
2.17) ประโยชน์ในการใช้งานคลื่นอัลตราโซนิก.....	13
2.18) เปียโซอิเล็กทริก ทรานสดิวเซอร์.....	14
2.19) ตัวส่งและตัวรับ.....	15
2.20) ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับ.....	16
2.21) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์หน้าที่และการทำงาน.....	17
2.22) วงจรส่งผ่าน / รับ.....	17
2.23) การลดสัญญาณรบกวน และสภาวะการทำงาน.....	20
2.24) PIC Microcontroller.....	22
2.25) วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา.....	24
2.26) การจัดการหน่วยความจำของ PIC16F877.....	25
2.27) วอตซ์ด็อกไทมเมอร์.....	26
2.28) ไฟเบอร์กลาส&คาร์บอนไฟเบอร์.....	26
2.29) วิธีการทำงานไฟเบอร์กลาส.....	26

2.30) วิธีการทำชิ้นงานไฟเบอร์กลาส.....	27
2.31) ขั้นตอนการซ่อมชิ้นงานไฟเบอร์กลาส.....	27
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานและการออกแบบ	
3.1) วงจรส่วนควบคุมมอเตอร์โดยใช้ L298N ต่อเข้ากับ PIC16F877.....	29
3.2) วงจรวัดระยะห่างจากชายฝั่ง.....	30
3.3) ส่วนของการเคลื่อนที่ของเรือ.....	31
3.4) การออกแบบตัวเรือ.....	31
3.5) รูปการเคลื่อนที่เรือด้วยไฟเบอร์กลาส.....	32
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	33
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	38
ภาคผนวก.....	39
บรรณานุกรม.....	47

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1) แสดงโครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์กระแสตรง.....	2
รูปที่ 2.2)แสดงการกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์.....	3
รูปที่ 2.3) แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงาน.....	3
รูปที่ 2.4) แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรถับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง.....	4
รูปที่ 2.5) แสดงความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆ และค่าตัวตีไซเคิล ของช่วงพัลส์ที่มีความถี่คงที่.....	5
รูปที่ 2.6) การกระจายโมเมนต์ขณะเกิดคลื่นเสียง.....	7
รูปที่ 2.7) ระดับความถี่คลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดแต่ละชนิด.....	9
รูปที่ 2.8) แสดงแพทเทินของการอัดและการเบาบางของคลื่นเสียงที่อยู่รอบๆ แหล่งกำเนิดเสียง ระยะห่างระหว่าง การอัดที่สมบูรณ์และระหว่างการเบาบางของคลื่นจะแสดงถึงความยาวคลื่น(λ).....	10
รูปที่ 2.9) โครงสร้างภายในตัวอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริกที่ใช้สารเซรามิค.....	14
รูปที่ 2.10) แสดงตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบต่างๆ กัน.....	15
รูปที่ 2.11) แสดงผลการทดลองตัวรับตัวหนึ่งโดยลองเปลี่ยนโหลดเป็นค่าต่างๆ กัน แล้วป้อนคลื่นเสียงความถี่ต่างๆกันเข้ามา.....	17
รูปที่ 2.12) หลักการทำงานของอัลตราโซนิก.....	17
รูปที่ 2.13) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ วงจรส่งผ่าน/รับ.....	18
รูปที่ 2.14) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, วงจรเวลาคงที่.....	18
รูปที่ 2.15)อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, วงจรที่เปลี่ยนแปลงได้.....	19
รูปที่ 2.16) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ทรานสดิวเซอร์แบบขึ้นส่วนการอิมพัลส์.....	19
รูปที่ 2.17) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, คุณลักษณะการตรวจจับ.....	20
รูปที่ 2.18) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, พื้นผิวตรง.....	21
รูปที่ 2.19) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, การตรวจจับสิ่งของ.....	21
รูปที่ 2.20) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, การเบี่ยงเบนคลื่นเสียง.....	21
รูปที่ 2.21) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, ความเร็วของวัตถุที่ยอมให้ผ่านได้.....	22
รูปที่ 2.22) PIC16FXXX.....	23
รูปที่ 2.23) การจัดการหน่วยความจำของ PIC16F877.....	25
รูปที่ 3.1) วงจรส่วนควบคุมมอเตอร์ต่อเข้ากับ PIC 16F877.....	29
รูปที่ 3.2) โมดูล HC-SR04.....	30
รูปที่ 3.3) การออกแบบตัวเรือ.....	31
รูปที่ 3.4) รูปการเคลื่อนเรือด้วยไฟเบอร์กลาส.....	32
รูปที่ 4.1) แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์หน้าที่ระยะ 70 เซนติเมตร.....	33
รูปที่ 4.2) แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์หน้าที่ระยะ 90 เซนติเมตร.....	33
รูปที่ 4.3) แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์หน้าที่ระยะ 100 เซนติเมตร.....	34
รูปที่ 4.4) แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์ซ้ายที่ระยะ 70 เซนติเมตร.....	34
รูปที่ 4.5) แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์ซ้ายที่ระยะ 90 เซนติเมตร.....	35

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ 4.6) แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์ซ้ายที่ระยะ 100 เซนติเมตร.....	35
รูปที่ 4.7) แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์ขวาที่ระยะ 70 เซนติเมตร.....	36
รูปที่ 4.8) แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์ขวาที่ระยะ 90 เซนติเมตร.....	36
รูปที่ 4.9) แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์ขวาที่ระยะ 100 เซนติเมตร.....	37
รูปที่ ผ.1) โมดูล HC-SR04.....	39
รูปที่ ผ.2) การจัดเรียงขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877.....	40
รูปที่ ผ.3) การจัดเรียงขาและ Block Diagram ของ L298N.....	41

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1) แสดงอัตราเร็วของเสียงในตัวกลางต่างๆที่อุณหภูมิต่างๆ.....	8
ตารางที่ 2.2) โหมดของสัญญาณนาฬิกาเมื่อใช้คริสตอล.....	24
ตารางที่ 3.1) แสดงการหมุนของใบพัดทั้ง 2 ตัว.....	31

บทที่ 1

บทนำ

เซ็นเซอร์วัดระยะด้วยอัลตราโซนิกเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานกว้างขวางทั้งในห้องปฏิบัติการและในโรงงานอุตสาหกรรมตามแต่ผู้ใช้งานจะเลือกใช้ อาจมีการนำไปประยุกต์ใช้งานได้ดังนี้

- สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์วัดระยะทาง และตรวจจับสิ่งกีดขวาง
- สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องล้างผักอัตโนมัติ
- นำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์

ในปัจจุบันการคอนโทรลมอเตอร์กระแสตรง(DC Motor) จะพบได้โดยทั่วไป โดยเฉพาะในงานอุตสาหกรรมสมัยใหม่ส่วนมากด้วยความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (Microelectronic) และไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ทำให้การออกแบบระบบคอนโทรลมอเตอร์กระแสตรงและการวิเคราะห์ปัญหาเป็นสิ่งที่น่าสนใจและมีความสำคัญมาก ระบบการคอนโทรลแบบดั้งเดิมมีพลังจักรกลที่สำคัญ คือ พวкмอเตอร์ไฟฟ้าต่างๆ ไฮดรอลิก และ พวง เบรกและ ครัช เป็นต้น แต่ด้วยความเจริญของเทคโนโลยีการสรางแม่เหล็กถาวรที่มีคุณภาพสูง ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลายเป็นพลังจักรกลที่สำคัญในระบบคอนโทรลเกือบทุกชนิดในปัจจุบันซึ่งพบเห็นได้ตั้งแต่การใช้มอเตอร์กระแสตรงในเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านโดยปกติ การใช้ในรถยนต์ การใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ การใช้ในหุ่นยนต์ตลอดถึงเครื่องจักรกลที่ทำงานแบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมต่างๆ ฯลฯ บวกกับความก้าวหน้าของไมโครโปรเซสเซอร์ สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการคอนโทรลมอเตอร์กระแสตรงได้ จึงทำให้ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน

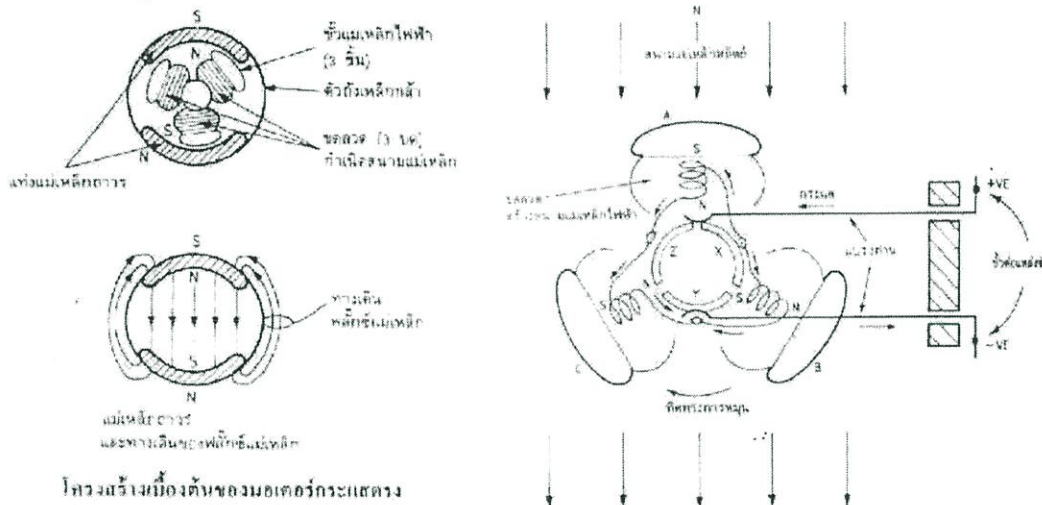
ขอบเขตและวัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษา คำนวณและทดลอง สร้างเรือเคลื่อนที่อัตโนมัติเพื่อใช้ในการสำรวจชายฝั่ง
- เรือที่สร้างมีขนาดความยาว 70 เซนติเมตร กว้าง 24 เซนติเมตร และสูง 20 เซนติเมตร
- ตรวจจับระยะห่างจากชายฝั่งได้ทั้งด้านซ้ายและขวาของเรือ
- เรือสามารถเคลื่อนที่หลบสิ่งกีดขวางในระยะน้อยกว่า 50 เซนติเมตร
- ใช้ใบพัดในการบังคับทิศทางและใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนเรือ

บทที่ 2 ทฤษฎีประกอบ

2.1) มอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR)

มอเตอร์กระแสตรงจะมีหลักการทำงานโดยวิธีการผ่านกระแสให้กับขดลวดในสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็ก โดยส่วนของแรงนี้จะขึ้นอยู่กับกระแสและกำลังของสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างทั่วไปของมอเตอร์กระแสตรง

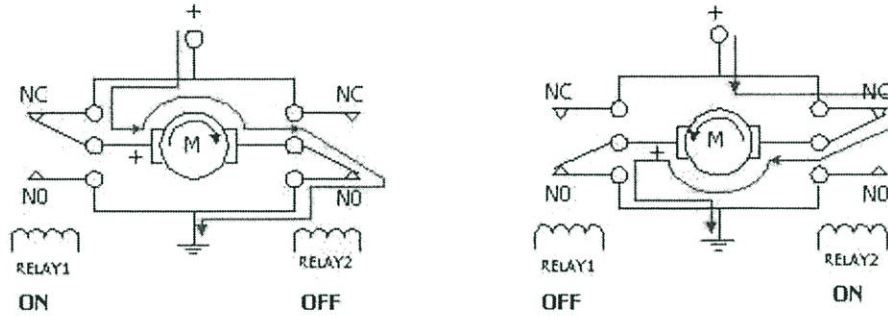
จากในรูปทางเดินของฟลักซ์แม่เหล็ก และสนามแม่เหล็กจะเกิดจากแท่งแม่เหล็กเฟอร์ไรต์ 2 ชั้นที่ขึ้นรูปเป็นแบบโค้งยึดติดกับตัวถังได้พอดี เพื่อที่จะให้เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งเข้าสู่ใจกลางของมอเตอร์ได้ ดังนั้นความเข้มของแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับขนาดความหนาของแม่เหล็กด้วย ซึ่งส่งผลให้ฟลักซ์แม่เหล็กวิ่งไปบนตัวถังโลหะ กระแสไฟฟ้าในขดลวดที่พันกับทุ่นโรเตอร์ก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และต้านกับสนามแม่เหล็กถาวร จึงเกิดเป็นแรงบิดเพื่อที่จะหมุนทุ่นโรเตอร์ ให้ไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่มีแรงมากกว่า กระแสก็จะไหลผ่านไปยังทุ่นโรเตอร์ โดยผ่านแปรงถ่าน ซึ่งจะสัมผัสกับแหวนตัวนำในทุ่นโรเตอร์ และแหวนคอมมิวเตเตอร์ ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 3 เซกเมนต์เพื่อที่จะทำหน้าที่นำกระแสเข้าขดลวดนั่นเอง

2.2) การขับและกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR)

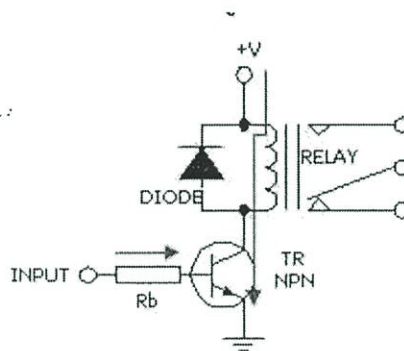
ในการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการหมุน และทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงนั้น เราจะต้องมีส่วนของวงจร ที่เรียกว่าวงจรขับมอเตอร์ (Driver) ในส่วนของวงจรกลับทิศทางของมอเตอร์นั้น สามารถที่จะใช้รีเลย์ต่อวงจร สวิตช์เพื่อกลับทิศทางของขั้วไฟกระแสตรง หรืออาจใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นวงจรขับกำลังเช่น ทรานซิสเตอร์ มอสเฟต แล้วแต่วิธีที่เราจะเลือกใช้งาน

จากรูปเป็นการใช้รีเลย์ควบคุมการเปลี่ยนทิศทางการทำงานของมอเตอร์ โดยการควบคุมการปิด - เปิดที่

รีเลย์ 2 ตัว ซึ่งจะทำหน้าที่กลับทิศทางของขั้วไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ โดยการสลับการทำงานของรีเลย์ เช่น ให้รีเลย์ตัวที่ 1 ทำงาน (ON) และรีเลย์ตัวที่ 2 หยุดทำงาน (OFF) จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางซ้าย และในทำนองเดียวกันถ้าหากรีเลย์ตัวที่ 1 หยุดทำงาน (OFF) และรีเลย์ตัวที่ 2 ทำงาน (ON) ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา

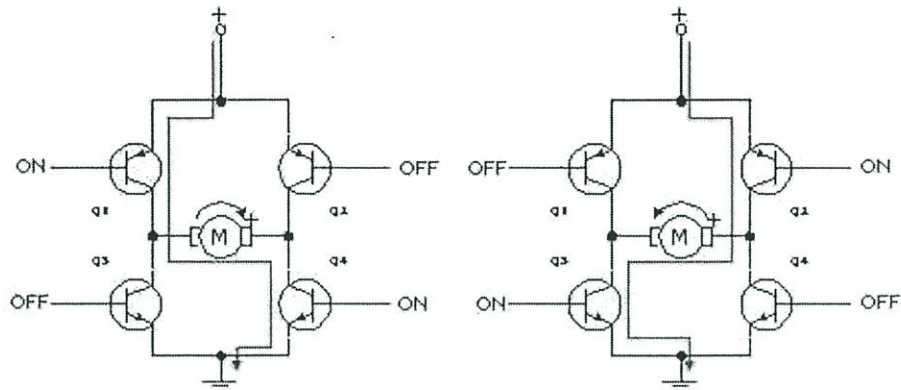


รูปที่ 2.2 แสดงการกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์



รูปที่ 2.3 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงาน

จากรูปเป็นวงจรขับรีเลย์โดยใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายกระแส ด้วยเหตุผลเพราะไม่สามารถจะใช้ขั้วเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ป้อนกระแสไฟที่ขดลวดของรีเลย์โดยตรงได้ เนื่องจากว่ากระแสที่จ่ายออกมาจากขั้วเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์มีค่าน้อยเกินไป ดังนั้นเราจึงต้องมีส่วนของวงจรทรานซิสเตอร์เพื่อที่จะทำการขยายกระแสให้เพียงพอในการป้อนให้กับขดลวดของรีเลย์ ส่วนไดโอดนำมาต่อไว้สำหรับป้องกันแรงดันย้อนกลับที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กในขณะที่เกิดการยุบตัว ซึ่งอาจจะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้



รูปที่ 2.4 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรถับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง

จากรูปเป็นวงจรลิเนียร์บริดจ์แอมป์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์กำลัง 4 ตัวที่ทำหน้าที่ขับและควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ถ้าหากกำหนดให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 อยู่ในสถานะทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านทรานซิสเตอร์จากซ้ายไปขวา โดยผ่านมอเตอร์กระแสตรงทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา ในทำนองเดียวกันถ้าหากเราทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 อยู่ในสถานะทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้าก็จะไหลจากทางขวาไปทางซ้ายซึ่งจะส่งผลให้มอเตอร์กลับทิศทางการหมุนจากทางขวาไปทางซ้าย

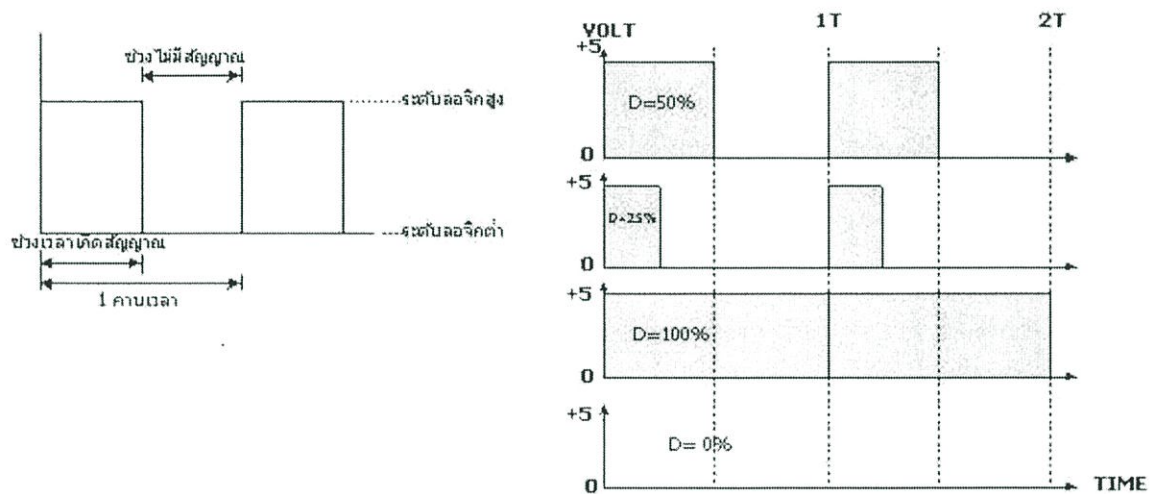
2.3) การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐานทั่วไปเช่นการควบคุมด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานปรับค่าโดยต่ออนุกรมกับมอเตอร์ หรือใช้วิธีการการควบคุมโดยการเปลี่ยนค่าของระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แต่การควบคุมในวิธีดังกล่าวถึงแม้ว่าจะควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้คงที่ได้ แต่ที่ความเร็วต่ำจะส่งผลให้แรงบิดต่ำไปด้วย ดังนั้นเราจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมโดยการจ่ายกระแสไฟให้กับมอเตอร์เป็นช่วงๆ โดยอาศัยกระแสไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ให้เป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง ซึ่งเราเรียกว่าวิธีการของการมอดูเลชั่นทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation)

2.4) วิธีการมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์(PWM)

การมอดูเลชันทางความกว้างของพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation) จะเป็นการปรับเปลี่ยนที่สัดส่วน และความกว้างของสัญญาณพัลส์ โดยความถี่ของสัญญาณพัลส์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ค่าของดิวตี้ไซเคิล (duty cycle) นั้นเอง ซึ่งค่าของดิวตี้ไซเคิล คือช่วงความกว้างของพัลส์ที่มีสถานะลอจิกสูง โดยคิดสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์จากความกว้างของพัลส์ทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับเท่ากับ 50% ก็หมายถึงใน 1 รูปสัญญาณพัลส์จะมีช่วงของสัญญาณที่เป็นสถานะลอจิกสูงอยู่ครึ่งหนึ่ง และสถานะลอจิกต่ำอยู่อีกครึ่งหนึ่ง ดังรูป 6.27 และในทำนองเดียวกันถ้าหากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่ามากหมายความว่าความกว้างของพัลส์ที่เป็นสถานะลอจิกสูงจะมีความกว้างมากขึ้น หากค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 100% ก็หมายความว่าค่าความถี่ของพัลส์จะไม่มีสถานะลอจิกต่ำเลย ซึ่งค่าดิวตี้ไซเคิลสามารถ จะหาได้จากค่าความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ค่าดิวตี้ไซเคิล} = \left(\frac{\text{ช่วงของสัญญาณพัลส์/คาบเวลาทั้งหมดของสัญญาณ}}{\text{คาบเวลาทั้งหมดของสัญญาณ}} \right) \times 100\%$$



รูปที่ 2.5 แสดงความกว้างของพัลส์ขนาดต่างๆ และค่าดิวตี้ไซเคิล ของช่วงพัลส์ที่มีความถี่คงที่

2.5) ทฤษฎีคลื่น

ความหมายของคลื่น

คลื่น หมายถึง ลักษณะของการถูกรบกวน ที่มีการแผ่กระจาย เคลื่อนที่ออกไป ในลักษณะของการกวัดแกว่ง หรือกระเพื่อม และมักจะมีการส่งถ่ายพลังงานไปด้วย คลื่นเชิงกลซึ่งเกิดขึ้นในตัวกลาง (ซึ่งเมื่อมีการปรับเปลี่ยนรูป จะมีความแรงยืดหยุ่นในการติดตัวกลับ) จะเดินทางและส่งผ่านพลังงานจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในตัวกลาง โดยไม่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ตำแหน่งอย่างถาวรของอนุภาคตัวกลาง คือไม่มีการส่งถ่ายอนุภาคนั้นเอง แต่จะมีการเคลื่อนที่แกว่งกวัด (oscillation) ไปกลับของอนุภาค อย่างไรก็ตามสำหรับ การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการแผ่รังสีแรงดึงดูดนั้นสามารถเดินทางในสุญญากาศได้ โดยไม่ต้องมีตัวกลาง

2.6) ชนิดของคลื่น

คลื่นเป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่รูปแบบหนึ่ง คลื่นสามารถจำแนกตามลักษณะต่าง ๆ ได้ดังนี้

ก) จำแนกตามลักษณะการอาศัยตัวกลาง

- **คลื่นกล (Mechanical wave)** เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่โดยอาศัยตัวกลางซึ่งอาจเป็นของแข็งของเหลว หรือก๊าซก็ได้ ตัวอย่างของคลื่นกลได้แก่ คลื่นเสียง คลื่นที่ผิวน้ำ คลื่นในเส้นเชือก เป็นต้น
- **คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic waves)** เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่โดยไม่อาศัยตัวกลาง สามารถเคลื่อนที่ในสุญญากาศได้ เช่น คลื่นแสง คลื่นวิทยุและโทรทัศน์ คลื่นไมโครเวฟ รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา เป็นต้น

ข) จำแนกตามลักษณะการเคลื่อนที่

- **คลื่นตามขวาง (Transverse wave)** เป็นคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางเคลื่อนที่ในทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น ตัวอย่างของคลื่นตามขวางได้แก่ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- **คลื่นตามยาว (Longitudinal wave)** เป็นคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางเคลื่อนที่ไปมาในแนวเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น ตัวอย่างของคลื่นตามยาวได้แก่ คลื่นเสียง

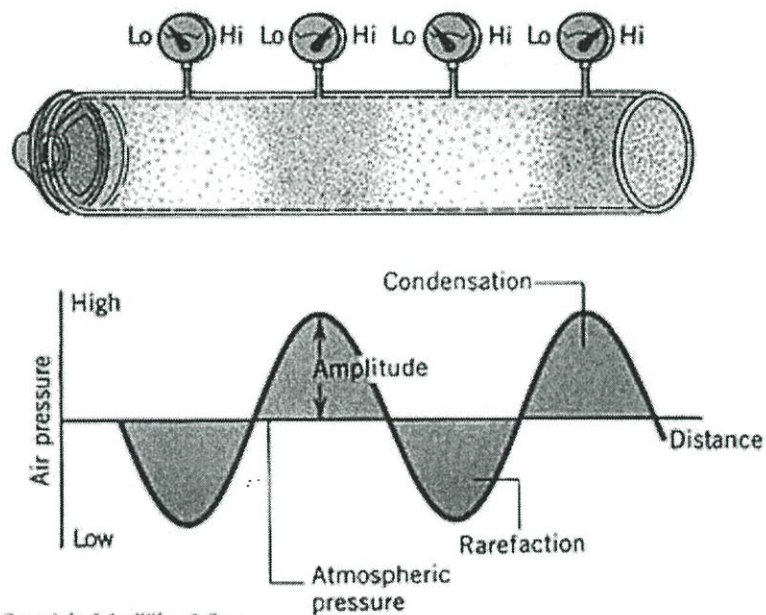
ค) จำแนกตามลักษณะการเกิดคลื่น

- **คลื่นตล (Pulse wave)** เป็นคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดถูกรบกวนเพียงครั้งเดียว
- **คลื่นต่อเนื่อง (Continuous wave)** เป็นคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดถูกรบกวนเป็นจังหวะต่อเนื่อง

2.7) เสียง

ลักษณะของคลื่นเสียง

เสียงเป็นคลื่นความดัน (Pressure Wave) จะต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงสามารถเคลื่อนที่ผ่านอากาศ ของแข็งหรือของเหลว แต่ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านสุญญากาศได้ คลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาวเกิดจากการสั่นของวัตถุ ความถี่ของเสียงจะมีค่าเท่ากับความถี่ของแหล่งกำเนิด และในขณะที่มีการสั่นโมเลกุลของตัวกลางจะมีการถ่ายทอดพลังงานทำให้เกิดความดันอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่ง ทำให้เกิดเป็นช่วงอัด และ ช่วงขยาย โดยที่ ช่วงอัด คือบริเวณที่อนุภาคของตัวกลางอัดเข้าหากัน บริเวณนี้มีมีความดันสูงสุดโดยเทียบกับความดันที่ตำแหน่งสมดุลของอนุภาค เกิดการขจัดของอนุภาคน้อยที่สุด ส่วน ช่วงขยาย คือบริเวณที่อนุภาคตัวกลางแยกห่างจากกัน บริเวณนี้มีมีความดันต่ำสุดโดยเทียบกับความดันที่ตำแหน่งสมดุลของอนุภาค เกิดการขจัดของอนุภาคมากที่สุด ซึ่งสามารถเขียนเป็นกราฟได้ ดังรูป



Copyright John Wiley & Sons

รูปที่ 2.6 การกระจายโมเลกุลขณะเกิดคลื่นเสียง (บน)
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับระยะทาง (ล่าง)

2.8) การเดินทางของคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง

เมื่อคลื่นเสียงเดินทางผ่านตัวกลางหนึ่งไปอีกร่างหนึ่ง ความถี่ของคลื่นเสียงจะมีค่าคงตัวเท่ากับ ความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง ส่วนอัตราเร็วของคลื่นเสียงในตัวกลางหนึ่งๆ จะมีค่าคงตัว เมื่ออุณหภูมิของตัวกลางนั้นคงตัว ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราเร็วของเสียงในตัวกลางต่างๆ ที่อุณหภูมิต่างๆ

ตัวกลาง	อัตราเร็ว (m/s)
แก๊ส	
อากาศ (0°C)	331
อากาศ (20°C)	343
ไฮโดรเจน (0°C)	1286
ออกซิเจน (0°C)	317
ฮีเลียม (0°C)	972
ของเหลว (25°C)	
น้ำ	1493
เมทิลแอลกอฮอล์	1143
น้ำทะเล	1533
ของแข็ง	
อะลูมิเนียม	5100
ทองแดง	3560
เหล็ก	5130
ตะกั่ว	1322

จากอัตราเร็วเสียงในอากาศพบว่า อัตราเร็วของเสียงมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศ ตามสมการ

$$v_t = 331 + 0.6t$$

โดย v_t อัตราเร็วของคลื่นเสียง (m/s)
 t อุณหภูมิของอากาศ (°C)

2.9) คุณสมบัติของเสียง

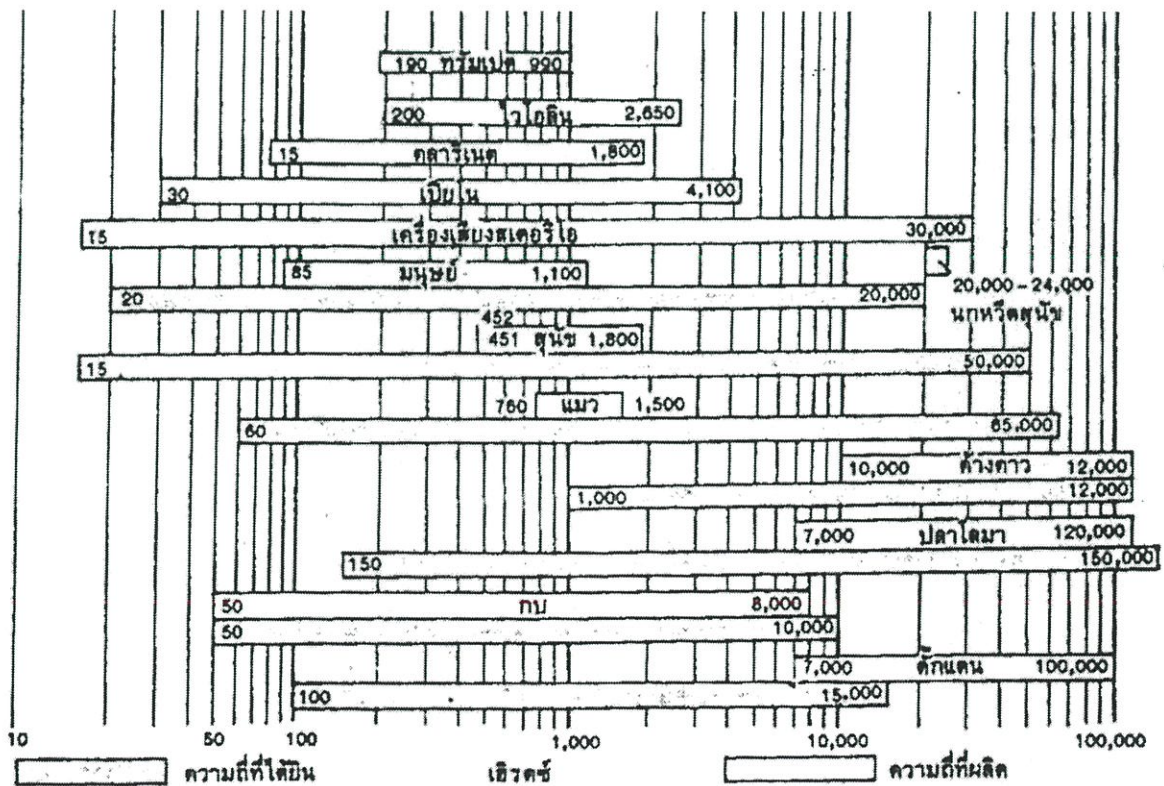
เสียงมีคุณสมบัติของคลื่น ครอบคลุมทั้ง 4 ประการคือ

- **เสียงสะท้อน** การสะท้อนของเสียง คือ เสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนกลับมาที่เดิม
- **การหักเหของเสียง** เสียงเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งผ่านไปยังอีกตัวกลางจะเกิดการหักเหเช่นเดียวกับคลื่นผิวน้ำ เช่น เห็นฟ้าแลบโดยไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง เนื่องจากคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศร้อนได้เร็วกว่าอากาศเย็นอัตราเร็วของเสียงจึงน้อยกว่าบริเวณใกล้ผิวโลก
- **การแทรกสอดของเสียง** เสียงมีคุณสมบัติสามารถแทรกสอดกันได้เมื่อฟังเสียงบริเวณที่มีการแทรกสอดกันจะได้ยินเสียงดังค่อยต่างกัน
- **การเลี้ยวเบนของเสียง** เสียงสามารถเคลื่อนที่อ้อมสิ่งกีดขวางไปด้านหลังของสิ่งกีดขวางได้ เช่นเดียวกับ คลื่นผิวน้ำ ซึ่งจะพบเห็นในชีวิตประจำวันอยู่เสมอ เช่น ได้ยินเสียงที่มุมตึก

2.10) คลื่นอัลตราโซนิก

ความหมายของคลื่นอัลตราโซนิก

อัลตราโซนิก หมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 KHz เท่านั้น แต่พวกที่อายุน้อย ๆ อาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้วคำว่าอัลตราโซนิกจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป จะสูงขึ้นจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุจำกัดเอาไว้



รูปที่ 2.7 ระดับความถี่คลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดแต่ละชนิด

2.11) การเกิดคลื่นอัลตราโซนิก

อุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานในรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานทางกลโดยการสั่นไปมา ซึ่งทำให้เกิดคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกกระจายไปในอากาศได้หรือแปลงพลังงานทางกลให้มาเป็นพลังงานในรูปอื่นได้นั้น มีชื่อเรียกว่า อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) ในปัจจุบันอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้ แบบที่นิยมใช้กันมากได้แก่

แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง

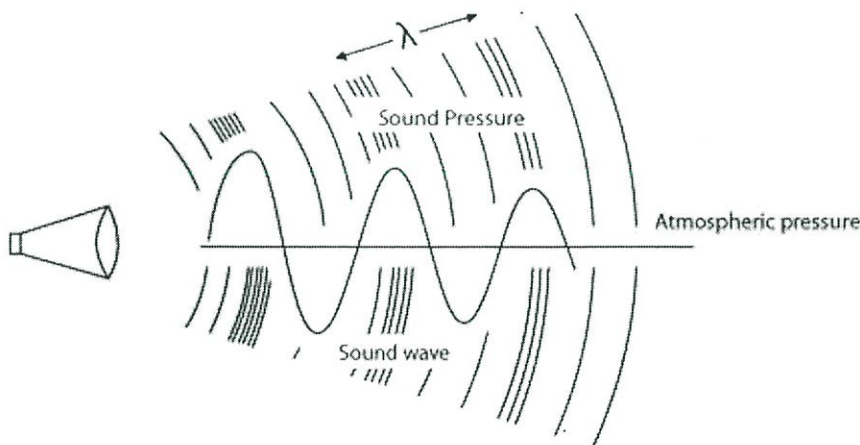
แบบแมกนีโตสตริกทีฟ (Magnetostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่

แบบอิเล็กโตรสตริกทีฟ (Electrostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานทางกล

2.12) ความถี่และความยาวคลื่น

ความถี่ คือ จำนวนของการออสซิลเลตหรือแกว่งที่สมบูรณ์จากแหล่งกำเนิดคลื่นภายใน 1 วินาที คลื่นที่ถูกส่งจากแหล่งกำเนิดจะเดินทางด้วยความถี่เดียวกันกันนั้น เช่น อัตราการสั่นของสายไวโอลินที่มีความถี่ 440 Hz จะมีความถี่เดียวกันกับคลื่นที่ถูกส่งและได้รับจากผู้ฟัง

ความยาวคลื่น คือ ระยะทางที่คลื่นเดินทางระหว่างแต่ละการสั่นที่สมบูรณ์ หรือการเดินทางครบ 1 รอบ (1 cycle) สามารถกล่าวได้ว่า ความยาวคลื่นเป็นระยะทางระหว่างการอัดอย่างต่อเนื่อง ความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันมากกว่าบริเวณรอบๆ ส่วนการเบาบางเป็นบริเวณเฉพาะที่เกิดการลดความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันสัมพันธ์กับแรงดันของบรรยากาศปกติ รูปที่ 3.1 แสดงรูปแบบของการอัดและการเบาบางของแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงและแสดงความยาวคลื่นที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.8 แสดงแพทเทินของการอัดและการเบาบางของของคลื่นเสียงที่อยู่รอบๆ แหล่งกำเนิดเสียง ระยะห่างระหว่างการอัดที่สมบูรณ์และระหว่างการเบาบางของคลื่น จะแสดงถึงความยาวคลื่น (λ)

ความถี่และความยาวคลื่น มีความสัมพันธ์ตามสมการด้านล่าง

$$v = f\lambda \quad \text{----- (1)}$$

v	=	ความเร็วที่คลื่นสามารถเดินทางได้ในตัวกลาง (m/s)
f	=	ความถี่ของคลื่น (Hz)
λ	=	ความยาวคลื่น (m)

2.13) ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก

คลื่นเหนือเสียงหรือคลื่นอัลตราโซนิกที่เดินทางในตัวกลางแตกต่างกัน ย่อมมีความเร็วในการเดินทางผ่านตัวกลางนั้นๆ แตกต่างกันด้วย โดยขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางหรือแก๊ส แรงดันของแก๊ส เมื่อกำหนดให้คลื่นเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นแก๊ส รวมทั้งอุณหภูมิในขณะนั้น สำหรับทฤษฎีที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคลื่นในตัวกลางที่เป็นแก๊สกับคุณสมบัติของแก๊สเหล่านั้น สามารถแสดงได้ดังนี้

$$v = \left[\frac{\gamma P}{\rho} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{----- (2)}$$

v = ความเร็วที่คลื่นอัลตราโซนิกสามารถเดินทางได้ในแก๊ส (m/s)

γ = ค่าอัตราส่วนของความร้อนของแก๊สที่แรงดันคงที่ต่อความร้อนที่ปริมาตรคงที่

(Adiabatic bulk modulus; อากาศจะมี $\gamma = 1.4$)

P = ความดันของแก๊สในหน่วย Pascal (ความดันของอากาศที่ระดับน้ำทะเล = 1.01325×10^5)

ρ = ความหนาแน่นของแก๊ส (kg/m^3); อากาศมี $\rho = 1.29 \text{ kg/m}^3$

เนื่องจากอากาศประกอบไปด้วยโมเลกุลอะตอมคู่เป็นพื้นฐาน ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลให้ค่า Adiabatic bulk modulus ของอากาศเป็น 1.4 และเมื่อแทนลงในความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2 ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกในอากาศ จะเป็นดังสมการ

$$v = \left[\frac{1.4P}{\rho} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{----- (3)}$$

สำหรับแก๊สในอุดมคติ จะมีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิ และแรงดันดังนี้

$$PV = RT \quad \text{----- (4)}$$

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

T = ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ (Kelvin)

V = ปริมาตรของแก๊ส (m³)

P = ความดันของแก๊ส (Newton/m²)

ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 4 สามารถแทนอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ดังนี้

$$P = \frac{\rho RT}{M} \quad \text{----- (5)}$$

เมื่อ M เป็นมวลโมเลกุลของแก๊ส และจากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 5 เมื่อนำไปแทนกลับที่ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2 เราจะได้ความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกในอากาศเป็นดังนี้

$$v = \left[\frac{\gamma RT}{M} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{----- (6)}$$

จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ ความเร็วของคลื่นในแก๊สอุดมคติจะขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊สและอุณหภูมิ โดยเป็นอิสระจากการเปลี่ยนแปลงความดัน ดังนั้นความเร็วคลื่นที่ยอดเขาก็ควรเหมือนกับที่เชิงเขา ถ้าอุณหภูมิเท่ากัน ในทางปฏิบัติ ที่กล่าวมานี้จะเป็นจริงสำหรับความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2 โดยความดันของแก๊สและความหนาแน่นของแก๊สจะลดลงเมื่อความสูงนั้นสูงกว่าระดับน้ำทะเลมากยิ่งขึ้น และผลของความกดดันบรรยากาศจะมีผลต่อความเร็วของคลื่นเพียงเล็กน้อย

ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกที่ยอมรับได้ในอากาศที่อุณหภูมิปกติ จะมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$v = 331.45 + 0.607t \quad (\text{m/s}) \quad \text{----- (7)}$$

$$v = 1052.03 + 1.106F \quad (\text{ft/s}) \quad \text{----- (8)}$$

โดย t = อุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส

F = อุณหภูมิในหน่วยองศาฟาเรนไฮต์

สำหรับอุณหภูมิที่แตกต่างกันมากกว่า 20 องศาเซลเซียส เพื่อให้การคำนวณมีความแม่นยำมากขึ้น จะใช้ความสัมพันธ์ดังสมการด้านล่างนี้

$$v = 331.45 \times \left[\frac{T}{273} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{m/s}) \quad \text{----- (9)}$$

โดย T = อุณหภูมิในหน่วยเคลวิน

2.14) ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิค

ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิคจะถูกวัดอยู่ในรูปความเข้มของคลื่น ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (w/cm^2) เป็นการไหลของพลังงานผ่านพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร ซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการเดินทางของคลื่นภายใน 1 วินาที

2.15) การลดทอนของคลื่นอัลตราโซนิค

เมื่อคลื่นอัลตราโซนิคเดินทางผ่านตัวกลาง ลำคลื่น (beam) ของคลื่นอัลตราโซนิคจะสูญเสียความเข้มไป เนื่องจากเกิดความไม่ต่อเนื่องภายในตัวกลาง (non homogenous) และอาจเกิดการดูดซับพลังงานส่วนหนึ่งของคลื่นโดยตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน พลังงานที่ถูกดูดซับนี้จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน การดูดซับพลังงานนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของตัวกลาง ความยืดหยุ่นและความหนาแน่น รวมทั้งความถี่ของคลื่นอัลตราโซนิคที่ใช้ ยิ่งความถี่สูงก็ยิ่งถูกดูดซับพลังงานไปมาก ดังนั้นคลื่นอัลตราโซนิคที่นำเอามาใช้งาน โดยมากจะมีความถี่จำกัดอยู่ไม่เกิน 50kHz หากความถี่สูงเกินกว่านี้แล้ว เมื่อคลื่นเดินทางไปในอากาศในระยะทางไกลๆ ความแรงของคลื่นจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสาเหตุที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ความแรงของคลื่นสะท้อนกลับมีขนาดไม่แรงพอที่จะทำให้เครื่องรับทำงานได้ นั่นหมายถึง ยิ่งคลื่นอัลตราโซนิคมีความถี่สูงขึ้นเพียงใด รัศมีทำการก็ยิ่งสั้นลง

2.16) การแยกแยะ

การแยกแยะหรือรีโซลูชัน (Resolution) ของการส่งระบบพัลส์คลื่นสะท้อน สามารถถูกใช้เป็นตัวกำหนดความสามารถของระบบที่แยกความแตกต่างระหว่างตัวสะท้อน 2 ตัวที่อยู่ใกล้กัน การแยกแยะที่สำคัญมี 2 ชนิด

การแยกแยะทางด้านข้าง (Azimuth resolution) หรือการแยกแยะตามแนวอาซิมุท เป็นความสามารถในการแยกความแตกต่างของเป้า 2 อัน ซึ่งวางในแนวขนานและแนวตั้งฉากกับทิศทางของลำคลื่นในระยะทางที่เท่ากัน และขึ้นอยู่กับความกว้างของลำคลื่นที่ใช้ส่ง ซึ่งก็คือคลื่นอัลตราโซนิคนั่นเอง

การแยกแยะตามแนวแกนของลำคลื่น (Range resolution) เป็นการวัดความสามารถในการแยกความแตกต่างของเป้า 2 อัน ตามแนวแกนของลำคลื่น ซึ่งถูกกำหนดโดยความยาวของพัลส์สะท้อนของคลื่นอัลตราโซนิคจากเป้าเล็กๆ ในทางอุดมคติ ซึ่งพัลส์จะต้องสั้น เพราะถ้าพัลส์ยาวเกินไป พัลส์คลื่นสะท้อนจากเป้าระยะสั้นๆ จะมาถึงตัวรับก่อนที่พัลส์ของตัวมันจะหมดไป ทำให้เกิดการซ้อนทับกัน

2.17) ประโยชน์ในการใช้งานคลื่นอัลตราโซนิค

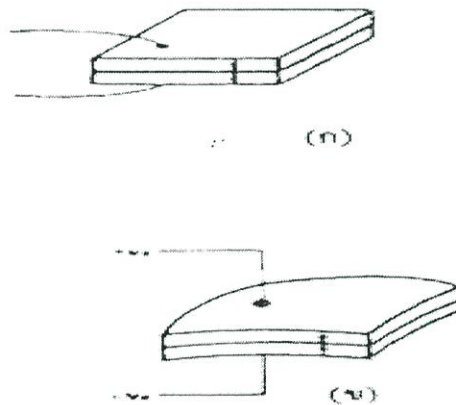
คลื่นอัลตราโซนิคเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้สามารถกำหนดจุดที่คลื่นจะเดินทางไปยังเป้าหมายได้โดยเจาะจง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้น ความยาวคลื่นยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิดที่ให้คลื่นออกมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงความถี่นั้น เช่น ความถี่ 300 Hz ในอากาศ จะมีความยาวคลื่นถึงประมาณ 1 เมตรเศษๆ ซึ่งยาวกว่าช่องเปิดที่ให้คลื่นเสียงนั้นออกมาจากแหล่งกำเนิดโดยทั่วไปมาก คลื่นจะหักเหที่ขอบด้านนอกของแหล่งกำเนิดนั้นๆ แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตราโซนิค อย่างเช่น 40 KHz จะมีความยาวคลื่นใน

อากาศเพียงประมาณ 8 mm เท่านั้น ซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มาก คลื่นเสียงจะไม่มี การเลี้ยวเบนที่ขอบ จึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบๆ หรือที่เราเรียกว่า มีทิศทาง

การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิคทำให้เรานำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่อง ควบคุมระยะไกล (Ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่ ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยส่งเกดระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำ แผนที่ได้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น โดย ความถี่ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น คลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่ เกิน 50 KHz เพราะที่ความถี่สูงขึ้นกว่านี้อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ระดับความแรงของคลื่น เสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานด้านการแพทย์ซึ่งต้องการรัศมีทำการสั้น ๆ ก็อาจใช้ ความถี่ในช่วง 1 MHz ถึง 10 MHz ขณะที่ความถี่เป็น GHz (10^9 Hz) ก็มีใช้กันในหลาย ๆ การใช้งานที่ตัวกลาง ที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านไม่ใช่อากาศ

2.18) เปียโซอิเล็กทริก ทรานสดิวเซอร์

ภายในตัวอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก แบบที่มีใช้กันในปัจจุบันซึ่งได้รับการ พัฒนาขึ้นมาในระดับหนึ่งแล้วจะประกอบด้วยชั้นสารเซรามิกสี่เหลี่ยมซึ่งมีผิวโลหะเงินฉาบอยู่ทั้ง 2 หน้าเพื่อให้ ต่อสายไฟออกมาเป็นขา 2 ขา ชั้นสารเซรามิกนี้ประกอบขึ้นจากสารเซรามิก 2 ชั้น ประกบกันอยู่โดยวางให้ขั้ว โดโพลทางไฟฟ้าภายในอะตอมของมันมีทิศทางตรงข้ามกันดังรูป



รูปที่ 2.9(ก) โครงสร้างภายในตัวอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริกที่ใช้สารเซรามิก
(ข) เมื่อป้อนแรงดันให้แก่ตัวมันจะทำให้ชั้นสารเซรามิกโค้งงอไปมาทำให้เกิดคลื่นเสียง อัลตราโซนิคกระจายไปในอากาศ

ชั้นสารเซรามิกถูกยึดติดภายในตัวอย่างดีเพื่อไม่ให้เกิดการสั่นขณะทำงานอยู่ได้รับผลกระทบ กระทบจากภายนอกตัวถึงมักจะเป็นรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางและมีความสูงประมาณ 1 ถึง 2.5 cm ด้านหน้าทำเป็นช่องเปิดมีตะแกรงติดอยู่เพื่อให้คลื่นอัลตราโซนิคเข้ามาหรือออกจากช่องเปิดได้โดยสะดวก

ถ้าตัวถังทำมาจากโลหะก็ควรต่อตัวถังลงกราวด์เพื่อทำหน้าที่ชิลด์ สำหรับบางยี่ห้อเขาจะต่อขาหนึ่งติดกับตัวถังมาให้เลย เมื่อพลิกดูขา 2 ขาที่โผล่ออกมาจากตัวถังจะเห็นมีขาหนึ่งติดกับตัวถัง

เมื่อมีสัญญาณแรงดันมาตกคร่อมขั้วทั้งสองของชิ้นสารเซรามิคดังรูป 1.4(ข) จะทำให้ชิ้นสารโค้งงอมากหรือน้อยหรือในทิศทางใดตามขนาดและทิศทางของการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณนั้น ๆ ทำให้เกิดการกดอัดอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่เดียวกับสัญญาณนั้นออกไป โดยทั่วๆ ไปกำลังเอาท์พุทที่ออกมาจะตกประมาณ 10% ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไป แต่กำลังเอาท์พุทจะสูงสุดที่ค่าประมาณนี้ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ซึ่งเป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารเซรามิคนั้นๆ ส่วนที่ความถี่อื่น ๆ กำลังเอาท์พุทจะลดลงกว่านี้มาก

ในทำนองกลับกันเมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของชิ้นสารเซรามิคเข้ามาจะทำให้ชิ้นสารโค้งงอไปมาและเกิดสัญญาณแรงดันซึ่งมีขนาดเล็กขึ้นมากคร่อมขั้วทั้งสองของตัวมันเองได้ คุณสมบัติโดยทั่วไปของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริกก็คือมีค่าความต้านทานไฟตรงสูงมากอาจสูงถึง 100 MW เรียกว่าถ้าเอาหมัดติมิเตอร์ธรรมดาติดตั้งแล้ววัดค่าความต้านทานสูงๆ เข็มจะไม่กระดิกเลย แต่ในขณะที่มันทำงานความต้านทานทางด้านไฟสลับจะลดลง

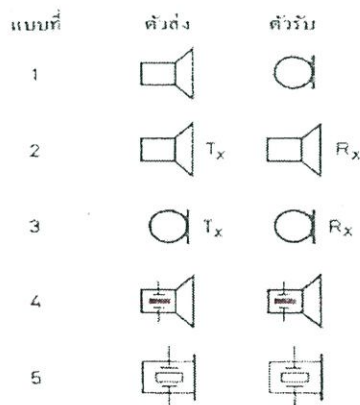
2.19) ตัวส่งและตัวรับ

ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริกที่ใช้สารเซรามิค (หรือที่ผู้ผลิตบางราย เรียกว่า อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเซรามิค) จะมีอยู่ 2 อย่าง คือ ตัวส่งหรือ Transmitter และ ตัวรับ (เสียง) หรือ Receiver

ตัวส่ง คือ อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ให้แก่ตัวมันให้ออกมาเป็นคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิก หน้าที่ของตัวส่งจึงคล้ายๆ กับเป็นลำโพง

ตัวรับ คือ อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกที่มาจากกระทบตัวมันให้ออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า หน้าที่ของตัวรับจึงคล้ายๆ กับเป็นไมโครโฟน

ด้วยเหตุนี้เวลาเขียนสัญลักษณ์ของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์จึงนิยมเขียนตามหน้าที่ของมันคือถ้าเป็นตัวส่งก็เขียนสัญลักษณ์เป็นลำโพง ถ้าเป็นตัวรับก็เขียนสัญลักษณ์เป็นไมโครโฟน ดังรูป



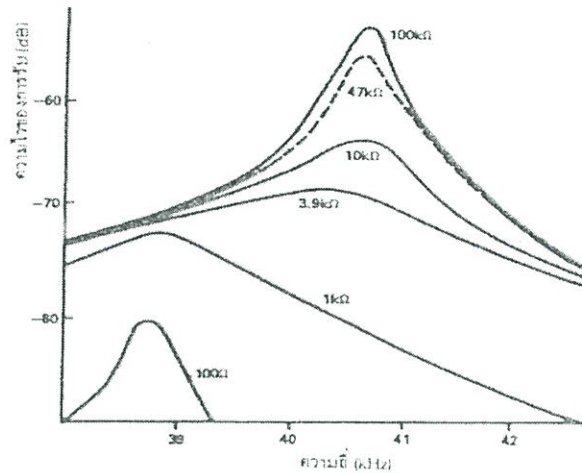
รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบต่างๆ กัน

อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเซรามิกที่มีจำหน่ายกันจะมีค่าความถี่เรโซแนนซ์ให้เลือกตั้งแต่ 23 KHz ขึ้นไปจนถึง 40 KHz แต่ที่พบเห็นกันบ่อยก็มี 23 KHz, 25 KHz, และ 40 KHz โดยความถี่ 40 KHz เป็นรุ่นที่นิยมใช้กันมากที่สุดเพราะมีทิศทางดีกว่า

2.20) ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับ

เนื่องจากสเปคตลอดจนรายละเอียดต่างๆ ของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์หาได้ยาก ดังนั้นจึงสามารถที่จะสรุปสิ่งที่ควรรู้ในขั้นต้นของอุปกรณ์อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์เพื่อเป็นแนวทางในการใช้งานดังนี้

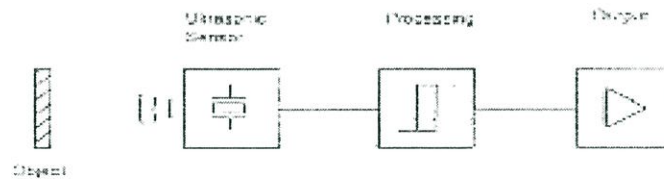
1. ไม่ควรให้ตัวทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระทบหรือตกจากที่สูง เพื่อป้องกันโครงสร้างภายในให้เสียหาย
2. ทรานสดิวเซอร์ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงสุดได้ไม่เกินกว่า 20 V_{rms} ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับทรานสดิวเซอร์ก็ควรจะอยู่ในขีดจำกัดอันนี้
3. ความถี่เรโซแนนซ์ (ความถี่ที่ตัวมันทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด) ของทรานสดิวเซอร์ 40 KHz ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะผิดพลาดไปไม่เกิน ± 1 KHz และมีแถบความถี่ (Bandwidth) ประมาณ 4.5 KHz สำหรับตัวส่ง และมีแถบความถี่ประมาณ 5.0 KHz สำหรับตัวรับ จะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าของตัวส่งอยู่เล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ออกมาจากตัวส่งได้
4. อุณหภูมิใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ในช่วง -20°C ถึง $+60^{\circ}\text{C}$
5. ทั้งตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมากกล่าวคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30° ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 dB ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนขอตัวรับไปประมาณ 30° ความไวหรือขนาดแรงดันที่ออกมาก็ลดลงไปประมาณ 10 dB ด้วยเช่นกัน ดังนั้นในการใช้งานที่เป็นการควบคุมระยะไกลในที่โล่งแจ้งจึงควรพยายามให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งตรงเข้าหากันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามในกรณีที่อยู่ในห้องอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้มากหน่อย เพราะคลื่นเสียงอัลตราโซนิกสามารถสะท้อนกับกำแพง พื้น และวัตถุที่อยู่ในห้อง ทำให้คลื่นเสียงเข้าไปหาตัวรับได้หลายทาง
6. ในกรณีที่ใช้งานตัวรับจะต้องมีตัวต้านทานต่อขนานกับตัวรับเพื่อทำหน้าที่เป็นโหลด ตามปกติแล้วตัวต้านทานตัวนี้ควรมีค่าอยู่ในช่วงจาก 10 kW - 100 kW จากการทดลองพบว่าถ้าเปลี่ยนโหลดจาก 100 kW มาเป็น 10 kW ความไวจะลดลงประมาณ 10 ถึง 20 dB แต่แถบความถี่จะกว้างขึ้น ถ้าใช้ค่าความต้านทานต่ำลงไปอีก ความถี่เรโซแนนซ์ (ความถี่กลาง) จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ ถ้าการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมากควรใช้โหลดที่มีความต้านทานสูงสักหน่อย เพื่อให้ตัวส่งมีความไวสูงและมีแถบความถี่แคบ ตัวอย่างการทดสอบแสดงไว้ดังรูป
7. ตามปกติแล้วเราสามารถนำเอาตัวส่งและรับมาใช้งานแทนกันได้ในการใช้งานส่วนใหญ่ และตัวส่งหรือตัวรับของยี่ห้อใด รุ่นใด ก็สามารถที่จะนำมาใช้แทนกันได้ในงานส่วนใหญ่ ขอเพียงแต่ให้มีความถี่เรโซแนนซ์เดียวกันเท่านั้นเอง อย่างไรก็ตามในบางกรณีอาจต้องเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานสมมูลทางด้านไฟสลับเพื่อให้ลักษณะผลตอบสนองทางความถี่สอดคล้องกับของเดิม



รูปที่ 2.11 แสดงผลการทดลองตัวรับตัวหนึ่งโดยลงเปลี่ยนโพลดเป็นค่าต่างๆ กัน แล้วป้อนคลื่นเสียงความถี่ต่างๆกันเข้ามา

2.21) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์หน้าทีและการทำงาน

รูปแบบต่าง ๆ ของอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ประกอบด้วย ตัวตรวจจับด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ชุดส่งสัญญาณ ชุดประมวลผล และชุดเอาต์พุท

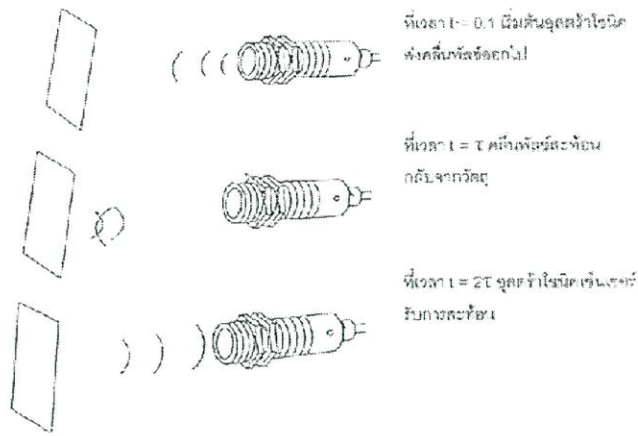


รูปที่ 2.12 หลักการทำงานของอัลตราโซนิก

มักจะใช้เป็นภาครับ และ ภาคส่ง อาจมีระบบซึ่งประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ แยกกันอยู่ 2 ส่วน ในระหว่างการทำงาน เซ็นเซอร์จะทำการส่งสัญญาณเสียงซึ่งเรียกว่า “ซาวด์พาร์เซลส์” (Sound parcels) ให้ขบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ ของเวลาทำงานไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีการ รับการสะท้อนครั้งแรกเกิดขึ้น

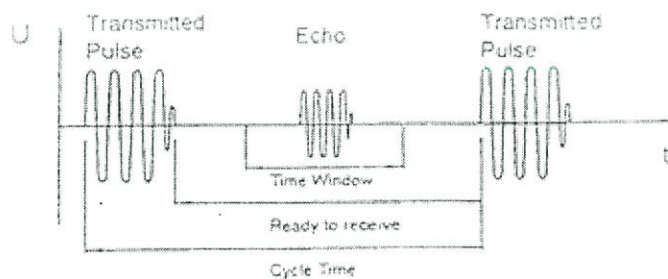
2.22) วงจรส่งผ่าน / รับ

สำหรับการทำงานเป็นวงจรของอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ จะส่งผ่านคลื่นพัลส์เสียงที่ช่วงเวลาสม่ำเสมอหรือช่วงเวลาเปลี่ยนแปลง คลื่นเสียงที่ปล่อยออกไปจะถูกสะท้อนได้โดยวัตถุที่เหมาะสม โดยเซ็นเซอร์ และระบบการทำงานจะรับการสะท้อนของคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมา (ดังแสดงในรูป) ความกว้างของคลื่นพัลส์ของเสียงอยู่ในช่วง 2-200 μ s



รูปที่ 2.13 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ วงจรส่งผ่าน/รับ

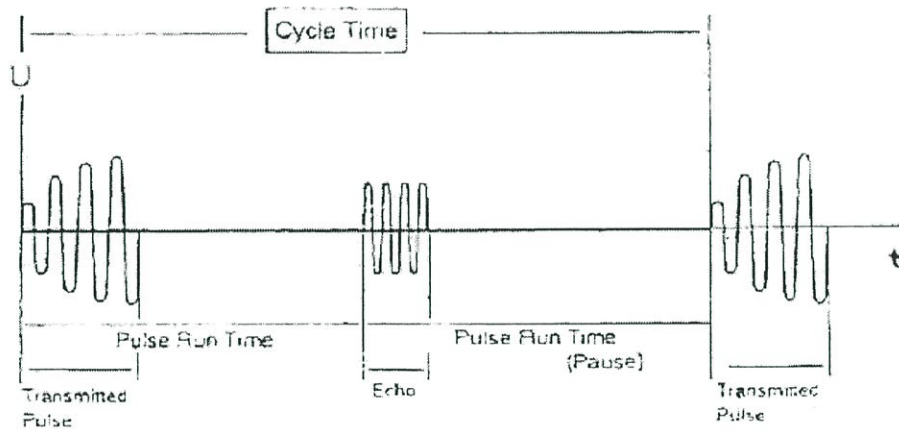
เวลาในการเดินทางของคลื่นพัลส์ของคลื่นเสียงเป็นการวัดระยะห่างจากวัตถุ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเซ็นเซอร์ ระยะห่างนี้นำไปแสดงในรูปของ สัญญาณอนาล็อก (Analogue Signal) (เช่น 0-20 mA) สัญญาณลอจิก (Logic Signal) (เช่น สัญญาณลอจิก 8 bit) ตลอดทั้ง ซีเรียลอินเตอร์เฟส (Serial Interface) (RS232) หรือการเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงในรูปของสวิสซ์พัลส์ที่เรียกว่า ไทม์เฟรม (Time Frame) เนื่องจากขบวนการดำเนินไปตามเวลาที่คลื่นสะท้อนเดินทาง ไม่ใช่เป็นไปตามความเข้มของคลื่นสะท้อน จึงจัดได้ว่าอุลตราโซนิกเซ็นเซอร์ มีข้อดีเหนือกว่าเซ็นเซอร์แบบออปติคัล (Optical Sensor) เวลาที่คลื่นสะท้อนการเดินทางจะทำให้ขบวนการดำเนินโดยไม่ขึ้นกับความเข้มของคลื่นสะท้อน ตรวจจับที่วัตถุยังคงสะท้อนคลื่นที่สามารถตรวจจับได้ออกมา ดังนั้นคุณลักษณะการสวิตซ์ไม่เปลี่ยนไป แม้ในสถานะที่การสะท้อนเป็นไปอย่างไม่มีคลื่นสะท้อนที่อ่อนจะมีผลต่อความถูกต้องในการตรวจจับวัตถุ ซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถทำการตรวจจับวัตถุได้เลย ความเร็วที่เปลี่ยนไปของคลื่นพัลส์ของเสียง มีผลกระทบต่อพิสัย การทำงานของสวิตซ์ (ระยะทาง) โดยตรง เซ็นเซอร์ทำงานด้วยวงจรเวลาที่คงที่ (เช่น $t = 20$ ms) จะส่งคลื่นเสียงออกมาอย่างสม่ำเสมอ (ดังแสดงในรูป) ดังนั้นวงจรเวลาจะเป็นตัวกำหนดช่วงและวงจรการทำงานของสวิตซ์ของเซ็นเซอร์



รูปที่ 2.14 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, วงจรเวลาคงที่

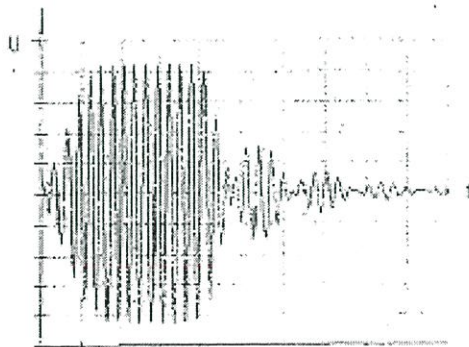
ยกตัวอย่าง เช่นคลื่นเสียงที่มีความเร็ว $v = 340$ m/s (20°C) ในช่วงเวลา $t = 20$ ms (50 Hz) จะเดินทาง $S = Vt = 6.8$ m เนื่องจากระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์ และวัตถุที่ได้จากการทำงานของเซ็นเซอร์คิดที่ไปและกลับ จึงได้ระยะทางจริงสูงสุดสำหรับวงจรเวลานี้เป็น 3.4 m แอมพลิจูดของส่วนของคลื่นเสียงและความไว (Sensitivity) ของตัวรับต้องมีการพิจารณาเลือกใช้ เพื่อให้คลื่นสะท้อนที่เดินทางมาถึงหลังจากเลยเวลาของวงจรเวลาที่กำหนดไปแล้วจะไม่ได้รับการตรวจจับ เนื่องจากคลื่นสะท้อนนั้นอ่อนมากซึ่งสัญญาณคลื่นนี้จะทำให้เซ็นเซอร์สวิตซ์แบบอนาล็อก (Analog Sensor) มีการทำงาน

ผิดพลาดหรือให้ข้อมูลที่ผิด เพื่อให้การตรวจจับวัตถุเป็นไปอย่างถูกต้อง วัตถุต้องอยู่นิ่งเป็นเวลาเพียงพอสำหรับสำหรับสะท้อนอย่างน้อย 1 ส่วน ของคลื่นเสียงภายในขอบเขตที่เซ็นเซอร์จะทำงานได้รอบมากที่สุดของการสวิตช์ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงกับอัตราส่วนของวัตถุที่ว่าง และจะพิจารณาให้มีค่าน้อยกว่ารอบของความถี่ที่จุดนี้ เวลาที่ขยายจะสิ้นสุดระหว่างการส่งผ่านของพัลส์ และการรับคลื่นสะท้อนแรกจะถูกนำไปใช้วัดสำหรับวงจรเวลา เมื่อเวลาดำเนินไปเท่ากับเวลาที่คลื่นสะท้อนเดินทางไป และกลับสิ้นสุด ส่วนของคลื่นสะท้อนต่อไปจะถูกส่งออก การหยุดลงชั่วขณะของเวลาพิเศษที่คลื่นเดินทางทำขึ้นเพื่อลดสัญญาณรบกวน (Noise) ที่ดำเนินมาจากตรวจจับวัตถุมากกว่าหนึ่งระยะ โดยเซ็นเซอร์สามารถถูกปรับให้เหมาะสมตามสภาพแวดล้อมซึ่งหมายถึง สำหรับการตรวจจับวัตถุที่อยู่ไกลเวลาการเดินทางจะนานเป็นผลให้ต้องการความถี่ต่ำในทางตรงกันข้าม ความถี่ของวงจรจะเพิ่มขึ้นเมื่อวัตถุเข้าใกล้เซ็นเซอร์ทำงานให้วงจรเวลาสั้นลง และพลังงานที่ส่งออกไปสามารถปรับในช่วงเวลาของคลื่นเสียงที่ปล่อยไป เวลาที่เพิ่มขึ้นของแอมพลิฟายด์เมื่อมีการสวิตช์



รูปที่ 2.15 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, วงจรที่เปลี่ยนแปลงได้

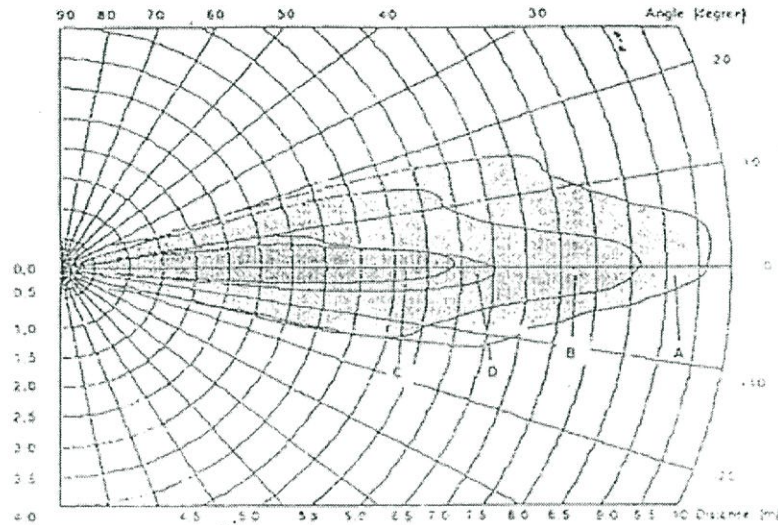
ทรานสดิวเซอร์จะถูกใช้สำหรับพลังงานที่ส่งออกไป (ดังแสดงในรูป) ดังนั้นคลื่นสะท้อนเบื้องหลังสามารถควบคุมได้ด้วย การลดพลังงานในการส่งผ่านวัตถุที่อยู่ใกล้เซ็นเซอร์



รูปที่ 2.16 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ทรานสดิวเซอร์แบบชิ้นส่วนการอิมพัลส์ (Impulse) (แตกออก) ที่ 170 MHz

2.23) การลดสัญญาณรบกวน และสภาวะการทำงาน

ผลที่เกิดจากคลื่นรบกวน และการสอดแทรก ในการประยุกต์ใช้อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์คือการตรวจจับวัตถุได้แต่ระยะที่ใกล้กับเซ็นเซอร์ และไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีการสะท้อนได้ไม่ดี เนื่องจากความจริงที่ว่าคลื่นอัลตราโซนิกจะสะท้อนได้จากวัตถุเกือบทุกชนิด และง่ายต่อการเบี่ยงเบน วัตถุเหล่านั้นจะทำให้สวิตช์เปิด-ปิด เมื่อเข้าไปใกล้บริเวณที่เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับได้ ดังกราฟทำนายคุณลักษณะของเซ็นเซอร์ (ดังรูปที่ 2.15)

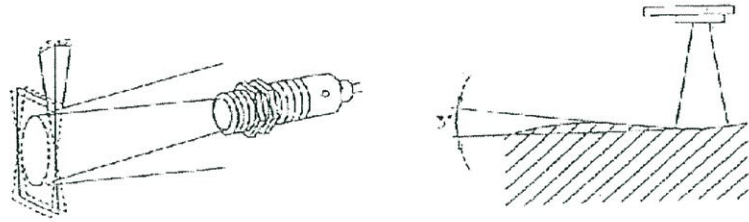


รูปที่ 2.17 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, คุณลักษณะการตรวจจับ

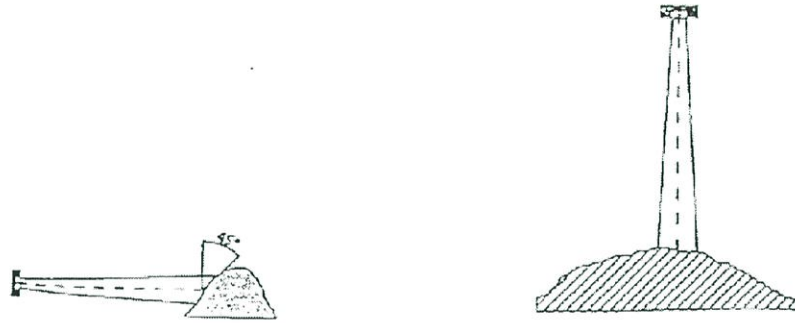
เพื่อหาคุณลักษณะของวัตถุชนิดต่าง ๆ จะวางในตำแหน่งของวัตถุในระยะห่างเท่า ๆ กันที่มุมตั้งฉากกับแนวแกนของเซ็นเซอร์ จุดที่สวิตช์ทำงานก็จะถูกกำหนดขึ้น ตัวอย่างวัสดุที่ใช้คือ

- A : แผ่นจานขนาด 700 x 700 mm. ขอบเขตที่อยู่ด้านนอกส่วนโค้งชั้นนี้โดยปกติจะไม่มีวัตถุตรวจจับได้
- B : แผ่นจานขนาด 100 x 100 mm. แผ่นจานอ้างอิงมาตรฐานกำหนดโดยข้อมูลทางเทคนิคทั่วไป
- C : ท่อพลาสติก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 160 mm. คลุมด้วยสีกหลาด ใช้เป็นตัวแทนมาตรฐาน
- D : แท่นไม้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 mm. วัสดุทดสอบ เช่นระยะความปลอดภัยย้อนกลับในยานพาหนะ

เพื่อให้ปราศจากปัญหาในการทำงาน จะไม่มีวัสดุอื่นใดที่ไม่ใช่เป้าหมายในขอบเขตนอกสุด ในทางกลับกันวัตถุเป้าหมายต้องอยู่ภายในบริเวณพื้นที่ที่สามารถตรวจจับได้ทั้งขนาด รูปร่าง เพื่อป้องกันปัญหาการตรวจจับคลื่นเสียง พื้นผิวของวัตถุควรมีขนาดใหญ่เท่าที่จะเป็นได้ราบเรียบ และมีมุมเอียงไม่เกิน 3 องศา กับแกนของเซ็นเซอร์ (ดังแสดงในรูป) จากข้อกำหนดดังกล่าว เมื่อทำการตรวจจับวัตถุทรงกลม หรือวัตถุผิวไม่เรียบ (ของเหลว, ของผสม) ก็จะทำให้เกิดปัญหาขึ้น

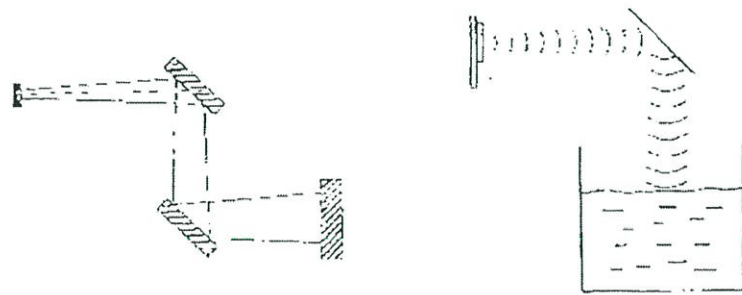


รูปที่ 2.18 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, พื้นผิวตรง



รูปที่ 2.19 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, การตรวจจับสิ่งของ

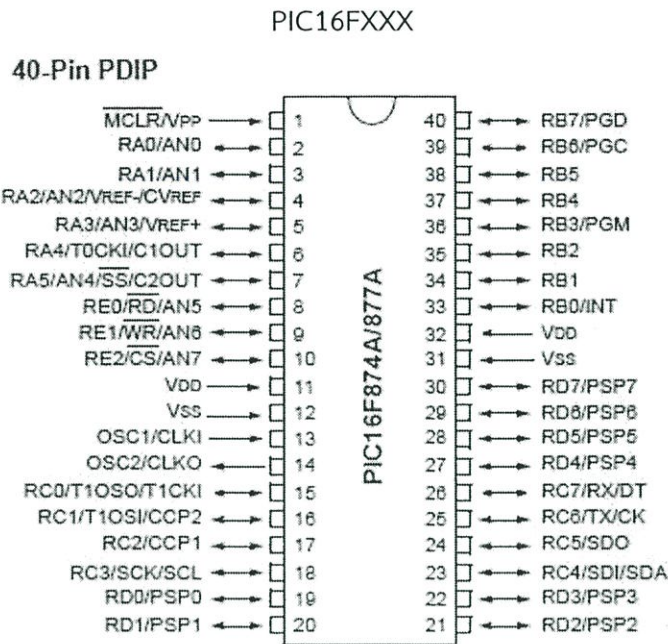
อัลตราซาวด์สามารถนำมาเบี่ยงเบนด้วยตัวสะท้อนอย่างง่าย ที่ทำจากวัสดุใดๆ (ดังแสดงในรูป) พื้นที่ตรวจจับยังคงเท่าเดิม ทำให้ใช้กับตัวสะท้อนขนาดใหญ่ได้โดยใช้ตัวเบี่ยงเบนไม่เกิน 2 ตัว ติดตั้งภายในทางเดินของคลื่นเสียงในแนวทางเดินตั้งฉากอย่างถูกต้อง



รูปที่ 2.20 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, การเบี่ยงเบนคลื่นเสียง

ด้วยวิธีนี้สามารถนำไปใช้ป้องกันป้องกันเซ็นเซอร์ จากการใช้งานในสิ่งแวดล้อมที่เป็นอันตรายต่อเซ็นเซอร์และทำให้ลดคลื่นสะท้อนที่ไม่ต้องการจากวัตถุ การรวมคลื่นเสียงผ่านม่านกัน หรือท่อโดยปกติไม่สามารถทำได้ เนื่องจากการหักเหของแสง บนขอบ และกำแพง เพื่อหลีกเลี่ยงการสอดแทรกจากเครื่องมือที่ให้กำเนิดคลื่นเสียงอื่น ๆ สัญญาณที่รับได้จะถูกทดสอบความถี่ในตัวเอง วิธีการนี้ไม่สามารถทำให้สำเร็จได้เมื่อใช้เซ็นเซอร์ชนิดเดียวกัน (ทรานสดิวเซอร์และความถี่ชนิดเดียวกัน) หรือมีย่านรบกวนกว้าง (เช่น ในอากาศอัด) สอดแทรกกัน เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบระหว่างเซ็นเซอร์จะต้องมีการติดตั้งที่ระยะปลอดภัย คลื่นรบกวนกับแอมพลิจูดขนาดใหญ่ สามารถปิดกั้นเซ็นเซอร์ไม่ได้รับคลื่นสะท้อนที่อ่อนกว่าคลื่นรบกวนได้ เซ็นเซอร์บางชนิดแก้ปัญหาการสอดแทรกนี้ โดยสัญญาณเตือนที่เข้าที่พู่ที่แยกต่างหาก เพื่อเป็นการชดเชยการเปลี่ยนแปลงความเร็วของเสียงจากอุณหภูมิที่ขึ้น ๆ ลง ๆ เซ็นเซอร์บางชนิดจึงรวมเอาเซ็นเซอร์อุณหภูมิ

ลบเขียนใหม่ได้หลายพันครั้ง ทำให้สะดวกในการแก้ไขปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงโปรแกรม ชิพแบบแฟลชจะมีตัวอักษร F แสดงบนตัวชิพ เช่น เบอร์ PIC16F877



รูปที่ 2.22 PIC16FXXX

เป็น PIC ที่ได้รับความนิยมมาก เพราะมีหน่วยความจำข้อมูลแบบแฟลช สนับสนุนการทำงานแบบอินเซอร์กิตติบักเกอร์ ทำให้ไม่ต้องใช้อีพรอมอีมูเลเตอร์ (EEPROM Emulator) ซึ่งมีราคาแพง โดยทั่วไป PIC 16F877 มีคุณสมบัติดังนี้

1. มีคำสั่งที่เป็นภาษาแอสเซมบลี 35 คำสั่ง
2. ใน 1 คำสั่งใช้เวลาทำงาน 1 ถึง 2 ไชเคิล
3. ทำงานได้สูงสุดที่สัญญาณนาฬิกาตั้งแต่ไฟตรงถึง 20 MHz
4. ทำงานแบบ Pipe-line สามารถทำงานได้ 2 อย่างในเวลาเดียวกัน
5. หน่วยความจำเป็นแบบแฟลชมีขนาด 8 KWord (1 Word = 14 บิต)
6. มีหน่วยความจำข้อมูล (data Memory RAM) ขนาด 368 ไบต์
7. มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 256 ไบต์
8. ตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ได้ทั้งหมด 24 แหล่ง
9. มี Stack ให้ใช้ได้สูงสุด 8 ระดับ
10. มีระบบ Power On Reset, Power Up Time, Oscillator Start-up และ Watchdog Timer
11. มีระบบ Code Protection กันการคัดลอก
12. มีโหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode)
13. สัญญาณนาฬิกามีหลายโหมดให้เลือกใช้งาน คือ อาจจะใช้ XTAL หรือวงจร RC ก็ได้
14. สามารถโปรแกรมด้วยไฟ +5VDC ได้
15. ใช้การโปรแกรมแบบ In-Circuit Serial Programming
16. ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2 VDC ถึง 5.5 VDC

17. มี Timer/Counter 3 ตัวคือ Timer 0 ขนาด 8 บิตม Timer 1 ขนาด 16 บิตและ Timer 2 ขนาด 8 บิต
18. มีโมดูล Capture/Compare/PWM(Pulse Width Modulation) 2 ชุด
19. Current Sink และ Current Source อยู่ที่ 25 mA
20. มีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Converter) ขนาด 10 บิต
21. มีระบบ USART สำหรับการสื่อสารแบบ RS232
22. มีระบบตรวจระดับไฟเลี้ยง (Brown-out Reset)
23. มี I/O พอร์ตทั้งหมด 5 พอร์ต แต่ละพอร์ตมีจำนวนบิตไม่เท่ากัน

2.25) วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

เป็นตัวควบคุมจังหวะการทำงาน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องต่อวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาหรือออสซิลเลเตอร์จึงสามารถทำงานได้ โดยที่ PIC สามารถเลือกใช้ออสซิลเลเตอร์ภายในหรือภายนอกก็ได้ สำหรับออสซิลเลเตอร์ภายในจะเป็นประเภท RC ออสซิลเลเตอร์ ซึ่งมีความถี่คงที่ 4 MHz ที่แรงดัน 5 โวลต์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ทว่าวงจรมีความถี่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ แต่ถ้าเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ภายนอก ความถี่จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ภายนอกที่นำมาต่อโดยมีอยู่ 3 แบบดังนี้

แบบที่ 1 สร้างจากเซรามิคเรโซเนเตอร์ (Ceramic Resonators)

แบบที่ 2 สร้างจากผลึกแร่คริสตอล (Quartz Crystal Oscillator)

แบบที่ 3 สร้างจากวงจรกำเนิดความถี่สี่เหลี่ยม (Crystal Square-wave Oscillator)

วงจรออสซิลเลเตอร์ภายนอกที่สร้างจากแร่คริสตอล (Quartz Crystal Oscillator)

ใช้ตัวคริสตอลกำเนิดสัญญาณความถี่กำลังต่ำออกมา โดยจะต่อตัวเก็บประจุลงกราวด์ ทั้ง 2 ข้าง และทั้ง 2 ขาดต่อเข้ากับขา OSC1/CLKOUT และ OSC2/CLKOUT ของ PIC ซึ่งถึงแม้คริสตอลจะมีราคาแพงกว่าเซรามิคเรโซเนเตอร์ แต่จะให้ความถี่ที่เที่ยงตรงมากกว่า โดยที่การใช้คริสตอลจะมีโหมดการทำงานหลักๆดังนี้

โหมด LP (Low Power Crystal) ทำงานที่ความถี่ตั้งแต่ 32 KHz ถึง 100 KHz

โหมด XT (Crystal/Resonator) ทำงานที่ความถี่ตั้งแต่ 100 KHz ถึง 4 MHz

โหมด HS (High Speed Crystal/Resonator) ทำงานที่ความถี่ตั้งแต่ 4 MHz ถึง 20 MHz

โหมด RC (External Resistor/Capacitor) มี 2 โหมด สามารถกำหนดความถี่ได้จากตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ

ตารางที่ 2.2 โหมดของสัญญาณนาฬิกาเมื่อใช้คริสตอล

โหมด	ความถี่	C1	C2
LP	32 KHz	33 pF	33 pF
	200 KHz	15 pF	15 pF
XT	200 KHz	47-68 pF	47-68 pF
	1 MHz	15 pF	15 pF
	4 MHz	15 pF	15 pF
HS	4 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	8 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	20 MHz	15-33 pF	15-33 pF

2.26) การจัดการหน่วยความจำของ PIC16F877

ไมโครคอนโทรเลอร์ PIC16F877 มีหน่วยความจำเป็นแบบแฟลช มีหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory RAM) ขนาด 368 ไบต์ หน่วยความจำข้อมูลแบบอีอีพรอม (Data Memory EEPROM) ขนาด 256 ไบต์ และได้มีการจัดหน่วยความจำของ PIC ออกเป็นแบงก์ต่างๆ ได้ทั้งหมด คือ Bank 0- Bank 3 และแต่ละแบงก์มีขนาด 128 ไบต์

File Address		File Address		File Address		File Address	
Indirect addr. ⁽¹⁾	00h	Indirect addr. ⁽¹⁾	80h	Indirect addr. ⁽¹⁾	100h	Indirect addr. ⁽¹⁾	180h
TMR0	01h	OPTION_REG	81h	TMR0	101h	OPTION_REG	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
PORTC	07h	TRISC	87h		107h		187h
PORTD ⁽¹⁾	08h	TRISD ⁽¹⁾	88h		108h		188h
PORTE ⁽¹⁾	09h	TRISE ⁽¹⁾	89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved ⁽²⁾	18Eh
TMR1H	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved ⁽²⁾	18Fh
T1CON	10h		90h		110h		190h
TMR2	11h	SSPCON2	91h		111h		191h
T2CON	12h	PR2	92h		112h		192h
SSPBUF	13h	SSPADD	93h		113h		193h
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h		114h		194h
CCPR1L	15h		95h		115h		195h
CCPR1H	16h		96h		116h		196h
CCP1CON	17h		97h	General Purpose Register 16 Bytes	117h	General Purpose Register 16 Bytes	197h
RCSTA	18h	TXSTA	98h		118h		198h
TXREG	19h	SPBRG	99h		119h		199h
RCREG	1Ah		9Ah		11Ah		19Ah
CCPR2L	1Bh		9Bh		11Bh		19Bh
CCPR2H	1Ch	CMCON	9Ch		11Ch		19Ch
CCP2CON	1Dh	CVRCON	9Dh		11Dh		19Dh
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh		11Eh		19Eh
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh		11Fh		19Fh
	20h		A0h		120h		1A0h
General Purpose Register 96 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes	
	7Fh	accesses 70h-7Fh	EFh F0h	accesses 70h-7Fh	16Fh 170h	accesses 70h-7Fh	1EFh 1F0h
Bank 0		Bank 1	FFh	Bank 2	17Fh	Bank 3	1FFh

รูปที่ 2.23 การจัดการหน่วยความจำของ PIC16F877

แบงก์ 0 และแบงก์ 1 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเหมือนกันคือ ส่วนที่ 1 ขนาด 32 ไบต์ เป็นพื้นที่ของ รีจิสเตอร์ไฟล์ที่เรียกว่า SFR (Special Function Register) ซึ่งใช้สำหรับกำหนดเงื่อนไขการทำงานและบันทึกสถานะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนที่ 2 ขนาด 96 ไบต์เป็นพื้นที่หน่วยความจำสำหรับใช้งานทั่วไป ซึ่งใช้สำหรับเก็บผลลัพธ์และเงื่อนไขต่างๆ ของโปรแกรม

แบงก์ 2 และแบงก์ 3 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน แต่จะมีขนาดแตกต่างกับแบงก์ 0 และแบงก์ 1 คือ ส่วนที่ 1 ขนาด 16 ไบต์ เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์ ส่วนที่ 2 ขนาด 112 ไบต์ เป็นพื้นที่หน่วยความจำสำหรับการใช้งานทั่วไป

2.27) วอตซ์ดอกไทเมอร์

ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เช่น ถ้าไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานวนอยู่ในเงื่อนไขบางอย่างนานเกินไป วอตซ์ดอกไทเมอร์จะนับค่าเวลาของตัวเอง ถ้าเกิดข้อผิดพลาดขึ้นก็จะส่งสัญญาณไปรีเซ็ตไมโครคอนโทรลเลอร์

2.28) ไฟเบอร์กลาส&คาร์บอนไฟเบอร์

“ไฟเบอร์กลาส” เป็นตัวเสริมความแข็งแรงให้กับเรซิน เหมือนเหล็กในงานคอนกรีต มีหลากหลายชนิด เช่น ผืนเส้นสั้น เส้นสั้น ตาसान ผ้า ผิวบาง ต้องประยุกต์ให้เหมาะกับการใช้งาน “คาร์บอนไฟเบอร์” มีลักษณะเป็นเส้นใยเดี่ยวๆที่เล็กมาก ความแข็งแรงในแนวเส้นใยนั้นจะสูงมาก โดยสูงกว่าโลหะที่มีน้ำหนักเท่าๆกันเสียอีก “เคฟลาร์” เป็นเส้นใยชนิด aramid มีคุณสมบัติน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงสูง มีสปริงให้ตัวไม่กระด้างกรอบ ปัจจุบัน นำมาใช้ประโยชน์กว้างขวางขึ้น รวมถึง การสร้างความโดดเด่น และความสวยงามให้กับ รถยนต์ และรถมอเตอร์ไซด์

2.29) วิธีการทำงานไฟเบอร์กลาส

วัสดุ

1. โพลีเอสเทอร์เรซิน (Polyester Resin)
2. ตัวทำแข็ง (Hardener)
3. ตัวเร่งปฏิกิริยา
4. โมโนสไตรีน (Monostyrene)
5. ใยแก้ว
6. เจลโค้ท (Gel Coat)
7. สีเรซิน
8. น้ำยาล้าง อะซิโตน (Acetone)
9. ขี้ผึ้งขัดผิว (Rubbing Compound)
10. น้ำยาถอดแบบ PVA (Pva Release Agent)
11. ผงทัลคัม (Talcum)

อุปกรณ์

1. ภาชนะบรรจุสำหรับเทแยกผสมเรซิน
2. แปรงและลูกกลิ้งสำหรับทาเรซิน
3. ลูกกลิ้ง สำหรับไล่ฟองอากาศ
4. กากันสี หรือฟองน้ำ
5. ผ้าขัด
6. กระจกทราย เบอร์ 100 , 320 , 800
7. มีด , กรรไกร , เครื่องมือที่ใช้ตัด เจียร หรือเจาะ เท่าที่จำเป็น
8. ลิ้ม

2.30) วิธีการทำชิ้นงานไฟเบอร์กลาส

1. ทำความสะอาดแม่แบบด้วยน้ำเช็ดให้แห้ง
2. ขัดผิวแม่แบบให้เรียบมันด้วยขี้ผึ้งขัดผิวให้ผิวเป็นมันเงาโดยไม่ให้มีขี้ผึ้งเหลือติดอยู่
3. ทาหรือพ่นน้ำยาถอดแบบPVAให้ทั่วผิว2ครั้งแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง
4. ผสมเจลโค้ต + ตัวเร่งปฏิกิริยา + ตัวทำแข็ง + สีเรซิน + โมโนสไตรีน
5. พ่นหรือทาเจลโค้ตที่ผสมแล้ว ให้ได้ความหนาประมาณ 1 ซม. ทิ้งไว้ประมาณ 1-2 ชม. ให้แห้งหมาด
6. วางใยแก้วที่ตัดไว้แล้ว ลงตามขอบหรือมุมที่คิดว่าจะวางยากก่อน แล้วค่อยไล่วางลงในส่วนที่เหลือให้ทั่ว ให้ได้ความหนาพอสมควร แล้วใช้แปรงจุ่มโพลีเอสเตอร์เรซินที่ผสมแล้ว ทาบนใยแก้วที่วางบนแม่แบบให้ทั่ว จากนั้นใช้ลูกกลิ้งไล่ฟองอากาศให้ทั่ว แล้วปล่อยให้แห้ง ประมาณ 1 ชม.
7. ทำซ้ำตามข้อ. 6 เพื่อให้ได้ความหนาของชิ้นงานตามที่ต้องการ
8. เมื่อชิ้นงานเริ่มแข็งตัวแล้ว ให้ใช้มีดหรือกรรไกรตัดแม่แบบออก แต่ถ้าแข็งมาก ก็จะต้องใช้เครื่องเจียรตัด แล้วทำการตัดแต่งชิ้นงานให้เรียบร้อยสวยงามด้วยกระจกทรายก็จะได้ชิ้นงานตามต้องการ

ข้อสังเกต

1. การผสมเรซิน + ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด 5% จำนวน 0.2% ของน้ำหนักเรซิน + ตัวทำแข็ง 0.5 - 2% = เรซิน จะแข็งตัวภายใน 30-60 นาที ถ้าต้องการลดความหนืด ให้ผสมโมโนสไตรีนก่อนผสมตัวทำแข็ง
2. การพ่นน้ำยาถอดแบบ ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที

2.31) ขั้นตอนการซ่อมชิ้นงานไฟเบอร์กลาส

1. ให้ทำความสะอาดผิวชิ้นงานก่อนโดยการขัดตามรอยผิวไฟเบอร์กลาสที่แตกหรือชำรุด ด้วยกระจกทราย เบอร์ 800 ให้ลึกไปถึงเนื้อไฟเบอร์ จากนั้นปิดฝุ่นโดยใช้ลมเป่าไม่ให้มีเศษละอองฝุ่นที่สกปรกติดอยู่
2. จากนั้นให้ฉีดยาเตรียมไว้ว่าจะใช้ปะ หรือวางทาบบริเวณใด และขนาดใดบ้าง แล้วจึงผสมน้ำยาเรซิน โดยการเทแบ่งใส่กระป๋องพลาสติกเท่าที่จะใช้ เช่น เทเรซินน้ำหนักประมาณ 1 กก. แล้วใส่ตัวเร่งปฏิกิริยาตัวสีม่วง 0.5-1% ของน้ำหนักเรซินประมาณสัก 20 หยด แล้วใช้ไม้กวนให้เข้ากัน เมื่อเข้ากันดีแล้ว ให้ใส่โมโนสไตรีนในอัตรา 10-15% กวนให้เข้ากัน แล้วจึงใส่ตัวทำแข็งปริมาณ 1-2% ของน้ำหนักเรซิน แล้วกวนให้เท่ากันอีกครั้ง

3. เมื่อผสมกันได้ทีแล้ว ให้ใช้แปรงจุ่มเรซินทาบริเวณที่ต้องการให้ทั่ว แล้ววางใยแก้วทับลงไป ใช้เรซินทาซ้ำอีกครั้ง โดยใช้แปรงหรือลูกกลิ้งไล่อากาศ เพื่อให้แน่ใจว่าใยแก้วและเรซินติดบริเวณที่ต้องการได้สนิทแล้ว ถ้าต้องการให้หนาขึ้นให้ทำซ้ำได้หลายชั้นตามที่ต้องการ

4. หลังจากทาเรซินที่ผสมแล้ว เรซินจะเริ่มแข็งตัวประมาณ 30 นาที -1 ชม. และแข็งดีขึ้นประมาณ 2-3 ชม.

5. จากนั้นให้ทำการแต่งผิวเรซินให้เรียบร้อยตามต้องการอีกครั้งโดยใช้อุปกรณ์สำหรับตัดแต่งที่เตรียมไว้

ข้อควรระวัง

1. ควรผสมเรซินแค่พอใช้งานจะได้ไม่ต้องเสียในส่วนที่เหลือเพราะจะแข็งตัวใช้ไม่ได้
2. ควรเก็บตัวเร่งปฏิกิริยาไว้ให้ห่างจากตัวทำแข็งเพราะหากผสมกันแล้วจะเกิดความร้อนทำให้ไฟลุกได้
3. ควรใช้ผ้าปิดปากปิดจมูกขณะทำงานเพื่อป้องกันกลิ่นและฝุ่นละออง

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงานและการออกแบบ

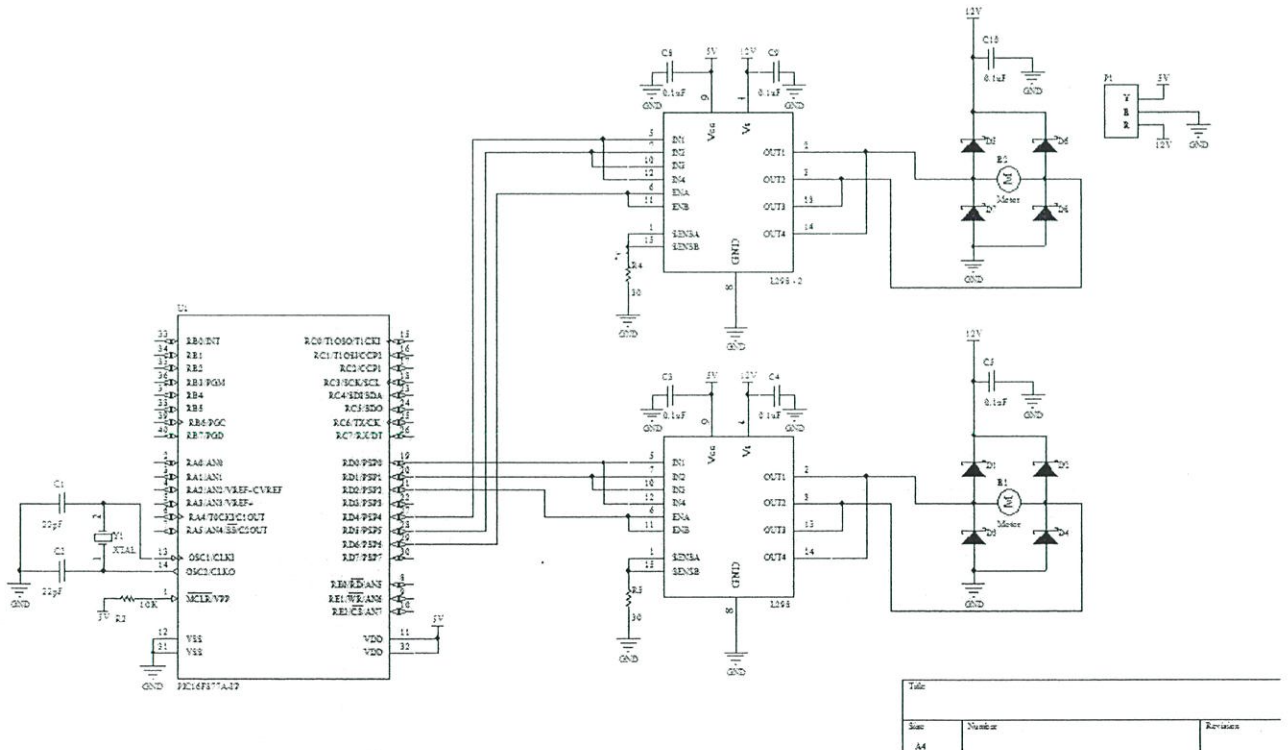
รายงานเล่มนี้เป็นารออกแบบเรือหลบสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่อัตโนมัติ โดยเบื้องต้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 16F877 เป็นหน่วยควบคุมและประมวลผลซึ่งคุณสมบัติของเรือหลบสิ่งกีดขวางอัตโนมัติที่ออกแบบมีดังนี้

- ขนาดของเรือกว้าง 24 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร และสูง 16 เซนติเมตร โดยสร้างจากไม้อัดและไม้สัก หลังจากนั้นทำการเคลือบไฟเบอร์กลาสเพื่อป้องกันน้ำเข้าภายในลำตัวเรือ
- สามารถหลบสิ่งกีดขวางได้ในระยะ 70 เซนติเมตร – 1 เมตร โดยอัตโนมัติ
- ใช้มอเตอร์ 2 ตัวในการบังคับทิศทางและขับเคลื่อนเรือ

การทำงานของเรืออัตโนมัติประกอบไปด้วยวงจรส่วนต่างๆดังนี้

1. ส่วนควบคุมมอเตอร์
2. ส่วนวัดระยะห่างจากชายฝั่ง
3. ส่วนของการเคลื่อนที่ของเรือ

3.1 วงจรส่วนควบคุมมอเตอร์โดยใช้ L298N ต่อเข้ากับ PIC16F877



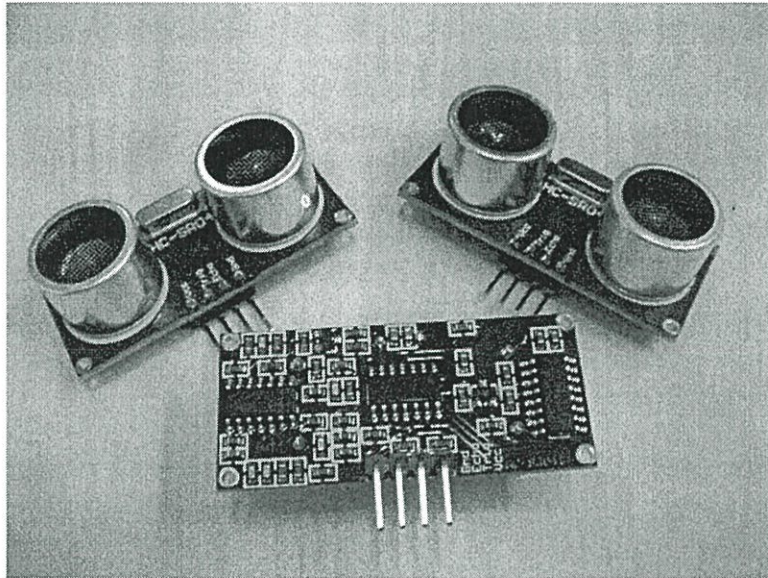
รูปที่ 3.1 วงจรส่วนควบคุมมอเตอร์ต่อเข้ากับ PIC 16F877

ใช้ L298N Dual-Full-Bridge-Driver เป็นตัวขับมอเตอร์ซึ่งแต่ละมอเตอร์จะมี L298N อย่างละตัวต่อเข้ากับ PIC16F877 เพื่อเชื่อมต่อไปยังเซนเซอร์

โดย PIC16F877 จะทำการรับข้อมูลจากเซนเซอร์อัลตราโซนิกทั้ง3ตัว และทำการสั่งให้มอเตอร์แต่ละตัวหมุน

3.2 วงจรวัดระยะห่างจากชายฝั่ง

ในส่วนของการวัดระยะห่างจะใช้โมดูล HC-SR04 วัดระยะห่างด้วยคลื่นอัลตราโซนิก มีสองส่วนหลักคือ ตัวส่งคลื่นที่ทำหน้าที่สร้างคลื่นเสียงออกไปในการวัดระยะแต่ละครั้ง ("Ping") แล้วเมื่อไปกระทบวัตถุหรือสิ่งกีดขวาง คลื่นเสียงถูกสะท้อนกลับมายังตัวรับแล้วประมวลผลด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในโมดูล ก็จะสามารถคำนวณระยะห่างจากวัตถุกีดขวางได้



รูปที่ 3.2 โมดูล HC-SR04

โมดูล HC-SR04 ทำงานที่แรงดันประมาณ +5V โดยป้อนให้ขา VCC และ GND โมดูลนี้ มีขาสัญญาณดิจิทัล TRIG (อินพุต) และ ECHO (เอาต์พุต) ที่นำไปเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ในการวัดระยะห่างแต่ละครั้ง จะต้องสร้างสัญญาณแบบ Pulse ที่มีความกว้าง (Pulse Width) อย่างน้อย 10 usec ป้อนให้ขา TRIG และหลังจากนั้นให้วัดความกว้างของสัญญาณช่วง HIGH จากขา ECHO ถ้าวัตถุอยู่ใกล้ ความกว้างของสัญญาณ Pulse ที่ได้ก็จะน้อย แต่ถ้าวัตถุอยู่ไกลออกไป ก็จะได้ค่าความกว้างของสัญญาณ Pulse ที่มากขึ้น

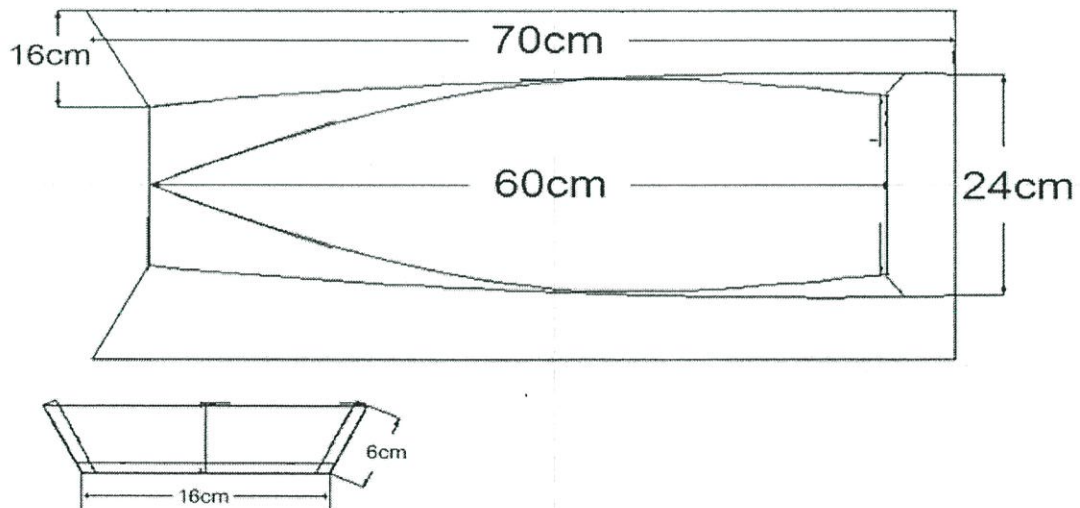
3.3 ส่วนของการเคลื่อนที่ของเรือ

การควบคุมการเคลื่อนที่ของเรือจะใช้ใบพัดสองตัวในการขับเคลื่อน โดยจะใช้ใบพัดทั้ง 2 ใบ ต่อเข้ากับมอเตอร์กระแสตรง โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่และการหมุนของใบพัด แสดงดังตาราง 3.1

ทิศทางการเคลื่อนที่ของเรือ	ใบพัดด้านซ้าย	ใบพัดด้านขวา
ตรงไปข้างหน้า	หมุนทวนเข็มนาฬิกา	หมุนตามเข็มนาฬิกา
เลี้ยวซ้าย	หยุดหมุน	หมุนตามเข็มนาฬิกา
เลี้ยวขวา	หมุนทวนเข็มนาฬิกา	หยุดหมุน
ถอยหลัง	หมุนตามเข็มนาฬิกา	หมุนทวนเข็มนาฬิกา
หยุด	หยุดหมุน	หยุดหมุน

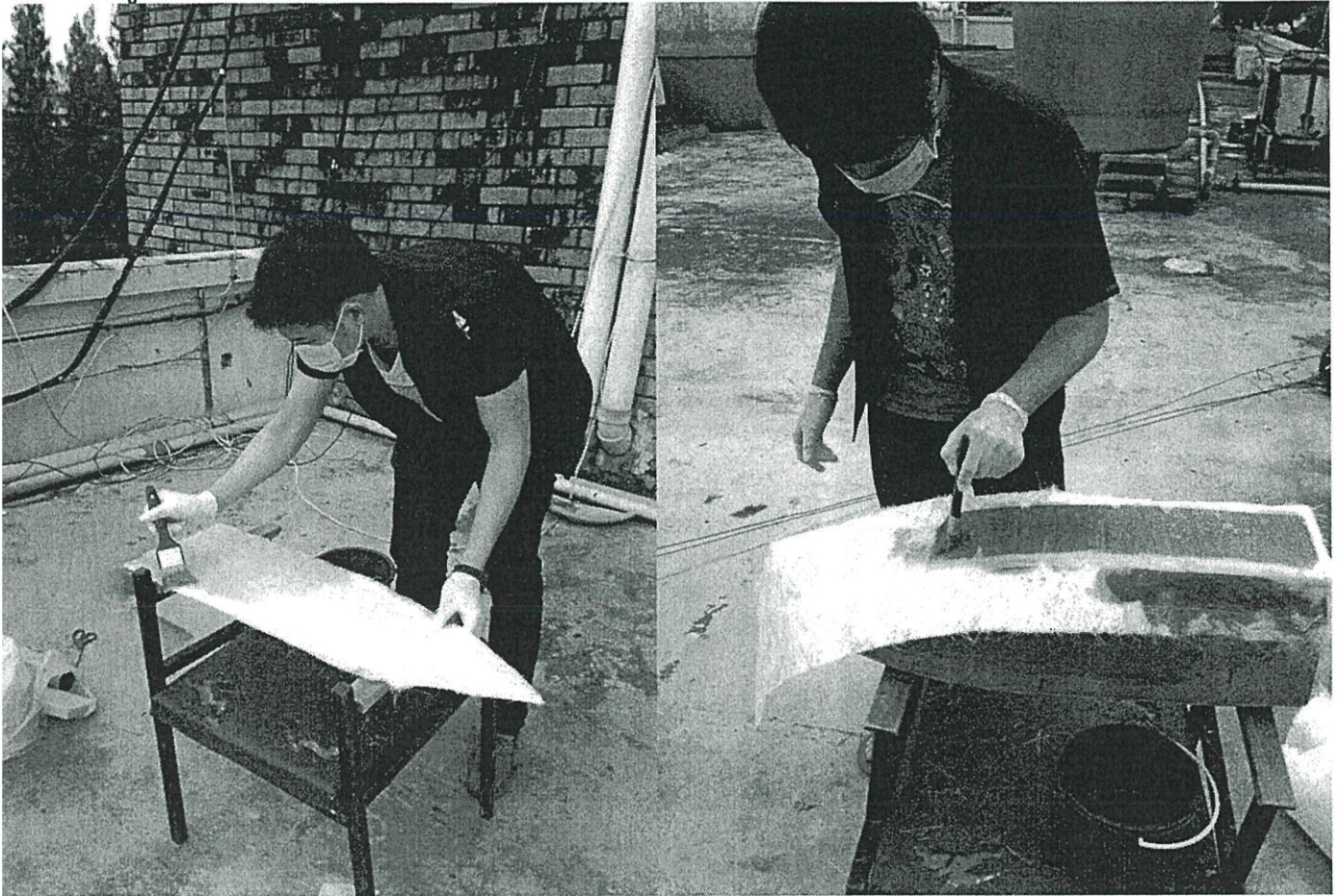
ตาราง 3.1 แสดงการหมุนของใบพัดทั้ง 2 ตัว

3.4 การออกแบบตัวเรือ



รูปที่ 3.3 แสดงการออกแบบตัวเรือ

3.5 รูปการเคลือบเรือด้วยไฟเบอร์กลาส



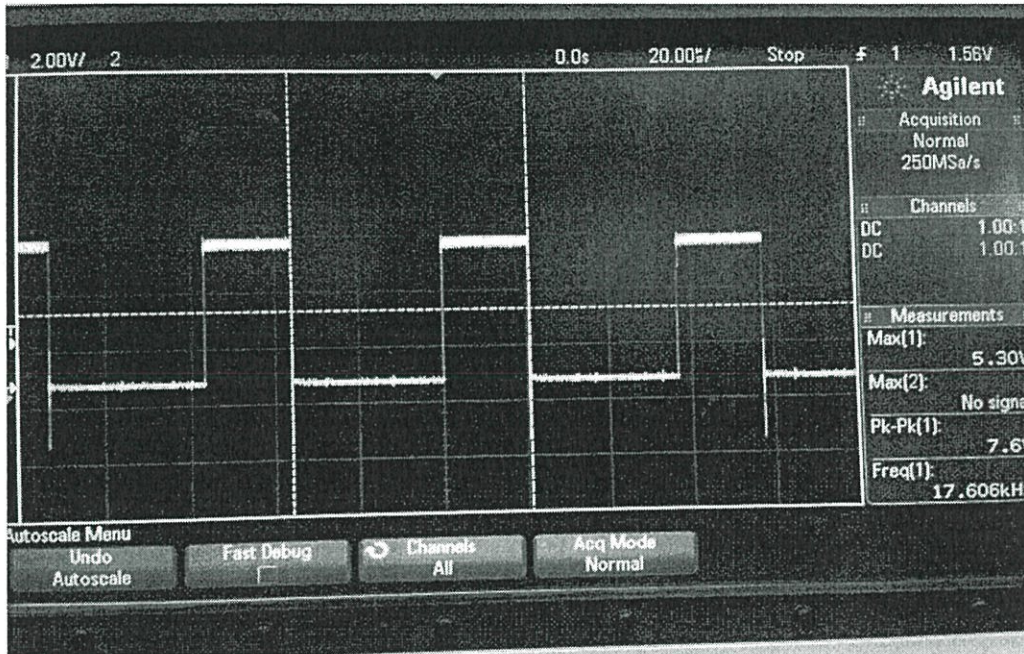
รูปที่ 3.4 รูปการเคลือบเรือด้วยไฟเบอร์กลาส

บทที่ 4

ผลการทดลอง

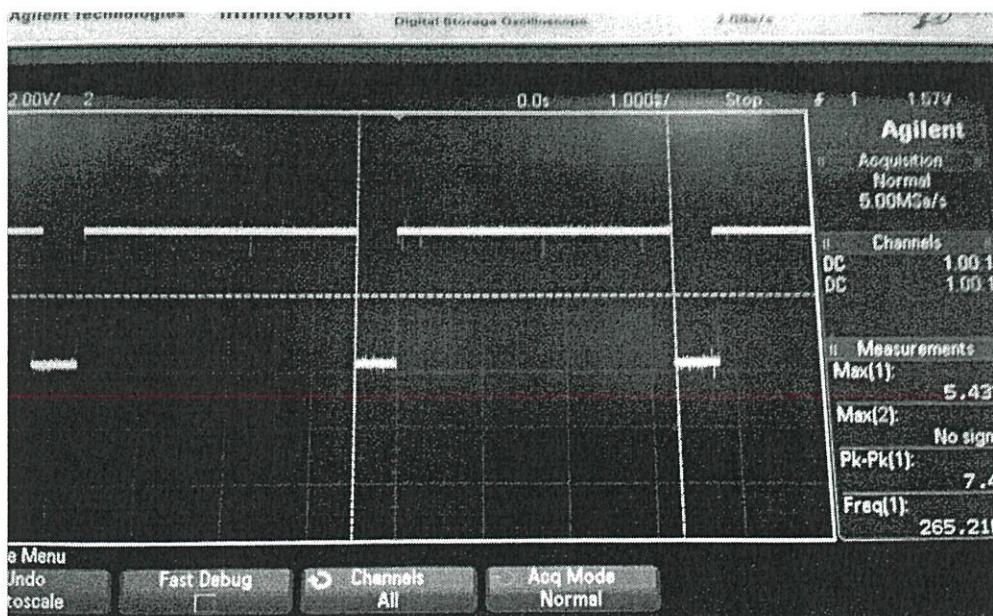
4.1 ทดสอบสัญญาณขาออกจากเซนเซอร์ตัวหน้า

การทดสอบเซนเซอร์จะทำการวัดค่าแรงดันที่ระยะ 70 เซนติเมตร



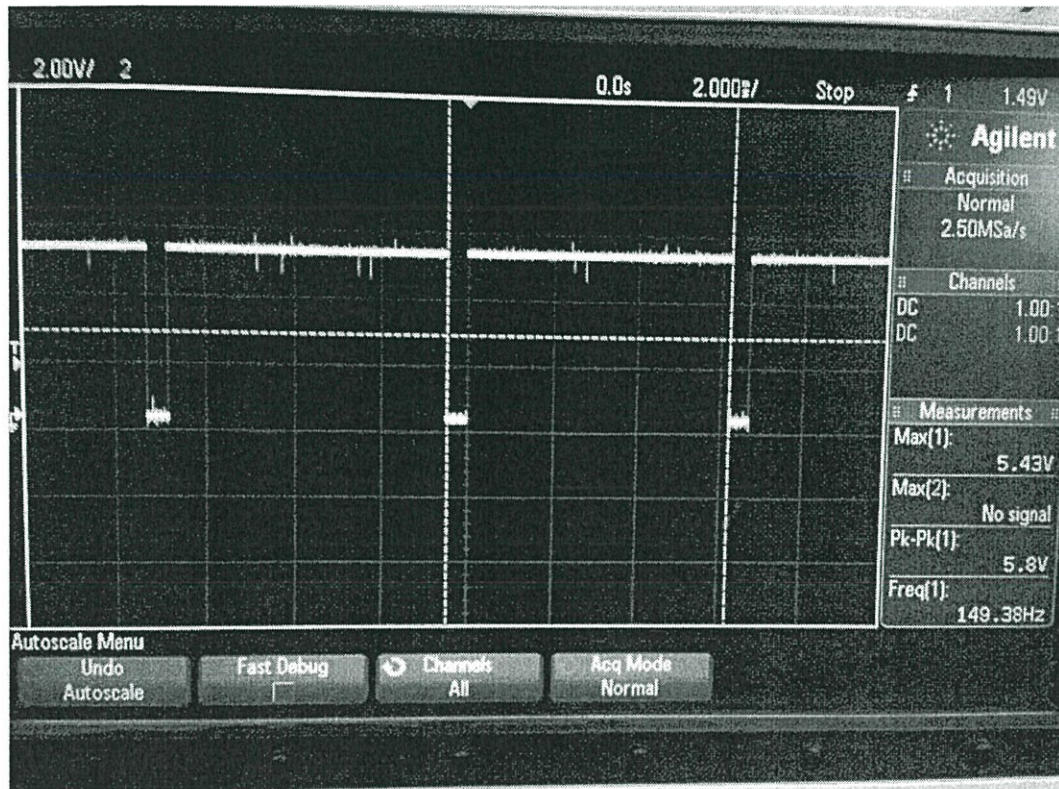
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์หน้าที่ระยะ 70 เซนติเมตร

การทดสอบเซนเซอร์จะทำการวัดค่าแรงดันที่ระยะ 90 เซนติเมตร



รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์หน้าที่ระยะ 90 เซนติเมตร

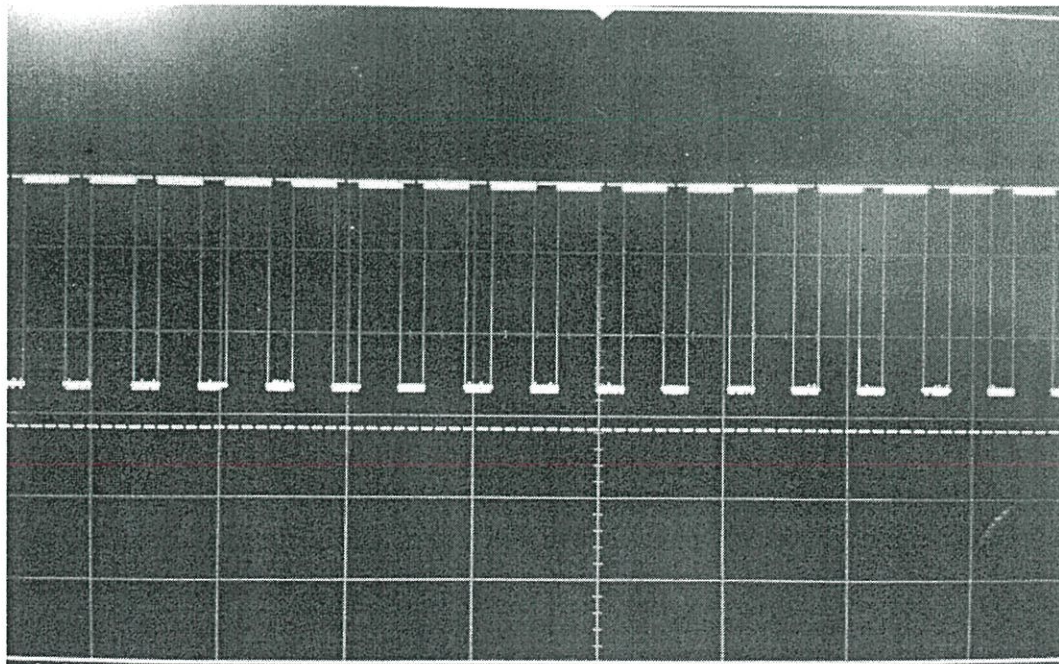
การทดสอบเซนเซอร์จะทำการวัดค่าแรงดันที่ระยะ 100 เซนติเมตร



รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์หน้าทีระยะ 100 เซนติเมตร

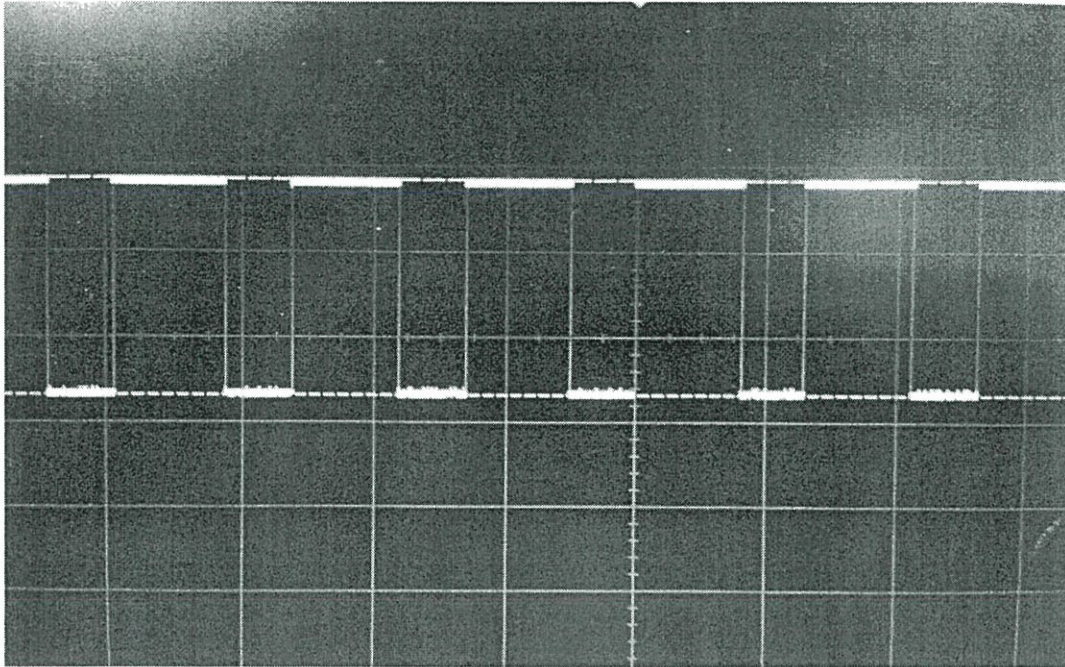
4.2 ทดสอบสัญญาณขาออกจากเซนเซอร์ตัวซ้าย

การทดสอบเซนเซอร์จะทำการวัดค่าแรงดันที่ระยะ 70 เซนติเมตร



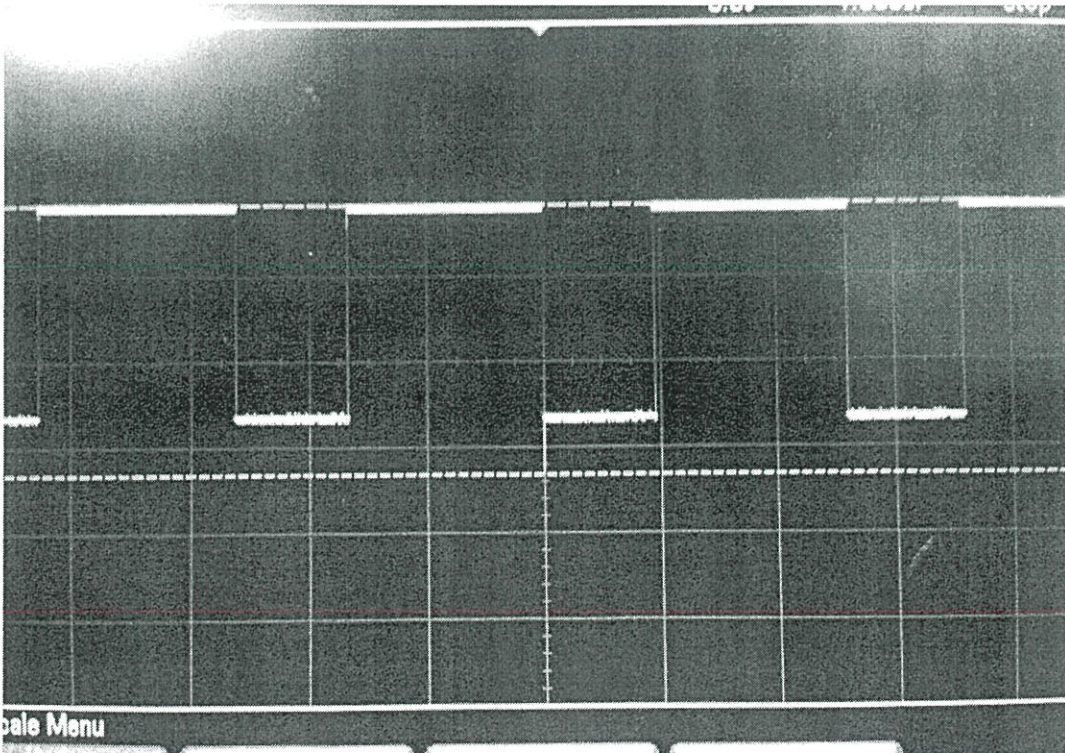
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์ซ้ายทีระยะ 70 เซนติเมตร

การทดสอบเซนเซอร์จะทำการวัดค่าแรงดันที่ระยะ 90 เซนติเมตร



รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์ซ้ายที่ระยะ 90 เซนติเมตร

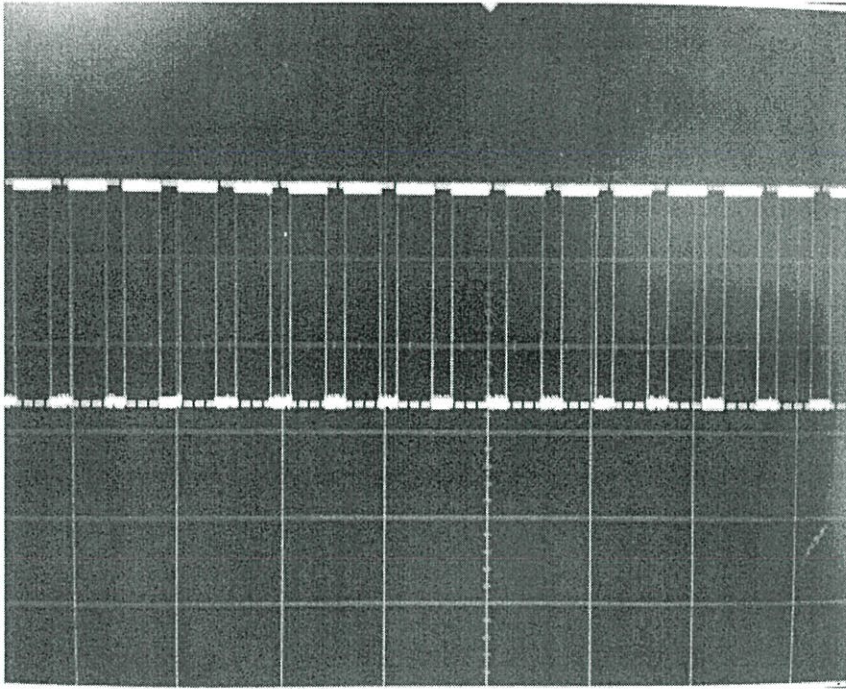
การทดสอบเซนเซอร์จะทำการวัดค่าแรงดันที่ระยะ 100 เซนติเมตร



รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์ซ้ายที่ระยะ 100 เซนติเมตร

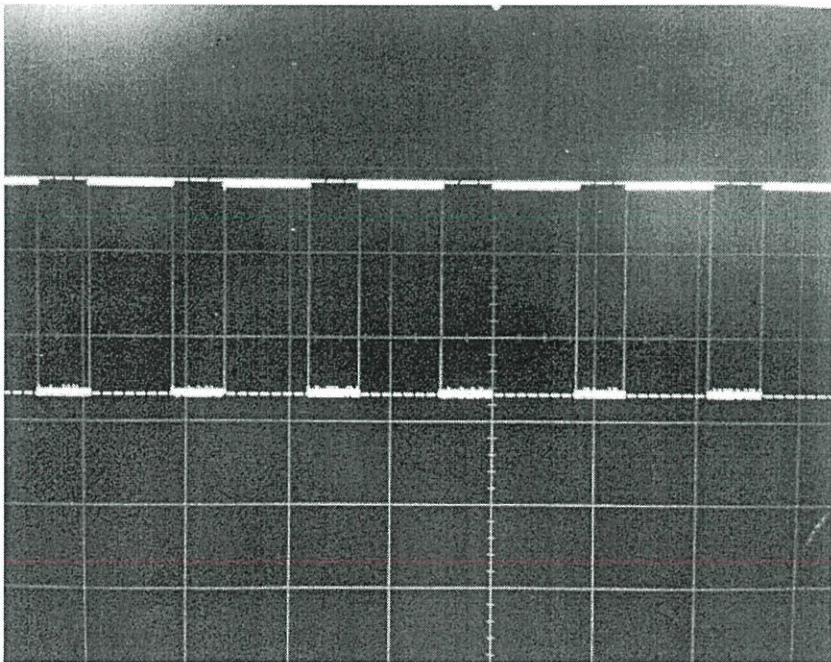
4.3 ทดสอบสัญญาณขาออกจากเซนเซอร์ตัวขวา

การทดสอบเซนเซอร์จะทำการวัดค่าแรงดันที่ระยะ 70 เซนติเมตร



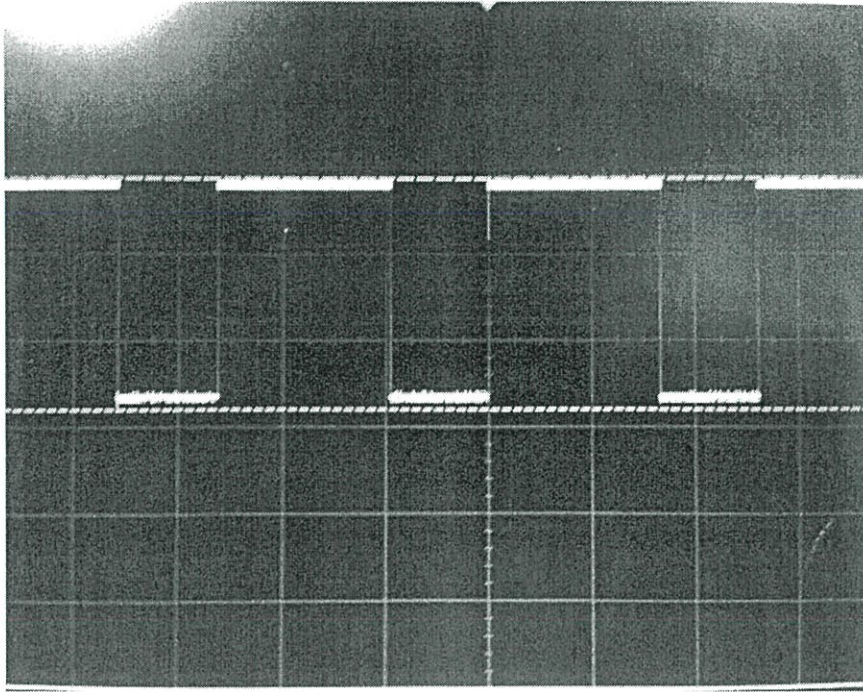
รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์ขวาที่ระยะ 70 เซนติเมตร

การทดสอบเซนเซอร์จะทำการวัดค่าแรงดันที่ระยะ 90 เซนติเมตร



รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์ขวาที่ระยะ 90 เซนติเมตร

การทดสอบเซนเซอร์จะทำการวัดค่าแรงดันที่ระยะ 100 เซนติเมตร



รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณจากเซนเซอร์ขวาที่ระยะ 100 เซนติเมตร

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

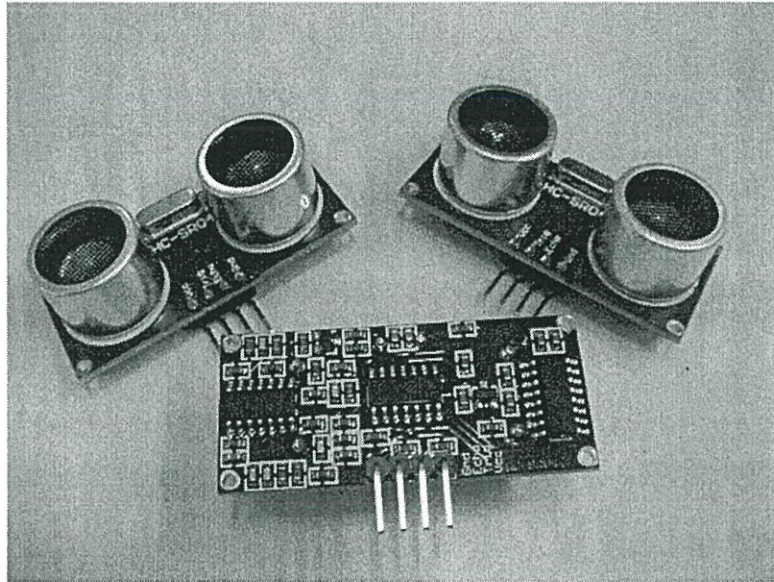
ในรายงานเล่มนี้นักศึกษาได้คิดค้น ออกแบบ ทดลอง และสร้างส่วนต่างๆเพื่อประกอบกับชิ้นเป็น เรืออัตโนมัติ ซึ่งเป็นเรือที่สร้างจากไม้อัดและไม้สักประกอบกันเป็นตัวเรือ และทำการเคลือบไฟเบอร์กลาส อีกทีเพื่อป้องกันน้ำซึมเข้าภายในตัวเรือขณะแล่นอยู่ในน้ำ ด้านวงจรควบคุมจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมหลักโดยแบ่งเป็นส่วนควบคุมมอเตอร์และส่วนวัดระยะห่างจากชายฝั่ง

ส่วนควบคุมมอเตอร์จะใช้ L298N Dual-Full-Bridge-Driver เป็นตัวขับมอเตอร์ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 16F877 ซึ่งจะทำงานโดยจะ สามารถควบคุมมอเตอร์ได้ 2 ตัวพร้อมกัน

ส่วนอัตโนมัติ จะวัดระยะห่างโดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิก 3 ตัว ติดที่ด้านข้าง 2 ตัว และด้านหน้า 1 ตัว เพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวางหรือแนวชายฝั่งโดยการวัดระยะห่างจากเรือกับวัตถุ โดยจะกำหนดให้วัตถุในระยะ 70 – 100 เซนติเมตร เป็นสิ่งกีดขวาง แล้วนำค่าที่ได้จากเซนเซอร์ทั้ง 3 ตัวไปประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของเรือตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้

ภาคผนวก

ผ.1 ข้อมูลเชิงเทคนิคของโมดูล HC-SR04



รูปที่ ผ.1 โมดูล HC-SR04

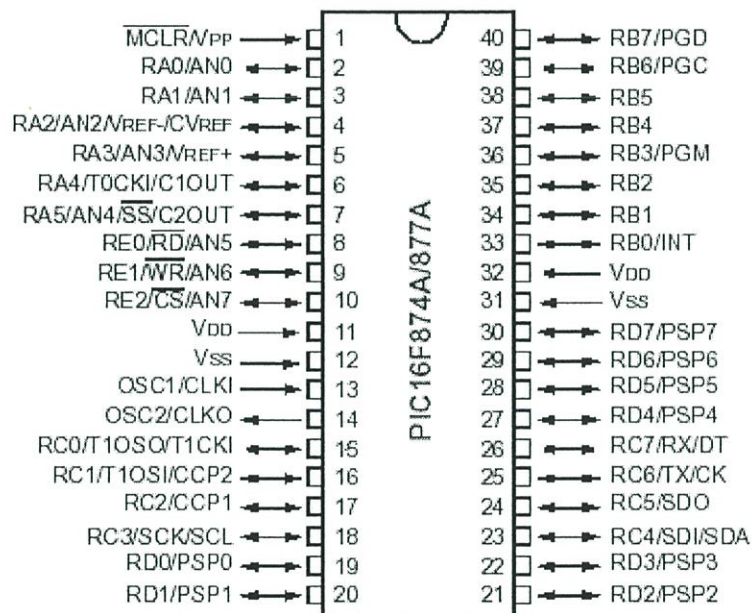
- ใช้แรงดันประมาณ +5V
- กินกระแสประมาณ 15mA
- ช่วงการวัดระยะทาง (measurement range): ประมาณ 4cm ถึง 4m
- ความกว้างเชิงมุมในการวัด (measuring angle): 15 องศา
- ความกว้างของสัญญาณ Pulse สำหรับ Trigger: 10 usec

ระดับแรงดันลอจิกสำหรับขา TRIG และ ECHO: 5V TTL

ผ.2 ข้อมูลเกี่ยวกับ PIC16F877A

- รองรับสัญญาณนาฬิกาภายนอกได้สูงสุดเป็น 20 MHz
- รองรับการเชื่อมต่อแบบ UART
- มีส่วนแปลงแรงดันอนาล็อกไปเป็นดิจิตอลขนาด 10 Bit ภายในตัว
- มีตัวจับเวลาภายในแยกอิสระต่อกัน 3 ตัว
- รองรับการสร้างสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก
- สามารถทำงานได้ที่ระดับแรงดัน 2.0 ถึง 5.5 V
- รองรับการเชื่อมต่อแบบ SPI และ I^2C
- ตัวจับเวลาภายในสามารถทำงานได้เมื่ออยู่ในสถานะ SLEEP (เฉพาะเมื่อทำการต่อสัญญาณนาฬิกาภายนอก)

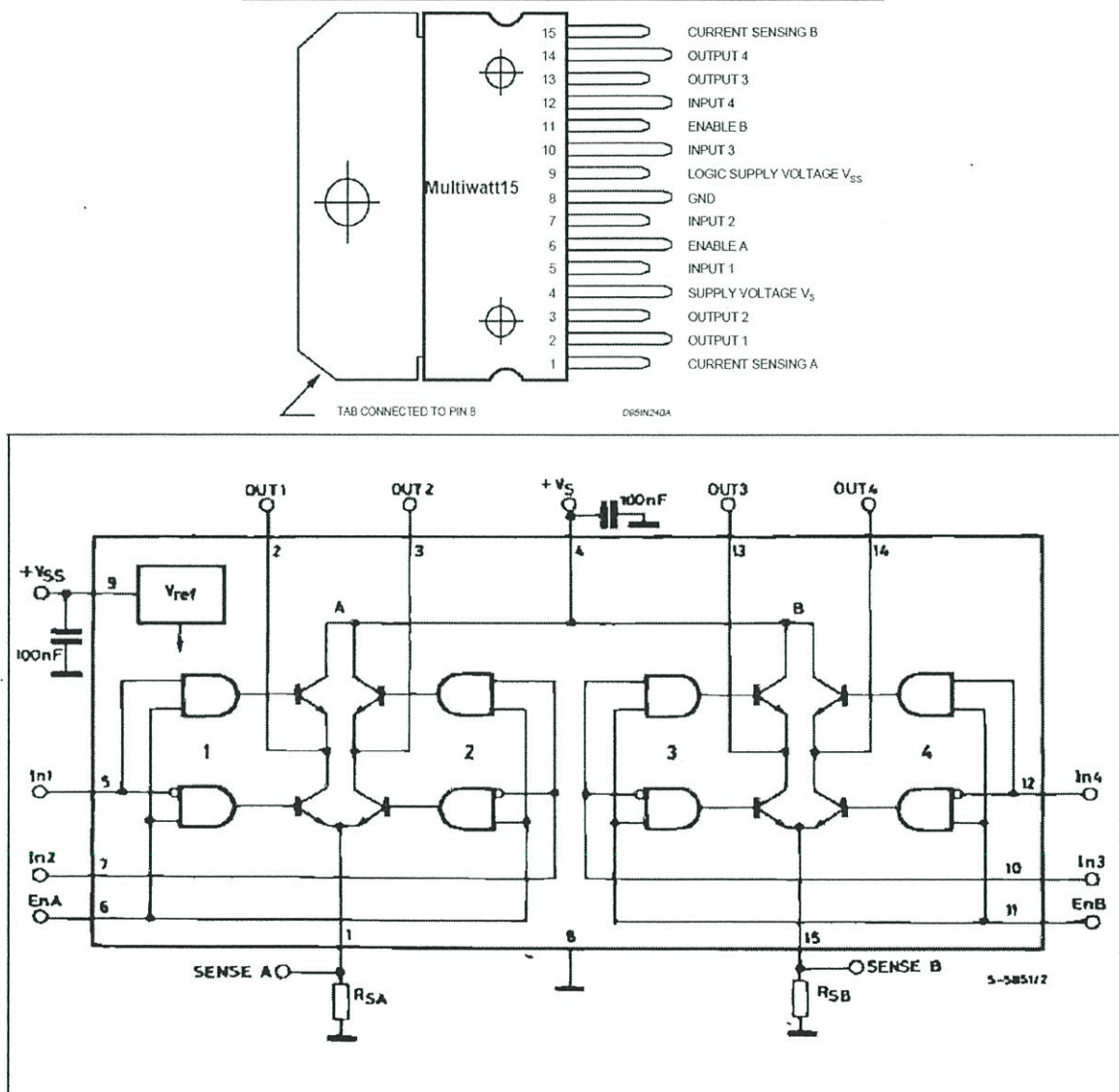
40-Pin PDIP



รูปที่ ผ.2 การจัดเรียงขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877A

ผ.3 ข้อมูลเกี่ยวกับ L298N

- รองรับระดับแรงดันได้สูงสุด 46 V
- รองรับกระแสได้สูงสุด 4 A
- สามารถรับค่าแรงดัน V_{SAT} ต่ำได้
- เมื่อมีอุณหภูมิสูงเข้ามาสามารถ protection ตัวเองได้
- เมื่อมีการรับ Input logic '0' จะสามารถทนแรงดันได้ 1.5 V



รูปที่ ผ.3 การจัดเรียงขาและ Block Diagram ของ L298N

ผ.4 โปรแกรมส่วนอัตโนมัติ

```

#include <16F877.h>
#define adc=8
#define FUSES NOWDT, HS, NOPUT, PROTECT, NOBROWNOUT, NOLVP, NOCPD, NOWRT,
NODEBUG
#define use delay(clock=20000000)
unsigned int check_time=0;
int1 overtime=0,at_sensor1=0,at_sensor2=0,end=0,at_sensor3=0;
#define INT_TIMER1
void Timer_ISR()
{
    check_time++;
    if(check_time>=20)
    {
        overtime=1;
        check_time=0;
    }
}
void send_pulse_front()
{
    output_high(PIN_A0);
    delay_us(20);
    output_low(PIN_A0);
}
void send_pulse_left()
{
    output_high(PIN_A2);
    delay_us(100);
    output_low(PIN_A2);
}
void send_pulse_right()
{
    output_high(PIN_A4);

```

```
    delay_us(100);
    output_low(PIN_A4);
}
void front_sensor()
{
    output_low (PIN_D0);
    output_high (PIN_D1);
    output_high (PIN_D2);
    output_high (PIN_D4);
    output_low (PIN_D5);
    output_high (PIN_D6);
    delay_ms (5000);
    output_low (PIN_D0);
    output_low (PIN_D1);
    output_high (PIN_D2);
    output_low (PIN_D4);
    output_high (PIN_D5);
    output_high (PIN_D6);
    delay_ms (5000);
}
void left_sensor()
{
    output_low (PIN_D0);
    output_high (PIN_D1);
    output_high (PIN_D2);
    output_high (PIN_D4);
    output_low (PIN_D5);
    output_high (PIN_D6);
    delay_ms (5000);
    output_high (PIN_D0);
    output_low (PIN_D1);
    output_high (PIN_D2);
    output_low (PIN_D4);
    output_low (PIN_D5);
```

```
    output_high (PIN_D6);
    delay_ms (5000);
}
void right_sensor()
{
    output_low (PIN_D0);
    output_high (PIN_D1);
    output_high (PIN_D2);
    output_high (PIN_D4);
    output_low (PIN_D5);
    output_high (PIN_D6);
    delay_ms (5000);
    output_low (PIN_D0);
    output_low (PIN_D1);
    output_high (PIN_D2);
    output_low (PIN_D4);
    output_high (PIN_D5);
    output_high (PIN_D6);
    delay_ms (5000);
}
void motor_1()
{
    output_high (PIN_D0);
    output_low (PIN_D1);
    output_high (PIN_D2);
    delay_us (20);
}
void motor_2()
{
    output_low (PIN_D4);
    output_high (PIN_D5);
    output_high (PIN_D6);
    delay_us (20);
}
```

```
void main()
{
    set_tris_a(0xff);
    set_tris_d(0x00);
    enable_interrupts(GLOBAL);
    enable_interrupts(INT_TIMER1);
    setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_8);
    motor_1();
    motor_2();
    delay_ms(5000);
    while(true)
    {
        motor_1();
        motor_2();
        overtime=0;
        send_pulse_left();
        set_timer1(0);
        check_time=0;
        at_sensor2=1;
        end=0;
        while(end ==0 && overtime == 0)
        {
            if(input(PIN_A3)==1 ) // && at_sensor2==1
            {
                left_sensor();
                end=1;
                at_sensor2=0;
            }
        }
        overtime=0;
        check_time=0;
        send_pulse_front();
        set_timer1(0);
        at_sensor1=1;
```

```
end=0;
while(end ==0 && overtime == 0)
{
    if(input(PIN_A1)==1 ) // && at_sensor1==1
    {
        front_sensor();
        end=1;
        at_sensor1=0;
    }
}

overtime=0;
check_time=0;
send_pulse_right();
set_timer1(0);
at_sensor3=1;
end=0;
right_sensor();
while(end = 0 && overtime == 0)
{
    if(input(PIN_A5)==1) //&& at_sensor3==1
    {
        right_sensor();
        end=1;
        at_sensor3=0;
    }
}
}
```

บรรณานุกรม

- [1] มงคล ทองสงคราม, “อิเล็กทรอนิกส์ 2”, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
- [2] <http://adisak-diy.com/project11.html>
- [3] DC Motor Control, www.sec.psu.ac.th/download/mculab/mcu_html/DC_motor.htm
- [4] จีรพล โทนชัย และ ภารุจ จันทรวิไล, “เครื่องวัดระยะทางโดยใช้แสงอินฟราเรดและอัลตราโซนิก,” ปริญญาทิพนธ์, ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พ.ศ.2541
- [5] Seiichi Inoue, “the Hobby of Electronic Circuit Engineering,” http://www.piclist.com/images/www/hobby_elec/e_srm.htm, 1998.
- [6] เกศฎา มหานิยม, “Ultrasonic,” <http://student.nu.ac.th/electronic/Part01/Ultrasonic.doc>, คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ (อิเล็กทรอนิกส์-คอมพิวเตอร์)
- [7] ผศ.ปรียา อุนพงษ์องอาจ, “คลื่น”, http://www.rsu.ac.th/science/physics/pom/physics_2/wave/wave_1.htm, คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์และอุปกรณ์การแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต