



รายงานการวิจัย

การพัฒนาเข็มขัดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับ
ผู้พิการทางการได้ยิน

**The development of a sound source detection
belts for hearing impaired.**

ศิริวรรณ พลเศษ

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2557

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาเข็มขัดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับ
ผู้พิการทางการได้ยิน

The development of a sound source detection
belts for hearing impaired.

ศิริวรรณ พลเศษ

สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ทุนอุดหนุนโดย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ประจำปีงบประมาณ 2557

(ก)

ชื่องานวิจัย	การพัฒนาเข็มขัดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน The development of a sound source detection belts for hearing impaired.
ผู้วิจัย	ศิริวรรณ พลเศษ
สาขาวิชา	สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี 2557

บทคัดย่อ

ปกติคนที่มีความบกพร่องทางการได้ยินจะไม่สามารถรับรู้ข้อมูลของสภาพแวดล้อมทางด้านหลังเขาได้ ทั้งนี้เพราะเขาไม่สามารถได้ยินเสียงนั่นเอง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเข็มขัดเพื่อบอกทิศทางแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องทางการได้ยินเพื่อใช้ในการเตือนภัยที่มาจากด้านหลัง โดยใช้ไมโครโฟน 2 ตัวติดอยู่ด้านหลังของชุดเข็มขัดที่ทำหน้าเสมือนหูด้านซ้ายและด้านขวา การวางไมโครโฟนด้านซ้ายและด้านขวาจะวางให้เอียงกันเล็กน้อยและหูซ้ายจะมีใบหูที่จะเปิดรับเสียงจากทางด้านล่าง ส่วนหูขวาจะมีใบหูที่เปิดรับเสียงจากด้านบน โดยจำลองมากจากระบบรับเสียงของทั่วไป โดยหมวกบอกทิศทางแหล่งกำเนิดเสียงนี้ถูกออกแบบในการตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียง 2 มิติเพื่อที่จะให้สามารถรับสัญญาณเสียงจากรอบทิศทางด้านหลังได้ การทดสอบระบบจะใช้แหล่งกำเนิดเสียงความถี่ขนาด 4 กิโลเฮิรตซ์ ที่ความเข้มเสียง 90 เดซิเบล เพื่อตรวจจับตำแหน่งของเสียง 9 ตำแหน่งคือ ทางซ้ายด้านบน, ด้านบนตรงกลาง, ทางขวาด้านบน, ทางซ้ายแนวระนาบ, ตรงจุดกึ่งกลาง, ทางขวาแนวระนาบ, ทางซ้ายด้านล่าง, ด้านล่างตรงกลาง และทางขวาด้านล่าง โดยจะแสดงผลการตรวจจับทางระบบสั้นสะท้อน ติดอยู่ที่เข็มขัด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองจะเป็นคนปกติจำนวน 10 คนเพื่อใช้ในการทดสอบความถูกต้องของการแสดงผลและการตรวจจับทิศทางเมื่อเทียบกับการได้ยินปกติ จากการทดสอบพบว่าระบบสามารถตรวจจับตำแหน่งกำเนิดเสียงได้อย่างถูกต้องประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และผู้ทดลองมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.21$)

คำสำคัญ : คนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน / การรับรู้ตำแหน่งแบบสอง 2 มิติ /
แนวระนาบซ้ายขวา / ระดับบนล่าง

(๒)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ขอขอบคุณอาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม
ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้เป็นอย่างยิ่ง อาจารย์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุก
ท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการประเมินประสิทธิภาพของชุดพัฒนาเข็มขัดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียง
สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่สนับสนุน
ทุนในงานวิจัย และความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาจนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบ
ขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ศิริวรรณ พลเศษ

(ก)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารอ้างอิง	
2.1 เสี่ยง	4
2.2 การรับรู้ทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงของคน	18
2.3 คนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน	22
2.4 โครงสร้างเข้มงวดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียง สำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน	24
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	41
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	44
3.1 หลักการทำงานของวงจรถาทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง	45
3.2 การออกแบบวงจรควบ	47
3.3 การออกแบบวงจรรับสัญญาณเสียง	50
3.4 การออกแบบชุดแสดงผล	51
3.5 ชุดเข้มงวดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับ คนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน	52

(๒)

สารบัญ

	หน้า
3.6 การออกแบบสอบถามวัดความพึงพอใจ	53
3.7 การทดลอง	54
บทที่ 4 ผลการวิจัย	55
4.1 ผลการพัฒนาเข้มแข็งบอกลักษณะของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับ คนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน	55
4.2 ผลการทดลอง	55
4.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจ	56
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	58
5.1 สรุปผลการดำเนินการ	58
5.2 การอภิปราย	58
5.3 ข้อเสนอแนะ	59
เอกสารอ้างอิง	60
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.	62
ภาคผนวก ข.	66
ภาคผนวก ค.	68
ภาคผนวก ง.	70
ภาคผนวก จ.	75
ภาคผนวก ฉ.	77
ประวัตินักวิจัย	79

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ความเร็วเสียงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสของตัวนำต่างๆ	10
2.2	ตัวอย่างช่วงความถี่เสียงที่สิ่งมีชีวิตได้ยิน	15
2.3	ระดับการได้ยินกับลักษณะอาการ	23
4.1	ผลการทดลองการค้นหาตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียง	56
4.2	แสดงผลการประเมินของชุดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง สำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน	56

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การเคลื่อนที่ของเสียง	4
2.2 ส่วนประกอบของหูคน	5
2.3 การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของอากาศเทียบกับลักษณะของคลื่น	6
2.4 จำนวนโมเลกุลของอากาศกับแอมพลิจูดของคลื่นเสียง	7
2.5 การเคลื่อนที่ของเสียงในอากาศ	7
2.6 ตัวอย่างแหล่งกำเนิดเสียง	9
2.7 การทดลองของโรเบิร์ตบอยล์	10
2.8 การพิจารณาค้นการกระจาย	13
2.9 การพิจารณารูปคลื่นความดัน	13
2.10 การเปรียบเทียบระหว่างคลื่นการกระจัดกับคลื่นความดัน	14
2.11 ทิศทางแหล่งกำเนิดเสียงด้านต่างๆ	18
2.12 การเกิดเสียง	20
2.13 ภาพการได้ยินเสียง	21
2.14 แสดงโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์	26
2.15 โครงสร้างหลักๆ ของ PIC	30
2.16 ชิพแบบ OTP	30
2.17 ชิพแบบ EPROM	31
2.18 ชิพแบบ EEPROM	31
2.19 การแปลงคลื่นเสียงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าของไมโครโฟน	35
2.20 พิสัยพลวัตและผลตอบสนองทางความถี่ของไมโครโฟน	36
2.21 โครงสร้างภายในของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน	38
2.22 ลักษณะของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน	38
2.23 วงจรปรีแอมป์	39
2.24 มอเตอร์สันสะท้อน	40
2.25 โครงสร้างมอเตอร์สันสะท้อน	41
3.1 คนพิการทางการได้ยิน สวมเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง	44
3.2 โครงสร้างพื้นฐานของวงจรมหาทิศทางแหล่งกำเนิดเสียง	45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3 วงจรทั้งหมดของระบบ	48
3.4 ภาพการลงอุปกรณ์แบบสมบูรณ์	49
3.5 การออกแบบวงจรเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียงด้านซ้ายและด้านขวา	50
3.6 การออกแบบเชื่อมขั้วกับวงจรเซ็นเซอร์เสียง	50
3.7 การออกแบบวงจรชุดแสดงผล(ระบบสั่นสะเทือน)	51
3.8 ชุดแสดงผล(ระบบสั่นสะเทือน)	51
3.9 จำลองชุดเชื่อมขั้วบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน	52
3.10 การทดสอบระบบเพื่อตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงทั้ง 9 ตำแหน่ง	54
4.1 ผลการพัฒนาเชื่อมขั้วบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน	55

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การสื่อสารด้วยเสียงเป็นพื้นฐานที่มนุษย์ใช้ในการติดต่อสื่อสารในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ใช้สำหรับสื่อสารความหมายต่างๆ เช่น ใช้เสียงในการพูดคุยสื่อสาร ใช้เสียงทางด้านดนตรี เป็นต้น นอกจากนั้นเรายังใช้เสียงเพื่อการเตือนภัย เช่น เมื่อมีเสียงไซเรนก็มีความหมายว่ากำลังมีอันตรายเกิดขึ้น หรือมีเสียงของตกมาจากข้างบนเราก็จะเงยหัวมองและหลบเพื่อป้องกันของนั้นตกมาที่ศีรษะ ลักษณะของการใช้เสียงเพื่อการป้องกันในลักษณะนี้เราต้องอาศัยหูทั้งสองข้างในการแยกแยะทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงการแยกแยะทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง โดยใช้หูมนุษย์จะสามารถทำได้เพียงซ้ายหรือขวา ส่วนการหาทิศทางด้านบนและด้านล่าง เราจะใช้การเงยหน้าขึ้นและลงเพื่อหาแหล่งกำเนิดเสียง

ปัญหาในการรับรู้ของแหล่งกำเนิดของเสียง ความบกพร่องในการรับรู้ด้วยเสียงของคนพิการทางการได้ยินนั้น อาจนำไปสู่อุบัติเหตุต่างๆ ได้ เช่น ถ้ายืนหันหลังให้กับรถยนต์ที่เคลื่อนที่เข้ามาอย่างรวดเร็ว และคนขับรถให้สัญญาณโดยการกดแตรเตือนแล้ว แต่ในเมื่อเขาไม่ได้ยินเสียงจึงไม่มีการระวังตัว คนขับรถก็คิดว่าเขาจะหลบไปจึงไม่ทันระวังเช่นกัน จึงอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุทางรถยนต์ได้ ตัวอย่างเช่นนี้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการรับรู้ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียงซึ่งผู้พิการจะไม่สามารถรู้ถึงตำแหน่งเสียงที่มาใกล้กับตัวหรือไม่สามารถรับรู้เสียงอันตรายที่มาใกล้ได้ จึงได้คิดค้นงานชุดควบคุมทางด้าน Hardware เพื่อช่วยเตือนภัยอันตรายต่อผู้พิการทางหู

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเข็มขัดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับผู้พิการทางการได้ยิน คือรับรู้ตำแหน่งกำเนิดเสียงแบบ 2 มิติที่เลียนแบบการค้นหาตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียงของนกเค้าแมว โดยรับสัญญาณเสียงได้โดยใช้ไมล์เพียง 2 ตัว วางไมล์ติดไว้ที่ด้านหลังของเข็มขัด ทำการเปรียบเทียบความดังของเสียงที่มาจากหูทั้งสองด้าน ที่ใช้การเปิดช่อง โดยด้านซ้ายจะทำการเปิดรับเสียงจากด้านล่างเพื่อรับเสียงจากด้านล่าง ส่วนด้านขวาจะเปิดรับเสียงด้านบนเพื่อรับเสียงจากด้านบน และเมื่อได้รับสัญญาณเสียงระบบประมวลผลหาทิศทางได้แล้วระบบก็จะแสดงผลโดยระบบสั่นสะเทือนมาที่ระดับช่วงเอวตามทิศทางของเสียง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาเข็มขัดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับผู้พิการทางการได้ยิน

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.3.1 เก็บรวบรวมข้อมูลรับรู้ตำแหน่งกำเนิดเสียงแบบ 2 มิติที่เลียนแบบการค้นหาตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียงของนกเค้าแมว

1.3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะการสื่อสารของผู้พิการทางการได้ยิน

1.3.3 ออกแบบระบบวงจรรับเสียง และระบบวงจรการแสดงผลแบบสัมผัสเตือน

1.3.4 ออกแบบระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

1.3.5 ทำการทดสอบเข็มขัดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับผู้พิการทางการได้ยิน

1.3.6 ทำการบันทึกผลการทดสอบการทำงานของชุดเข็มขัดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับผู้พิการทางการได้ยิน

1.3.7 ประเมินผลความพึงพอใจของผู้ทดลองชุดเข็มขัดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับผู้พิการทางการได้ยิน

1.3.8 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1.4.1 องค์ประกอบของชุดตรวจจับสัญญาณเสียง

- ชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงจะตรวจจับสัญญาณเสียงโดยใช้ Condenser Microphone
- ชุดแสดงผลด้วยระบบสัมผัสเตือน 3 ชุด
- ชุดวงจรควบคุมและตัดสินใจใช้โดยใช้ Microcontroller ตระกูล Arduino
- ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาดเล็กกินกระแสไฟฟ้าน้อย (12 โวลท์)

1.4.2 ขีดความสามารถในการทำงาน

- สามารถบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงได้

- กำหนดความดังของแหล่งกำเนิดเสียง 90 dB ความถี่ 4 kHz
- กำเนิดเสียงเป็นช่วงๆ
- ระยะห่างจากจุดกำเนิดเสียงไม่เกิน 3 เมตร

1.4.3 ขอบเขตของพื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบและใช้งาน

- พื้นที่โล่ง ไม่มีเสียงรบกวน และการสะท้อนของเสียงมีน้อย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้องค์ความรู้กระบวนการรับรู้ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียงแบบสองมิติ

1.5.2 ใช้เป็นระบบบอกทิศทางของผู้บุกรุกในยามคำคืนที่สามารถประยุกต์ใช้ในทางทหาร เช่น ใช้ติด กับระบบป้องกันภัยต่างๆที่ต้องการทราบทิศทางของวัตถุในสภาพแวดล้อมที่แสงไม่เพียงพอหรือที่ลับตาเป็นต้น

1.5.3 ใช้ประยุกต์กับหุ่นยนต์

1.5.4 ใช้ประยุกต์ในการสร้างโลกเสมือนจริงเช่นเมื่อผู้ใช้ออกเสียงตัวละครในโลกเสมือนจริง ตัวละครนั้นสามารถหันหน้าไปตามเสียงเรียกได้เป็นต้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาเข้มงวดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับผู้ที่ยกพร่องทางการได้ยินนั้น จำเป็นต้องใช้หลักการและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งในส่วนของการทำงานของอุปกรณ์ วิธีการแยกแยะทิศทางและระดับของเสียง จึงจำเป็นต้องใช้หลักการและทฤษฎีต่างๆดังต่อไปนี้

- 2.1 เสียง
- 2.2 การรับรู้ทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงของคน
- 2.3 คนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน
- 2.4 โครงสร้างเข้มงวดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับผู้ที่ยกพร่องทางการได้ยิน
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เสียง

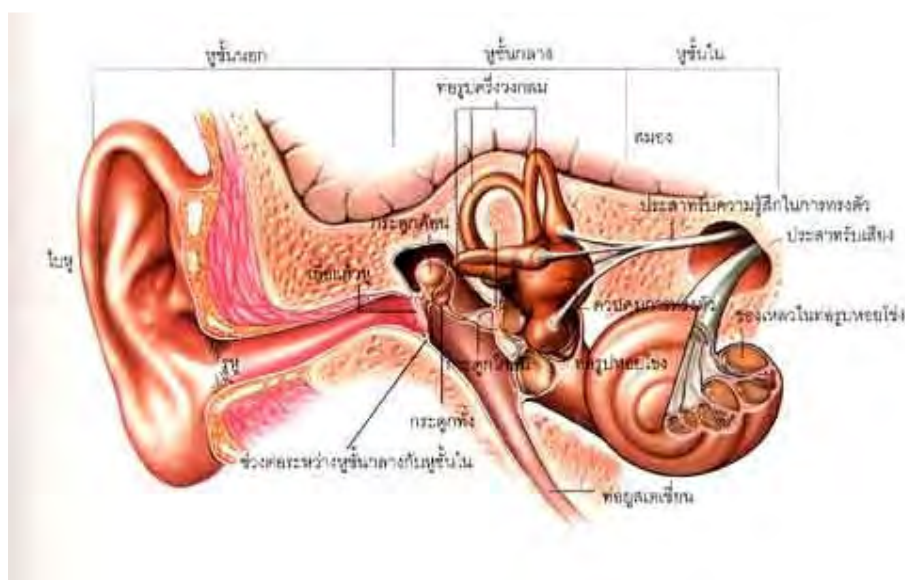


รูปที่ 2.1 การเคลื่อนที่ของเสียง

มนุษย์สามารถได้ยินเสียงต่างๆที่อยู่รอบตัวโดยอาศัยหูเป็นอวัยวะ [9] ในการรับฟังเสียงซึ่งเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง และพลังงานจากการสั่นนั้นเคลื่อนที่ผ่านอากาศมาถึงหู จะทำหน้าที่เปรียบเสมือนตัวเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียงที่เข้ามา แล้วส่งต่อไปยังสมอง เพื่อพิจารณาเสียงที่ได้ยินว่าเป็นเสียงอะไร มีความดังมากหรือน้อยอย่างไร ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการเกิดของเสียง แหล่งกำเนิดเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยิน ซึ่งจะกล่าวถึงแต่เพียงเสียงพูดของมนุษย์ (voice) และเสียงจากเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่า อธิบายส่วนประกอบของหู และการได้ยินเสียง ทำให้เห็นถึง

ความสัมพันธ์ของเสียงที่เกิดขึ้นจริงกับความรู้สึกรับรู้ของการได้ยิน นอกจากนี้เราได้ใช้ไมโครโฟนเป็นอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณเสียง ไมโครโฟนให้การแปลงเสียงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

การสั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิดเสียงทำให้ตัวกลาง (สื่อนำเสียง) เกิดการสั่นแล้วถ่ายโอนพลังงานให้แก่อนุภาคของตัวกลางถัดไป โดยที่อนุภาคของตัวกลางมีการสั่นกลับไปกลับมา ทำให้เกิดคลื่นเสียงขึ้นวัตถุที่มีมวลมากจะสั่นช้ากว่าวัตถุที่มีมวลน้อยทำให้ความถี่ของเสียงต่ำกว่าวัตถุที่มีมวลน้อยกว่า

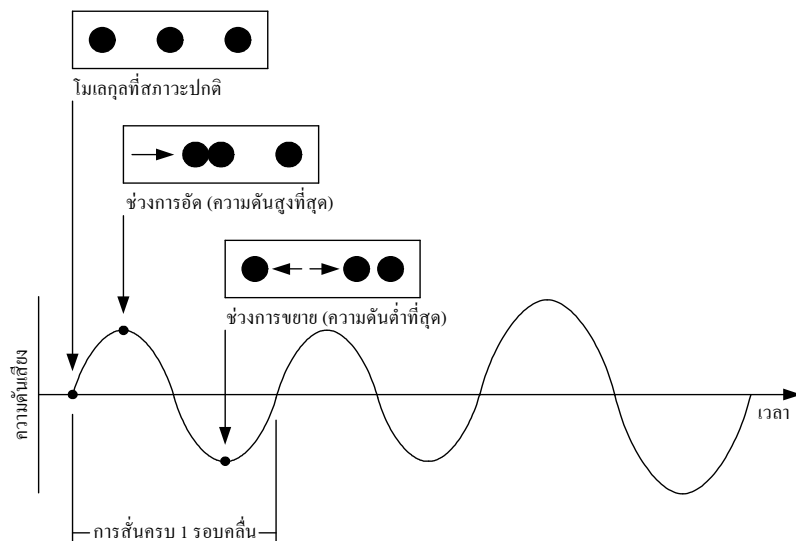


รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของหูคน

2.1.1 การเกิดเสียง

เสียงเริ่มเกิดขึ้นเมื่อวัตถุหรือแหล่งกำเนิดเสียงมีการสั่นสะเทือน [1] ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของอากาศที่อยู่โดยรอบ กล่าวคือโมเลกุลของอากาศเหล่านี้จะเคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิม ไปชนกับโมเลกุลที่อยู่ถัดไป ก่อให้เกิดการถ่ายโอนโมเมนตัม จากโมเลกุลที่มีการเคลื่อนที่ให้กับโมเลกุลที่อยู่ในสภาวะปกติ จากนั้นโมเลกุลที่ชนกันนี้จะแยกออกจากกัน โดยโมเลกุลที่เคลื่อนที่มาจะถูกดึงกลับไปยังตำแหน่งเดิมด้วยแรงปฏิกิริยา และ โมเลกุลที่ได้รับการถ่ายโอนพลังงานจะเคลื่อนที่ไปชนกับโมเลกุลที่อยู่ถัดไป ปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นสลับกันไปมาได้เมื่อ

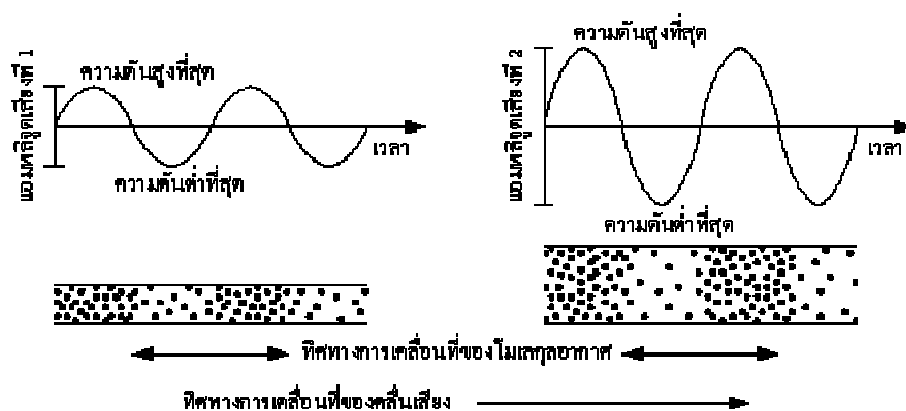
สื่อกลาง (ในที่นี้คืออากาศ) ที่มีคุณสมบัติของความยืดหยุ่น การเคลื่อนที่ของโมเลกุลอากาศนี้จึงเกิดเป็นคลื่นเสียง รูปที่ 2.3 แสดงการเคลื่อนที่ของโมเลกุลอากาศ เทียบกับลักษณะของคลื่น เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงมีการสั่นสะเทือน สังเกตได้จากภาพว่า ขณะที่แหล่งกำเนิดเสียงไม่มีการสั่นสะเทือน หรือโมเลกุลของอากาศอยู่ในสภาวะปกติ ความดันเสียง (sound pressure) ในขณะนี้จะคงที่ที่ค่าหนึ่ง เมื่อโมเลกุลของอากาศมีการชนกัน ความดันอากาศจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นจากปกติ ส่งผลให้ความดันเสียง ณ ช่วงเวลานี้เพิ่มมากขึ้นด้วยเสมือนเป็นช่วงการอัด (compression) เกิดเป็นยอดคลื่นที่มีความดันเสียงสูงที่สุดในคลื่นเสียง และเมื่อโมเลกุลของอากาศแยกออกจากกัน ความดันอากาศจะมีค่าลดลงจากปกติ ส่งผลให้ความดันเสียง ณ ช่วงเวลานี้ลดลงด้วย เสมือนเป็นช่วงการขยาย (rarefaction) เกิดเป็นจุดที่มีความดันเสียงต่ำที่สุดในคลื่นเสียง



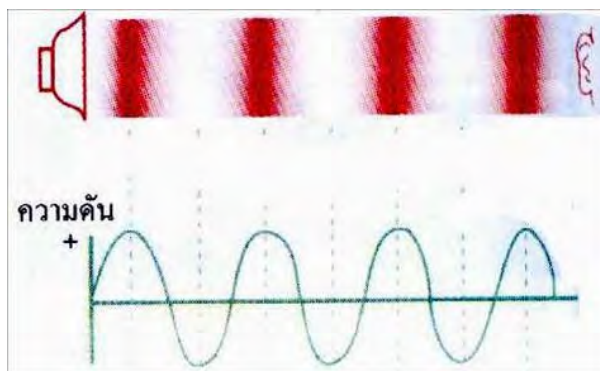
รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของอากาศเทียบกับลักษณะของคลื่น

ดังนั้น การสั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิดเสียงจากช่วงการอัดถึงช่วงการขยาย จึงเปรียบได้กับการเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบ (cycle) ของคลื่น ซึ่งจำนวนรอบในเวลาหนึ่งวินาทีนี้หมายถึงความถี่ (frequency) ของคลื่นเสียง มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz) หรือรอบต่อวินาที (cps) และนอกจากนี้จำนวนโมเลกุลของอากาศที่เคลื่อนที่ทั้งในช่วงการอัดและช่วงการขยายของโมเลกุลของอากาศ ยังหมายถึงแอมพลิจูด (amplitude) ของคลื่นเสียงด้วย เช่นถ้าจำนวนโมเลกุลของคลื่นเสียงที่หนึ่ง น้อยกว่าของ

คลื่นเสียงที่สอง ยอดคลื่นของเสียงที่หนึ่ง ย่อมจะต่ำกว่ายอดคลื่นของเสียงที่สอง ซึ่งทำให้แอมพลิจูดของเสียงที่หนึ่ง ต่ำกว่าแอมพลิจูดของเสียงที่สอง



รูปที่ 2.4 จำนวนโมเลกุลของอากาศกับแอมพลิจูดของคลื่นเสียง



รูปที่ 2.5 การเคลื่อนที่ของเสียงในอากาศ

เมื่อพิจารณาจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเสียงเป็นคลื่นตามยาว (longitudinal wave) เนื่องจากโมเลกุลของอากาศเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง คลื่นเสียงจะเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียงมีลักษณะคล้ายกับคลื่นที่เกิดขึ้นเมื่อโยนก้อนหินลงในน้ำ รูปคลื่นที่ใช้แทนคลื่นเสียงจากรูปที่ 2.8 ,2.9 และ 2.10 นั้นเป็นรูปคลื่นไซน์ ประกอบด้วย

พลังงานที่มีเพียงความถี่เดียว จึงเรียกว่าเสียงบริสุทธิ์ (pure tones) ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว เสียงที่มนุษย์ได้ยินมิใช่ในรูปของเสียงบริสุทธิ์ แต่อยู่ในรูปของคลื่นความถี่ต่างๆผสมกัน เพราะเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยิน เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงที่มีการสั่นในหลายลักษณะหรือมีหลายความถี่รวมกัน ทำให้รูปคลื่นที่เกิดขึ้นมีความซับซ้อนมากกว่าคลื่นรูปไซน์

2.1.2 แหล่งกำเนิดเสียง

เสียงที่มนุษย์ได้ยินนั้นมียู่มากมาย อาจเกิดจากมนุษย์เองหรือเกิดจากสิ่งแวดล้อม [1] เสียงที่เกิดจากมนุษย์มีทั้งที่เป็นเสียงพูด ไม่เป็นเสียงพูด บ้างก็เป็นเสียงที่สื่อความหมายได้ บ้างก็ไม่ได้สื่อความหมายใดๆ เสียงพูดของมนุษย์เริ่มต้นจากการหดตัวของกล้ามเนื้อหน้าอก ซึ่งเป็นผลของอากาศจากปอดที่ดันขึ้นมา ผ่านไปยังคู่สายเสียง (vocal cords) ที่อยู่ภายในกล่องเสียง (larynx) ทำให้มีการสั่นสะเทือนที่บริเวณดังกล่าว เกิดเป็นเสียงที่ออกมาจากลำคอ แล้วใช้อวัยวะในช่องปากปรับให้กลายเป็นเสียงพูด ได้แก่เสียงพูดทั้งพยัญชนะและสระรวมทั้งเสียงร้องเพลง ส่วนเสียงที่ไม่ใช่เสียงพูดอาจยกตัวอย่างได้ เช่น เสียงถอนหายใจ เสียงผิวปาก เป็นต้น และถ้าพิจารณาถึงรูปคลื่นที่เกิดขึ้นเมื่อแหล่งกำเนิดเสียงมีการสั่นสะเทือน แหล่งกำเนิดเสียงที่ทำให้รูปคลื่นที่มีความซับซ้อนมากและมีลักษณะไม่เป็นระเบียบ (random) เสียงที่เกิดขึ้นนี้จะถูกเรียกว่าเสียงรบกวน (noise) ซึ่งให้ความรู้สึกไม่น่าฟังและไม่มีความหมาย เสียงดนตรีเป็นเสียงอีกชนิดหนึ่งที่มนุษย์ให้ความสนใจศึกษารายละเอียด เสียงที่ถูกสร้างขึ้นโดยเครื่องดนตรีส่วนมากเกิดจากการสั่นเชิงกลของตัวสั่น (oscillator) ที่ได้รับการกระตุ้นในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง เช่น คีล ซี ดี เป่า เป็นต้น ส่งผลให้ส่วนต่างๆของเครื่องดนตรีสั่น เสียงดนตรีจึงเกิดขึ้นจากการสั่นของส่วนประกอบทั้งหมดที่รวมกันเป็นเครื่องดนตรี สำหรับเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่า เช่น ขลุ่ยทั้งของฝรั่งและของไทย การสั่นของลำอากาศในการเกิดเสียงเป็นการสั่นตามยาว กล่าวคือ เมื่อเป่าลมเข้าไปในช่องว่างที่อยู่ภายในกระบอก โมเลกุลของอากาศที่อยู่ภายในจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาตามความยาวของกระบอกเกิดเป็นเสียงขึ้น เสียงดังกล่าวหากเราวัดรูปคลื่นได้ พบว่ามีลักษณะของรูปคลื่นใกล้เคียงกับรูปคลื่นไซน์ และการเปลี่ยนระดับเสียงของเครื่องดนตรีชนิดนี้ยังสามารถทำได้โดย การเปลี่ยนแปลงความยาวของลำอากาศ ด้วยวิธีปิดเปิดนิ้วมือของผู้เล่นเครื่องดนตรีนั้นเนื่องจากเสียงที่มนุษย์ได้ยินมาจากแหล่งกำเนิดเสียงที่มีหลายความถี่รวมกัน คุณภาพของเสียงจึงขึ้นอยู่กับความเข้มของความถี่เหล่านี้

ในทางฟิสิกส์คุณภาพของเสียงจะขึ้นอยู่กับสเปกตรัมที่เกิดขึ้น แต่สำหรับในทางดนตรีนั้น คุณภาพของเสียงจะเรียกว่าทิมเบร่(timbre) หรือน้ำเสียง (tone color) ซึ่งหมายถึงคุณลักษณะเฉพาะของเสียง ตัวอย่างเช่น นำเครื่องดนตรีชนิดต่าง ๆ มาเล่น โน้ตตัวเดียวกันด้วยความดังเท่ากัน จะพบว่าเสียงที่ได้ยินจากเครื่องดนตรีแต่ละชนิดไม่เหมือนกันเป็นต้น



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างแหล่งกำเนิดเสียง

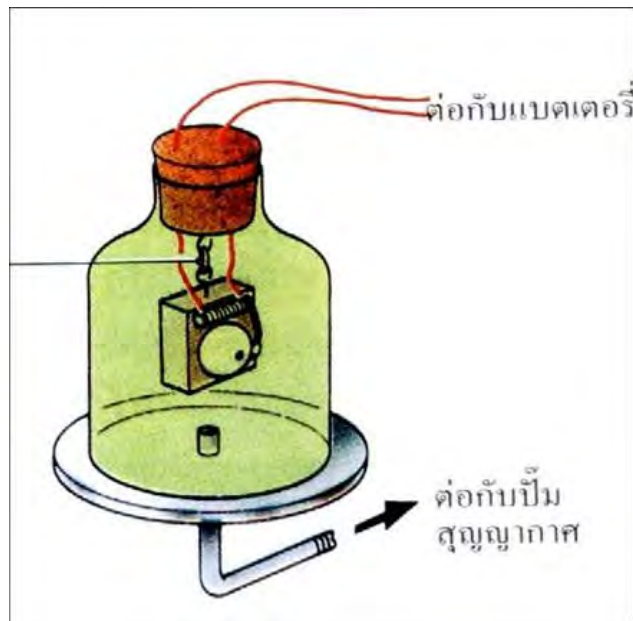
2.1.3 ตัวกลางของเสียง

คลื่นเสียงจะเดินทางถึงผู้ฟังได้ ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่เช่นขณะที่นักเรียนพูดกับเพื่อนเสียงเดินทางผ่านอากาศมาถึงหูเพื่อนจึงจะได้ยินเสียงหรือเมื่อคนงานซ่อมรางรถไฟเอาหูแนบกับรางรถไฟฟังเสียงว่ามีรถไฟมาหรือไม่ นั่นแสดงว่าเสียงต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่คือเหล็ก รางรถไฟ ตัวกลางของเสียงมี

1. ของแข็ง เช่น โลหะต่าง ๆ
2. ของเหลว เช่น น้ำ
3. ก๊าซ

เสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่าง ๆ ได้ดีไม่เท่ากันตัวกลางต่างชนิดกันซึ่งมีอุณหภูมิเท่ากันจะมีอัตราเร็วต่างกัน และในตัวกลางชนิดเดียวกันเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปจะทำให้ความเร็วของเสียงเปลี่ยนไปด้วย

การทดลองของโรเบิร์ตบอยล์



รูปที่ 2.7 การทดลองของโรเบิร์ตบอยล์

นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ทดลองนำกระดิ่งไฟฟ้า (Electric bell) ใส่ในภาชนะแก้วปิด (Bell Jar) แล้วต่อสายกระดิ่งไฟฟ้ากับแบตเตอรี่ ให้กระดิ่งไฟฟ้าทำงาน ขณะเดียวกันก็สูบอากาศออกโดยใช้มอเตอร์ (Motor) จะได้ยินเสียงกระดิ่งไฟฟ้าเบาลงเรื่อยๆ จนกระทั่งสูบอากาศออกหมด ทำให้ภายในครอบแก้วเป็นสุญญากาศจะไม่ได้ยินเสียงกระดิ่งไฟฟ้าเลยการทดลองนี้บอกได้ว่าเสียงไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านสุญญากาศได้ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่อัตราเร็วของเสียงในตัวกลางต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าแตกต่างกันดังในตารางที่ 2.1 ความเร็วเสียงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสของตัวนำต่างๆ

ตัวกลาง	อัตราเร็ว(m/s)
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	272
อากาศ	346
ก๊าซไฮโดรเจน	1,339
น้ำ	1,498
น้ำทะเล	1,531
แก้ว	4,540
อะลูมิเนียม	5,000
เหล็ก	5,200

จากตารางบอกได้ว่าเสียงจากแหล่งกำเนิดเดียวกันเดินทางในตัวกลางที่เป็นของแข็งจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าตัวกลางที่เป็นของเหลว และตัวกลางที่เป็นของเหลวเสียงจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าตัวกลางที่เป็นก๊าซซึ่งในชีวิตประจำวันเราได้ยินเสียงต่างๆ โดยเสียงเดินทางผ่านอากาศเป็นส่วนใหญ่

2.1.4 อัตราเร็วของเสียง

อัตราเร็วของคลื่นเสียง คือระยะทางที่เสียงเคลื่อนที่ได้ในเวลา 1 วินาทีอัตราเร็วของเสียงขึ้นอยู่กับ

1. ความหนาแน่นความหนาแน่นมาก อัตราเร็วมาก
2. ความยืดหยุ่น ความยืดหยุ่นมาก อัตราเร็วมาก
3. อุณหภูมิ อุณหภูมิสูงอัตราเร็วมาก

$$V = S / t \quad V = \text{อัตราเร็ว (m/s)} \quad S = \text{ระยะทาง (m)} \quad t = \text{เวลา (s)}$$

2.1.4.1 อัตราเร็วของเสียงในอากาศ

สิ่งใดที่ทำให้ความหนาแน่นของอากาศเปลี่ยนแปลง โดยไม่ทำให้ความดันเปลี่ยนสิ่งนั้นย่อมเป็นเหตุให้อัตราเร็วของเสียงเปลี่ยน"อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสามารถมีผลกระทบต่ออัตราเร็วของเสียงได้ถ้าอุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น ณ ความดันคงที่อากาศย่อมขยายตัวออกตามกฎของชาร์ลและจะมีความหนาแน่นลดลงทำให้อัตราเร็วของเสียงเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอัตราเร็วของเสียงในอากาศจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ(อุณหภูมิเคลวิน)สามารถสรุปความสัมพันธ์ได้เป็น

$$v \propto \sqrt{T}$$

$$v = k \sqrt{T}$$

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่าง T_1 และ T_2 จะได้

$$v_1 / v_2 = \sqrt{(T_1 / T_2)} \quad T \text{ คืออุณหภูมิหน่วยเป็นเคลวิน}$$

เสียงมีคุณสมบัติเป็นคลื่นดังนั้นอัตราเร็วของเสียงสามารถหาจากสูตร

$$v = f \lambda \quad v = \text{อัตราเร็วของเสียง (m / s)}$$

$$f = \text{ความถี่ (Hz, 1 / s)}$$

$$\lambda = \text{ความยาวคลื่น (m)}$$

ตัวอย่าง

1. อัตราเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสจะเร็วเท่าไร

คิดวิเคราะห์ : อัตราเร็วของเสียงในอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

วิธีทำ จาก $v = 331 + 0.6 t$: t มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

$$v = 331 + 0.6 \times 25$$

$$= 331 + 15$$

$$= 346 \text{ m/s}$$

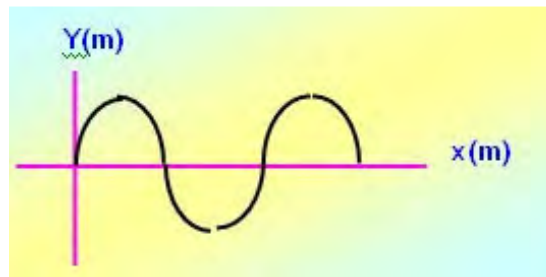
ตอบความเร็ว 346 m/s

หมายเหตุ ความถี่เสียงที่มนุษย์ได้ยินจะมีความถี่ในช่วง 20-20000 Hz (เฮิรตซ์) เสียงที่มนุษย์ไม่ได้ยินมีความถี่เสียงที่สูงกว่ามนุษย์รับฟังได้เป็นเสียงที่มีความถี่ มากกว่า 20000 Hz ซึ่งหูของสัตว์บางชนิดได้ยินเช่น ค้างคาว สุนัข ฯ ส่วนเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่ามนุษย์ได้ยินมีความถี่ต่ำกว่า 20 Hz

2.1.5 ลักษณะของคลื่นเสียง

คลื่นเสียง [5] สามารถเขียนได้ 2 ลักษณะคือ

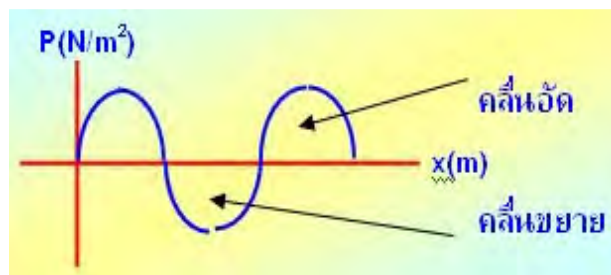
1. คลื่นการกระจัดพิจารณาจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคตัวกลาง (คลื่นการกระจัดจะพิจารณาเรื่องการสะท้อน การหักเห)



รูปที่ 2.8 การพิจารณาคลื่นการกระจัด

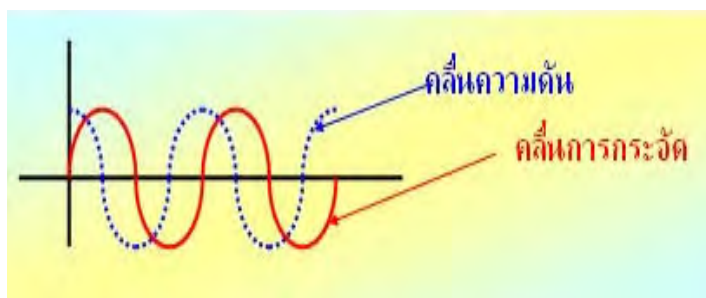
2. คลื่นความดันพิจารณาจากความดันของตัวกลาง ซึ่งประกอบด้วย

- 2.1. คลื่นอัดคือส่วนที่อนุภาคของตัวกลางเคลื่อนที่ในทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงจะมีความดันสูงกว่าความดันปกติ
- 2.2. คลื่นขยายคือส่วนที่อนุภาคของตัวกลางเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงและมีความดันต่ำ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การพิจารณารูปคลื่นความดัน

คลื่นความดันจะพิจารณาเรื่องพลังงานของเสียงและบริเวณที่ความดันต่างไปจากความดันปกติเราเรียกความดันนั้นว่าความดันเกจ (Pressure Gage) ความดังของเสียงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัมพลิจูดคลื่นเสียงที่มีอัมพลิจูดสูงจะมีความดังมากกว่าคลื่นเสียงที่มีอัมพลิจูดต่ำคลื่นความดันและคลื่นการกระจัดจะมีเฟสต่างกัน 90 องศา



รูปที่ 2.10 การเปรียบเทียบระหว่างคลื่นการกระจัดกับคลื่นความดัน

2.1.6 ความเข้มเสียง

ความเข้มเสียง [12] คือ พลังงานของเสียงที่ตกกระทบตั้งฉากกับพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ในระบบ S.I. จะมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) ซึ่งสามารถสรุปความสัมพันธ์ได้ดังนี้ $I = P/A$ แต่ในความเป็นจริงการปล่อยพลังงานเสียงออกจากแหล่งกำเนิดเสียงจะมีลักษณะกระจายเสียงออกโดยรอบเป็นทรงกลมดังนั้นพื้นที่จึงมีค่าเท่ากับ $4\pi R^2$ จะได้

$$I = P/(4\pi R^2)$$

$$I = \text{ความเข้มของเสียง (W/m}^2\text{)}$$

$$P = \text{กำลังของเสียง (W)}$$

$$R = \text{ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง (m)}$$

ความเข้มเสียงที่มนุษย์ทนฟังได้โดยไม่เกิดอันตรายต่อหูคือ 1 W/m^2

ความเข้มเสียงที่เบาที่สุดที่มนุษย์ยังทรงได้ยินคือ 10^{-12} W/m^2

ระดับความเข้มเสียงคือการบอกค่าอัตราส่วนของความเข้มเสียงขณะนั้นต่อความเข้มเสียงที่เบาที่สุด

การบอกค่าอัตราส่วนของความเข้มเสียงขณะนั้นต่อความเข้มเสียงที่เบาที่สุดใช้สัญลักษณ์เป็น β

กำหนดให้เสียงที่เบาที่สุดที่มนุษย์ได้ยิน คือ 0 เบล

ดังนั้น ถ้าความเข้มเพิ่มเป็น 10 เท่า (10^1) ระดับความเข้มเสียงจะเป็น 1 เบล

ถ้าความเข้มเพิ่มเป็น 100 เท่า (10^2) ระดับความเข้มเสียงจะเป็น 2 เบล

ถ้าความเข้มเพิ่มเป็น 10 เท่า (10^x) ระดับความเข้มเสียงจะเป็น x เบล

และ 1 เบลมีค่าเท่ากับ 10 เดซิเบล

2.1.7 ระดับเสียง

การได้ยินเสียงนอกจากขึ้นอยู่กับความเข้มเสียงแล้วยังขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียงปกติเราจะได้ยินเสียงในช่วงความถี่ตั้งแต่ 20 - 20000 Hz เรียกว่า Audible Frequency และถ้าความถี่ต่ำกว่า 20 Hz เรียกว่า Infrasonic Frequency (ไม่สามารถได้ยินได้) แต่ถ้าความถี่มากกว่า 20000 Hz เรียกว่า Ultrasonic Frequency เป็นความถี่เหนือเสียง (ไม่สามารถได้ยิน) และการได้ยินเสียงของสิ่งมีชีวิตในช่วงความถี่ต่าง ๆ ไม่เท่ากันดังตัวอย่างในตารางที่ 2.2 ตัวอย่างช่วงความถี่เสียงที่สิ่งมีชีวิตได้ยิน

สิ่งมีชีวิต	ช่วงความถี่ที่ได้ยินเสียง(Hz)
มนุษย์	20-20000
สุนัข	15-50000
ค้างคาว	1000-120000
ปลาโลมา	150-150000

หมายเหตุ ระดับเสียงสูงต่ำขึ้นอยู่กับความถี่ ความถี่ต่ำ เสียงจะทุ้มความถี่สูงเสียงจะแหลมคุณภาพเสียงเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของแหล่งกำเนิดเสียง คุณภาพของเสียงทำให้เราแยกประเภทของแหล่งกำเนิดเสียง ได้ว่าเป็นเสียงกีตาร์เสียงขลุ่ย เสียงกลอง

2.1.8 คุณสมบัติของเสียง

เสียง เป็นคลื่นตามยาวชนิดหนึ่ง เกิดจากการสั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิดแล้วส่งพลังงานการสะเทือนให้อนุภาคของตัวกลาง เช่น อากาศ แสดงให้เห็นว่าคลื่นเสียง อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ความสูงต่ำของเสียง ความสูงต่ำของเสียง เป็นตัวบ่งบอกเสียงสูงหรือต่ำได้โดยขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นเสียงที่ส่งออกมา

ความเข้มของเสียง ความเข้มเสียง เป็นพลังงานของเสียงที่ถูกส่งผ่าน พื้นที่หนึ่งๆ ในทิศตั้งฉาก ใน 1 หน่วยวินาที โดยจะสามารถวัดระดับความเข้มเสียงได้ในหน่วย เดซิเบล (dB) ซึ่งมนุษย์เราจะได้ยิน เสียงที่ระดับความเข้มเสียงระหว่าง 0 - 120 เดซิเบล

การสะท้อนของคลื่นเสียง การสะท้อนของคลื่นเสียง เกิดได้โดยมีลักษณะการเกิดเหมือนคลื่นทั่วไป แต่สิ่งที่เป็นตัวกลางของการสะท้อนจะต้องมีขนาดเท่ากับความคลื่นเสียงและการสะท้อนของเสียงเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ตัวอย่างเช่น การเกิดเสียงก้องเมื่อตะโกนในพื้นที่ที่กว้างขวาง เช่น ตะโกนบนยอดเขา

การหักเหของคลื่นเสียง การหักเหของคลื่นเสียง เกิดจากคลื่นเสียงเดินทางในตัวกลางที่ต่างสถานะกัน เช่น เห็นฟ้าแลบแต่ไม่ได้ยินฟ้าร้อง เพราะในบริเวณที่เกิดฟ้าแลบจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณอื่น คลื่นเสียงจึงเดินทางจากบริเวณที่อุณหภูมิต่ำเมื่อเดินทางมาถึงบริเวณที่อุณหภูมิสูงแล้วจะเกิดการหักเหในมุมที่สามารถเกิดการสะท้อนกลับหมดคลื่นเสียงจึงไม่เดินทางมาถึงเรา

การแทรกสอดของคลื่นเสียง การแทรกสอดของคลื่นเสียง เกิดจากคลื่นเสียง 2 ลูก ที่เหมือนกันทุกประการเดินทางมาชนกัน ทำให้เกิดเสียงที่ดัง เมื่อสันคลื่นของคลื่นทั้ง 2 ลูกชนกันทำให้สันคลื่นสูงขึ้น และเกิดเสียงค่อย เมื่อสันคลื่นของคลื่นลูกหนึ่งและท้องคลื่นของคลื่นอีกลูกหนึ่งพบกัน ทำให้สันคลื่นและท้องคลื่นหายไปจึงเกิดเสียงดังและค่อยสลับกันไปมา

การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียงเกิดจากคลื่นเสียงเดินทางอ้อมสิ่งกีดขวางทำให้คลื่นเสียง สามารถเข้าถึงได้ทุกที่เช่น เราอยู่หลังกำแพงแต่ยังได้ยินเสียงเพลงที่ดังมาจากห้องข้าง

2.1.9 การนำเสียงไปใช้ประโยชน์

นอกจากใช้ในการสื่อสารระหว่างมนุษย์ด้วยกันและสัตว์อื่น ๆ แล้วยังนำไปใช้ประโยชน์อีกหลายอย่าง เช่นการบำบัดหรือรักษาโรคด้วยเสียงดนตรี การใช้เสียงดนตรีที่นุ่มนวลน่าฟังเปิดเสียงแรงให้พืชเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพการใช้เสียงเจียบย่านความถี่อัลตราโซนิกในการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์เช่น การตรวจหาเนื้องอกในร่างกาย , ตรวจลักษณะความสมบูรณ์และเพศของทารกในครรภ์ , ใช้ในการทำมาสะอาดชิ้นส่วนวัสดุขนาดเล็ก ๆ ด้วยคลื่นอัลตราโซนิก รวมไปถึงการใช้คลื่นชนิดนี้ในการตรวจหาฝูงปลาและสิ่งแปลกปลอมกีดขวางภายใต้ทะเลลึกและการวัดความลึกของท้องทะเลโดยใช้หลักการของการสะท้อนเสียง ซึ่งเรียกกันว่า "ระบบโซนาร์"

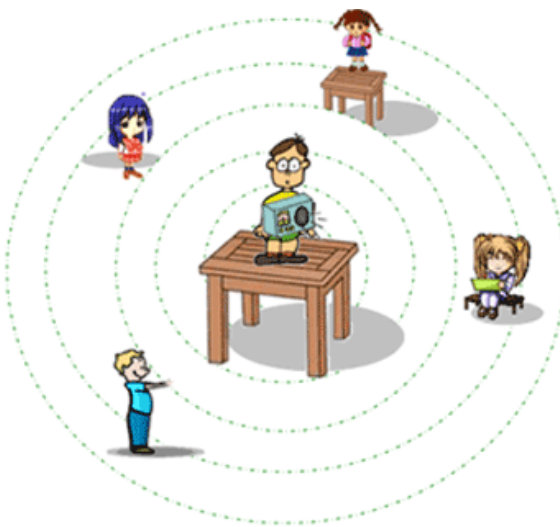
เสียงด้านวิศวกรรมและอุตสาหกรรมวิศวกรรมใช้คลื่นเหนือเสียงในการตรวจสอบรอยร้าวหรือรอยตำหนิในโลหะ แก้วหรือเซรามิก โดยการส่งคลื่นเสียงที่มีความถี่ในช่วง 500 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 15 เมกะเฮิร์ตซ์ผ่านเข้ามา ในชิ้นงาน ที่ต้องการตรวจสอบ แล้ววิเคราะห์ลักษณะของคลื่นสะท้อนหรือวิเคราะห์ลักษณะ คลื่นที่รบกวนในคลื่นที่ผ่านออกไป วิธีนี้นอกจากจะใช้ตรวจสอบชิ้นงานประเภทโลหะหล่อ หรือเซรามิกแล้วยังถูกนำไปใช้ตรวจสอบยางรถยนต์ที่ผลิตใหม่ด้วย เครื่องมือวัดความหนาของแผ่นโลหะหรือวัสดุที่มีความแข็งอื่นๆ สามารถทำได้โดย ใช้คลื่นเหนือเสียงแม้คลื่นจะไม่สามารถทะลุถึงอีกด้านหนึ่งของผิวหน้าแผ่นโลหะนั้นได้ก็ตาม เช่นการตรวจสอบความหนาของหม้อต้มน้ำความดันสูงสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

คลื่นเหนือเสียงพลังงานสูงยังถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในการทำมาสะอาดผิวของเครื่องใช้ขนาดเล็กเช่น ชิ้นส่วนในนาฬิกาข้อมือและแว่นตา เป็นต้นเพื่อให้อนุภาคสกปรกที่จับเกาะผิวด้วยพลังงานของคลื่นเหนือเสียงเพราะความถี่ธรรมชาติของอนุภาคสกปรกตามปกติไม่เท่ากันกับความถี่ธรรมชาติชิ้นส่วนโลหะคลื่นจึงทำให้อนุภาคสกปรกเหล่านั้นหลุดจากผิวโลหะไปลอยปะปนไปในของเหลวที่โลหะแช่อยู่ในการทหาก็มีการใช้คลื่นเหนือเสียงติดต่อสื่อสาร และตรวจจับความเคลื่อนไหวของเรือใต้น้ำและตอร์ปิโดและใช้เสียงจับตำแหน่งของเป้าหมายเป็นต้น การศึกษาการสะท้อนของคลื่นนักวิทยาศาสตร์จึงได้นำความรู้นี้มาประยุกต์กับการเดินเรือเพื่อค้นหาหินโสโครก ฝูงปลาหรือเรือใต้น้ำที่ขวางอยู่ ถ้าสิ่งกีดขวางนั้นมีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับความยาวคลื่นเสียง จะเกิดการสะท้อนกลับมายังเครื่องรับบนเรือที่ส่งคลื่นออกไปการจับช่วงเวลาที่ยังคลื่น

ออกไปและรับคลื่นสะท้อนกลับมาช่วยให้เราคำนวณหาระยะทางระหว่างตำแหน่งของเรือกับสิ่งกีดขวางได้

2.2 การรับรู้ทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงของคน

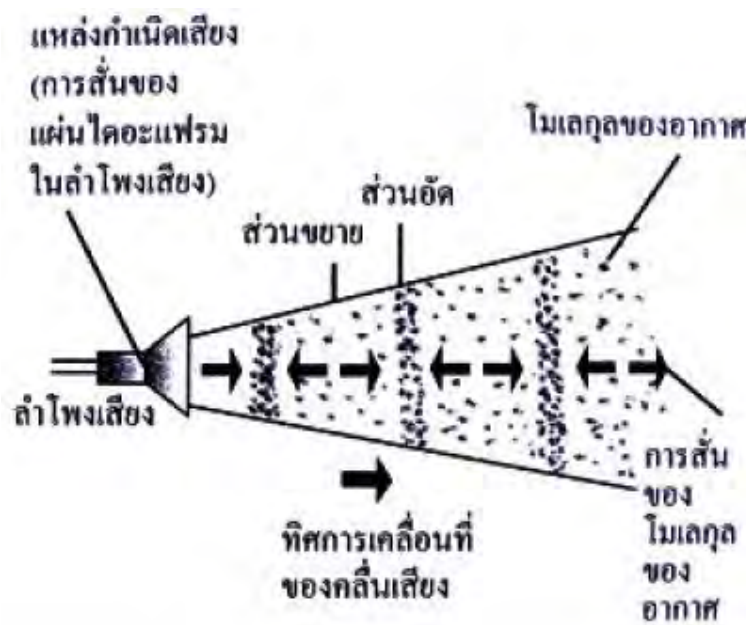
ธรรมชาติสร้างหูคนเรา มี 2 หู เพื่อประโยชน์ในการฟังเสียงทำให้เราทราบทิศทาง [12] ของต้นกำเนิดเสียงได้ว่ามาจากไหน ปกติแล้วถ้าเราหันหน้าไปทางต้นกำเนิดเสียง เสียงก็จะเข้าหูทั้งสองพร้อมๆกันเพราะคลื่นเสียงเคลื่อนที่มาในระยะที่เท่ากัน แต่ถ้าเปลี่ยนไปยืนทิศทางที่ต่างกัน คลื่นเสียงก็จะกระทบหูไม่พร้อมกัน เหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะว่า ระยะทางจากต้นกำเนิดเสียงมาถึงหูไม่เท่ากัน แต่อาศัยประสบการณ์การทำงานของสมอง ทำให้สามารถบอกได้ว่ามาจากไหน สังเกตได้จากกรณีที่มีคนเรียกเรา เรามักหันขวับไปทางเสียงเรียกนั้นทันที ถ้ามาจากทางขวาก็แสดงว่าหูขวาเราได้ยินก่อน



รูปที่ 2.11 ทิศทางแหล่งกำเนิดเสียงด้านต่างๆ

2.2.1 สาเหตุที่มนุษย์รู้ทิศทางเสียง

เรามีการรับรู้ทางของเสียงในแบบ 3 มิติเหมือนกับการมองเห็น ซึ่งต้องอาศัยอวัยวะเหมือนกัน 1 คู่ เพื่อจะทำให้เกิดการวัดเปรียบเทียบ ตา 2 ตาจะรับภาพไม่เหมือนกัน ยิ่งมีความแตกต่างกันมาก สมองก็จะยิ่งแปลความแตกต่างให้มากด้วย ส่วนในทางเสียงนั้นยิ่งเวลาในการรับฟังระหว่างหูทั้งสองต่างกันเท่าใด ก็แสดงว่าแหล่งเสียง [4] นั้นจะอยู่ห่างไปทางประสาทสมองด้านนั้นมากขึ้น และแม้ช่วงเวลาดังกล่าวจะมีค่าเพียง 0.00003 วินาที ประสาทมนุษย์ก็ยังรู้ได้ว่าวัตถุนั้นเปลี่ยนที่ไปจากหน้าของเรา 3 องศาที่ความถี่สูง เครื่องรับรู้เสียงของคนจะทำการประเมินความแตกต่างไม่เฉพาะแค่เวลา แต่จะรวมถึงความหนาแน่น(ความดัง-ค่อย)ของเสียงด้วย ส่วนที่ความถี่ต่ำกว่า 1,000 Hz เสียงจะเริ่มไม่มีทิศทาง ยิ่งถ้าเป็นเสียงที่ความถี่ต่ำกว่านี้มาก ๆ เราก็ไม่สามารถรับรู้ตำแหน่งของมันได้คลื่นเสียงนั้นเป็นคลื่นของความดัน ดังนั้นมันจึงทำให้ระบบเสียงเกิดการ “แกว่งไปมา” (Oscillate) ขึ้น ทำให้เกิดการก้องสะท้อนที่ตัวผู้ผนังของแผงลำโพงหลัง ค่าการแกว่งไปมานี้จะแรงเป็นพิเศษเมื่อความถี่เสียงนั้นมีความถี่เดียวกันกับความถี่ที่ก้องสะท้อน อาทิเช่น ลำโพงที่แผงลำโพงหลังจะมีการกระแทกกระทั้นที่บิดเบือนได้ หากว่ามีเสียงแกว่งไปมาอยู่ที่ความถี่ 60 Hz ในขณะเดียวกันกับที่ท่านได้เพิ่มเสียงเบสจากกราฟฟิค-อีคิว หรือปุ่มทูนแหลม ที่ความถี่ 60 Hz ด้วย ซึ่งก็เท่ากับเป็นการกระตุ้นค่าการก้องสะท้อนของระบบ มีผลทำให้เกิดการ “แกว่งไปมา” อย่างรุนแรง

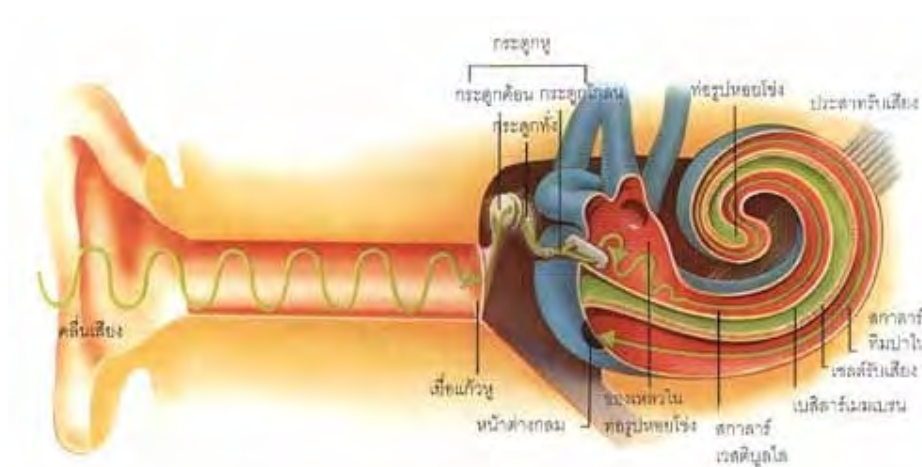


รูปที่ 2.12 การเกิดเสียง

อย่างไรก็ดี เรายังอาศัยการแหว่งไปมานี้เพื่อทำให้เครื่องดนตรีหลายๆชนิดเกิดเสียงขึ้นมา ตัวโครงของไวโอลินจะทำหน้าที่ช่วยขยายโทนเสียงที่อ่อนมากๆจากการใช้คันชักสีผ่านสายไวโอลิน ทำให้เสียงนั้นดังกังวานขึ้น แต่การแหว่งไปมาของระบบเสียงนั้นกลับไม่เป็นที่ปรารถนา เพราะทำให้เกิดการเปลี่ยนไปจากเสียงต้นกำเนิดเดิม จึงไม่เหมือนกับเครื่องดนตรี เพราะชุดเครื่องเสียงโดยเฉพาะ “ลำโพง” ไม่ควรจะมีลักษณะเสียงที่เป็นเอกภาพเฉพาะตัว แต่ควรจะให้เสียงทุกๆเสียงที่เป็นรูปเป็นร่างตามความเป็นจริง การแหว่งไปมานี้จะสามารถทำให้ลดลงหรือควบคุมได้ด้วยการ “ยับยั้ง” ที่มีอยู่ในระบบลำโพงจำนวนระดับความดังจาก 1 ถึง 1,000,000 ความถี่จาก 16 Hz – 20,000 Hz เราสามารถจัดการกับมันอย่างไร ถ้าคุณจำเรื่องของ “ลอการิทึม”(logarithm) ได้ นั่นคือเสียงนั้นจะต้องการค่าคงที่ที่เพิ่มขึ้น มากขึ้นเป็น 2 เท่า เพื่อให้ได้ค่าเพิ่มขึ้นอีกเท่าๆกัน ในเรื่องของเสียงสูง-ต่ำนั้นเป็นเรื่องของการแบ่งย่านความถี่เสียงเป็นออกเต็ปๆความดัง เราวัดเป็นเดซิเบล หรือเขียนง่ายๆเป็น dB ซึ่งทุกๆครั้งถ้าเราจะให้เสียงมีความเข้มเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า จะต้องเพิ่มความดังของเสียงอีก 3 dB ที่ความถี่ 1,000 Hz เป็นอาณาบริเวณของความไวในการรับเสียงสูงสุด จะมีสเกลของฟอนทำหน้าที่แทน ซึ่งเหมือนกับ สเกลของเดซิเบลเพิ่มขึ้นเท่านั้น ฟอนนั้นเป็นหน่วยของการวัดการรับรู้ความดัง โดยมีค่าศูนย์ฟอนเมื่อถึงความดังที่เริ่มได้ยิน และ 120 ฟอน เมื่อถึงความดังที่เริ่มทนไม่ไหว

2.2.2 กลไกการได้ยินเสียงของมนุษย์

คลื่นเสียง [1] เกิดจากการอัดและขยายของตัวกลาง การอัดขยายนี้จะส่งต่อ ๆ กันไป จนถึงหูของผู้ฟังแล้วส่งต่อไปยังสมองในเทอม ของระดับเสียง ความดัง และคุณภาพของเสียง โดยปกติหูคนเราไวต่อการรับรู้เสียงที่มีความถี่สูงมากกว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำ เมื่อ เสียงนั้นมีระดับความเข้มเสียงเท่ากัน นอกจากนี้ความไวต่อการรับรู้เสียงของคนเรายังขึ้นอยู่กับอายุ โดยพบว่าเด็กมีความรู้สึกไว ต่อช่วงความถี่สูงมากกว่าผู้ใหญ่ความไวต่อการได้ยินเสียงของคนจะลดลงเมื่ออายุมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าความไวต่อการ ได้ยินเสียง จะลดลงด้วยสาเหตุอื่น ๆ อีกเช่น การได้รับฟังเสียงดังมากเกินไปเป็นระยะเวลานาน ๆ หรือจากการใช้ยาบางชนิด



รูปที่ 2.13 ภาพการได้ยินเสียง

หูของคนเราเป็นอวัยวะของร่างกายที่ใช้รับเสียง แบ่งออกได้ 3 ส่วน ได้แก่ หูส่วนนอก หูส่วนกลาง และหูส่วนใน

1. หูส่วนนอก ประกอบด้วยใบหู ช่องหูหรือรูหู (Auditory canal) และเยื่อแก้วหู (tympanic membrane) โดยใบหูจะทำหน้าที่ ในการรับเสียง สำหรับในสัตว์บางชนิด หูส่วนนี้จะมีความใหญ่ เพื่อใช้หาทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง ส่วนช่องหูมีลักษณะเป็นท่อยาว ดังนั้นความดันของเสียง ตอนปลายท่อด้านในที่ปิดอยู่จึงมีมากกว่าปากท่อด้านนอก ความดันที่เพิ่มนั้นจะเกิดเมื่อความยาวของ คลื่นเสียงยาวกว่าความยาวท่อ 4 เท่า คือความดันเมื่อผ่านช่องหูจะเพิ่มขึ้น 12 เดซิเบล ในช่วงความถี่ 2,400 - 4,000 Hz แต่ถ้าความยาวคลื่นต่ำกว่าหรือสูงกว่านี้ ความดันเมื่อผ่านช่องหูจะเพิ่มเพียง 5 เดซิเบล ในช่วงความถี่ 2,000 - 6,000 Hz ช่องหูทำหน้าที่ในการกักเก็บเสียง

(resonance) ซึ่งสั่นด้วยความถี่ประมาณ 3000 เฮิรตซ์ แล้วส่งไปยังเยื่อแก้วหู นอกจากนี้แล้ว ช่องหูยังช่วย ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้มีค่าคงที่ และยังเป็นเครื่องป้องกันอันตรายให้แก่หูอีกด้วย เยื่อแก้วหูเป็นส่วนกัน ระหว่างหูชั้นนอกกับหูชั้นกลาง โดยแยกอากาศในช่องหูชั้นนอกไม่ให้ติดต่อกับหูชั้นกลาง เยื่อแก้วหูทำหน้าที่เป็นเครื่องรับความดันเสียง

2. หูส่วนกลาง ทำหน้าที่ปรับคลื่นเสียงเพื่อให้เข้าไปกระตุ้นหูชั้นใน โดยการเปลี่ยนพลังงานเสียงจากอากาศให้ผ่าน ช่องหูชั้นกลาง เข้าไป เป็นการสั่นสะเทือนของของเหลว ภายในหูชั้นกลางประกอบด้วยกระดูกสามชิ้น (Ossicles) คือกระดูกหูชั้นนอก กระดูกหูชั้นกลาง และกระดูกหูชั้นใน ซึ่งยึดกันอย่างสมดุลด้วยระบบคานติดคานงัด (Lever system) ตรงบริเวณปลายกระดูกหูชั้นนอกจะติดต่อกับ หน้าต่างรูปไข่ กระดูกทั้งสามทำหน้าที่เปลี่ยนคลื่นเสียงที่มากระทบแก้วหูให้เป็นคลื่นของเหลวขึ้นในหูส่วนใน หูส่วนกลางนี้ติดต่อกับ โพรงอากาศผ่านหลอดยูสเทเชียน (Eustachian) ปกติช่องนี้จะปิด แต่ในขณะที่เคี้ยวหรือกลืนอาหารท่อนี้จะเปิด อากาศภายในหูส่วนกลาง จึงสามารถติดต่อกับภายนอกได้ เป็นการปรับความดัน 2 ด้านของเยื่อแก้วหูให้เท่ากัน ทำให้การได้ยินดีขึ้น

3. หูส่วนใน ประกอบด้วยหลอดครึ่งวงกลม 3 หลอด (Semicircular canals) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการสมดุลของร่างกาย และกระดูก รูปหอย (Cochlea) ซึ่งเป็นช่องมีลักษณะคล้ายหอยโข่ง ภายในบรรจุของเหลวมีเยื่อบาซิลาร์ (Basilar) ซึ่งอยู่เกือบตลอดความยาว ยกเว้นปลายสุด ตรงปากทางเข้าเป็นช่องเปิดรูปไข่ และวงกลม ตลอดความยาวของเยื่อบาซิลาร์มีปลายประสาทที่ไวต่อเสียงที่มีความถี่ต่ำ ๆ กันเรียงรายอยู่ ปลายประสาทที่อยู่กันก่อนไปทางช่องเปิดรูปไข่จะไวต่อเสียงที่มีความถี่สูง ส่วนปลายประสาทที่อยู่ลึก เข้าไปข้างในจะไวต่อเสียงที่มีความถี่ต่ำ

2.3 คนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน

บุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน [13] หมายถึงบุคคลที่มีความสามารถในการรับฟังเสียงต่าง ๆ บกพร่องหรือสูญเสียไป เป็นเหตุให้ได้ยินเสียงต่าง ๆ ไม่ชัดเจน ในกรณีที่สูญเสียการได้ยินเพียงเล็กน้อย เรียกว่า หูตึง และไม่ได้ยินเสียงพูด ในกรณีที่สูญเสียการได้ยินมาก เรียกว่า หูหนวก

2.3.1 ประเภทของบุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน

เด็กหูหนวก [13] หมายถึง เด็กที่สูญเสียการได้ยิน 90เดซิเบลขึ้นไป วัดด้วยเสียงบริสุทธิ์ ณ ความถี่ 500,1,000และ 2,000เฮิรท์ ในหูข้างที่ต่ำกว่าเด็กไม่สามารถใช้การได้ยินให้เป็นประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพอาจ เป็นผู้ที่สูญเสียการได้ยินมาแต่กำเนิดหรือสูญเสียการได้ยินภายหลังก็ตามเด็กหูตึง หมายถึง เด็กที่สูญเสียการได้ยินระหว่าง 26-89เดซิเบล วัดด้วยเสียงบริสุทธิ์ ณ ความถี่ 500,1000 และ2,000เป็นเด็กที่สูญเสียการได้ยินเล็กน้อยไปจนถึงการ สูญเสียการได้ยินขั้นรุนแรง ระดับอาการของมนุษย์ ตารางที่ 2.3 ระดับการได้ยินกับลักษณะอาการ

ระดับการได้ยิน	วัดการได้ยิน	ลักษณะอาการ
ระดับที่ 1 หูปกติ	0 – 25 เดซิเบล	ได้ยินเสียงพูดกระซิบเบาๆ
ระดับที่ 2 หูตึงเล็กน้อย	26– 40 เดซิเบล	ไม่ได้ยินเสียงพูดเบาๆ แต่ได้ยินเสียงพูดปกติ อาจใช้เครื่องช่วยฟังบางโอกาส เช่น เรียนหนังสือ
ระดับที่ 3 หูตึงปานกลาง	41 – 55 เดซิเบล	ไม่ได้ยินเสียงปกติ ต้องพูดดังกว่าปกติจึงจะได้ยิน จำเป็นต้องใช้เครื่องช่วยฟังขณะพูดคุย
ระดับที่ 4 หูตึงมาก	56– 70 เดซิเบล	พูดเสียงดังแล้วยังไม่ได้ยิน จำเป็นต้องใช้เครื่องช่วยฟังตลอดเวลา
ระดับที่ 5 หูตึงรุนแรง	71– 90 เดซิเบล	ต้องตะโกนหรือใช้เครื่องขยายเสียงจึงจะได้ยิน แต่ได้ยินไม่ชัด
ระดับที่ 6 หูหนวก	91 เดซิเบลขึ้นไป	ตะโกนหรือใช้เครื่องขยายเสียงแล้วยังไม่ได้ยิน และไม่เข้าใจความหมาย

2.4 โครงสร้างเข็มขัดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับผู้ที่ยกพร่องทางการได้ยิน

ชุดโครงสร้างเข็มขัดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับผู้ที่ยกพร่องทางการได้ยิน โดยใช้อุปกรณ์มาพัฒนาดังนี้ คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ มอเตอร์สั่น ไมโครโฟน

2.4.1 ประวัติความเป็นมาของไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ปัจจุบันการพัฒนาและการแข่งขันทางด้านเทคโนโลยีผลิตชิ้นส่วนสารกึ่งตัวนำ ที่นำไปสร้างเป็นไอซีมี ประสิทธิภาพสูงมากขึ้นและมีเทคโนโลยีที่เกิดจากการผลิตของบริษัทต่างๆ ซึ่งส่งผลให้การผลิตชิพไอซีมีขนาดที่เล็กลง แต่มีประสิทธิภาพและคุณสมบัติต่าง ๆ มากขึ้น ไอซีที่ถูกสร้างเป็นแบบ LSI (Large Scale Integrate Circuit) เป็นเทคโนโลยีการสร้างโดยการนำเอาทรานซิสเตอร์จำนวนมากมาสร้างเป็นไอซีดิจิทัลที่ซับซ้อนโดยทำขึ้นเพื่อหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลข้อมูลหรือเรียกว่าไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) ที่มีคุณสมบัติหลัก คือการประมวลผลข้อมูลการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และลอจิก ถ้าหากมีการติดต่อกับหน่วยความจำที่เป็นแบบแรมแบบรอม หรืออุปกรณ์ภายนอกที่เป็นอินพุต-เอาต์พุตต้องมีการต่ออุปกรณ์อื่น ๆ ร่วมด้วย เพื่อทำหน้าที่เลือกอุปกรณ์ในการติดต่อหรือวงจรถอดรหัส (Decoder) ซึ่งสามารถทำงานได้ภายใต้การควบคุมของโปรแกรม และ ในการที่เรานำไมโครโพรเซสเซอร์มาเป็นตัวประมวลผลกลางมีหน่วยความจำแบบแรมพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตเราเรียกว่า ไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นสิ่งไม่คุ้มกับการลงทุนหากนำมาใช้ในงานควบคุมขนาดเล็ก และอาจต้องใช้เนื้อที่มาก ในการออกแบบ ดังนั้นการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีในการสร้างชิพ จึงมีการรวบรวมคุณสมบัติที่ต้องการใช้งานมาอยู่ในตัวเดียวกันคือมีองค์ประกอบเกือบทุกอย่างของคอมพิวเตอร์อยู่ในตัวไอซี ที่เราเรียกว่า ไมโครคอมพิวเตอร์แบบชิพเดี่ยวประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐานเหมือนไมโครคอมพิวเตอร์ เช่น หน่วยประมวลผลกลางขนาดเล็ก (8บิต -16 บิต) และหน่วยประมวลผล ที่สามารถเข้าข้อมูลแบบบิต หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานแบบแรมขนาด 128 ไบต์ และบรรจุหน่วยความจำโปรแกรมประเภทรอม (บางเบอร์) สามารถใช้งานให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตมีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ พูลดูเพล็กซ์ วงจร Counter/Timer ที่อยู่ภายใน สามารถต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณพิก้าเช่น คริสตัล (Crystal) และตัวเก็บประจุก็สามารถใช้งานได้เป็นต้น เราเรียกกันทั่วไปว่า ไอซี เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถ

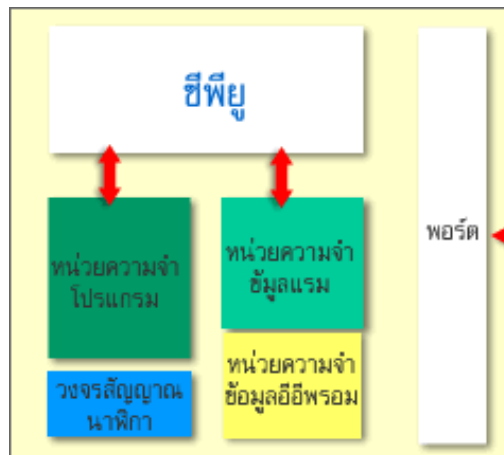
รับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิพจะมีหน่วยความจำ Port อยู่ในชิพเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิพเดียว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ชนิดหนึ่งเช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโปรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ ส่วนอินพุต/เอาต์พุต บางส่วนเข้าไปในตัว ไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้งานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่างเช่น ใช้ในรถยนต์ เตอบไมโครเวฟ เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้งานควบคุมหลายประการ เช่น ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก

- 2.4.1.1 ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโปรเซสเซอร์
- 2.4.1.2 วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้
- 2.4.1.3 มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
- 2.4.1.4 ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

2.4.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.14 แสดงโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4.2.1 ประกอบไปด้วย 4 ส่วนสำคัญคือ

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)
2. หน่วยความจำ (Memory) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือหน่วยความจำเก็บโปรแกรม (program memory) ทำหน้าที่คล้าย ๆ กับฮาร์ดดิสก์ในคอมพิวเตอร์ ข้อมูลไม่สูญหายแม้ไม่มีไฟเลี้ยง และหน่วยความจำข้อมูล (data memory) ใช้เป็นเหมือนกระดานทดในการคำนวณของซีพียูและเป็นที่พักข้อมูลในการทำงานชั่วคราวข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยงคล้ายกับหน่วยความจำแรม (Ram) ในคอมพิวเตอร์ทั่วไปแต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่หน่วยความจำจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรมซึ่งข้อมูลจะหายเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นแบบ อีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Programmable Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง
3. ส่วนติดต่ออุปกรณ์ภายนอกหรือเรียกว่าพอร์ต (port) มีด้วยกัน 2 ลักษณะคือ พอร์ตรับสัญญาณ หรือพอร์ตอินพุต (input port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (output port) ส่วนนี้มีความสำคัญมากเนื่องจากใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกและอุปกรณ์ภายนอกเหล่านั้นนั่นเองที่เป็นสื่อกลางในการติดต่อกับมนุษย์ยกตัวอย่างพอร์ตอินพุตใช้ต่อกับสวิตช์เพื่อรับข้อมูลจากผู้ใช้งานกดปุ่มเข้ามาซึ่งเหมือนกับการใช้คีย์บอร์ดในการป้อนข้อความเข้าเครื่อง

คอมพิวเตอร์พอร์ตเอาต์พุตใช้ต่อกับลำโพงเพื่อขับเสียง ต่อกับหลอดไฟเพื่อแสดงผลต่อกับมอเตอร์ เพื่อควบคุมการหมุนต่อกับหน่วยความจำเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการเก็บข้อมูลหากเปรียบเทียบกับ คอมพิวเตอร์พอร์ตเอาต์พุตก็คือส่วนที่ต่อกับเครื่องพิมพ์สำหรับพิมพ์ข้อมูลออกมาและส่วนที่ต่อกับ จอมอนิเตอร์เพื่อแสดงภาพ เป็นต้น

4. เส้นทางสัญญาณหรือบัส (bus) การติดต่อแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำและพอร์ตจะกระทำบนสายสัญญาณจำนวนมาก เรียกว่า เส้นทางสัญญาณหรือบัส โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (data bus) บัสแอดเดรส (address bus) และบัสควบคุม (control bus) บัสข้อมูล เป็นสายสัญญาณที่บรรจุข้อมูลสำหรับการประมวลผลทั้งหมดขนาดของบัสจะขึ้นอยู่กับ ความสามารถในการประมวลผลของซีพียูและเทคโนโลยีของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นๆ สำหรับในงานทั่วไป ขนาดของบัสข้อมูลคือ 8 บิตและในปัจจุบันมีการพัฒนาไปถึง 16, 32 และ 64 บิตแล้ว บัสแอดเดรสเป็นสายสัญญาณที่บรรจุค่าตำแหน่งของหน่วยความจำโดยการติดต่อกับ หน่วยความจำนั้นซีพียูต้องกำหนดตำแหน่งที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อนซึ่งก็คือการกำหนดค่าแอส เดรส จำนวนสายสัญญาณของบัสแอดเดรสจึงต้องมีจำนวนมาก และถ้ายังมีมากเท่าใดจะเป็นการ แสดงถึงความจุของหน่วยความจำที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นสามารถติดต่อได้ สามารถคำนวณ ได้จากจำนวนแอสเดรสของหน่วยความจำ = 2 ยกกำลัง n โดยที่ n คือจำนวนสายสัญญาณ

ตัวอย่าง การคำนวณ เช่น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวหนึ่งมีสายแอดเดรส 10 เส้นดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้ สามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้ 2 ยกกำลัง $10 = 1,024$ ตำแหน่ง หากต้องการทราบความจุของ หน่วยความจำจริง ๆ จะต้องทราบถึงขนาดของบัสข้อมูลก่อนว่าเป็นเท่าไรหากเป็น 8 บิตความจุ ของหน่วยความจำที่มีสายแอดเดรส 10 เส้นเท่ากับ $8 \times 1,024 = 8,192$ บิต โดยปกตินิยมเรียกความจุ ของหน่วยความจำในหน่วยเป็นไบต์ (byte) หรือกิโลไบต์ (kilo byte : KB) มากกว่า โดย 1 ไบต์เท่ากับ 8 บิต และ 1 กิโลไบต์เท่ากับ 1,024 ไบต์ (ไม่ใช่ 1,000 เหมือนกับหน่วยวัดทั่วไป) ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาเป็นตัวอย่างจึงมีความจุของหน่วยความจำเท่ากับ 8,192 บิต หรือ 1,024 ไบต์ หรือ 1 กิโลไบต์ บัสควบคุมเป็นกลุ่มของสายสัญญาณควบคุมการติดต่อทั้งหมดของซีพียูกับ หน่วยความจำและพอร์ต สำหรับสายสัญญาณควบคุมหลักได้แก่สายสัญญาณเลือก-อ่าน-เขียน หน่วยความจำ สายสัญญาณเลือก อ่าน-เขียนข้อมูลกับพอร์ต วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาเป็น

ส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่งเนื่องจากการทำงานทั้งหมดในไมโครคอนโทรลเลอร์จะขึ้นอยู่กับกำหนัดจังหวะโดยใช้สัญญาณนาฬิกาหากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูงจังหวะในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะถี่และมีมากตามส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

2.4.3 ภาษาเครื่อง

ภาษาเครื่อง (Machine Language) เป็นภาษาที่อยู่ในรูปแบบของรหัสเลขฐานสอง ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเข้าใจภาษานี้ได้ทันที โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการแปลแต่เป็นภาษาที่ยากต่อการเรียนรู้ เพราะอยู่ในรูปแบบของเลขฐานสองและผู้ใช้ต้องมีความรู้เกี่ยวกับฮาร์ดแวร์เป็นอย่างดี แต่ข้อดีของภาษานี้คือ มีขนาดเล็ก ทำงานได้รวดเร็ว และสามารถติดต่อกับฮาร์ดแวร์ได้โดยตรง

2.4.4. ภาษา Assembly

ภาษา Assembly สร้างขึ้นมาเพื่อให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้น ภาษา assembly ใช้คำในภาษาอังกฤษแทนรหัสเลขฐานสอง ในภาษาเครื่อง ดังนั้นในการใช้งานจะต้องผ่านการแปลจากภาษา Assembly เป็นภาษาเครื่องก่อน ตัวแปลภาษา เรียกว่า Assembler โปรแกรมที่เขียนโดยภาษา assembly จะทำงานเร็วและมีขนาดเล็กเพราะว่ามันสามารถเข้าถึง Hardware ได้โดยตรงเช่นเดียวกับภาษาเครื่องแต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการเขียนของผู้เขียนด้วย

2.4.5. Interpreters

interpreter คือ ภาษาระดับสูงซึ่งใกล้เคียงกับภาษาของมนุษย์โดยจะฝังตัวอยู่ในหน่วยความจำและทำหน้าที่อ่านคำสั่งจากโปรแกรมขึ้นมาทีละคำสั่ง ทำการแปลเป็นภาษาเครื่องแล้วปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆ ตัวอย่างของ interpreter ที่รู้จักกันดีคือภาษา BASIC ข้อเสียของ interpreter คือ ทำงานได้ช้าเนื่องจากต้องแปลคำสั่งทีละคำสั่ง

2.4.6 Compilers

compiler คือ ภาษาระดับสูงซึ่งทำหน้าที่แปลโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาทั้งหมดให้เป็นภาษาเครื่อง จากนั้นจึงนำเอาโปรแกรมที่แปลเสร็จแล้วเข้าไปเก็บในหน่วยความจำหลังจากนั้นจึงสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆทำให้การทำงานได้เร็วขึ้น ตัวอย่างเช่น ภาษา C เป็นต้น

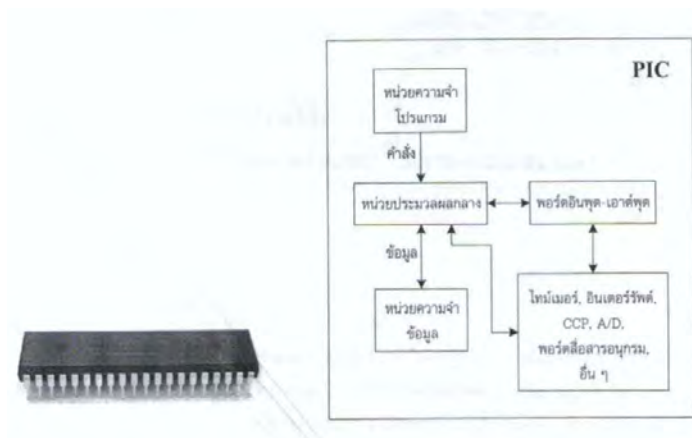
2.4.7 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น PIC16F877

“PIC” ชื่อนี้คงจะเป็นที่รู้จักกันดีอยู่แล้วในวงการไมโครคอนโทรลเลอร์ว่า คืออะไร มีลักษณะรูปร่างหน้าตาเป็นอย่างไร แล้วสามารถนำไปใช้ทำอะไรได้บ้าง ในบทแรกนี้จะเป็นการทำ ความรู้จักกับ PIC กันให้ดีขึ้นอีกว่าตกลงแล้ว PIC คืออะไรกันแน่ มีประวัติความเป็นมาอย่างไร รวมถึงการเลือกใช้งาน PIC ที่มีมากมายหลากหลายเบอร์ในปัจจุบันว่ามีวิธีเลือกใช้งานอย่างไร เพื่อที่จะทำให้เราสามารถเลือกใช้ PIC สร้างสรรค์ชิ้นงานของเราได้อย่างตรงตามใจต้องการ

2.4.8 PIC คืออะไร

PIC ย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผลิตโดย บริษัทไมโครชิพ (Microchip Technology, Inc.) ชื่อนี้ถูกใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1977 ซึ่งในขณะนั้น บริษัทไมโครชิพ ยังใช้ชื่อว่า เจเนออรอล อินสตรูเมนต์ (General Instrument) PIC เบอร์แรกที่ผลิต ออกมาก็คือ PIC1650 ซึ่งมีโครงสร้างสถาปัตยกรรมไม่ต่างจาก PIC ในปัจจุบันมากนัก แนวคิดของ การสร้าง PIC คือการพยายามรวมเอาทุกอย่างไว้ในชิพตัวเดียวไม่ว่าจะเป็น หน่วยประมวลผลกลาง, หน่วยความจำโปรแกรม, หน่วยความจำข้อมูล, EEPROM, I² C, CCP, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้อง ต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ผลที่ตามมาก็คือแผ่น PCB จะมีขนาดเล็ก และอุปกรณ์ที่ใช้จะไม่มาก บางงานอาจใช้แค่ PIC เพียงตัวเดียว โดยไม่ต้องใช้ชิพอื่นๆ มาต่อเพิ่มเติมเลย

PIC เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีสถาปัตยกรรมแบบฮาวาร์ด (Harvard Architecture) หรือที่ เรียกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) คือ มีการทำงานที่มี จำนวนชุดคำสั่งน้อย แต่ละคำสั่งจะทำงานแบบง่ายๆ ทำให้ความเร็วในการทำงานแต่ละคำสั่งสูง หนึ่งคำสั่งของ PIC จะมีขนาด 14 บิต เป็นผลให้จำนวนชุดคำสั่งของ PIC มีน้อยนั่นเอง ในปัจจุบัน PIC เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลที่เป็นยอดนิยมตระกูลหนึ่ง เพราะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ประสิทธิภาพสูง ราคาถูก และก็ยังมิให้เลือกใช้อย่างมากมายเบอร์อีกด้วย ลักษณะโครงสร้างหลัก ๆ ของ PIC แสดงดังภาพที่ 2.15



รูปที่ 2.15 โครงสร้างหลักๆ ของ PIC

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC แบ่งออกตามชนิดของหน่วยความจำโปรแกรมได้ 3 ประเภทคือ

2.4.8.1 OTP (One-Time Programmable) เป็นชิพประเภทที่มีราคาถูกที่สุด แต่สามารถทำการโปรแกรมได้แค่ครั้งเดียวเท่านั้น ซึ่งชิพประเภทนี้จะใช้ในกรณีที่พัฒนาโปรแกรมจนไม่พบจุดบกพร่องของโปรแกรมอีกแล้วและต้องการใช้งานจำนวนมากๆ เพราะมีราคาที่ถูกลง ชิปประเภทนี้ยกตัวอย่างเช่น PIC16F877



รูปที่ 2.16 ชิปแบบ OTP

2.4.8.2 EPROM (Erasable Programmable ROM) เป็นชิพประเภทที่เมื่อเขียนโปรแกรมเข้าไปแล้วสามารถทำการลบโปรแกรมเดิมได้ด้วยแสง UV สามารถส่องผ่านเข้าไปในตัวชิพได้ ชิปแบบนี้เบอร์ของชิพจะมีตัวอักษร JW เขียนกำกับอยู่ ชิปประเภทนี้ยกตัวอย่างเช่น PIC16C57, PIC16C72A/JW , PIC16C74/JW



รูปที่ 2.17 ชิปแบบ EPROM

2.4.8.3 EEPROM (electronically erasable programmable ROM) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าแบบแฟลช (Flash) เป็นชิปประเภทที่สามารถเขียนและลบโปรแกรมด้วยไฟฟ้า และสามารถลบและเขียนใหม่ได้หลายพันครั้ง ทำให้ชิปประเภทนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดใน 3 ประเภท ชิปประเภทนี้ยังยกตัวอย่างเช่น PIC12F510, PIC16F84, PIC16F877, PIC18F1220, PIC18F4331, PIC24HJ12GP201, PIC32MX340F128H



ภาพที่ 2.18 ชิปแบบ EEPROM

2.4.8.4 เลือก PIC เบอร์ไหนใช้งานดี รายละเอียดของ PIC ที่ได้จากการดูเบอร์จากหัวข้อที่ผ่านมา เป็นแค่ส่วนหนึ่งของการตัดสินใจเลือก PIC เพื่อใช้งานเท่านั้น ทั้งนี้เองก็จำเป็นที่จะต้องศึกษาโครงสร้าง ส่วนประกอบภายในของ PIC แต่ละเบอร์จากคู่มือการใช้งาน (Data sheet) ของ PIC เบอร์นั้นๆ ด้วย เพื่อประกอบการตัดสินใจ หลักการเลือกใช้งาน PIC มีหลักการดังนี้

- ต้องการใช้พอร์ตอินพุต-เอาต์พุตทั้งหมดที่พอร์ต
- ต้องการหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลแบบไหน ขนาดเท่าใด
- ต้องการความเร็วในการทำงานสูงแค่ไหน
- ต้องการใช้ฟังก์ชันพิเศษอะไรของ PIC บ้าง
- ต้องการ PIC ที่มีตัวถังแบบใด
- ต้องการให้ PIC ทำงานแบบ LOW-voltage Operation หรือไม่

ซึ่งเราสามารถแบ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ที่นิยมใช้กันทั่วไป เรียงลำดับจากความสามารถต่ำไปถึงความสามารถสูงได้ดังนี้

PIC16C5X

PIC ตระกูลนี้เป็นชิพที่ออกมาชุดแรก ๆ ของไมโครชิพ จึงทำให้มีแต่หน่วยความจำโปรแกรม OTP และ EPROM เท่านั้นส่วนฟังก์ชันพิเศษก็มีเพียงแค่ ไทม์เมอร์และวอตช์ดอกไทม์เมอร์ ไม่มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมและ A/D ในปัจจุบันก็ยังคงมี PIC ตระกูลนี้อยู่บ้าง เช่น PIC16C505, PIC16C58 เป็นต้น

PIC16CXXX

PIC ตระกูลนี้เป็นชุดต่อจาก PIC16C5X ที่ยังคงมีหน่วยความจำโปรแกรม OTP และ EPROM แต่มีฟังก์ชันพิเศษให้ใช้งานได้มากขึ้นซึ่งก็คือ มีไทม์เมอร์, วอตช์ดอกไทม์เมอร์, พอร์ตสื่อสารอนุกรม USART, I² C, SPI, CCP นอกจากนั้นบางเบอร์ยังมี A/D อีกด้วย ซึ่งทำให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ง่ายขึ้น ไม่จำเป็นต้องเขียนโปรแกรมติดต่อกันเอง โดยยกตัวอย่างของ PIC ในตระกูลนี้ก็เช่น PIC16C621, PIC16C72, PIC16C711 เป็นต้น

PIC12CXXX

PIC ตระกูลนี้เป็น PIC ที่มีเพียง 8 ขา ซึ่งออกแบบมาเพื่อใช้กับงานเล็ก ๆ มีไทม์เมอร์และวอตช์ดอกไทม์เมอร์, A/D นอกจากนั้นแล้ว ยังมี 4 MHz ออสซิลเลเตอร์ (OSC) กำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิพ และบางเบอร์ก็มี EEPROM อยู่ภายในชิพด้วย แต่หน่วยความจำโปรแกรมก็ยังคงเป็นแบบ OTP และ EPROM อยู่เหมือนเดิม PIC ในตระกูลนี้ก็ยกตัวอย่างเช่น PIC12C509, PIC12C672 เป็นต้น

PIC17CXXX

PIC ตระกูลนี้ออกมาพร้อม ๆ กับ PIC16CXXX แต่ PIC17CXXX จะมีขนาดหน่วยความจำโปรแกรมที่ใหญ่กว่า และสามารถต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเพิ่มได้ มี ไทม์เมอร์,

วอตช์ด็อกไทม์เมอร์, พอร์ตสื่อสารอนุกรม USART, I²C, SPI, CCP นอกจากนั้นยังสามารถใช้คำสั่งการคูณ และการหารได้อีกด้วย ตัวอย่างของ PIC ในตระกูลนี้เช่น PIC17C43, PIC17C44, PIC17C756 เป็นต้น

PIC16FXXX, PIC12FXXX

PIC ตระกูลนี้เป็น PIC ยุคแรก ๆ ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบ Flash (EEPROM) ทำให้การสร้างเครื่องโปรแกรมชิพสามารถทำได้ง่าย จึงเป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในตระกูล PIC16F8XXX ซึ่งมี A/D ขนาด 10 บิต, ไทม์เมอร์, วอตช์ด็อกไทม์เมอร์, พอร์ตอนุกรม USART, I²C, SPI, CCP และ EEPROM ภายในชิพ ตัวอย่างของ PIC ในตระกูลนี้ก็เช่น PIC16F685, PIC16F872, PIC16F887 เป็นต้น หลักจากที่ PIC16FXXX ออกมาได้ไม่นาน PIC12FXXX ซึ่งเป็น PIC แบบ 8 ขา แต่มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบ Flash ก็ออกตามมา ยกตัวอย่างเช่น PIC12F629, PIC12F675 เป็นต้น

PIC18FXXX

PIC ตระกูลนี้มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบ Flash เช่นเดียวกับตระกูล PIC16FXXX แต่จะแก้ไข

จุดด้อยของ PIC16FXXX ตรงที่ไม่ต้องอ้างหน่วยความจำข้อมูลแบบที่มีลักษณะแบ่งออกเป็นหน้า ๆ (Page) ซึ่งทำให้สะดวกในการเขียนโปรแกรม ซึ่ง PIC18FXXX นั้นจะมี A/D ขนาด 10 บิต, ไทม์เมอร์, วอตช์ด็อกไทม์เมอร์, พอร์ตอนุกรม USART, I²C, SPI, CCP, CAN และ EEPROM ภายในชิพ สามารถต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเพิ่มได้ ตัวอย่างของ PIC ในตระกูลนี้เช่น PIC18F1220, PIC18F252, PIC18F2550, PIC18F4220, PIC18F4431, PIC18H452 เป็นต้น

PIC24FXXX, dsPIC30FXXX, dsPIC33FXXX

PIC ตระกูลนี้เป็น PIC ที่มีหน่วยประมวลผลกลางขนาด 16 บิต ซึ่งเบอร์ก่อน ๆ จะเป็น 8 บิต นอกจากนั้น dsPIC ยังได้รวมการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DSP) เข้าไว้ในชิพด้วย ทำให้ PIC รูปแบบนี้ถูกเรียกว่า Digital Signal Controller PIC ตระกูลนี้มีฟังก์ชันพิเศษมากมายให้เลือกใช้ เช่น A/D, ไทม์เมอร์, USART, CCP, I² C, SPI, RTCC, EEPROM นอกจากนั้นบางเบอร์ยังมีโมดูลสำหรับติดต่อผ่านพอร์ต USB (OTG) ภายในอีกด้วย มีการทำงานแบบ Low-voltage Operation เช่น 2.0-3.6 V ตัวอย่างของ PIC ในตระกูลนี้เช่น PIC24FJ48GA002, dsPIC30F4011, dsPIC33FJ64MC710 เป็นต้น

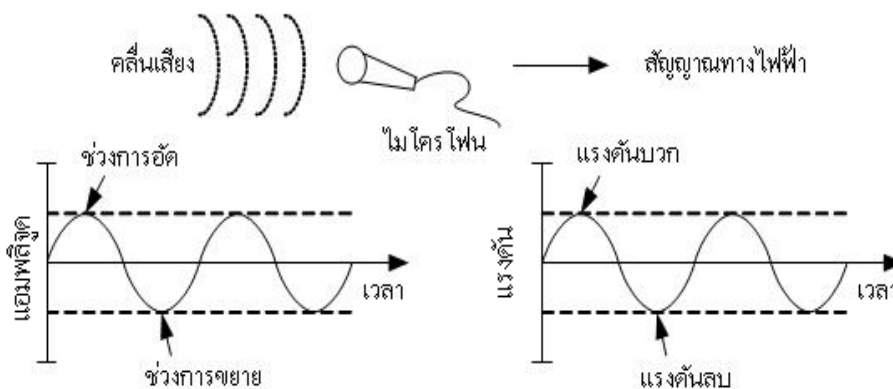
PIC32MX3XX, PIC32MX4XX

PIC ตระกูลนี้เป็นตระกูลที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในปัจจุบัน มีหน่วยประมวลผลกลางขนาด 32 บิต มีความเร็วในการทำงานสูงมากถึงระดับ 80 MHz มีขนาดหน่วยความจำโปรแกรมสูงสุดที่ 256K หน่วยความจำข้อมูลสูงสุด 32K มีระบบหน่วยความจำแคช (cached processor) มีโมดูลสำหรับติดต่อผ่านพอร์ต USB มีการทำงานแบบ Low-voltage Operation เช่น 2.3-3.6 V และฟังก์ชันพิเศษอื่น ๆ ครบถ้วน เหมาะสำหรับงานขนาดใหญ่ ที่ต้องการความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์สูง ตัวอย่างของ PIC ในตระกูลนี้เช่น PIC32MX340F128H, PIC32MX460F256L เป็นต้น

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ น่าจะพอเป็นแนวทางในการเลือกเบอร์ PIC เพื่อการใช้งานได้ตรงตามใจต้องการ หลักที่สำคัญอีกอย่างคือ งานที่ต้องการทำนั้นจะเป็นตัวกำหนดว่า ควรเลือกใช้ PIC เบอร์ใดเพื่อให้เหมาะกับงานนั้นมากที่สุด แต่เพื่อให้เราได้ทำความรู้จักกับ PIC อย่างครบถ้วนทุกแง่มุม ดังนั้นในหัวข้อถัดไปจึงขอยกตัวอย่าง PIC ขึ้นมาตระกูลหนึ่งนั่นคือ PIC18FXX2 ซึ่ง PIC ตระกูลนี้จะใช้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวหลักประกอบการเรียนรู้ในหนังสือเล่มนี้ด้วย

2.4.9 คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน (Condenser Microphone)

หลักการทำงานของไมโครโฟนเมื่อต้องการนำเสียงที่ได้ยินมาทำการวิเคราะห์หรือขยายความดัง อุปกรณ์สำคัญ ซึ่งทำหน้าที่ในการรับพลังงานเสียง และแปลงเสียงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าคือไมโครโฟน แอมพลิจูดของสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้จากไมโครโฟนเป็นสัดส่วนกับแอมพลิจูดของคลื่นเสียง ที่ผ่านเข้ามา และยังขึ้นอยู่กับความสามารถของไมโครโฟนอีกด้วย ในกรณีที่ไมโครโฟนสามารถแปลงคลื่นเสียง ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าได้ทั้งหมด แอมพลิจูดของสัญญาณทางไฟฟ้าจะมีความสูงเท่ากันกับแอมพลิจูดของคลื่นเสียง ซึ่งจะเห็นว่าแอมพลิจูดของคลื่นเสียงได้รับการแปลงไปเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า กล่าวคือในช่วงการอัดของโมเลกุลของอากาศ ซึ่งมีแอมพลิจูดสูงที่สุดนั้น จะเกิดแรงดันบวกของสัญญาณทางไฟฟ้าขึ้น และในช่วงการขยายของโมเลกุลของอากาศ ซึ่งมีแอมพลิจูดต่ำสุด จะเกิดแรงดันลบของสัญญาณทางไฟฟ้า

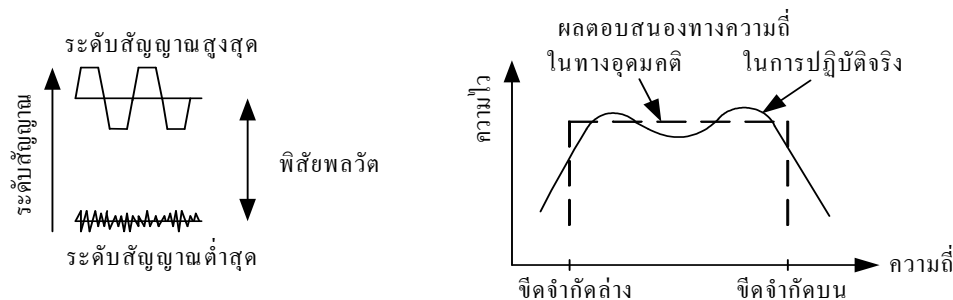


รูปที่ 2.19 การแปลงคลื่นเสียงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าของไมโครโฟน

ความสามารถของไมโครโฟนความสามารถของไมโครโฟนพิจารณาได้จากลักษณะสมบัติที่สำคัญดังต่อไปนี้

- ความไว (sensitivity) คือ ค่าอัตราส่วนของแรงดันเอาต์พุตที่เกิดจากไมโครโฟนเทียบกับความดันเสียงที่เข้ามา มีหน่วยเป็นโวลต์ ต่อ ปาสคาล (V/Pa) และอาจแสดงในหน่วย เดซิเบล (dB) ก็ได้ ซึ่งไมโครโฟนที่ดีจะต้องมีค่าความไวสูง

- พิสัยพลวัต (dynamic range) คือ พิสัยการวัดของไมโครโฟนซึ่งถูกจำกัดการวัดที่ระดับต่ำสุดด้วย สัญญาณรบกวนทางอิเล็กทรอนิกส์ (electronic noise) ของไมโครโฟน (สัญญาณรบกวนทางอิเล็กทรอนิกส์ คือ เอาต์พุตที่เกิดขึ้นแม้ไม่มีความดันเสียงเข้ามายังไมโครโฟนเลย) และถูกจำกัดการวัดที่ระดับสูงสุดด้วย ความไม่เป็นเชิงเส้นของไมโครโฟน และการเพี้ยนของรูปคลื่น



รูปที่ 2.20 พิสัยพลวัตและผลตอบสนองทางความถี่ของไมโครโฟน

- ผลตอบสนองทางความถี่ (frequency response) ของไมโครโฟน คือค่าความไวเทียบกับความถี่ ในทางอุดมคติ ไมโครโฟนควรมีค่าความไวเท่ากันตลอดทุกความถี่ หรือมีผลตอบสนองทางความถี่แบบราบ (flat) แต่ในทางปฏิบัติจริงนั้น ผลตอบสนองทางความถี่ จะเป็นแบบราบหรือค่อนข้างราบ ในช่วงระหว่างขีดจำกัดความถี่บนและล่าง และผลตอบสนองจะลดลงอย่างรวดเร็วที่ขีดจำกัดความถี่บนและล่าง

ชนิดของไมโครโฟนที่แบ่งตามวัสดุที่ใช้ในไมโครโฟน มี 6 ชนิด คือ

1. ไมโครโฟนชนิดคาร์บอน (Carbon Microphone) ไมโครโฟนชนิดนี้ให้เสียงที่มีคุณภาพไม่ค่อยดี ปัจจุบันใช้ในเครื่องโทรศัพท์เท่านั้น
2. ไมโครโฟนชนิดคริสตัล (Crystal Microphone) ไมโครโฟนที่มีราคาถูก น้ำหนักเบาแต่ไม่ทนต่อสภาพ ความร้อน หรือความชื้นสูง เพราะอาจทำให้คริสตัลเสื่อมได้ ไมโครโฟนแบบนี้ให้กำลังไฟฟ้าออกมาสูง และสามารถสภาพสัญญาณได้ดีจึงไม่ต้องอาศัย หม้อแปลง (Transformer) ในตัวของไมโครโฟนช่วยแต่อย่างใด สามารถส่งสัญญาณไปยังเครื่องขยายเสียงได้โดยตรง สามารถใช้สายไมโครโฟนต่อยาวออกไปได้

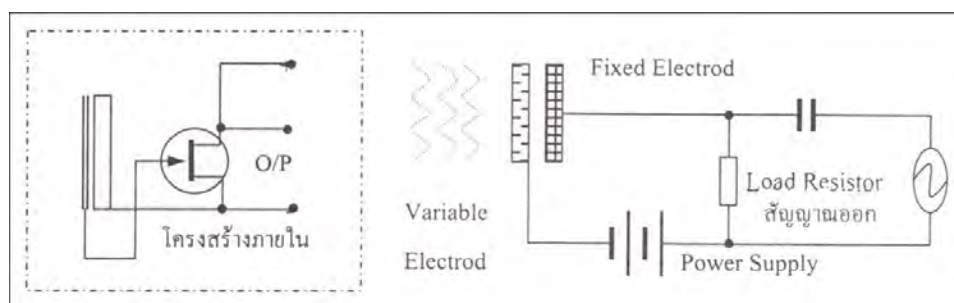
ไม่เกิน 25 ฟุต เพราะถ้าพ่วงสายยาวกว่านี้จะทำให้มีสัญญาณอื่นมารบกวนได้และทำให้สัญญาณจากไมโครโฟนอ่อนลงมาก

3. ไมโครโฟนชนิดเซรามิก (Ceramic Microphone) มีลักษณะการออกแบบหรือหลักการทำงานคล้ายกับไมโครโฟนชนิดคริสตัล ต่างกันที่วัสดุเซรามิกมีคุณภาพดีกว่าคริสตัล เพราะทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นมากกว่า
4. ไมโครโฟนชนิดคอนเดนเซอร์ (Condenser Microphone) เป็นไมโครโฟนที่นิยมใช้ใน ปัจจุบัน สามารถรับเสียงได้ไวมาก มีราคาแพงและมักติดอยู่กับเครื่องบันทึกเสียง ทั่วๆไป
5. ไมโครโฟนชนิดริบบอน (Ribbon or Velocity Microphone) เป็นไมโครโฟนที่บอบบาง เสียง่ายไม่มีไดอะแฟรม การทำงานอาศัยการสั่นสะเทือนของแผ่นริบบอน มีลักษณะ บางเบา และขึงตึงอยู่ระหว่างแม่เหล็กถาวรกำลังสูงและจะทำงานทันทีเมื่อได้รับการ สั่นสะเทือน เป็นไมโครโฟนที่มีคุณภาพสูงและควบคุมสัญญาณได้ดีที่สุด (Highest Fidelity) แต่ไม่ค่อยนิยมใช้กันมาก เพราะมีข้อเสียคือ ไม่เหมาะต่องานสถานที่ แม้แต่ เสียงลมพัดก็จะรับเสียงเอาไว้หมดอาจแก้ไขได้โดยใช้วัสดุกันลม เป็นกระบอกฟองน้ำ สวมครอบแต่ก็ไม่ได้ผลนัก นอกจากนี้ยังมีปัญหาอื่น ๆ อีก เช่น สัญญาณไฟฟ้าที่ได้ ออกมาก่อนข้างต่ำ (Low Output) ต้องใช้เครื่องขยายเสียงที่มีกำลังแรง และ คุณภาพสูง ถ้าพูดใกล้มาก เสียงลมหายใจจะกลบเสียงที่พูด ไมโครโฟนชนิดนี้ไม่นิยมใช้นอก สถานที่ มักพบในสถานีส่งวิทยุ โทรทัศน์และบันทึกเสียง
6. ไมโครโฟนชนิดไดนามิก (Dynamic Microphone) เป็นแบบที่ได้รับความนิยมมากเพราะให้ คุณภาพเสียงดีเหมือนธรรมชาติ มีความทนทานเหมาะสมกับการกระจายเสียงหรือ ระบบเสียงหลายประเภท แต่ราคาค่อนข้างสูง

2.4.9.1 ลักษณะของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนเป็นไมโครโฟนที่แตกต่างจากไดนามิกไมโครโฟนเพราะมีการ เปลี่ยนสัญญาณโดยใช้แรงดันไฟฟ้าทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และมีแผ่นอิเล็กโตรด 2 แผ่นวางไว้ ใกล้ ๆ กัน มีช่องว่างระหว่างกลาง แผ่นอิเล็กโตรดทำหน้าที่เหมือนไดอะแฟรม มีความไวในการรับ

คลื่นเสียง ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของแผ่นอิเล็กโทรด เหมือนกับการทำงานของคาปาซิเตอร์ เกิดเป็นสัญญาณไฟฟ้าขึ้นที่ตัวไมโครโฟน คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนจะต้องมีการจ่ายไฟเลี้ยงตัวไมค์ หรือ อาจจะมีปรีแอมป์อยู่ในนิยมนำใช้งานสตูดิโอ (Studio) ใช้ในเครื่องบันทึกเทปเล็ก ๆ เนื่องจากตัวไมโครโฟนนั้นมีขนาดเล็กและมีความไวสูง เหมาะทั้งงานในและนอกสถานที่ ซึ่งต้องใช้ระยะใกล้ เช่น การบันทึกเทป ในรายการโทรทัศน์ เป็นต้น

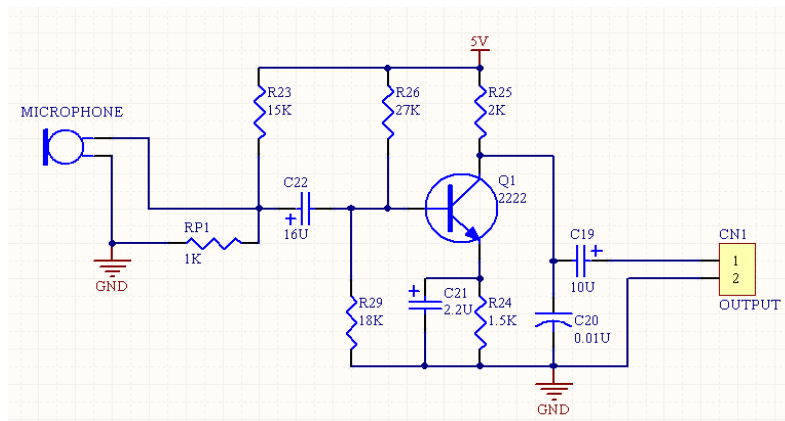


รูปที่ 2.21 โครงสร้างภายในของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน



รูปที่ 2.22 ลักษณะของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

2.4.10 ปรีไมค์ (PRE MIC)



รูปที่ 2.23 วงจรปรีไมค์

ปรีไมค์เป็นวงจรขยายสัญญาณเบาๆ ให้มีความแรงของสัญญาณมีความแรงมากขึ้นพอที่จะนำสัญญาณเสียงที่ตรวจจับได้ไปใช้งาน และสัญญาณจะถูกรบกวนได้ยากขึ้น จากวงจรปรีไมค์ เมื่อมีเสียงมากระทบที่แผ่นอิเล็กโตรด 2 แผ่น จะเกิดการขยับทำให้เกิดเป็นสัญญาณไฟฟ้าขึ้นที่ตัวไมโครโฟนแล้วส่งสัญญาณผ่าน C22 ไปทริกขา Base ของ Transistor Q1 จากนั้น Q1 จะทำการขยายสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ ขึ้นตามเกณฑ์ขยายที่ออกแบบวงจรไว้ และส่งสัญญาณผ่าน C19 ออกไปที่ CN1 เพื่อนำสัญญาณไปใช้งานต่อไป

2.4.11 มอเตอร์การสั่นสะเทือน (Vibration)

เมื่อกล่าวถึงเรื่องการสั่นสะเทือน หลายคนอาจบอกว่าเข้าใจยากในทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัติแล้วเป็นเรื่องง่ายที่จะทำความเข้าใจและนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และติดตามสภาพของเครื่องจักรได้เป็นอย่างดี



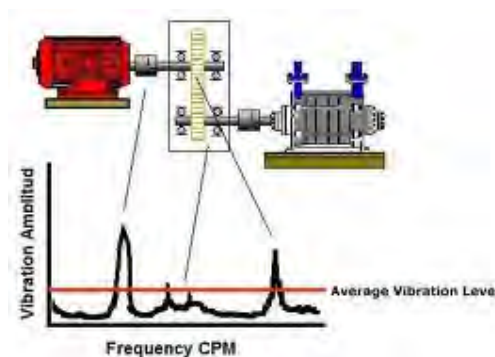
รูปที่ 2.25 มอเตอร์สั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือน คือ การสั่นสะเทือน (Vibration) ในความหมายทางวิศวกรรมก็ คือ “การสั่นหรือการแกว่งของวัตถุหรือชิ้นส่วนต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับจุดที่ใช้อ้างอิง” เช่นการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรเมื่อเปรียบเทียบกับฐานของเครื่อง หรือการสั่นสะเทือนของตลับลูกปืน (Bearing) เมื่อเทียบกับตัวเรือน (Cage or Housing) การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงจะสามารถทำให้เครื่องจักรเกิดความเสียหายได้โดยการแตกหักหรือล้าตัวซึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นจะมากน้อย เร็วหรือช้าก็จะขึ้นอยู่กับขนาดและทิศทางของแรงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนเมื่อเทียบกับขนาดโครงสร้างและคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของวัสดุนั้น ๆ ที่มาของการสั่นสะเทือน (Vibration Source) โดยปกติแล้วการทำงานของชิ้นส่วนของเครื่องจักรหรือเครื่องจักรนั้นย่อมมีการสั่นสะเทือนเป็นธรรมชาติของมันอยู่แล้ว ถ้าระดับการสั่นสะเทือนนั้นไม่มากหรืออยู่ในเกณฑ์ปกติก็ถือว่าเป็นเรื่องธรรมดา แต่ถ้าการสั่นสะเทือนมากเกินไปก็อาจส่งผลให้ชิ้นส่วนตลอดจนเครื่องจักรนั้น ๆ มีอายุการใช้งานที่สั้นลง เราจึงต้องหาสาเหตุและที่มาของการสั่นสะเทือนนั้นเพื่อทำการแก้ไขให้การสั่นสะเทือนนั้นอยู่ในระดับปกติ ซึ่งการสั่นสะเทือนนั้นมาจากหลายสาเหตุ เช่น

- ความไม่สมดุลในการหมุน (Unbalance) จะเกิดขึ้นเมื่อจุดศูนย์กลางของการหมุนและจุดศูนย์กลางของมวลไม่อยู่ในจุด ๆ เดียวกัน เช่น การไม่สมดุลหรือการแกว่งของเพลลาที่คดงอหรือชำรุด การไม่สมดุลของใบพัด ล้อช่วยแรง ชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ในแนวรัศมีหรือในรูปวงกลม

- ความไม่ได้ศูนย์ (Misalignment) ระหว่างเพลลาของมอเตอร์และปั๊มหรือเพลลาของต้นกำลังกับเพลลาของเครื่องจักร

- การหลุดหลวมของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักร
- การที่เบริงหรือบูช เกิดการชำรุดสึกหรอ หรือขาดการหล่อลื่น
- แท่นเครื่องหรือจุดจับยึดของเครื่องจักร ไม่แน่น หรือไม่แข็งแรง



รูปที่ 2.25 โครงสร้างมอเตอร์สั่นสะเทือน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทียนชัย ศิริโสตา [19] ได้กล่าวไว้ว่า การพัฒนาหุ่นยนต์มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจจับหาแหล่งกำเนิดเสียงในระบบ 2 มิติ โดยบอกตำแหน่ง ทิศทาง และมีทิศทางพิกัดของแหล่งกำเนิดเสียง การออกแบบหุ่นยนต์และสร้างชุดค้นแบบหุ่นยนต์ ให้สามารถเลียนแบบการได้ยินเสียงของนกเค้าแมว ชุดค้นแบบที่สร้างขึ้นมาในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนของการออกแบบวงจรตรวจจับเสียงที่รับเข้ามา เพื่อบอกตำแหน่ง ส่วนที่สองเป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมการหันซ้าย หันขวา การก้ม การเงย ออกแบบโดยใช้โปรแกรมภาษา Basic โดยใช้ไมโครโทรลเลอร์ เบอร์ PIC 16F877 ทำหน้าที่ควบคุม Servo Motor ในการหมุนหาตำแหน่ง และทำหน้าที่ในการบังคับทิศทางเพื่อบอกตำแหน่งของต้นกำเนิดของเสียง ผลการวิจัยพบว่าชุดค้นแบบหุ่นยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานี้ สามารถบอกตำแหน่งของต้นกำเนิดของเสียงในระบบ 2 มิติได้อย่างอัตโนมัติ

ปิยะวัฒน์ สุธา [20] ได้กล่าวไว้ว่า การออกแบบชุดทดสอบความบกพร่องทางการได้ยิน และการชดเชย เพื่อให้ผู้ที่มีความบกพร่องทางการได้ยินสามารถทดสอบและใช้งานเครื่องช่วยฟังที่มีความเหมาะสมกับสภาพความบกพร่องทางการได้ยินได้ด้วยตัวเอง ซึ่งในการทดสอบได้ทำการทดสอบตลอดย่านความถี่มาตรฐาน (250Hz – 8kHz) โดยชุดทดสอบจะทำการสร้างสัญญาณชาน์แบบดิจิทัลในแต่ละความถี่ตามช่วงของความถี่มาตรฐาน ให้ผู้บกพร่องทางการได้ยินฟังและวัดหาระดับความดังที่ผู้บกพร่องทางการได้ยินสามารถรับรู้ได้ ซึ่งค่าระดับความดังในแต่ละความถี่ที่

ได้จากการทดสอบจะถูกนำไปเก็บบันทึกเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบและสร้างตัวกรอง สำหรับทำการชดเชยให้ผู้ที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน สามารถได้ยินเสียงในแต่ละความถี่ที่มี ระดับของความดังที่ใกล้เคียงกัน

ศิวาณี นุชิตประสิทธิ์ชัย [21] ได้ออกแบบโปรแกรมแปลงเสียงพูดเป็นภาษามือเพื่อการ ติดต่อสื่อสารกับผู้บกพร่องทางการได้ยิน เนื่องจากปัญหาและอุปสรรคในการติดต่อสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของผู้บกพร่องทางการได้ยินพบว่า การพัฒนาทางเทคโนโลยี สารสนเทศเพื่อช่วยเหลือผู้บกพร่องทางการได้ยินนั้นยังมีข้อจำกัด จึงได้ทำการพัฒนาโปรแกรม แปลงเสียงพูดเป็นภาษามือเพื่อการติดต่อสื่อสารกับผู้บกพร่องทางการได้ยิน เป็นการช่วยเหลือใน การติดต่อสื่อสารเบื้องต้นหรือใช้ในการศึกษา เรียนรู้ภาษามือด้วยตนเอง โดยทำการคัดเลือก คำศัพท์มาจากหนังสือสมาคมคนหูหนวกที่ใช้บ่อยในชีวิตประจำวันพื้นฐานจำนวน 100 คำ สามารถ แบ่งออกได้เป็น 8 หมวดด้วยกัน ซึ่งโปรแกรม จะต้องมียระบบรู้จำเสียงเพื่อทำการแปลงเสียงพูดให้ กลายเป็นข้อมูลดิจิทัลไปตรวจสอบว่าเป็นคำศัพท์คำใดและทำการแสดงภาพภาษามือ 3 มิติโดย เริ่มจากการนำสัญญาณเสียงทั้งต้นแบบและแบบทดสอบมาหาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด เพื่อนำไปหา ค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์เซปทรัลตามความถี่เมล์ (MFCC) และคาบเวลาพิตช์ หลังจากนั้นนำค่าที่ ได้มาเปรียบเทียบบหาค่าความแตกต่างน้อยที่สุดจากการทดสอบระบบรู้จำเสียงที่มีต้นแบบและ แบบทดสอบอย่างละ 1 ชุด พบว่าอัตราส่วนที่ส่งผลให้อัตราความถูกต้องในการรู้จำเฉลี่ยสูงสุดจาก การสุ่มเก็บบันทึกเสียงจำนวน 10 คน เป็นชาย 5 คน หญิง 5 คน ๆ ละ 3 ชุด ๆ ละ 100 คำ คือ MFCC:0.3 Pitch Period ของเพศชาย 90% และหญิง 89% และเมื่อเพิ่มจำนวนต้นแบบเป็น 2 ชุด พบว่าอัตราความถูกต้องในการรู้จำที่ MFCC:0.3 Pitch Period ของเพศชายเป็น 95.2% และหญิง 91.8% เพิ่มขึ้นจากเดิม 2.4% และ 2.8% ตามลำดับ

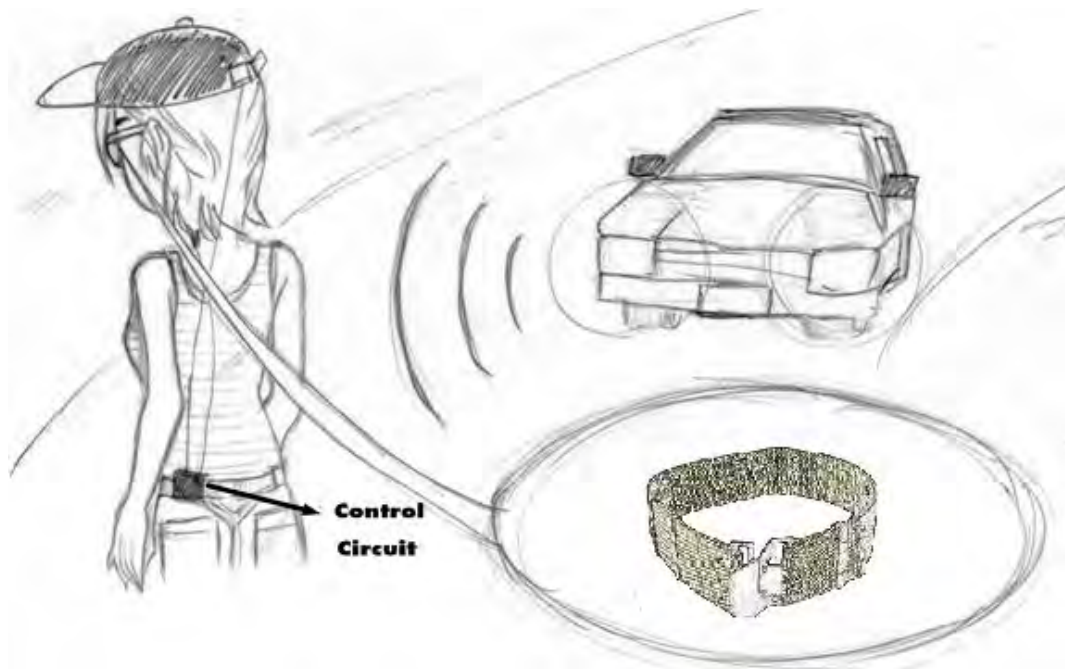
สมคิด แยกคำ [21] ได้กล่าวไว้ว่า การพัฒนาระบบการรับรู้ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียง แบบสองมิติคือ แนวระดับ (Elevation) และแนวระนาบ (Azimuth) โดยใช้ตัวรับสัญญาณเสียงหรือ ไมโครโฟน (ไมค์) เพียง 2 ตัว สำหรับการตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงในแนวระดับ (Elevation) จะใช้ การตรวจจับความแตกต่างของระดับเสียง (IID) ซึ่งมีหลักการสำคัญคือการจัดวางไมค์ทั้งสองข้าง ให้มีระดับที่แตกต่างกันโดยให้ไมค์ด้านขวายู่สูงกว่าด้านซ้ายเล็กน้อยและให้ไมค์ด้านขวาหันไป

ทางด้านบนเพื่อให้การรับเสียงที่มาจากด้านบนนั้นดังกว่าที่มาจากด้านล่าง ส่วนไมค์ด้านซ้ายจะติดตั้งในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับด้านขวา การจัดวางในลักษณะนี้ได้เลียนแบบโครงสร้างตำแหน่งหูของนกเค้าแมว (หูขวาจะอยู่สูงกว่าหูซ้าย) เพื่อทำให้เกิดความแตกต่างของระดับเสียงมีมากขึ้น ส่วนการตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงในแนวระนาบ (Azimuth) จะใช้การตรวจจับการมาถึงก่อนหลังของสัญญาณเสียง (ITD) โดยสัญญาณเสียงที่มาจากทางด้านซ้ายจะมาถึงไมค์ด้านซ้ายก่อน ในทำนองเดียวกันเสียงที่มาจากด้านขวาจะมาถึงไมค์ด้านขวาก่อน ระบบนี้ได้ถูกทดสอบโดยการใช้แหล่งกำเนิดเสียงที่ผลิตความถี่เสียงขนาด 4 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่ความเข้มเสียง 90 เดซิเบล เมื่อวัดห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 1 เมตร โดยแบ่งทิศทางทดสอบของแหล่งกำเนิดเสียงออกเป็น 9 เขตคือ ด้านบนซ้าย, ด้านบนตรงกลาง, ด้านบนขวา, ตรงกลางซ้าย, ตรงจุดกึ่งกลาง, ตรงกลางขวา, ด้านล่างซ้าย, ด้านล่างตรงกลาง และด้านล่างขวา โดยแหล่งกำเนิดเสียงจะถูกวางไว้ห่างจากระบบประมาณ 1 เมตร ผลของการทดสอบระบบพบว่าระบบสามารถตรวจจับตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียงได้อย่างถูกต้องประมาณ 93.33 เปอร์เซ็นต์

เอก ศิริลาพานิช [22] ได้กล่าวไว้ว่า เทคนิคไมโครโฟนคู่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวัดความเข้มเสียงซึ่งสามารถให้ค่าได้ทั้งค่าขนาดและทิศทางของพลังงานเสียง งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการควบคุมเพื่อติดตาม (tracking control) การเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดเสียง และใช้ผลลัพธ์เป็นสัญญาณป้อนกลับสำหรับการควบคุม ค่ามุมบอกตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียงหาได้จากการทำ cross – power spectrum ของสัญญาณที่วัดมาจากไมโครโฟนทั้งคู่ โดยที่การคำนวณ cross – power spectrum ดำเนินการแบบเวลาจริง (real - time) ด้วย DSP (digital signal processor) ส่วนตัวควบคุมนั้นเป็นแบบดิจิทัลโดยใช้กฎการควบคุมแบบ PI (Proportional plus Integral) ผลลัพธ์จากการศึกษาพบว่า ในการคำนวณหาค่ามุมนั้น ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการทำ cross – power spectrum มีความสัมพันธ์อย่างเป็นเชิงเส้นกับค่ามุมของแหล่งกำเนิดเสียง ยกเว้นในกรณีที่แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ใกล้ผนังห้องซึ่งมีผลกระทบจากการสะท้อนของเสียง ในส่วนการควบคุมนั้น ตัวควบคุมสามารถติดตามการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดได้ แต่ยังคงมีความผิดพลาดของขนาดเนื่องจากผลของ directivity ของแหล่งกำเนิดเสียง

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทที่ 3 นี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการพัฒนาเข็มขัดตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน โดยมีหลักการพื้นฐานดังแสดงในรูปที่ 3.1

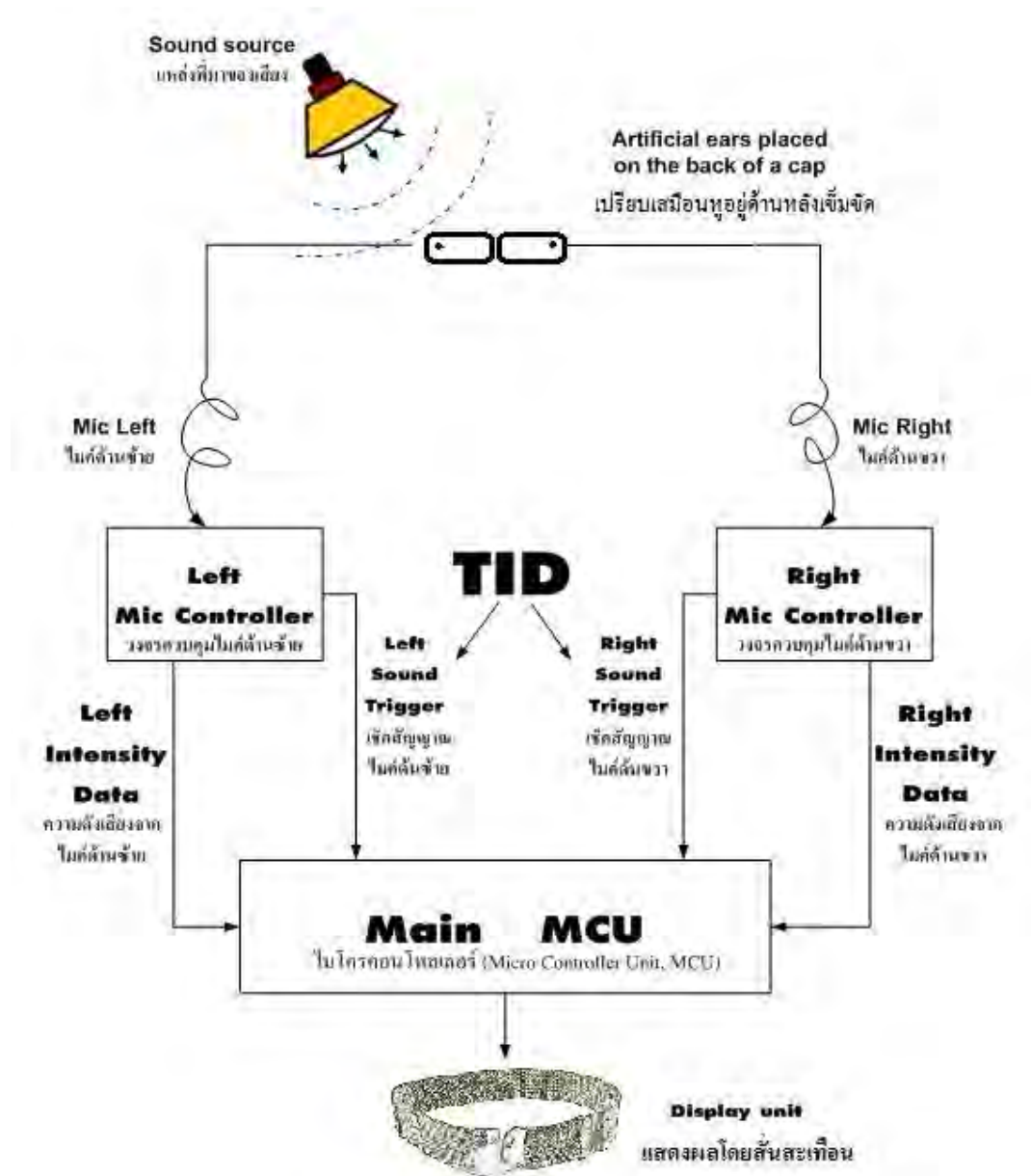


รูปที่ 3.1 คนพิการทางการได้ยิน สวมเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง

เมื่อคนที่มีความบกพร่องทางการได้ยินสวมใส่เข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงเดินตามท้องถนนและถ้ามีรถยนต์มาทางด้านหลังของคนๆนั้น คนขับอาจจะเตือนโดยการกดแตรเพื่อให้คนๆนั้นเดินหลบออกจากทางของรถชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงก็จะสามารถตรวจจับสัญญาณเสียงและทำการประมวลผลว่าเสียงนั้นมาจากทางด้านไหนของข้างหลังเขา หลังจากทีระบบประมวลผลหาทิศทางได้แล้วระบบก็จะแสดงผลผ่านทางระบบสัมผัสเตือนที่ติดอยู่ส่วนของเข็มขัดซึ่งคนที่มีความบกพร่องทางการได้ยินสวมใส่อยู่เพื่อบอกว่ามีวัตถุมาทางด้านหลังของเขา แล้วเขาอาจจะหันหลังไปบอกและหลบเพื่อให้รถขับผ่านไป

3.1 หลักการทำงานของวงจรหาทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง

เพื่อให้ระบบสามารถทำได้ตามแนวคิดที่กล่าวไว้ในข้างต้นระบบที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.2 จึงถูกออกแบบเพื่อใช้สำหรับตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียง โดยมีหลักการทำงานดังนี้ (ดูรูป 3.2 ประกอบ)



รูปที่ 3.2 โครงสร้างพื้นฐานของวงจรหาทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง

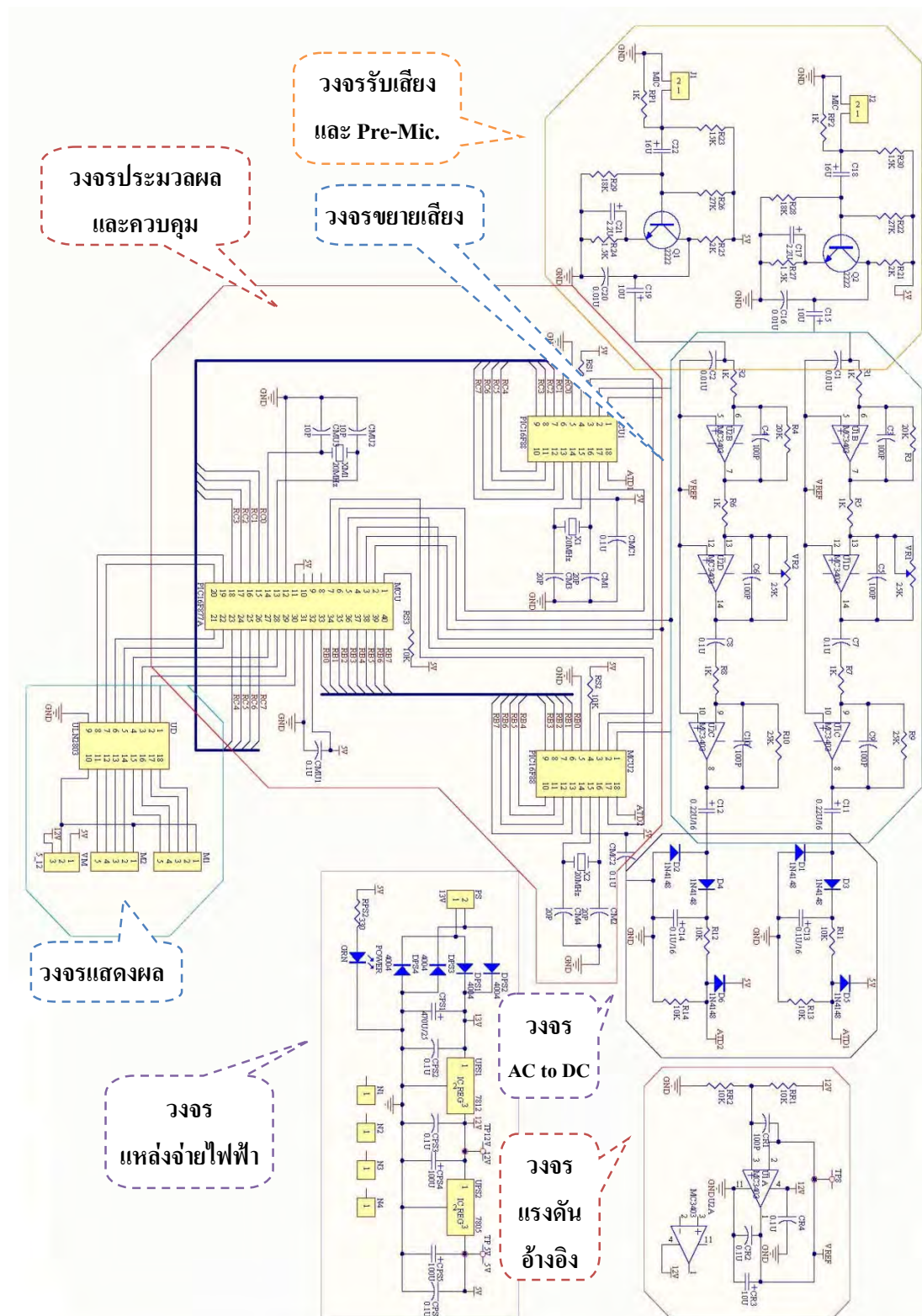
รูปที่ 3.2 แสดงหลักการทำงานพื้นฐานของเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง โดยมีไมโครโฟน 2 อันทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณเสียงที่มาจากทางด้านหลังโดยมีใบหูที่ถูกต้องแบบโดยอาศัยหลักการของหู โดยใบหูซ้ายจะเปิดรับสัญญาณเสียงทางด้านล่างและใบหูขวาจะรับสัญญาณเสียงทางด้านบน เมื่อมีสัญญาณเสียงมาจากทางด้านหลังไมโครโฟนทั้งสองก็จะได้รับสัญญาณเสียงดังกล่าวและจะถูกส่งต่อไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller Unit, MCU) ซ้ายและขวา (Left MCU และ Right MCU) เพื่อประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น โดยข้อมูลที่ประมวลได้จะเป็นขนาดของเสียง (Left and Right Intensity Data) และเวลาที่ไมโครโฟนสามารถตรวจจับสัญญาณเสียงได้ (Left and Right Sound Triggers) และจะถูกส่งต่อไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก (Main MCU) ตัว Main MCU จะทำการตรวจสอบและเปรียบเทียบขนาดของเสียงและเวลาที่ไมโครโฟนตัวหนึ่งตัวใดสามารถตรวจจับสัญญาณเสียงได้ก่อน โดยถ้าขนาดของเสียงที่มากกว่ามาจากไมโครโฟนด้านขวาซึ่งมีใบหูเปิดรับสัญญาณเสียงจากทางด้านบนก็จะแสดงว่าแหล่งกำเนิดเสียงมาจากทางด้านบนและในทางตรงกันข้ามถ้าไมโครโฟนด้านซ้ายดังกว่าก็แสดงว่าสัญญาณเสียงมาจากทางด้านล่าง ดังนั้นด้วยวิธีนี้ระบบจึงสามารถแยกแยะทิศทางของสัญญาณเสียงที่มาจากด้านบนหรือล่างได้

สำหรับการตรวจจับว่าสัญญาณเสียงว่ามาจากด้านซ้ายหรือขวานั้นสามารถทำได้โดยตรวจจับเวลาก่อนหลังของการได้ยินของไมโครโฟนตัวซ้ายหรือขวา ตัวอย่างเช่นในกรณีที่สัญญาณเสียงมาจากทางด้านซ้าย ไมโครโฟนทางด้านซ้ายก็จะได้ยินเสียงก่อนไมโครโฟนทางด้านขวา ตัว Left MCU ก็จะส่งสัญญาณ Left Sound Trigger ไปให้กับ Main MCU ก่อน ซึ่งตัว Main MCU ก็จะประมวลผลว่าสัญญาณมาจากทางด้านซ้าย และในทางตรงกันข้ามถ้าสัญญาณมาจากทางด้านขวา ไมโครโฟนทางด้านขวาก็จะได้ยินเสียงก่อนไมโครโฟนทางด้านซ้าย ตัว Right MCU ก็จะส่งสัญญาณ Right Sound Trigger ไปให้กับ Main MCU ก่อนเช่นกัน ดังนั้นด้วยวิธีนี้ระบบจึงสามารถตรวจจับสัญญาณเสียงว่ามาจากด้านซ้ายหรือขวาได้

เมื่อสัญญาณเสียงได้รับการประมวลผลจนทราบทิศทางแล้ว ตัว Main MCU ก็จะส่งสัญญาณไปให้กับชุดแสดงผลซึ่งในที่นี้จะใช้เข็มขัดที่ติดระบบสั่นสะเทือนไว้เพื่อบอกสถานะให้กับคนที่มีความบกพร่องทางการได้ยินทราบถึงทิศทางของเสียงได้

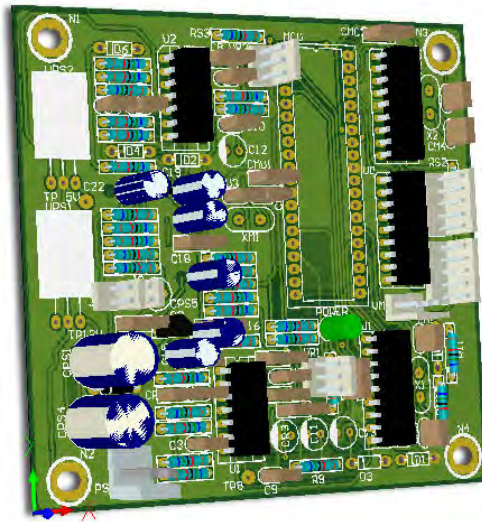
3.2 การออกแบบวงจรควบคุม

การออกแบบวงจร และ PCB มีความสำคัญมากในการทำงานเนื่องจากวงจรเป็นเส้นทางให้สัญญาณต่างๆผ่านจากอุปกรณ์ตัวหนึ่งไปยังอุปกรณ์ตัวอื่นๆ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องออกแบบให้เหมาะสมและถูกต้อง ครบถ้วนจึงจะทำให้วงจรทำงานได้อย่างถูกต้อง จากโครงสร้างการทำงานของระบบทำให้สามารถออกแบบวงจรได้ดังในรูปที่ 3.3 จะเห็นว่าได้มีการนำเอาวงจรทั้งหมดเจ็ดวงจรมาประกอบรวมกันระบบจึงจะทำงานได้ จากนั้นนำวงจรที่ได้ไปออกแบบวงจร PCB ดังในรูปที่ 3.4 หลังจากออกแบบ PCB เสร็จแล้วตรวจสอบเช็คความถูกต้องแล้วจะส่ง File PCB ไปให้โรงงานที่มีเครื่องมือที่สามารถทำ Page True Hole ทำการกัดแผ่น PCB ให้ เนื่องจาก PCB ที่ออกแบบเป็นแบบสองหน้าจึงเป็นการยากที่จะกัด PCB ด้วยตัวเอง



รูปที่ 3.3 วงจรทั้งหมดของระบบ

หลังจากได้รับ PCB แล้วจะทำการตรวจสอบ PCB แล้วทำการลงอุปกรณ์ต่างๆตามที
ออกแบบไว้โดยลงอุปกรณ์ที่เล็กๆ ก่อนหรืออุปกรณ์ที่ต้องวางติดกับแผ่น PCB ก่อน แล้วค่อยลง
อุปกรณ์ตั้งใหญ่ ตัวสูงทีหลังเพื่อไม่เป็นการขวางการลงอุปกรณ์ตัวอื่น เสร็จแล้วทำการตัดอุปกรณ์
ทำการบัดกรี ตรวจเช็คความถูกต้องแล้วนำไปประกอบเข้ากับชุดเข็มขัดบอกลักษณะของ
แหล่งกำเนิดเสียง และชุดแวนสำหรับการแสดงผล (ระบบสั่นสะเทือน) ดังในรูปที่ 3.11 และรูปที่
3.12

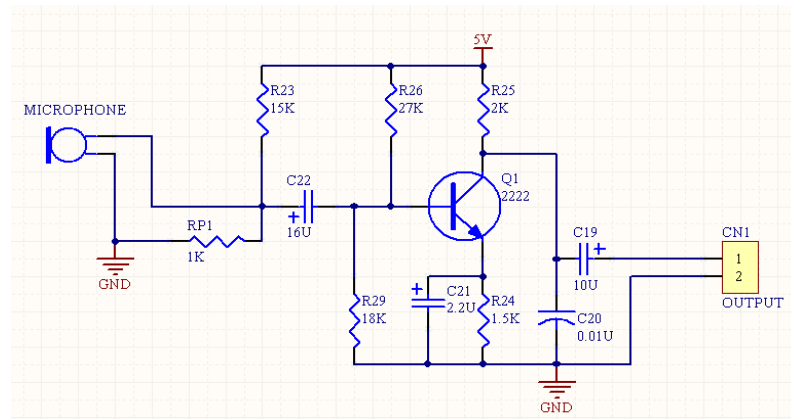


รูปที่ 3.4 ภาพการลงอุปกรณ์แบบสมบูรณ์

หลังจากได้ PCB พร้อมลงอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว จะทำการตรวจเช็คความถูกต้อง
ต่อจากนั้นจะนำวงจรไปทดสอบการทำงานของแต่ละภาคส่วน เมื่อทุกส่วนทำงานได้อย่างถูกต้อง
จะนำไปประกอบเข้ากับชุดตรวจจับสนามเสียงเพื่อทำการทดสอบไม้ค์

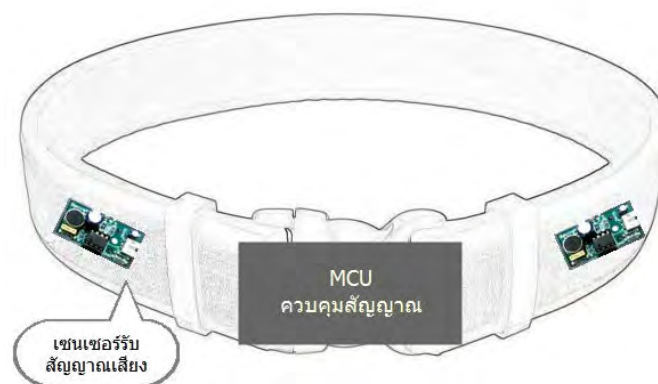
3.3 การออกแบบวงจรรับสัญญาณเสียง

แนวทางในการออกแบบเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน โดยการออกแบบโครงสร้างการทำงานของวงจรเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียง ได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การออกแบบวงจรเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียงด้านซ้ายและด้านขวา

วงจรเซ็นเซอร์รับสัญญาณเสียงเป็นวงจรขยายสัญญาณเบาๆ ให้มีความแรงของสัญญาณมีความแรงมากขึ้น พอที่จะนำสัญญาณเสียงที่ตรวจจับได้ไปใช้งาน และสัญญาณจะถูกปรับจนได้ยากขึ้น จากวงจรปริ๊มัล เมื่อมีเสียงมากระทบที่แผ่นอิเล็กโตรด 2 แผ่น จะเกิดการขยับทำให้เกิดเป็นสัญญาณไฟฟ้าขึ้นที่ตัวไมโครโฟนแล้วส่งสัญญาณผ่าน C22 ไปที่กริยา Base ของ Transistor Q1 จากนั้น Q1 จะทำการขยายสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ ขึ้นตามเกนที่ขยายที่ออกแบบวงจรไว้ และส่งสัญญาณผ่าน C19 ออกไปที่ CN1 เพื่อนำสัญญาณไปใช้งานต่อไป

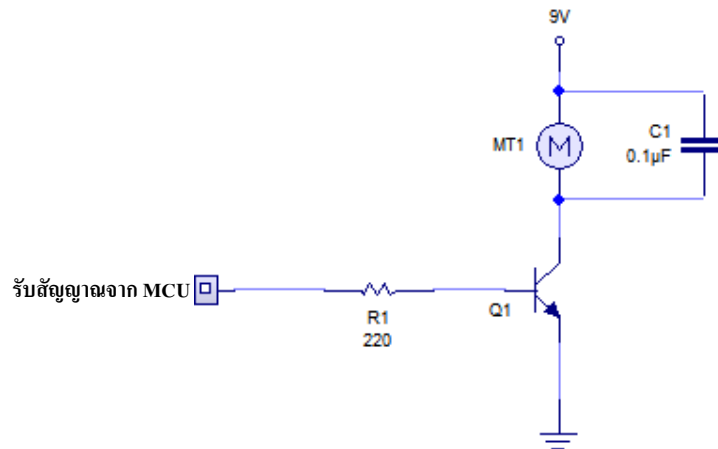


รูปที่ 3.6 การออกแบบเข็มขัดกับวงจรเซ็นเซอร์เสียง

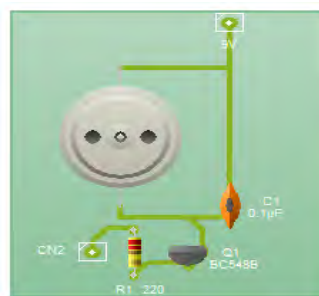
การออกแบบเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงได้ทำการวางไมค์ด้านซ้ายและด้านขวาให้เอียงกันเล็กน้อย โดยให้ไมค์ด้านซ้ายอยู่สูงกว่าไมค์ด้านขวา และที่หูซ้ายจะทำช่องเปิดรับเสียงจากด้านล่าง เพื่อให้สามารถรับเสียงจากด้านล่างได้ดี ส่วนหูด้านขวาจะทำช่องเปิดรับเสียงจากด้านบน เพื่อให้สามารถรับเสียงจากด้านบนได้ดี

3.4 การออกแบบชุดแสดงผล (ระบบสั่งสะท้อน)

แนวทางในการออกแบบชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน โดยการออกแบบโครงสร้างการทำงานการแสดงผล(ระบบสั่งสะท้อน) สำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน ได้ดังรูปที่ 3.9 ถึงรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.7 การออกแบบวงจรชุดแสดงผล (ระบบสั่งสะท้อน)

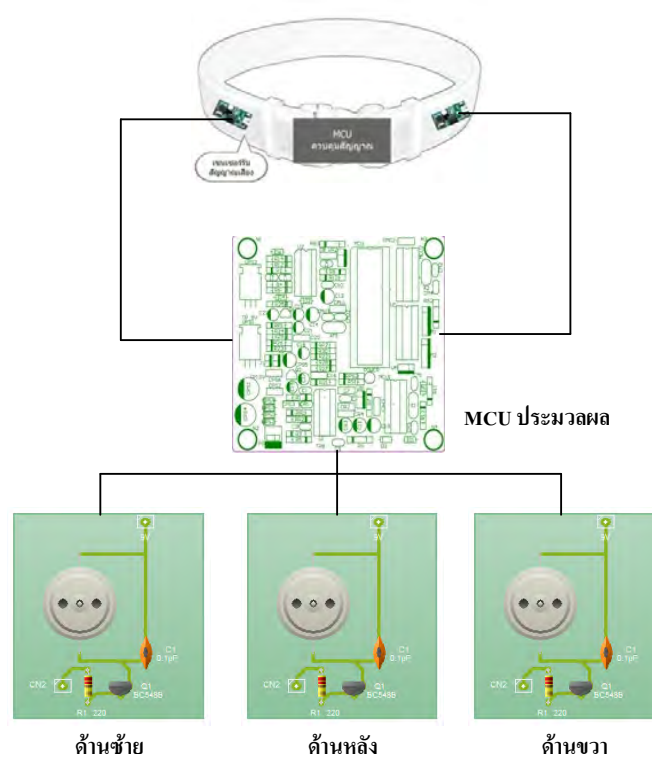


รูปที่ 3.10 ชุดแสดงผล (ระบบสั่งสะท้อน)

การออกแบบชุดแสดงผล (ระบบสัมผัสเตือน) การค้นหาตำแหน่งของเสียง สามารถแสดง (ระบบสัมผัสเตือน) เพื่อแสดงผลจากการตรวจจับสัญญาณเสียงที่เกิดขึ้น โดยจะสามารถตรวจจับ และแสดงผลได้ทั้งหมด 9 เขตคือ ด้านบนซ้าย, ด้านบนตรงกลาง, ด้านบนขวา, ตรงกลางซ้าย, ตรงกลาง, ตรงกลางขวา, ด้านล่างซ้าย, ด้านล่างตรงกลาง และด้านขวาล่างหลังจากสร้างเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงเสร็จแล้วต่อไปจะเป็นการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของระบบ เพื่อนำมาใช้งานร่วมกัน

3.5 ชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน

ขั้นตอนการประกอบชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยินแบบสมบูรณ์ ตามที่ได้ออกแบบชุดเข็มขัดบอกทิศทางแหล่งกำเนิดเสียงและชุดการแสดงผล(ระบบสัมผัสเตือน) ไว้ในผังรูป มาประกอบเข้ากับอุปกรณ์แบบสมบูรณ์ได้ดังรูปที่ 3.11 และ รูปที่ 3.12



รูปที่ 3.11 จำลองชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน

ตามที่ได้ออกแบบชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยินแบบสมมาตรนั้น โดยมีขั้นตอนการประกอบเข้าชุดดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนที่ 1 นำชุดเข็มขัดที่ได้วางไม้ค้ำด้านซ้าย, ด้านขวาและด้านหลังเข็มขัดจะมีสายสัญญาณของไม้ค้ำด้านซ้าย, ด้านขวานำสายสัญญาณบัดกรีเข้ากับช่องรับสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก (Main MCU)
- ขั้นตอนที่ 2 นำชุดเข็มขัดที่ได้ทำการออกแบบไว้มาประกอบเข้ากับชุดแสดงผล (ระบบสั่นสะเทือน) ทั้ง 3 ชุดเพื่อเป็นการแสดงผลด้านการสัมผัส
- ขั้นตอนที่ 3 นำสายสัญญาณจากชุดแสดงผล(สั่นสะเทือน) ด้านซ้าย ด้านขวา และด้านหลัง ทั้ง 3 ชุด บัดกรีเข้า กับช่องรับสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก (Main MCU)

หลังจากประกอบชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยินเสร็จโดยสมบูรณ์แล้วนั้นจะได้รูปจริง ดังรูปที่ 3.11 จากนั้นจะเป็นการทดสอบระบบโดยให้บุคคลทั่วไปได้ทดลองการทำงานจากแบบสอบถามวัดความพึงพอใจเป็นขั้นตอนต่อไป

3.6 การออกแบบแบบสอบถามวัดความพึงพอใจ

การทดลองชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยินข้างต้นนี้โดยมีแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่เป็นเครื่องมือในการประเมินภาพรวม โดยมีการออกแบบ ดังนี้

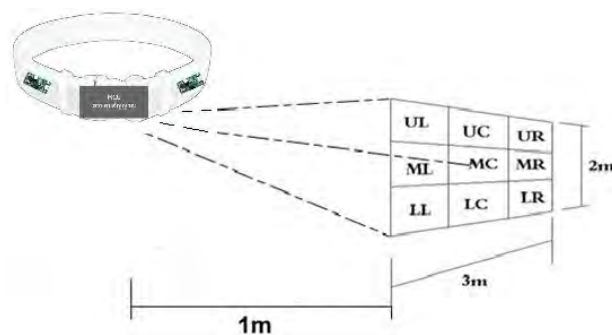
- 3.6.1 ศึกษาแนวคิด เนื้อหาสาระ ระบบงานที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจ
- 3.6.2 นำแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่ออกแบบเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณา ความชัดเจนของคำถามและความเหมาะสม แล้วนำคำแนะนำที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข
- 3.6.3 สร้างขอบเขตข้อมูลทั่วไปของผู้มาทดลองชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน
- 3.6.4 สร้างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อภาพรวมชุดชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยินมีคำถามทั้งหมด 9 ข้อ โดยกำหนดแบบสอบถามออกเป็น 5 ระดับตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังนี้

ให้คะแนนระดับ 5	หมายถึง	พอใจในระดับมากที่สุด
ให้คะแนนระดับ 4	หมายถึง	พอใจในระดับมาก
ให้คะแนนระดับ 3	หมายถึง	พอใจในระดับปานกลาง
ให้คะแนนระดับ 2	หมายถึง	พอใจในระดับน้อย
ให้คะแนนระดับ 1	หมายถึง	พอใจในระดับน้อยที่สุด

3.6.5 นำแบบสอบถามวัดความพึงพอใจชุดชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง สำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยินจัดพิมพ์และทดลองกับบุคคลทั่วไปจำนวน 10 คน

3.7 การทดลองระบบ

หลังจากที่เข็มขัดได้รับการพัฒนาเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการทดสอบระบบดังแสดงในรูปที่ 3.15 โดยให้ผู้ทดสอบสวมใส่เข็มขัดและแว่นตาจากนั้นใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง (Function Generator) วางไว้หลังผู้ทดสอบ โดยจะทำการทดสอบทั้งหมด 9 ตำแหน่งคือ ซ้ายบน (UL) กลางบน (UC) ขวบน (UR) กลางซ้าย (ML) ตรงกลาง (MC) กลางขวา (MR) ซ้ายล่าง (LL) กลางล่าง (LC) และ ขวาล่าง (LR) (ดูรูป 3.15 ประกอบ) โดยทดสอบตำแหน่งละ 10 ครั้ง

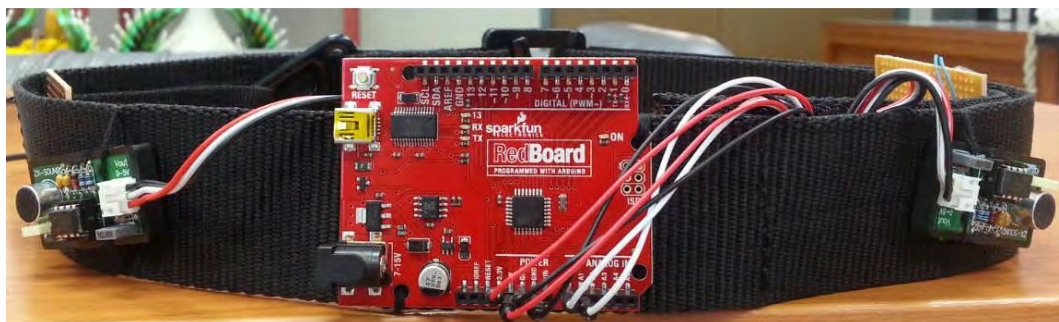


รูปที่ 3.12 การทดสอบระบบเพื่อตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงทั้ง 9 ตำแหน่ง

โดยเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงจะถูกตั้งค่าไว้ที่ 4 กิโลเฮิรตซ์ ที่ความเข้มเสียง 90 เดซิเบล เมื่อวัดห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 1 เมตร เมื่อระบบสามารถตรวจจับสัญญาณเสียงได้ที่ตั้งที่ตั้งที่เข็มขัด และผู้ทดสอบจะได้รับแบบสอบถามความเกี่ยวกับความพึงพอใจของการใช้งานระบบ

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน



รูปที่ 4.1 ระบบสมบูรณ์ที่ประกอบด้วย เข็มขัด ชุดควบคุมและระบบสันสะท้อน

ผลการพัฒนาเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องทางการได้ยินจะประกอบด้วยเข็มขัดที่ติดตั้งชุดรับสัญญาณเสียง (ไมค์และใบหูจำลอง) ตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลการตรวจจับและสุดท้ายคือชุดแสดงผลที่เป็นระบบสันสะท้อน จำนวน 3 ส่วนที่จะทำหน้าที่บอกตำแหน่งของสัญญาณที่ตรวจจับได้

4.2 ผลการทดลองระบบ

ในหัวข้อนี้จะแสดงผลการทดสอบระบบเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดเข็มขัด ทำการทดลองโดยใช้แหล่งกำเนิดเสียงที่ผลิตความถี่เสียงขนาด 4 กิโลเฮิรตซ์ ที่ความเข้มเสียง 90 เดซิเบล เมื่อวัดห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 1 เมตร โดยแหล่งกำเนิดเสียงจะถูกวางไว้ห่างจากระบบ 1 เมตร และทดสอบทั้ง 9 เขต เขตละ 10 รอบรวมเป็น 90 รอบ ให้ผลการทดสอบดังในตารางที่ 4.1

จากตารางที่ 4.1 ผลที่ได้คือเครื่องสามารถบอกตำแหน่งได้ถูกต้องจำนวน 80 ครั้ง จากทั้งหมด 90 ครั้ง ผิดพลาดหรือไปบอกตำแหน่งข้างเคียง เป็นจำนวน 10 ครั้ง ดังผลการทดสอบในตารางที่ 4.1 สามารถคิดค่าประสิทธิภาพในการตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงได้ 66.66 เปอร์เซ็นต์ ทิศทางที่ผิดพลาดมากที่สุดคือทางขวาแนวระนาบ (MR) ผิดพลาดไป 3 ครั้งจาก 10 ครั้ง และทางซ้ายแนวระนาบ (ML) ผิดพลาดไป 2 ครั้งจาก 10 ครั้ง ส่วนด้านที่สามารถบอกทิศทางได้ถูกต้องมากที่สุดคือตำแหน่งตรงกลาง (MC) และ ตำแหน่งทางด้านล่าง (LC) คือ ไม่ผิดพลาด จาก 10 ครั้ง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการค้นหาคำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียง

ทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง	จำนวนครั้งในการทดลอง	จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	จำนวนครั้งที่ผิด	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
ทางซ้ายด้านบน (UL)	10	6	4	60.00%
ทางด้านบน (UC)	10	5	5	50.00%
ทางขวาด้านบน (UR)	10	6	4	60.00%
ทางซ้ายแนวระนาบ (ML)	10	8	2	80.00%
ตรงกลาง (MC)	10	6	4	60.00%
ทางขวาแนวระนาบ (MR)	10	8	2	70.00%
ทางซ้ายด้านล่าง (LL)	10	7	3	70.00%
ทางด้านล่าง (LC)	10	8	2	80.00%
ทางขวาด้านล่าง (LR)	10	7	3	70.00%
ผลรวมทั้งหมด	90	61	29	60%

หลังจากการทดสอบและได้ผลการทดสอบการค้นหาคำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียงทุกกระบวนการแล้ว และได้ผลตามข้างต้นจะได้รับการแสดงผล(สั้นสะท้อน) ทั้ง 9 ทิศทาง

4.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจ

ผลการทดลองสวมใส่ชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยินโดยประเมินวัดความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างบุคคลทั่วไป จำนวน 10 คน ได้ประเมินส่วนต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.2 แสดงผลการประเมินของชุดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน

ข้อ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
		$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1	ความเหมาะสมในการแสดงผลการตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียง	4.3	1.39	ดี
2	ความเร็วในการแสดงผลของชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง	4.4	0.69	ดี
3	ท่านสามารถหันไปตามทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงได้	3.9	0.73	ดี
4	ท่านสามารถที่จะใส่เข็มขัดได้ด้วยตนเอง	4.4	0.69	ดี
5	ท่านสามารถที่จะใส่แวน (ชุดแสดงผล) ได้ด้วยตนเอง	4.5	0.7	ดีมาก
6	มีความเสถียรภาพในการตรวจจับสัญญาณเสียงอย่างต่อเนื่อง	4.1	0.87	ดี

ข้อ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
		$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
7	นำเทคโนโลยีมาช่วยเหลือคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน	4.4	0.69	ดี
8	ความง่ายของการใช้งาน	4.1	0.56	ดี
9	โดยภาพรวมท่านมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับใด	3.8	0.78	ดี
ผลการประเมินรวม		4.21	0.78	ดี

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าผู้ทดลองมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ที่มีต่อชุดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองชุดเพิ่มขีดบอกลักษณะของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน ได้มีการพัฒนาเพื่อให้ผู้ที่มีความบกพร่องทางการได้ยินได้รับรู้ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียงได้ถูกต้อง จึงได้รวบรวมและสามารถสรุปผลของการดำเนินงานและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การพัฒนาเพิ่มขีดบอกลักษณะของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน โดยออกแบบเพิ่มขีดบอกลักษณะของแหล่งกำเนิดเสียงได้ทำการวางไมค์ด้านซ้ายและด้านขวาให้เอียงกันเล็กน้อย โดยให้ไมค์ด้านซ้ายอยู่สูงกว่าไมค์ด้านขวา และที่หูซ้ายจะทำช่องเปิดรับเสียงจากด้านล่าง เพื่อให้สามารถรับเสียงจากด้านล่างได้ดี ส่วนหูด้านขวากจะทำช่องเปิดรับเสียงจากด้านบน เพื่อให้สามารถรับเสียงจากด้านบนได้ดี และออกแบบเพิ่มขีดสำหรับหาแสดงผล ระบบสันสะท้อนการค้นหาด้านของเสียง สามารถแสดง ระบบสันสะท้อนเพื่อแสดงผลจากการตรวจจับสัญญาณเสียงที่เกิดขึ้น โดยจะสามารถตรวจจับและแสดงผลได้ทั้งหมด 9 เขตคือ เมื่อสัญญาณเสียงมาจากด้านบนซ้ายระบบสันสะท้อนด้านซ้ายสั้น 1 ครั้ง เมื่อสัญญาณเสียงมาจากด้านซ้ายระบบสันสะท้อนด้านซ้ายสั้น 2 ครั้ง เมื่อสัญญาณเสียงมาจากด้านล่างซ้ายระบบสันสะท้อนด้านซ้ายสั้น 3 ครั้ง เมื่อสัญญาณเสียงมาจากด้านบนขวาระบบสันสะท้อนด้านขวาสั้น 1 ครั้ง เมื่อสัญญาณเสียงมาจากด้านขวาระบบสันสะท้อนด้านขวาสั้น 2 ครั้ง เมื่อสัญญาณเสียงมาจากด้านล่างขวาระบบสันสะท้อนด้านขวาสั้น 3 ครั้ง เมื่อสัญญาณเสียงมาจากด้านหลังบนตรงกลางระบบสันสะท้อนด้านหลังตรงกลางสั้น 1 ครั้ง เมื่อสัญญาณเสียงมาจากด้านหลังตรงกลางระบบสันสะท้อนด้านหลังตรงกลางสั้น 2 ครั้ง และเมื่อสัญญาณเสียงมาจากด้านหลังล่างตรงกลางระบบสันสะท้อนด้านหลังตรงกลางสั้น 3 ครั้ง

5.2 การอภิปรายผล

การวิจัยเพื่อพัฒนาเพิ่มขีดบอกลักษณะของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยินในครั้งนี้เป็นการหาประสิทธิภาพของผลการทดลอง และประเมินความพึงพอใจจากการทดลอง โดยมีขอบเขตการทดลองดังนี้ 1) ชุดเพิ่มขีดบอกลักษณะของแหล่งกำเนิดเสียงจะตรวจจับสัญญาณเสียง โดยใช้ Condenser Microphone ซึ่งใช้ตรวจจับทิศทางของเสียงที่มาจากทางด้านหลังของผู้ใช้เท่านั้น 2) ชุดแสดงผลจะใช้ระบบสันสะท้อน ทั้ง 3 ระบบ ที่ติดตั้งไว้ที่เข็มขัดของผู้ใช้เป็นตัวแสดงผล 3) การทดสอบระบบจะใช้แหล่งกำเนิดเสียงที่วางไว้ในระยะ 3 เมตร 4) ชุดวงจรควบคุมใช้ Microcontroller (ตระกูล PIC) ใช้แหล่งกำเนิดเสียงที่ปรับความดังไว้ที่ 90 dB ความถี่ 4 kHz และ

กำเนิดเสียงเป็นช่วงๆ 6) ทดสอบโดยวางอุปกรณ์กำเนิดห่างจากระบบไม่เกิน 3 เมตร ซึ่งผลของทดลอง จะแสดงระบบสั้นสะท้อนทั้ง 9 ทิศทาง [20]

ผลการหาประสิทธิภาพการทดลองโดยใช้แหล่งกำเนิดเสียงที่ผลิตความถี่เสียงขนาด 4 กิโลเฮิรตซ์ ที่ความเข้มเสียง 90 เดซิเบล โดยวางชุดอุปกรณ์ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 1 เมตร และทดสอบทั้ง 9 เขต เขตละ 10 รอบรวมเป็น 90 ซึ่งให้ผลการทดลองในภาพรวม คือ ความถูกต้องจำนวน 80 ครั้ง ผิดจำนวน 10 ครั้ง โดยคิดค่าประสิทธิภาพในการตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียงได้ 60 เปอร์เซนต์

ผลการทดลองวัดความพึงพอใจโดยใช้แบบสอบถามการทดลองสวมใส่เข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน พบว่าผู้ทดลองมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.21$) และ (S.D. = 0.78)

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้งาน

เพื่อการนำไปใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นจึงควรดำเนินการดังต่อไปนี้

- ควรมีการพัฒนาชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง และชุดสำหรับแสดงผล ระบบสั้นสะท้อนแบบไร้สายเพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้
- ควรพัฒนาเพิ่มเพื่อให้ระบบสามารถค้นหาแหล่งกำเนิดเสียงได้แบบสามมิติโดยสามารถบอกได้ทั้งทิศทางและระยะห่างของแหล่งกำเนิดเสียง

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป

- การใช้อุปกรณ์สื่อสารเช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Android เป็นอุปกรณ์แสดงผลโดยการสั้น
- สามารถนำหลักการนี้ไปพัฒนาเป็นชุดตรวจจับสัญญาณเสียงที่มีระยะในการตรวจจับที่ไกลมากยิ่งขึ้น ความละเอียดในการตรวจจับสัญญาณมากยิ่งขึ้น เพื่อนำไปตรวจจับผู้บุกรุกในเขตหวงห้ามได้
- สามารถพัฒนาเป็นระบบค้นหาตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียงพร้อมติดกล้องบันทึกสัญญาณภาพ เพื่อคว่ามีอะไรเกิดขึ้นในตำแหน่งที่เกิดเสียง
- พัฒนาชุดแว่นตาสำหรับแสดงผล ระบบสั้นสะท้อนแบบไร้สายเพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้
- ควรพัฒนาเพิ่มเพื่อให้ระบบสามารถค้นหาแหล่งกำเนิดเสียงได้แบบสามมิติโดยสามารถบอกได้ทั้งทิศทางและระยะห่างของแหล่งกำเนิดเสียง

เอกสารอ้างอิง

- A. Zamora, 2012, "Anatomy and Structure of Human Sense Organs", [On-Line] Available:
<http://www.scientificpsychic.com/workbook/chapter2.htm>.
- A. Moiseff, 1989, Bi-Coordinate Sound Localization By the Barn Owl, *Journal of Comparative Physiology A*, 164:637-644.
- B. Adams, C. Breazeal, R.A. Brooks, B. Scassellati, 2000, Humanoid robots: A new kind of tool, *IEEE Intelligent Systems* 15 (4), 25-31.
- B. G. Ferguson, L. G. Criswick and K. W. Lo, 2002, Locating far-field impulsive sound sources in air by triangulation, *Journal of the Acoustical Society of America*, no. 1, pp. 104-116.
- B. Hartman, 1999, How We Localize Sound, *Physics Today on the Web*.
- C. I. Cheng, G.H. Wakefield, 2001, Introduction to Head related Transfer Functions (HRTFs): Representations of HRTFs in Time, Frequency, and Space, *J. Audio Eng. Soc.*, Vol. 49, No. 4.
- E.I. Knudsen and M. Konishi, 1979, Mechanisms of sound localization in the barn owl (*Tyto alba*), *Journal of Comparative Physiology A* 133:13-21.
- E.I. Knudsen, G.G. Blasdel and M. Konishi, 1979, Sound Localization by the Barn Owl (*Tyto alba*) Measured with the Search Coil Technique, *Journal of Comparative Physiology A*, 133:1-11.
- H. Buchner and W. Kellermann, 2001, An acoustic human-machine interface with multi-channel sound reproduction, in *Proceedings of IEEE Fourth Work-shop on Multimedia Signal Processing*, (Cannes, France), pp. 359 -364, October 3-5.
- J. Desloge, W. Rahinowitz and P. Zurek, 1997, Microphone-may hearing aids with binaural output - part I : Fixed-processing systems, *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, no. 6, pp. 529 -542.
- J. Huang, T. Supaongprapa, I. Terakura, N. Ohnishi and N. Sugie, 1997, Mobile robot and sound localization, in *Proceedings of the IEEURSI International Conference on Intelligent Robots and Systems*, (Grenoble, France), pp. 683-689.
- J. W. L. Stmmt, 1907, On our perception of sound direction, *Philos. Mag.*, pp. 214-232.
- Johnson, Ann-Christin, 2009, Occupational exposure to chemicals and hearing impairment – the need for a noise notation, *Karolinska Institutet*, pp.1-48.

- S. S. Ge, A.P. Loh and E Guan, 2003, Sound Localization Based on Mask Diffraction, Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Robotics & Automation, Taipei, Taiwan, September 14-19.
- S.Suksakulchai,2008, “Sound Localization Based on a Barn Owl’s Auditory System”, International Conference on Control, Automation and Systems 2008, Seoul, Korea, Oct. 14-17.
- Y. Weng and K. Y. Guentchev, 2001, Three-dimensional sound localization from a compact noncoplanar array of microphones using tree-based learning, Journal of the Acoustical Society of America, no. 1, pp. 31 & 323.
- กฤษดา เย็นใจ และ ชยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, 2537, การเขียนโปรแกรมภาษา C สำหรับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ด้วย mikroC และการทดลองเบื้องต้น, บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ทีมงานสมาร์ตเลิร์นนิ่ง, 2550, PIC Microcontroller Learning-By-Doing ด้วยภาษาฉบับรวมเครื่องโปรแกรมและอุปกรณ์ครบชุด, Smart Learning, กรุงเทพฯ.
- เทียนชัย ศิริโสตา, 2551, การพัฒนาหุ่นยนต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ปิยะวัฒน์ สุธา, 2551, การออกแบบชุดทดสอบความบกพร่องทางการได้ยินและการชดเชย, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- ศิพานิ นุชิตประสิทธิ์ชัย, 2546, โปรแกรมแปลงเสียงพูดเป็นภาษามือเพื่อการติดต่อสื่อสารกับผู้บกพร่องทางการได้ยิน, สถาบันพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- สมคิด แสงคำ, 2552, การพัฒนาระบบรับรู้ตำแหน่งกำเนิดเสียงแบบ 2 มิติ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- เอก ศิริลาภพานิช, 2554, “การควบคุมติดตามแหล่งกำเนิดสัญญาณเสียงโดยใช้เทคนิค ไมโครโฟนคู่”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย, ครั้งที่ 16, 14-16 ตุลาคม 2554, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาคผนวก ก.
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ชุดทดลอง Pic ETT ET-CP-PIC877-V2



รูปที่ ก.1 Pic ETT ET-CP-PIC877-V2

บริษัท ETT ได้ผลิตแนะนำบอร์ดที่ใช้ CPU ของ MICROCHIP TECHNOLOGY โดยใช้ PIC 16F877 โดย CPU ขนาดของหน่วยความจำแบบ FLASH เป็น 8 K x 14 WORDS และขนาดจำนวน I/O ขนาด 32 I/O ทำให้สามารถใช้งานได้สะดวกพร้อม A-TO-D ขนาด 10 BIT 8 CH ใช้เป็นบอร์ดในการศึกษาทำความเข้าใจในตัว CPU PIC16F877 ได้เป็นอย่างดีโดยมี ส่วนสำหรับใช้ทดสอบ INPUT แบบ ต่างๆ มาให้พร้อม เช่นทดสอบ A TO D , INPUT PORT , OUTPUT PORT , พร้อมสาย DOWNLOAD สามารถเขียน โปรแกรม ASM บน เครื่อง PC จากนั้นทำการ DOWNLOAD เข้าไปใน ตัว CPU PIC 16F877 ได้โดยตรงบอร์ดเดียวจบ เป็น TRAINING BOARD ในตัวนอกจากนี้ ใน PIC V2 ยังมีสายชุดDOWNLOAD ข้อมูล

ใช้ CPU PIC 16F877 RUN 4 MHz สามารถเปลี่ยนได้สูงสุด 20MHz

ON CHIP FLASH PROGRAM MEMORY 8K x 14 WORDS

ON CHIP 368 BYTES RAM / 256 BYTES EEPROM

31 BIT/I/O PORT ใช้งานของ CPU บนบอร์ด CP-PIC877 V2.0 (34 PIN I/O ETT-BUS)

พอร์ต (PORT) แบบ SPI , I2C , RS232 , RS422/485 (OPTIONS)

HIGH SINK / SOURCE CURRENT 25 MA

TWO CAPTURE , COMPARE , PWM MODULES

RTC ใช้ไอซีเบอร์ DS1307 (OPTIONS)

Serial EEPROM 24XX (OPTIONS)

POWER ON RESET/WATCHDOG TIMER

A-TO-D ขนาด 10 BIT 8 CH

LCDPORT 14 PIN ET-BUS ... สำหรับ LCD แบบตัวอักษร

VR 10K x 8 สำหรับทดสอบ ANALOGPORT

LED x 8 สำหรับทดสอบ OUTPUT

SWITCH x 8 สำหรับทดสอบ INPUT

7805 POWER SUPPLY ON BOARD

PCB SIZE CP-PIC877 V2 16.5 x 8.5 cm

ในชุด CP-PIC877 V2.0 ประกอบด้วย

บอร์ด CP-PIC877 V1.0

คู่มือการใช้งาน

แผ่น DISK ใช้งานพร้อม โปรแกรม ASM และตัวอย่างโปรแกรม

สายต่อ 10 PIN สำหรับการ TEST ส่วน I/O ต่างๆ 3 เส้น

สาย DOWNLOAD โปรแกรม ET-PSPI

Computer Notebook Sony Vaio E Series



รูปที่ ก.2 โน้ตบุ๊ก ยี่ห้อ โซนี่

โน้ตบุ๊กจาก Sony โดยรองรับจอภาพขนาดเล็กที่ฝาของโน้ตบุ๊ก จอภาพขนาดเล็กนี้ทำงานร่วมกับ Windows 7 เพื่อการแสดงผลสไลด์โชว์ แสดงระดับแบตเตอรี่ เล่นเกมส์หรือฟังเพลงได้โดยไม่ต้องบู๊ตเข้า Windows ให้เสียเวลา

ซีพียู : Intel Core i3-330M Processor 2.13 GHz

แรม : DDR2-667 x 2 สามารถใส่ได้สูงสุด 4GB

ฮาร์ดดิสก์ : 320 GB (5400 rpm)

จอแสดงผลหลัก : ขนาด 15 นิ้ว ความละเอียด 1280x800 พิกเซล (Wide Screen)

จอแสดงผล 2 : จอภาพขนาดเล็ก 2.5 นิ้ว ความละเอียด 320x240 พิกเซล

การ์ดจอ : ATI

CD/DVD : 8x DVD Super Multi Drive

USB Port : มีทั้งหมด 3 Port

แลนไร้สาย : Atheros Wireless 802.11b/g

แลน : 10/100 LAN

โมเด็ม : 56K V92 Modem

Bluetooth : Bluetooth 2.0 + EDR

Express Card : Express Card/54

Card Reader : SD, MMC, MS, MS Pro

จุดต่อเสียง : หูฟัง, ไมโครโฟน, S/PDIF

น้ำหนัก : 3 kg.

ภาคผนวก ข.

แบบสอบถามความพึงพอใจ

แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อ

ชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความที่เป็นจริง

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ ☐ น้อยกว่า 20 ปี ☐ 20-25 ปี ☐ 25-40 ปี ☐ 40 ปี ขึ้นไป
3. การศึกษา ☐ มัธยมศึกษาปีที่ 3 ☐ มัธยมศึกษาปีที่ 6 ☐ ปวช. ☐ ปว.ส.
☐ ปริญญาตรีหรือสูงกว่า ☐ กำลังศึกษาอยู่ (ระบุ).....

ตอนที่ 2 โปรดพิจารณาว่าชุดหมวกบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงฯ มีองค์ประกอบเหมาะสมเพียงใด

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

- | | | |
|---|---------|------------|
| 5 | หมายถึง | มากที่สุด |
| 4 | หมายถึง | มาก |
| 3 | หมายถึง | ปานกลาง |
| 2 | หมายถึง | น้อย |
| 1 | หมายถึง | น้อยที่สุด |

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	ความเหมาะสมในการแสดงผลการตรวจจับแหล่งกำเนิดเสียง					
2	ความเร็วในการแสดงผลของชุดหมวกบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง					
3	ท่านสามารถหันไปตามทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงได้					
4	ท่านสามารถที่จะใส่หมวกได้ด้วยตนเอง					
5	ท่านสามารถที่จะใส่แว่น (ชุดแสดงผล) ได้ด้วยตนเอง					
6	มีความเสถียรภาพในการตรวจจับสัญญาณเสียงอย่างต่อเนื่อง					
7	นำเทคโนโลยีมาช่วยเหลือคนที่มีความบกพร่องการได้ยิน					
8	ความง่ายของการใช้งาน					
9	โดยภาพรวมท่านมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับใด					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ภาคผนวก ค.
วิธีการใช้งานชุดอุปกรณ์

คู่มือการใช้งาน

1. สวมชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง
2. สวมชุดเข็มขัดสำหรับแสดงผล (ระบบสัมผัสเตือน)
3. เชื่อมต่อ แหล่งจ่ายไฟขนาด 9 V (ใส่ถ่าน) ให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
(Micro Controller Unit, MCU)
4. สังเกตสัญญาณเสียงเมื่อเข้ามาที่ชุดเข็มขัดบอกทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงและ
จะแสดงผลที่ชุดระบบสัมผัสเตือน)

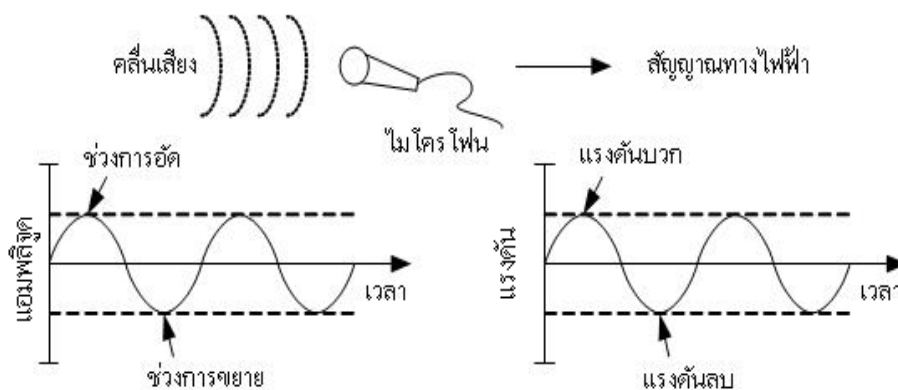
ภาคผนวก ง.

คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน (Condenser Microphone)

คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน (Condenser Microphone)

หลักการทำงานของไมโครโฟน

เมื่อต้องการนำเสียงที่ได้ยินมาทำการวิเคราะห์หรือขยายความดัง อุปกรณ์สำคัญซึ่งทำหน้าที่ในการรับพลังงานเสียง และแปลงเสียงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าคือไมโครโฟน [10] แอมพลิจูดของสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้จากไมโครโฟนเป็นสัดส่วนกับแอมพลิจูดของคลื่นเสียงที่ผ่านเข้ามา และยิ่งขึ้นอยู่กับความสามารถของไมโครโฟนอีกด้วย ในกรณีที่ไมโครโฟนสามารถแปลงคลื่นเสียง ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าได้ทั้งหมด แอมพลิจูดของสัญญาณทางไฟฟ้าจะมีความสูงเท่ากันกับแอมพลิจูดของคลื่นเสียง ซึ่งจะเห็นว่าแอมพลิจูดของคลื่นเสียงได้รับการแปลงไปเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า กล่าวคือในช่วงการอัดของโมเลกุลของอากาศ ซึ่งมีแอมพลิจูดสูงสุดนั้น จะเกิดแรงดันบวกของสัญญาณทางไฟฟ้าขึ้น และในช่วงการขยายของโมเลกุลของอากาศ ซึ่งมีแอมพลิจูดต่ำสุด จะเกิดแรงดันลบของสัญญาณทางไฟฟ้า



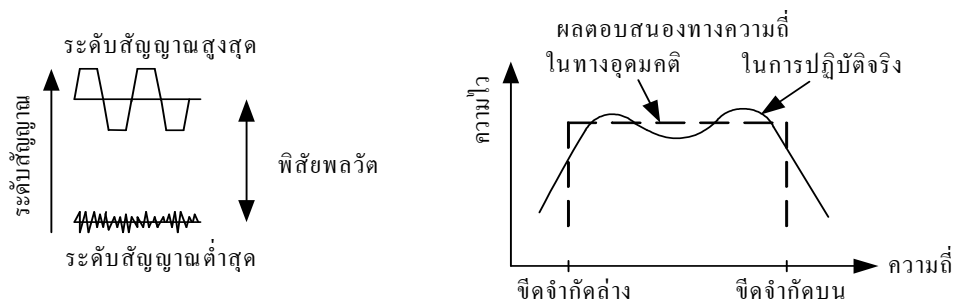
รูปที่ ง.1 การแปลงคลื่นเสียงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าของไมโครโฟน

ความสามารถของไมโครโฟน

ความสามารถของไมโครโฟนพิจารณาได้จากลักษณะสมบัติที่สำคัญดังต่อไปนี้

- ความไว (sensitivity) คือ ค่าอัตราส่วนของแรงดันเอาต์พุตที่เกิดจากไมโครโฟนเทียบกับความดันเสียงที่เข้ามา มีหน่วยเป็นโวลต์ต่อปาสคาล (V/Pa) และอาจแสดงในหน่วยเดซิเบล (dB) ก็ได้ ซึ่งไมโครโฟนที่ดีจะต้องมีค่าความไวสูง
- พิสัยพลวัต (dynamic range) คือพิสัยการวัดของไมโครโฟนซึ่งถูกจำกัดการวัดที่ระดับต่ำสุดด้วยสัญญาณรบกวนทางอิเล็กทรอนิกส์ (electronic noise) ของ ไมโครโฟน (สัญญาณรบกวนทางอิเล็กทรอนิกส์ คือ เอาต์พุตที่เกิดขึ้นแม้ไม่มีความดันเสียงเข้ามายัง

ไมโครโฟนเลย) และถูกจำกัดการวัดที่ระดับสูงสุดด้วย ความไม่เป็นเชิงเส้นของ ไมโครโฟน และการเพี้ยนของรูปคลื่น



รูปที่ ๒.2 พิสัยพลวัตและผลตอบสนองทางความถี่ของไมโครโฟน

- ผลตอบสนองทางความถี่ (frequency response) ของไมโครโฟน คือค่าความไวเทียบกับความถี่ ในทางอุดมคติ ไมโครโฟนควรมีค่าความไวเท่ากันตลอดทุกความถี่ หรือมีผลตอบสนองทางความถี่แบบราบ (flat) แต่ในทางปฏิบัติจริงนั้น ผลตอบสนองทางความถี่ จะเป็นแบบราบหรือค่อนข้างราบ ในช่วงระหว่างขีดจำกัดความถี่บนและล่าง และผลตอบสนองจะลดลงอย่างรวดเร็วที่ขีดจำกัดความถี่บนและล่าง

ชนิดของไมโครโฟน

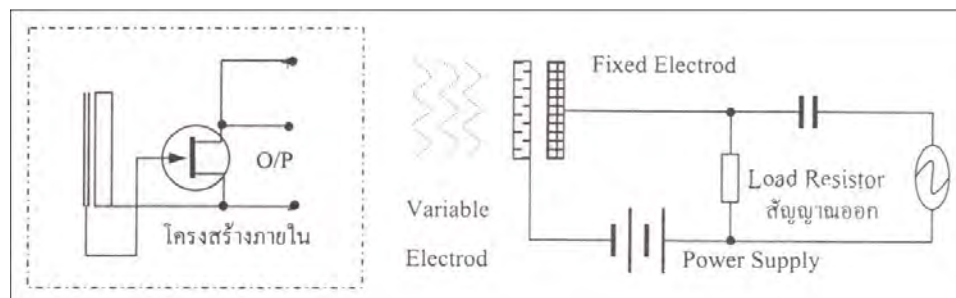
ชนิดของไมโครโฟน [10] ที่แบ่งตามวัสดุที่ใช้ในไมโครโฟน มี 6 ชนิด คือ

1. ไมโครโฟนชนิดคาร์บอน (Carbon Microphone) ไมโครโฟนชนิดนี้ให้เสียงที่มีคุณภาพไม่ค่อยดี ปัจจุบันใช้ในเครื่องโทรศัพท์เท่านั้น
2. ไมโครโฟนชนิดคริสตัล (Crystal Microphone) ไมโครโฟนที่มีราคาถูกน้ำหนักเบาแต่ไม่ทนต่อสภาพความร้อน หรือความชื้นสูง เพราะอาจทำให้คริสตัลเสื่อมได้ ไมโครโฟนแบบนี้ให้กำลังไฟฟ้าออกมาสูงและสามารถสภาพสัญญาณได้ดีจึงไม่ต้องอาศัยหม้อแปลง (Transformer) ในตัวของไมโครโฟนช่วยแต่อย่างใด สามารถส่งสัญญาณไปยังเครื่องขยายเสียงได้โดยตรงสามารถใช้สายไมโครโฟนต่อยาวออกไปได้ไม่เกิน 25 ฟุต เพราะถ้าพ่วงสายยาวกว่านี้จะทำให้มีสัญญาณอื่นมารบกวนได้และทำให้สัญญาณจากไมโครโฟนอ่อนลงมาก

3. ไมโครโฟนชนิดเซรามิก (Ceramic Microphone) มีลักษณะการออกแบบหรือหลักการ ทำงานคล้ายกับไมโครโฟนชนิดคริสตัลต่างกันที่วัสดุเซรามิกมีคุณภาพดีกว่าคริสตัล เพราะทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นมากกว่า
4. ไมโครโฟนชนิดคอนเดนเซอร์ (Condenser Microphone) เป็นไมโครโฟนที่กานิยมใช้ใน ปัจจุบัน สามารถรับเสียงได้ไวมากมีราคาแพงและมักติดอยู่กับเครื่องบันทึกเสียงทั่วไป
5. ไมโครโฟนชนิดริบบอน (Ribbon or Velocity Microphone) เป็นไมโครโฟนที่บอบบางเสีย ง่ายไม่มีไดอะแฟรม การทำงานอาศัยการสั่นสะเทือนของแผ่นริบบอน มีลักษณะบางเบา และขึงตึงอยู่ระหว่างแม่เหล็กถาวรกำลังสูงและจะทำงานทันทีเมื่อได้รับการสั่นสะเทือน เป็นไมโครโฟนที่มีคุณภาพสูงและควบคุมสัญญาณได้ดีที่สุด (Highest Fidelity) แต่ไม่ ค่อยนิยมนำใช้กันมาก เพราะมีข้อเสียคือไม่เหมาะต่องานสถานที่แม้แต่เสียงลมพัดก็จะรับ เสียงเอาไว้หมดอาจแก้ไขได้โดยใช้วัสดุกันลมเป็นกระบอกพองน้ำสวมครอบแต่ก็ไม่ได้ผล นัก นอกจากนี้ยังมีปัญหาอื่น ๆ อีก เช่น สัญญาณไฟฟ้าที่ได้ออกมามีค่าน้อย (Low Output) ต้องใช้เครื่องขยายเสียงที่มีกำลังแรง และ คุณภาพสูง ถ้าพูดใกล้มากเสียงลม หายใจจะกลบเสียงที่พูด ไมโครโฟนชนิดนี้ไม่นิยมนำใช้นอกสถานที่มักพบในสถานีส่งวิทยุ โทรทัศน์และบันทึกเสียง
6. ไมโครโฟนชนิดไดนามิก (Dynamic Microphone) เป็นแบบที่ได้รับความนิยมมากเพราะให้ คุณภาพเสียงดีเหมือนธรรมชาติมีความทนทานเหมาะสมกับการกระจายเสียงหรือระบบ เสียงหลายประเภทแต่ราคาค่อนข้างสูง

ลักษณะของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนเป็นไมโครโฟนที่แตกต่างจากไดนามิกไมโครโฟนเพราะมีการเปลี่ยน สัญญาณโดยใช้แรงดันไฟฟ้าทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและมีแผ่นอิเล็กโทรด 2 แผ่นวางไว้ใกล้ ๆ กัน มีช่องว่างระหว่างกลางแผ่นอิเล็กโทรดทำหน้าที่เหมือนไดอะแฟรม มีความไวในการรับคลื่นเสียงทำ ให้เกิดการเคลื่อนตัวของแผ่นอิเล็กโทรด เหมือนกับการทำงานของคาปาซิเตอร์เกิดเป็นสัญญาณไฟฟ้า ขึ้นที่ตัวไมโครโฟนคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนจะต้องมีการจ่ายไฟเลี้ยงตัวไมค์ หรืออาจจะมีปรีแอมป์อยู่ ในนิยมนำใช้งานสตูดิโอ (Studio) ใช้ในเครื่องบันทึกเทปเล็ก ๆ เนื่องจากตัวไมโครโฟนนั้นมีขนาดเล็ก และมีความไวสูง เหมาะทั้งงานในและนอกสถานที่ซึ่งต้องใช้ระยะไกล เช่น การบันทึกเทป ในรายการ โทรทัศน์ เป็นต้น



รูปที่ ง.3 โครงสร้างภายในของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

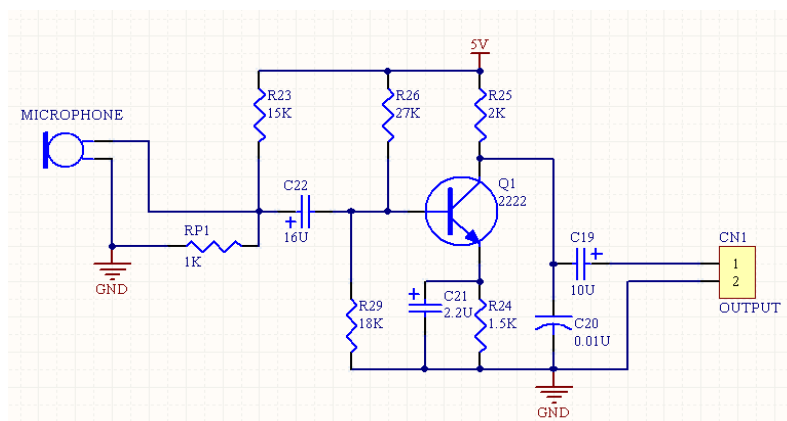


รูปที่ ง.4 ลักษณะของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

ภาคผนวก จ.

ปริไมค์ (PRE MIC)

ปริไมค์ (PRE MIC)



รูปที่ จ.1 วงจรปริไมค์

ปริไมค์ [20] เป็นวงจรขยายสัญญาณเบาๆ ให้มีความแรงของสัญญาณมีความแรงมากขึ้น พอที่จะนำสัญญาณเสียงที่ตรวจจับได้ไปใช้งาน และสัญญาณจะถูกรบกวนได้ยากขึ้น จากวงจรปริไมค์ เมื่อมีเสียงมากระทบที่แผ่นอิเล็กทรอนิกส์ 2 แผ่น จะเกิดการขยับทำให้เกิดเป็นสัญญาณไฟฟ้าขึ้นที่ตัวไมโครโฟนแล้วส่งสัญญาณผ่าน C22 ไปทริกขา Base ของ Transistor Q1 จากนั้น Q1 จะทำการขยายสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ ขึ้นตามเกณฑ์ขยายที่ออกแบบวงจรไว้ และส่งสัญญาณผ่าน C19 ออกไปที่ CN1 เพื่อนำสัญญาณไปใช้งานต่อไป

ภาคผนวก จ.

PIC (Peripheral Interface Controller)

PIC (Peripheral Interface Controller)

PIC คือ Microcontroller อีกตระกูลหนึ่ง ย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่ง concept ของ microcontroller ตระกูลนี้ก็คือพยายามรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมัน ไม่ว่าจะเป็น PROGRAM MEMORY, RAM, EEPROM, SERIAL, I2C, PWM, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งเหมือนกับ CPU ในการออกแบบวงจรได้นำเอา MCU PIC มาใช้งานทั้งหมดสามตัว สองรุ่นทำงานร่วมกันตามความจำเป็น และความสามารถของแต่ละตัว เพื่อให้เหมาะสมกับการทำงาน

ความเร็วของ PIC

ภาคของความถี่สัญญาณนาฬิกา ปัจจุบันสามารถทำสัญญาณนาฬิกาได้ที่ 20 MHz ซึ่งทำให้หนึ่งคำสั่งของ PIC ใช้เวลาเพียง 0.25 μ s ส่งผลให้ MCU ทำงานและประมวลผลได้เร็วมากขึ้นเพื่อให้มีการประมวลผลที่เร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

หน่วยความจำของ PIC

ในอดีตหน่วยความจำของ PIC จะค่อนข้างน้อย คืออยู่ระหว่าง 512 words ถึง 4K words แต่ในปัจจุบัน บริษัท microchip ซึ่งเป็นเจ้าของ PIC ได้พัฒนาจนทำให้ memory ของ PIC มีขนาดเป็นหลายร้อยกิโลไบต์ และจะขยายได้ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในเรื่องของขนาดของหน่วยความจำของ PIC จะนับไม่เหมือนปกติ โดยที่หนึ่งคำสั่งของ PIC จะมีขนาด 14 bits ดังนั้นเราจะเรียกว่า 1 word เช่น PIC16F84A ระบุว่ามีความจำ 1 K (ซึ่งหมายถึง 1 kWord ถ้าคำนวณให้เป็นแบบ 1 byte = 8 bit จะได้ว่า $1 \times 1,024 \times 14 = 14,336$ bits ดังนั้นก็คือ $14,336 / (8 \times 1,024) = 1.75$ K bytes

ชนิดของ PIC

MCU ในตระกูล PIC ถ้าแบ่งออกตามชนิดของ PROGRAM MEMORY แบ่งได้เป็น 3 แบบคือ

1. OTP (one time programmable)
2. EPROM (erasable programmable ROM)
3. EEPROM / Flash (electronically erasable programmable ROM)

ประวัตินักวิจัย

ชื่อ – สกุล	นางสาวศิริวรรณ พลเศษ
วัน เดือน ปีเกิด	3 กรกฎาคม 2529
ประวัติการศึกษา	
ระดับมัธยมศึกษา	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย พ.ศ. 2547
ระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (คอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี พ.ศ. 2551
ระดับปริญญาโท	ครุศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2554
ประวัติการทำงาน	อาจารย์ประจำพิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สาขาวิชาไฟฟ้าอุตสาหกรรม