เครื่องช่วยฟังสำหรับผู้มีความบกพร่องทางหู

Hearing Aid for Hearing Impaired

นายปฏิภาณ ทรัพย์ประวัติ

Patipran Sapprawat

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2557

เครื่องช่วยฟังสำหรับผู้มีความบกพร่องทางหู

Hearing Aid for Hearing Impaired

โดย

นายปฏิภาณ ทรัพย์ประวัติ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.อิทธิภูมิ บุญพิคำ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องช่วยฟังสำหรับผู้มีความบกพร่องทางหู

Hearing Aid for Hearing Impaired

ผู้จัดทำ นายปฏิภาณ ทรัพย์ประวัติ รหัสประจำตัว 54010756

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(ดร.อิทธิภูมิ บุญพิคำ)

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องช่วยฟังสำหรับผู้มีความบกพร่องทางหู
นักศึกษา	นายปฏิภาณ ทรัพย์ประวัติ รหัสประจำตัว 54010756
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ดร.อิทธิภูมิ บุญพิคำ

บทคัดย่อ

การออกแบบเครื่องช่วยฟังสำหรับผู้มีความบกพร่องทางหู หรือที่มีปัญหาในการได้ยิน ระบบประกอบด้วยวงจรขยายล่วงหน้าและวงจร Equalizer การทำงานของระบบคือการรับสัญญาณเสียงมาจากไมโครโฟน ผ่านวงจรขยายล่วงหน้า เพื่อเพิ่มระดับสัญญาณเสียง แล้วส่งสัญญาณที่ขยายนี้ไปยังวงจร Equalizer เป็นตัวปรับความถี่เสียงแต่ละย่านความถี่เสียง 5 ย่านความถี่ก่อนส่งออกไปยังหูฟัง รวมถึงวงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้ระบบที่อาศัยแบตเตอรี่ และหูฟัง เครื่องช่วยฟังนี้ยังสามารถปรับระดับควบคุมความดังของเสียงทางด้านเอาท์พุท และควบคุมความถี่เสียงแต่ละย่านความถี่ 5 ย่านความถี่

Thesis Title	Hearing Aid for Hearing Impaired
Student	Mr.Patipran Sapprawat Student ID 54010756
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2014
Thesis Advisor	Ittibhoom Boonpikum, Ph.D

ABSTRACT

A hearing aid is designed for wearer who has hearing impairment. The system composes of 5 main parts which includes microphone, preamplifier circuit, equalizer, power source and earpiece. The preamplifier amplifies the sound from the microphone and passes the signal to the equalizer. The equalizer allows user to adjust frequency which divided into 5 ranges and send it to the earpiece. The system use battery as a power distributor to all circuits. Moreover, the user can adjust volume of the output sound and range of frequency that appropriate for hearing.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณโอกาสที่ข้าพเจ้าได้เข้ามาศึกษา ในสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อีกทั้งสถาบันที่เอื้ออำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาการทำโครงงาน รวมทั้งการได้เข้ามาดำเนินชีวิตระหว่างการศึกษาซึ่งทำให้ข้าพเจ้าได้แง่คิดทั้งด้านการทำงานและการใช้ชีวิต ฯลฯ

ขอขอบพระคุณ ดร.อิทธิภูมิ บุญพิคำ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำปรึกษา เสนอแนะ อบรมสั่งสอนทักษะในด้านการทำงานและการชีวิต ให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนแก้ไขและเพิ่มเติมรายละเอียดของโครงงานฉบับนี้จนเป็นที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณกลุ่มตัวอย่างรวมถึงสถานที่ ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีและเอื้ออำนวยความสะดวกสำหรับทดสอบการใช้อุปกรณ์

สุดท้ายนี้กราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัว และอาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนทั้งวิชาการและจริยธรรม และสนับสนุนจนเป็นข้าพเจ้าในทุกวันนี้

หากมีข้อผิดพลาดประการใดในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอน้อมรับและขออภัยไว้ ณ ที่นี้

ปฏิภาณ ทรัพย์ประวัติ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VII

สารบัญรูป (ต่อ).....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 สมมติฐาน.....2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการใช้เครื่องช่วยฟัง.....2

บทที่ 2 ทฤษฎี.....3

2.1 เสียง.....3

2.2 ส่วนประกอบของหู.....4

2.3 เครื่องช่วยฟัง (Hearing Aids).....6

2.4 คุณลักษณะของเสียง.....6

2.5 คุณลักษณะของเสียง.....7

สารบัญ (ต่อ)

2.6 ชนิดของไมโครโฟน (Microphone).....9

2.6.1 คอนเดนเซอร์ ไมโครโฟน (Condenser Microphone).....10

2.7 การติดต่อสื่อสารด้วย SPI : Serial Peripheral Interface.....11

2.8 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ LCD Display.....12

2.8.1 การควบคุมการแสดงผลของ LCD.....13

2.8.2 การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่าง Microcontroller กับ LCD Controller.....14

2.9 Arduino.....15

2.10 สวิตช์.....19

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ..... 20

3.1 หลักการการทำงานของระบบ.....21

3.2 การออกแบบโปรแกรม Arduino.....26

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง..... 27

4.1 การทดลองที่ 1.....36

4.1 การทดลองที่ 2.....30

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....34

5.1 สรุปผล..... 34

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข..... 35

5.2.1 ปัญหาที่พบ..... 35

5.2.2 แนวทางแก้ไขปัญหา..... 35

เอกสารอ้างอิง.....36

ภาคผนวก ก. 38

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ระดับการสูญเสียการได้ยินที่แตกต่างกัน....1

2.7 แสดงสายเส้นสัญญาณทั้งสี่เส้นของการติดต่อสื่อสารด้วย SPI.... 11

4.1 ผลการทดลองของผู้ทดสอบคนที่ 1....30

4.2 ผลการทดลองของผู้ทดสอบคนที่ 2....30

4.3 ผลการทดลองของผู้ทดสอบคนที่ 3....30

4.4 ผลการทดลองของผู้ทดสอบคนที่ 4....31

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การได้ยินเสียง....3

2.2 โครงสร้างภายในของหู....4

2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงความถี่และระดับความเข้มเสียงที่หูคนปกติสามารถรับรู้....8

2.4 วงจรการต่อMaster 1 ตัวกับ Slave 3 ตัว....12

2.5 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3....14

2.6 บอร์ด Arduino....15

2.7 แสดงการเขียนโปรแกรมคอมผ่านทางโปรแกรม Arduino....16

2.8 แสดงการเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload....17

2.9 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด....17

2.10 ตรวจสอบความถูกต้องและ Upload โค้ดโปรแกรม....18

2.11 Layout & Pin out Arduino Board....18

3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องช่วยฟัง....20

3.2 ความสามารถในการรับเสียงแบบ Bidirectional Pattern....21

3.3 หลักการออกแบบวงจรขยาย (preamplifier)....21

3.4 หลักการออกแบบวงจร Equalizer LA3600....22

3.5 แสดง Package Types และ Block Diagram ของ MCP42100....22

3.6 แสดง Daisy-Chain Configuration ของ MCP42100....23

3.7 แสดงการจำลองวงจรในการออกแบบเครื่องช่วยฟังโดยใช้โปรแกรม Fritzing....24

3.8 แสดงวงจรในการออกแบบเครื่องช่วยฟังโดยใช้โปรแกรม Altium Designer....25

3.9 แผนผัง Flowchart....26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.1 แสดงผลเพื่อทำการปรับระดับความดังของเสียงโดยเริ่มต้นระดับเสียงที่ค่าศูนย์.....27

4.2 แสดงผลเพื่อทำการปรับระดับความดังของเสียงโดยปรับระดับเสียงสูงสุดที่ค่าหนึ่งร้อย.....28

4.3 การปรับแต่งเสียงของวงจร Equalizer เพื่อเป็นตัวปรับความดังของความถี่เสียงที่ 100 Hz.....28

4.4 การปรับแต่งเสียงของวงจร Equalizer เพื่อเป็นตัวปรับความดังของความถี่เสียงที่ 350 Hz.....28

4.5 การปรับแต่งเสียงของวงจร Equalizer เพื่อเป็นตัวปรับความดังของความถี่เสียงที่ 1 kHz.....29

4.6 การปรับแต่งเสียงของวงจร Equalizer เพื่อเป็นตัวปรับความดังของความถี่เสียงที่ 3.5 kHz.....29

4.7 การปรับแต่งเสียงของวงจร Equalizer เพื่อเป็นตัวปรับความดังของความถี่เสียงที่ 10 kHz.....29

4.8 กราฟความสัมพันธ์ระดับความดังระหว่างหูข้างขวาและหูข้างซ้ายของผู้ทดสอบทั้ง 4 คน.....31

4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ของย่านความถี่เสียง 5 ย่าน
ความถี่ระหว่างหูข้างขวาและหูข้างซ้ายของผู้ทดสอบคนที่ 1.....32

4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ของย่านความถี่เสียง 5 ย่าน
ความถี่ระหว่างหูข้างขวาและหูข้างซ้ายของผู้ทดสอบคนที่ 2.....32

4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ของย่านความถี่เสียง 5 ย่าน
ความถี่ระหว่างหูข้างขวาและหูข้างซ้ายของผู้ทดสอบคนที่ 3.....33

4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ของย่านความถี่เสียง 5 ย่าน
ความถี่ระหว่างหูข้างขวาและหูข้างซ้ายของผู้ทดสอบคนที่ 4.....33

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การฟังนั้นเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของมนุษย์ การจะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาออกแบบระบบช่วยทำให้การฟังสื่อสารเข้าใจได้ง่ายขึ้นสำหรับผู้ที่บกพร่องทางการได้ยิน โดยเครื่องช่วยฟังได้ออกแบบเพื่อจับคลื่นเสียงด้วยไมโครโฟนขนาดเล็กเพื่อมาทำการปรับเปลี่ยนจากเสียงเบาให้มีเสียงที่ดังขึ้นเผื่อส่งผ่านไปยังหูฟัง และด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้ ทำให้เครื่องช่วยฟังนั้นมีขนาดเล็กลงรวมไปถึงพัฒนาคุณภาพด้วย ซึ่งประมาณ 10% ของประชากรโลกต้องเผชิญกับปัญหาในเรื่องของการได้ยิน แต่กลับมีการใช้เครื่องช่วยฟังเป็นเปอร์เซ็นต์จำนวนน้อยมาก เนื่องด้วยจากมีราคาที่สูงและเครื่องที่มีราคาสูงอาจจะไม่เป็นที่น่าพอใจมากเท่าไรนักเมื่อเทียบกับความคุ้มค่าหรือไม่เป็นไปตามจุดประสงค์ของการใช้งาน การสูญเสียความสามารถในการได้ยินนั้นโดยทั่วไปแล้ววัดกันในรูปของค่าเริ่มต้นทางเสียงที่สัมพันธ์กับการได้ยินปกติในการรับเสียง นั่นจึงเป็นสาเหตุว่าทำให้มีเครื่องช่วยฟังหลายประเภทที่สามารถทำงานและมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปตามความต้องการของแต่ละบุคคล ดังในตารางด้านล่างต่อไปนี้ที่แสดงการจัดระดับของการสูญเสียความสามารถในการฟัง

เครื่องช่วยฟังนี้คืออุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้ที่มีความบกพร่องในการฟังได้ยิน

ตารางที่ 1.1 ระดับการสูญเสียการได้ยินที่แตกต่างกัน

ประเภทความบกพร่องของการได้ยิน	ระดับการฟัง
การได้ยินปกติ	-10 dB – 26 dB
สูญเสียการฟังเล็กน้อย	27 dB – 40 dB
สูญเสียการฟังระดับกลาง	40 dB – 70 dB
สูญเสียการฟังอย่างรุนแรง	70 dB – 90 dB
สูญเสียการฟังเต็มที่	สูงกว่า 90 dB

โดยพื้นฐานแล้ว เครื่องช่วยฟังทั้งหมดนั้นใช้เทคโนโลยีทางอนาล็อคในการทำให้เสียงดีขึ้น การพัฒนานี้ใช้การพัฒนาเสียงทางดิจิตอลเพื่อให้เครื่องช่วยฟังใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในปัจจุบันนี้เครื่องช่วยฟังนั้นมีขนาดที่เล็กสามารถซ่อนไว้ภายในหู และสร้างเสียงขึ้นมาได้อย่างสมบูรณ์

งานวิจัยเครื่องช่วยฟังแบบดิจิตอลนั้นได้เติบโตตามเทคโนโลยีขึ้นเป็นอย่างมาก ซึ่งในขณะนี้ก็มีคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถโปรแกรมได้(Arduino) มีความสามารถในการขยายสัญญาณเสียงที่แตกต่างกันได้หลายล้านแบบถูกสร้างไว้ในเครื่องช่วยฟังนี้ด้วย จึงมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการรับฟังโดยผู้มีปัญหาในเรื่องของการฟังได้ดียิ่งขึ้น เครื่องช่วยฟังเครื่องแรกนั้นออกตัวมาในกลางปี 1980 แต่ไม่สามารถนำมาใช้งานได้ดี หลายปีต่อมาเครื่องช่วยฟังก็สมบูรณ์แบบมากขึ้น โดยมีอุปกรณ์ทางดิจิตอลเป็นส่วนประกอบในระบบ ปัจจุบันเทคโนโลยีทางดิจิตอลนั้นได้กลายมาเป็นส่วนสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวัน รวมทั้งอุปกรณ์เครื่องใช้เกือบทั้งหมดล้วนมีส่วนประกอบของวงจร

ทางดิจิตอล เช่น โทรศัพท์ เครื่องบันทึกภาพ และคอมพิวเตอร์ เครื่องช่วยฟังยังได้รับประโยชน์จากเทคโนโลยีนี้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อศึกษาการทำงานระบบวงจรของเครื่องช่วยฟัง

2.เพื่อศึกษาการโปรแกรม Arduino

1.3 สมมติฐาน

เครื่องช่วยฟังสามารถออกแบบการทำงานร่วมกับการทำงานของ Arduino และสามารถโปรแกรมการทำงานร่วมกับวงจรของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้จำลองรูปแบบระบบการทำงานของเครื่องช่วยฟัง ซึ่งมี Arduino เป็นส่วนประกอบและโปรแกรมการทำงานโดย Arduino

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.นักศึกษาได้ทราบถึงรูปแบบการทำงานของเครื่องช่วยฟังโดยใช้ Arduino

2.นักศึกษาสามารถนำ Arduino มาโปรแกรมการใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้

3.ผู้ที่สนใจสามารถนำไปศึกษาและนำเอาไปปรับปรุงและพัฒนาต่อไปในอนาคต เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษารูปแบบจำลองการทำงานของเครื่องช่วยฟังนี้โดยใช้ Arduino ได้

1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการใช้เครื่องช่วยฟัง

1. การรับฟังเสียงดีขึ้น สามารถโต้ตอบสื่อความหมายด้วยการฟังและการพูด ดำเนินกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้เช่นเดียวกับคนทั่วไปในสังคม

2. ผู้ป่วยที่สูญเสียการได้ยินและมีเสียงดังรบกวนในหู เมื่อใส่เครื่องช่วยฟังแล้ว นอกจากการฟังจะดีขึ้น เสียงรบกวนในหูมักจะลดลงหรือหายไป

3. การใส่เครื่องช่วยฟังจะช่วยรักษาหน้าที่ของหูให้คงไว้ สำหรับผู้ที่สูญเสียการได้ยินเป็นเวลานานๆ หากไม่ได้รับการฟื้นฟู ความสามารถในการเข้าใจคำพูดจะลดลงทีละน้อย จนฟังไม่รู้เรื่อง ซึ่งจะเป็นอุปสรรคที่สำคัญในการใช้เครื่องช่วยฟัง เพราะผู้ป่วยจะได้ยินแต่เสียงที่ถูกขยายให้ดังขึ้น แต่ไม่สามารถจำแนกรายละเอียดของเสียงนั้นๆได้ ดังนั้นผู้ป่วยที่สูญเสียการได้ยินที่แพทย์ไม่สามารถรักษาได้อีกแล้ว ควรใส่เครื่องช่วยฟังที่เหมาะสม เพื่อคงสภาพการฟัง

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

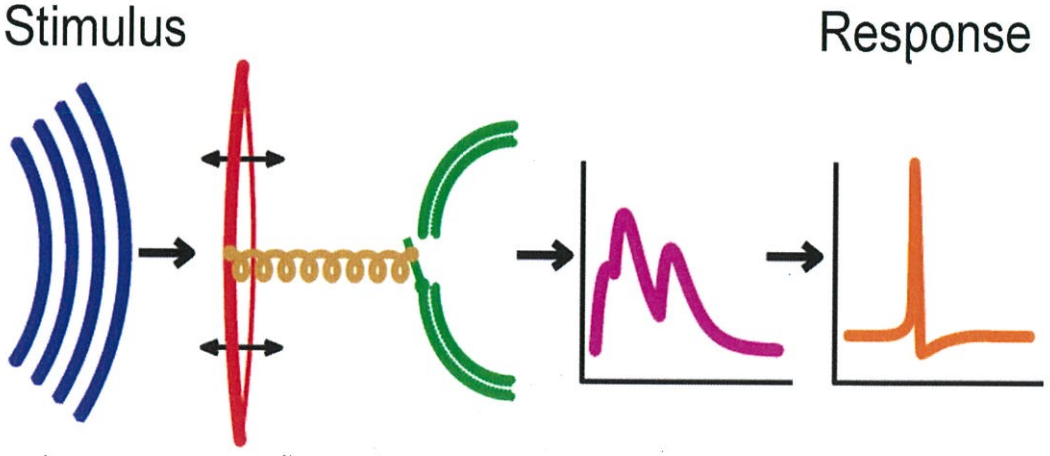
2.1 เสียง

เสียง เป็นคลื่นเชิงกลที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุสั่นสะเทือน ก็จะทำให้เกิดการอัดตัวและขยายตัวของคลื่นเสียง และถูกส่งผ่านตัวกลาง เช่น อากาศ ไปยังหู แต่เสียงสามารถเดินทางผ่านสสารในสถานะก๊าซ ของเหลว และของแข็งก็ได้ แต่ไม่สามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้ เมื่อการสั่นสะเทือนนั้นมาถึงหู มันจะถูกแปลงเป็นพัลส์ประสาท ซึ่งจะถูกส่งไปยังสมอง ทำให้เรารับรู้และจำแนกเสียงต่างๆ ได้ คุณลักษณะเฉพาะของเสียง ได้แก่ ความยาวช่วงคลื่น แอมปลิจูด และความเร็ว เสียงแต่ละเสียงมีความแตกต่างกัน เสียงสูง-เสียงต่ำ, เสียงดัง-เสียงเบา, หรือคุณภาพของเสียงลักษณะต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดเสียง และจำนวนรอบต่อวินาทีของการสั่นสะเทือนความถี่

ระดับเสียง (pitch) หมายถึง เสียงสูงเสียงต่ำ สิ่งที่ทำให้เสียงแต่ละเสียงสูงต่ำแตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับความเร็วในการสั่นสะเทือนของวัตถุ วัตถุที่สั่นเร็วเสียงจะสูงกว่าวัตถุที่สั่นช้า โดยจะมีหน่วยวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนต่อวินาที เช่น 60 รอบต่อวินาที 2,000 รอบต่อวินาที เป็นต้น และนอกจาก วัตถุที่มีความถี่ในการสั่นสะเทือนมากกว่า จะมีเสียงที่สูงกว่าแล้ว หากความถี่มากขึ้นเท่าตัว ก็จะมีระดับเสียงสูงขึ้นเท่ากับ 1 ออกเตฟ (octave) ภาษาไทยเรียกว่า 1 ช่วงคู่แปด

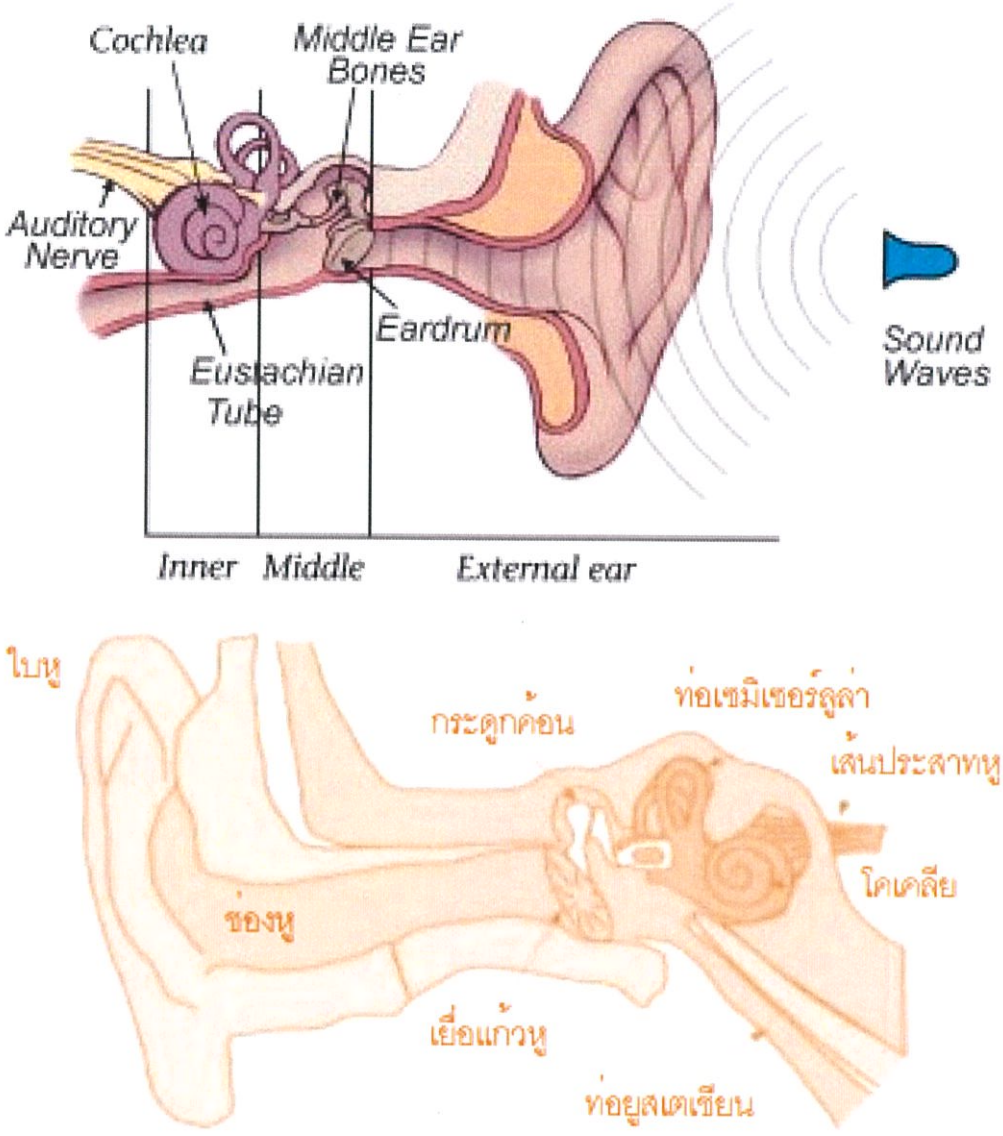
ความยาวช่วงคลื่น (wavelength) หมายถึง ระยะทางระหว่างยอดคลื่นสองยอดที่ติดกันซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการอัดตัวของคลื่นเสียง (คล้ายคลึงกับยอดคลื่นในทะเล) ยิ่งความยาวช่วงคลื่นมีมาก ความถี่ของเสียง (ระดับเสียง) ยิ่งต่ำลง

แอมปลิจูด (amplitude) หมายถึง ความสูงระหว่างยอดคลื่นและท้องคลื่นของคลื่นเสียง ที่แสดงถึงความเข้มของเสียง (Intensity) หรือความดังของเสียง (Loudness) ยิ่งแอมปลิจูดมีค่ามาก ความเข้มหรือความดังของเสียงก็ยิ่งเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.1 การได้ยินเสียง (น้ำเงิน: คลื่นเสียง; แดง: แก้วหู; เหลือง: คลอเคลีย; เขียว: เซลล์รับรู้การได้ยิน; ม่วง: สเปกตรัมความถี่ของการตอบสนองการได้ยิน; ส้ม: อิมพัลส์ประสาท)

2.2 ส่วนประกอบของหู



รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของหู

หูส่วนนอก (External ear) ซึ่งประกอบด้วยใบหู (Pinna) มีหน้าที่ในการรวบรวมคลื่นเสียงที่มาจากที่ต่างๆ ส่งเข้าสู่รูหู ใบหู มีกระดูกอ่อนอีลาสติก เป็นแกนอยู่ภายใน ทำให้โค้งพับงอได้

ช่องหู หรือ รูหู (Auditory canal) เป็นส่วนที่อยู่ถัดใบหูเข้ามาจนถึงเยื่อแก้วหู ทำหน้าที่เป็นทางเดินของคลื่นเสียงเข้าสู่หูส่วนกลาง รูหูมีขนและต่อมสร้างขี้หู (Ceruminous gland) ทำหน้าที่สร้างขี้หูไว้ดักฝุ่นละออง หรือสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าไปในรูหู

แก้วหู หรือ เยื่อแก้วหู (Tympanic membrane หรือ ear drum) มีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ และเป็นเส้นใยที่มีความยาวเท่าๆกันจึงสั่นสะเทือนเมื่อมีเสียงมากระทบและแยกคลื่นเสียงที่แตกต่าง

กันได้โดยมีความว่องไวต่อการเปลี่ยนแปลงความดัน แต่จะไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็ว (คลื่นเสียงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันในช่องหู)

หูส่วนกลาง (Middle ear) เป็นส่วนที่ถัดจากแก้วหูเข้ามา ภายในหูตอนกลางจะมีท่อยูสเทเชียน (Eustachian tube) มีลักษณะเป็นท่อกลวงขนาดเล็ก เชื่อมติดระหว่างคอหอยและหูชั้นกลาง มีหน้าที่ปรับความดันภายในหูให้ภายในหูมีความดันเท่ากับความดันภายนอก ถ้าหากระดับความดันของทั้งสองแห่งไม่เท่ากัน จะมีผลทำให้รู้สึก หูอื้อ และถ้าเกิดความแตกต่างมากจะทำให้รู้สึกปวดหู ภายในหูส่วนกลางนี้มีกระดูก 3 ชิ้นคือ กระดูกค้อน (malleus) กระดูกทั่ง (incus) และกระดูกโกลน (stapes) เรียงตามลำดับจากด้านนอกเข้าสู้ด้านใน มีหน้าที่ในการขยายการสั่นสะเทือนของคลื่นเสียงให้มากขึ้น และจึงส่งต่อการสั่น สะเทือนเข้าสู่หูส่วนในเพื่อแปลเป็นความรู้สึกเพื่อส่งต่อไปยังสมอง

หูส่วนใน (Inner ear) อยู่ถัดจากหูส่วนกลางเข้ามา หูส่วนในประกอบด้วยท่อขดก้นหอยหรือคอเคลีย (Cochlea) ภายในคอเคลียมีเยื่อบางๆ 2 ชนิดกั้นทำให้ภายในแยกเป็น 3 ส่วน

เยื่อชนิดแรกเรียกว่า เยื่อเบซิล่าร์ (basilar membrane) ยาวประมาณ 30 มิลลิเมตร ตอนกลางจะยึดอยู่กับกระดูกแข็ง สไปรัลลามินา (spiral lamina) ส่วนด้านข้างติดอยู่กับเอ็นสไปรัล (spiral ligament) ที่เยื่อนี้มีอวัยวะพิเศษ เรียกว่า อวัยวะของคอร์ตี (organ of corti) อวัยวะชิ้นนี้ประกอบด้วยแถวของเซลล์ขน (hair cell) มีลักษณะเป็นเส้นยาว ๆ อยู่ระหว่างเยื่อหุ้มสองชั้น ปลายเซลล์ขนจะมีซิเลียที่ยาวมากยื่นเข้ามาในส่วนที่เป็นของเหลว และสัมผัสกับเนื้อเยื่อที่อยู่ตรงด้านตรงข้ามที่เรียกว่าเยื่อแทกทอเรียล (tectorial membrane) แต่ละเซลล์มีซิเลียมากกว่า 200 อัน เมื่อของเหลวในคอเคลียสั่นสะเทือน เยื่อทั้งสองด้านจะเคลื่อนที่ใกล้กันมากขึ้น ทำให้ซิเลียเกิดเปลี่ยนรูปร่าง ซึ่งจะไปทำให้เกิดศักย์กิริยาขึ้นที่เซลล์ประสาทที่ติดต่ออยู่ด้วย นำกระแสความรู้สึกผ่านเข้าสู่สมองทางเส้นประสาทอออดิทอรี(auditory nerve) ในอัตราที่มากถึง 15,000 ครั้งต่อวินาทีซึ่งเป็นความถี่ของเสียงที่หูของมนุษย์รับได้

เนื้อเยื่ออีกชนิดหนึ่ง คือ เยื่อไรสส์เนอร์ (Reissner's membrane) เป็นเยื่อที่ติดอยู่กับผนังด้านในของบริเวณลิมบัส(limbus) และทางด้านข้างติดต่อกับขอบบนของสไตรอาวาสคิวลาริส (stria vascularis) ดังนั้นระหว่างเยื่อเบซิล่าร์และเยื่อไรสส์เนอร์จะมีช่องเล็กตอนกลางเรียกว่า สกาลามีเดีย (scala media) หรือท่อของคอเคลียจะมีของเหลวอยู่ในช่องนี้ เรียกว่า เอนโดลิมฟ์ (endolymph) ตอนบนของเยื่อไรสส์เนอร์จะมีช่องเวสทิบิวลาร์คะแนล (vestibular canal) และตอนล่างของเยื่อเบซิลาร์จะมีช่องทิมพานิกคะแนล (tympanic canal) เรียกของเหลวที่บรรจุเต็มช่องบนและช่องล่างว่าเพริลิมฟ์ (perilymph) ตอนยอดของก้นหอยโข่งจะมีรูเปิดติดต่อถึงกันได้ระหว่าง ทิมพานิกคะแนลและเวสทิบิวลาร์คะแนล รูนี้เรียกว่า เฮริโคทรีมา (helicotrema) ที่หน้าต่างรูปไข่จะเป็นบริเวณที่เริ่มต้นของเวสทิบิวลาร์คะแนล ส่วนที่หน้าต่างวงกลมจะอยู่ตอนปลายของทิมพานิกคะแนล การสั่นสะเทือนของของเหลวภายในคอเคลียจะเริ่มต้นที่หน้าต่างรูปไข่แล้วเคลื่อนไปตามเวสทิบิวลาร์คะแนล จนถึงยอดของหอยโข่ง จากนี้จะเคลื่อนมาตามทิมพานิกคะแนล จนไปสิ้นสุดที่หน้าต่างวงกลม จะเห็นได้ว่าการสั่นสะเทือนจะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันบนเยื่อกั้นทั้งสองด้านที่เป็นที่อยู่ของเซลล์รับความรู้สึกทางกล ในทิศทางตรงกันข้ามกัน เนื่องจากโครงสร้างที่มีลักษณะพิเศษของคอเคลียดังกล่าวมาแล้ว การสั่นสะเทือนที่ความถี่ระดับหนึ่งจะมีแนวโน้มที่จะลดลงที่บริเวณหนึ่ง แต่ไปทำให้เพิ่มขึ้นในอีกบริเวณหนึ่งได้ ผลที่ตามมาคือการสั่นสะเทือนที่มีความถี่สูงๆ จะมีผลกระตุ้นเซลล์ขนได้สูงสุดในบริเวณหน้าต่างรูปไข่

ภายในหูส่วนในยังมีอวัยวะที่ช่วยในการทรงตัว คือ เวสทิบิวลาร์แอพพาราตัส (Vestibular apparatus) ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ semicircular canal มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลมภายใน

บรรจุของเหลว endolymph ในส่วนที่นูนออกมาบริเวณปลายจะมี hair cell อยู่ utricle , saccule อยู่ทางด้านหน้า ของข้อ1 มีก้อน Ca เล็กอยู่และ hair cell ภายใน semicircular canal มี endolymph เคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาทำให้ขนของ hair cell เบนไปมาทำให้เกิดคลื่นกระแสประสาทส่งไปยังสมอง เพื่อควบคุมการทรงตัว ถ้าหากหมุนตัวหลายๆรอบ จะทำให้ระบบส่วนนี้ทำงานผิดปรกติทำให้เกิดอาการมึนงง

2.3 ลักษณะของการวัดสมรรถภาพการได้ยิน

การตรวจวัดสมรรถภาพการได้ยินด้วยเครื่องตรวจวัดการได้ยินสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 ผลการตรวจปกติ ทั้งการรับฟังเสียงความถี่สูง และการรับฟังเสียงความถี่ต่ำ

กลุ่มที่ 2 ผลการตรวจผิดปกติ โดยการรับฟังเสียงที่ผิดปกติ เกิดขึ้นเฉพาะในส่วนที่เป็นเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่รับฟังเสียงความถี่สูงเท่านั้น เซลล์ประสาทที่รับฟังเสียงความถี่ต่ำยังปกติดี เพราะฉะนั้น กลุ่มนี้จึงมีความเสื่อมสมรรถภาพของหูเกิดขึ้นแต่ยังไม่มีหูตึง และจะยังไม่มีปัญหาในการสื่อสารกับบุคคลอื่นๆ ระยะนี้เป็นระยะที่ยังสามารถดำเนินการป้องกันไม่ให้เกิดภาวะหูตึงในอนาคตได้

กลุ่มที่ 3 ผลการตรวจผิดปกติ พบทั้งในส่วนของการรับฟังเสียงความถี่สูง (4,000-8,000 Hz) และในส่วนของการรับฟังเสียงความถี่ต่ำ (500-2,000 Hz) เพราะฉะนั้นกลุ่มนี้จะมีความเสื่อมสมรรถภาพของการได้ยินจนถึงระดับที่มีภาวะหูตึงเกิดขึ้นแล้ว ซึ่งความรุนแรงของหูตึงก็จะตรวจวัดได้จากระดับความดังของเสียงที่ยังมีความสามารถรับฟังได้

กลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มซึ่งมีความผิดปกติ ของการรับฟังเสียงที่ส่วนรับฟังเสียงความถี่ต่ำ (ความถี่ 500-2,000 Hz) เท่านั้น การรับฟังเสียงความถี่สูง (ความถี่ 4,000-8,000 Hz) ยังปกติ กลุ่มนี้จะมีภาวะหูตึงโดยที่สาเหตุมักจะมาจากโรคหูเองโดยตรง เช่น แก้วหูทะลุ หูน้ำหนวก หรือเป็นหวัดมีอาการหูอื้อในขณะที่รับการตรวจ

2.4 เครื่องช่วยฟัง (Hearing Aids)

เครื่องช่วยฟัง (Hearing Aids) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เพิ่มการได้ยินของผู้ที่มีปัญหาสูญเสียการได้ยิน

หลักการทำงานของเครื่องช่วยฟัง คือ การขยายขนาดของสัญญาณเสียงจากภายนอกที่ต้องการจะได้ยิน โดยใช้ตัวขยายสัญญาณภายในเครื่องช่วยฟัง สำหรับระดับการขยายขนาดสัญญาณเสียงผ่านทางการเลือกใช้ค่าอัตราขยายของเครื่องช่วยฟังนั้น จะแตกต่างในผู้ใช้แต่ละคน ขึ้นกับระดับความรุนแรงของการสูญเสียการได้ยิน

เครื่องช่วยฟังถือเป็นอุปกรณ์ช่วยการได้ยิน (Hearing devices) ชนิดหนึ่งสำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน ซึ่งมีอยู่หลายแบบได้แก่

1. เครื่องช่วยฟัง (Hearing aids) แบ่งเป็น 2 ประเภท

1.1 เครื่องชวยฟังชนิดฟังเสียงทางอากาศ (Air conduction hearing aid) เป็นเครื่องที่ใส่ไว้ที่หู โดยให้เสียงผ่านเข้าทางช่องหู

1.2 เครื่องช่วยฟังชนิดฟังเสียงทางกระดูก(Bone conduction hearing aid) เป็นเครื่องที่ใส่ไว้ที่หู โดยให้เสียงผ่านเข้าที่บริเวณหลังใบหู (mastoid) กรณีที่ผู้ป่วยไม่สามารถใส่เครื่องทางช่องหู เช่น รูหูตีบ ไม่มีรูหู ผู้ป่วยที่มีหนองไหลจากหูตลอดเวลา เป็นต้น เครื่องประเภทนี้ มีทั้งชนิดที่วาง

อยู่ภายนอก และชนิดที่แพทย์ต้องทำการ ผ่าตัดเพื่อฝังไว้ที่กะโหลกศีรษะโดยมีตัวรับเสียงอยู่ภายนอก (Bone-Anchor Hearing Aid)

2. เครื่องช่วยการรับรู้ด้วยการสั่นสะเทือน (Vibro-tactile hearing aid) สำหรับผู้ที่สูญเสียการได้ยินอย่างมากจนไม่สามารถรับรู้ด้วยการได้ยินโดยเฉพาะผู้ที่หูพิการและมีปัญหาทางสายตา (หูหนวก-ตาบอด) เครื่องจะแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นความรู้สึกสั่นสะเทือนแทน ผู้ใช้จะต้องฝึกฝนการรับรู้ เพราะข้อมูลที่ได้มีความจำกัด โดยเฉพาะ น้ำเสียงและวรรณยุกต์ ในปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้เนื่องจากมีเทคโนโลยีของการผ่าตัดหูชั้นในเทียม ซึ่งจะช่วยให้ผู้ป่วยรับรู้เสียงได้ดีกว่า

3. การผ่าตัดหูชั้นในเทียม (Cochlear Implant)

เป็นเครื่องช่วยการได้ยินอีกชนิดหนึ่งซึ่งจะต้องอาศัยการผ่าตัดเพื่อฝังอุปกรณ์เข้าไปในอวัยวะรับเสียงในหูของผู้ป่วยหูพิการซึ่งไม่สามารถได้รับประโยชน์จากการใช้เครื่องช่วยฟัง อุปกรณ์ดังกล่าวจะแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่จะสามารถกระตุ้นเซลล์ขนภายในอวัยวะรับเสียงให้สามารถทำหน้าที่ได้ดีขึ้น หลังจากทำการผ่าตัดฝังอุปกรณ์แล้ว ผู้ป่วยจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพการฟัง และการพูดโดยเฉพาะในเด็กที่หูพิการแต่กำเนิด เนื่องจากเสียงที่ผู้ป่วยได้ยินจะไม่เหมือนกับที่คนปกติรับรู้ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้กำลังเป็นที่สนใจของนักวิชาการและผู้ป่วยที่หูหนวก เพราะจะช่วยให้ผู้ป่วยกลับมาได้ยินอีกครั้ง สำหรับเด็ก ก็จะช่วยให้เด็กมีพัฒนาการทางภาษาและการพูด สามารถเรียนร่วมกับเด็กปกติได้โดยไม่ต้องใช้ภาษามือ หากได้รับการผ่าตัดและการฟื้นฟูที่ถูกต้อง เหมาะสม

4. เครื่องกลบเสียงรบกวน (Tinnitus masker) เป็นเครื่องที่ปล่อยเสียงรบกวนที่คลื่นความถี่เฉพาะเพื่อกลบเสียงรบกวนในผู้ป่วยซึ่งประสบกับปัญหาเสียงรบกวนในหูตลอดเวลาในขณะที่มีการได้ยินปกติ แต่จะไม่มีการขยายเสียง ลักษณะของตัวเครื่องจะเหมือนกับเครื่องช่วยฟังแบบใส่ในช่องหู เครื่องช่วยการได้ยิน แต่ละแบบจะมีหลักการในการใช้งานแตกต่างกัน ถึงแม้จะมีจุดประสงค์ในการช่วยให้ผู้ป่วยหูพิการได้ยินดีหรือรับรู้ได้ขึ้นเหมือนกัน แต่ก็ต้องเลือกใช้ให้เหมาะกับผู้ป่วยแต่ละราย เครื่องช่วยความพิการที่ใช้กันมากคือ เครื่องช่วยฟัง

2.5 คุณลักษณะของเสียง

คลื่นเสียง คือ คลื่นตามยาวซึ่งหูของคนเราสามารถได้ยินเสียงได้ โดยคลื่นนี้มีความถี่ตั้งแต่ประมาณ 20 Hz ถึง 20,000 Hz ความถี่เสียงในช่วงนี้เรียกว่า audio frequency

เสียงที่คนเราสามารถได้ยินแต่ละเสียงอาจเหมือนกันหรือแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของเสียงซึ่งมีอยู่ 3 ข้อ คือ

1. ความดัง (Loundness) หมายถึง ความรู้สึกได้ยินของมวลมนุษย์ว่าดังมากดังน้อย ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่อาจวัดด้วยเครื่องมือใด ๆ ได้โดยตรง ความดังเพิ่มขึ้นตามความเข้มเสียง ความรู้สึกเกี่ยวกับความดังจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับความเข้มเสียง โดยถ้า I แทนความเข้มเสียง ความดังของเสียงจะแปรผันโดยตรงกับ log I หรืออาจกล่าวได้ว่า ความดังก็คือระดับความเข้มเสียงนั่นเอง หูของคนสามารถรับเสียงที่มีความดังน้อยที่สุดคือ 0 dB และมากที่สุดคือ 120 dB

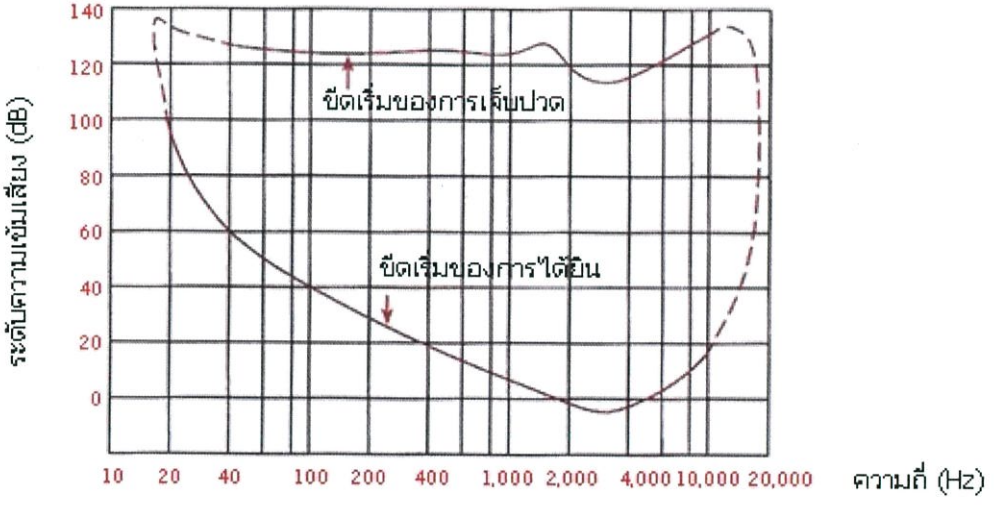
2. คุณภาพของเสียง (Quality) หมายถึง คุณลักษณ์ของเสียงที่เราได้ยิน เมื่อเราฟังเพลงจากวงดนตรีวงหนึ่งนั้น เครื่องดนตรี ทุกชนิดจะเล่นเพลงเดียวกัน แต่เราสามารถแยกได้ว่า เสียงที่ได้ยินนั้นมาจากดนตรีประเภทใด เช่น มาจากไวโอลิน หรือเปียโน เป็นต้นการที่เราสามารถแยกลักษณะของเสียงได้นั้นเพราะว่าคลื่นเสียงทั้งสองมีคุณภาพของเสียงต่างกัน คุณภาพของเสียงนี้ขึ้นอยู่กับจำนวน

โอเวอร์โทนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงนั้น ๆ และแสดงออกมาเด่น จึงไพเราะต่างกัน นอกจากนี้คุณภาพของเสียงยังขึ้นกับ ความเข้มของเสียงอีกด้วย

3. ระดับเสียง (Pitch) หมายถึง เสียงที่มีความยาวคลื่นและความถี่ต่างกัน โดยเสียงที่มีความถี่สูงจะมีระดับเสียงสูงส่วนเสียงที่มี ความถี่ต่ำจะมีระดับเสียงต่ำ

เสียงและการได้ยิน

คลื่นเสียงเกิดจากการอัดและขยายของตัวกลาง การอัดขยายนี้จะส่งต่อ ๆ กันไป จนถึงหูของผู้ฟังแล้วส่งต่อไปยังสมองในเทอม ของระดับเสียง ความดัง และคุณภาพของเสียง โดยปกติหูคนเราไวต่อการรับรู้เสียงที่มีความถี่สูงมากกว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำ เมื่อ เสียงนั้นมีระดับความเข้มเสียงเท่ากัน นอกจากนี้ความไวต่อการรับรู้เสียงของคนเรายังขึ้นอยู่กับอายุ โดยพบว่าเด็กมีความรู้สึกไว ต่อช่วงความถี่สูงมากกว่าผู้ใหญ่ความไวต่อการได้ยินเสียงของคนจะลดลงเมื่ออายุมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าความไวต่อการ ได้ยินเสียง จะลดลงด้วยสาเหตุอื่น ๆ อีกเช่น การได้รับฟังเสียงดังมากเกินไปเป็นระยะเวลานาน ๆ หรือจากการใช้ยาบางชนิด



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงความถี่และระดับความเข้มเสียงที่หูคนปกติสามารถรับรู้

จากรูป จะเห็นได้ว่าสำหรับเสียงที่มีความถี่ต่ำๆ เช่น 20-30 เฮิรตซ์ หูจะได้ยินเสียงดังกล่าวก็ต่อเมื่อเสียงนั้นมีความเข้มเสียง 60-70 เดซิเบล ซึ่งแตกต่างกับเสียงที่มีความถี่สูงปานกลาง เช่น 1,000 เฮิรตซ์ ที่เราสามารถได้ยินแม้จะมีระดับความเข้มเสียงเพียง 10 เดซิเบลก็ตาม กราฟเส้นล่างแสดงตำแหน่งขีดเริ่มของการได้ยิน และกราฟเส้นบนแสดงขีดเริ่มของความเจ็บปวด พื้นที่ซึ่งล้อมรอบด้วยกราฟเว้นบนและเส้นล่างนี้จะแทนขอบเขตของการได้ยินของคน เสียงที่เราสามารถรับรู้ได้จะมีความถี่และระดับความเข้มเสียงอยู่ภายในขอบเขตของการได้ยินนี้

นอกจากนี้ความเข้มเสียงยังสามารถหาได้จากสูตร

$$I = \frac{P}{4\pi\pi^{2}} \qquad (2.1)$$

โดยที่ I แทนความเข้มเสียง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

P แทนกำลังของแหล่งกำเนิดเสียง มีหน่วยเป็นวัตต์

A แทนพื้นที่ที่เสียงตกกระทบ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

ความเข้มเสียงที่ดังสุดที่หูมนุษย์ทนได้มีค่าเท่ากับ 1 วัตต์ต่อตารางเมตร จะมีแอมพลิจูดความดัน = 28 นิวตันต่อตารางเมตร

ความเข้มเสียงที่ค่อยสุดที่หูมนุษย์เริ่มได้ยินมีค่าเท่ากับ 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร จะมีแอมพลิจูดความดัน = 2×10^{-5} นิวตันต่อตารางเมตร

ระดับความเข้มเสียง

ความดันเสียงต่ำสุดที่คนธรรมดาได้ยินที่ 1,000 เฮิรตซ์ คือ 2×10^{-5} นิวตันต่อตารางเมตร ค่าความดันเสียงมีช่วงกว้างไดนามิกส์ (dynamic range) ประมาณ 1 ต่อล้าน ในการวัดถ้าเราใช้ความดันเสียงเป็นนิวตันต่อตารางเมตรโดยตรงจึงไม่สะดวก และเนื่องจากกลไกของการได้ยินมีความไวต่อการเปลี่ยนความดันเสียงในลักษณะคล้ายกัน จึงสะดวกที่จะวัดโดยการเปรียบเทียบความดันเสียงหรือเปรียบเทียบความเข้มของเสียง ในการเปรียบเทียบความเข้มของเสียง เรานิยาม ระดับความเข้มของเสียง(intensity level ,β) มีหน่วยเป็นเดซิเบล (decibel)

$$\beta = \log\left(\frac{I_0}{I}\right) \qquad (2.2)$$

I คือ ความเข้มเสียงที่กำลังวัดมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

I_0 คือ ความเข้มเสียงต่ำสุดที่หูมนุษย์ได้ยิน = 10^{-12} วัตต์/ ตารางเมตร

ค่าความดังของเสียงถูกกำหนดจากความเข้มเสียงต่ำสุดที่หูมนุษย์ได้ยิน ($I_0 = 10^{-12}$ วัตต์/ตารางเมตร) ให้มีความระดับความเข้ม 0 เดซิเบล ตามสมการ $\beta = 10 \log (I / I_0)$ เดซิเบล ซึ่งเป็นผลให้ระดับความเข้มเสียงสูงสุดที่หูมนุษย์ทนฟังได้เป็น 120 เดซิเบล

คุณภาพของเสียง หมายถึง เสียงที่มีความถี่เท่ากันแต่มีความเข้มแตกต่างกันเช่นเสียงจากกีตาร์และเปียโนที่เล่นเสียงเดียวกัน แต่เสียงแตกต่างกัน

- คุณภาพของเสียงพิจารณาจากจำนวนโอเวอร์โทนที่มีในเสียงนั้นและความเข้มของเสียงนั้น
- ระดับเสียงหมายถึงเสียงสูง ต่ำซึ่งขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียงนั้น ความถี่มาก ระดับเสียงจะสูง ความถี่น้อย ระดับเสียงจะต่ำ

2.6 ชนิดของไมโครโฟน (Microphone)

ไมโครโฟนแบบไดนามิกมูฟวิ่งคอล์ย (Dynamic Movie Coil Microphone) หรือที่เรียกสั้นๆว่า ไดนามิกไมโครโฟน เป็นไมโครโฟนที่ใช้หลักการของการเคลื่อนที่ของขดลวดตามเสียงที่มากระทบ และเมื่อขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็กถาวร ก็จะเกิดเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าตามคลื่นเสียงนั้น ไมโครโฟนชนิดนี้เป็นที่นิยมแพร่หลาย ครอบคลุมการใช้งานเกือบทุกประเภท เพราะสามารถรับเสียงในย่านกว้างทั้งความถี่ต่ำและความถี่สูงได้

ไมโครโฟนแบบคอนเดนเซอร์ (Condenser Microphone) เป็นไมโครโฟนที่ออกแบบโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความจุ ตามเสียงที่มากระทบแผ่นฉนวนที่อยู่ระหว่างแผ่นเพลทสองแผ่น โดยส่วนใหญ่ไมโครโฟนประเภทนี้จะต้องมีแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง และ สามารถตอบสนองความถี่สูงได้ดีมาก

ไมโครโฟนแบบไร้สาย (Wireless Microphone) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า "ไมค์ลอย" ซึ่งความจริงคือไมโครโฟน 2 แบบแรก เพียงแต่เพิ่มวงจรเครื่องส่งให้สามารถส่งสัญญาณออกมาเป็นคลื่นวิทยุได้นั่นเอง

2.6.1 คอนเดนเซอร์ ไมโครโฟน (Condenser Microphone)

ใช้หลักการที่เรียกว่า Electrostatic principle ซึ่งประกอบด้วยแผ่น plate สองแผ่น ซึ่งนำไฟฟ้าได้ โดยแผ่นหนึ่งจะเคลื่อนที่ไปมาได้ (Moving plate) แต่อีกแผ่นจะถูกยึดอยู่กับที่ (Fixed plate) โดยมีฉนวนกันไฟฟ้ากั้นอยู่ระหว่างกลาง (ในที่นี้คือ อากาศ) ซึ่งทั้งหมดนี้เราจะเรียกรวมกันว่า capacitor หรือ condenser ซึ่งตัว capacitor เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่มีความสามารถในการเก็บประจุไฟฟ้า

ในหลักการทำงานของ condenser microphone นั้น เราจะป้อนไฟกระแสตรง (DC power supply) ให้กับ plate ทั้งสองซึ่งข้างหนึ่งจะต่อกับขั้วบวกและอีกข้างจะต่อกับขั้วลบ โดยกระแสไฟจะไหลจากบวกไปลบ ซึ่งจะต้องผ่านตัวต้านทาน (ที่มีค่าสูงมาก) ก่อนเมื่อ electron ไหลจากทางฝั่งบวกไปสู่ฝั่งลบ จนกระทั่งทั้งสองฝั่งมีจำนวนของ electron เท่ากันก็จะหยุดไหล เราเรียกสภาพแบบนี้ว่า equilibrium (เก็บประจุเต็ม)

จากสภาพ equilibrium ถ้าเกิดมี sound wave มากระทบกับแผ่น plat ที่เคลื่อนที่ได้ (moving plate) ก็จะทำให้ระยะห่างระหว่าง plate ทั้งสองเปลี่ยนแปลงหรืออีกนัยหนึ่งคือ ค่าการเก็บประจุเปลี่ยนแปลง (capacitance เปลี่ยนแปลง) ตามสมการด้านล่างดังนี้

$$Q = CV \tag{2.3}$$

Q แทนด้วย charge (ประจุ) มีหน่วยเป็น coulombs

C แทนด้วย capacitance (ค่าความเก็บประจุ) มีหน่วยเป็น farads

V แทนด้วย voltage (แรงดันไฟฟ้า) มีหน่วยเป็น volts

ถ้าระยะห่างระหว่าง plate ทั้งสอง ลดลง จะทำให้แรงดันไฟฟ้า (VC) ที่ตกคร่อม plate ลดลง (เพราะค่า capacitance เพิ่มขึ้น)

ถ้าระยะห่างระหว่าง plate ทั้งสอง เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้า (VC) ที่ตกคร่อม plate เพิ่มขึ้น (เพราะค่า capacitance ลดลง)แต่ Voltage ที่จะนำไปใช้คือ Voltage ที่ตกคร่อม R (ในภาพคือ VR) ซึ่งมีความสัมพันธ์ กับ VC และ VDC ดังสมการต่อไปนี้

$$VDC = VR + VC \tag{2.4}$$

ดังนั้น VR จะเปลี่ยนแปลงแบบผกผันกับ VC กล่าวคือ

ถ้า VC มาก VR จะน้อย

ถ้า VC น้อย VR จะมาก

โดยทั่วไปแล้วระดับสัญญาณ (voltage) ที่ได้จากคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนนั้น จะมีค่าน้อยมากๆ เนื่องจากการที่มีตัวต้านทานที่มีค่าสูงอยู่ในวงจร ดังนั้น คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนต้องมี impedance conversion amplifier (หรือจะเรียกว่า Preamplifier ก็ได้) บรรจุอยู่ภายในตัวไมโครโฟน ซึ่งจะทำหน้าที่ทั้งลดค่า impedance ลงและขยายระดับสัญญาณ โดยมีทั้งแบบหลอดสุญญากาศ (Vacuum tube) และแบบทรานซิสเตอร์ (Transistor) ซึ่งต้องใช้ DC power supply เหมือนกันทั้งคู่

Electret-Condenser Microphone คือ ไมโครโฟนแบบคอนเดนเซอร์ ที่ไม่ต้องใช้ DC power supply (ไฟฟ้ากระแสตรง) มากำหนดขั้ว เพราะเป็นขั้วแบบถาวร (มีประจุอยู่ในตัวแล้ว) แต่ยังคงต้องใช้ DC power supply สำหรับ preamplifier อยู่

โดยทั่วไปแล้ว diaphragm ของ condenser microphone นั้นมีความบางและเบากว่ามาก เมื่อเทียบกับ diaphragm ของ dynamic microphone (ซึ่งมีขดลวดติดอยู่ด้วย) จึงทำให้ตอบสนองได้ไวต่อ sound wave ที่มากระทบ (Fast Transient response) มีการตอบสนองต่อย่านความถี่สูงที่ดี (โดยเฉพาะพวก Harmonics และ Overtones) และเนื่องจาก Built-in preamplifier ที่บรรจุอยู่ภายใน ทำให้ condenser microphone ส่วนใหญ่มี sensitivity ที่ดี จึงมักเป็นตัวเลือกอันดับแรกๆ สำหรับการบันทึกเสียงจากระยะไกล (distant or ambient miking)

ข้อควรระวังสำหรับ Condenser Microphone คือ ความบอบบางของ diaphragm การทำตกเพียงครั้งเดียวก็อาจทำให้ diaphragm ผิดรูป , เกิดรอย หรือฉีกขาดได้ การวางคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน ไว้ใกล้กับแหล่งกำเนิดเสียงที่มีความดังมากๆ นั้นควรหลีกเลี่ยงหรือต้องใช้ความระมัดระวังอย่างสูง นอกจากนี้ อุณหภูมิ และความชื้น ก็สามารถทำให้คอนเดนเซอร์ไมค์ทำงานผิดไปจากเดิมได้ (มีผลมากกว่า ไดนามิคไมค์) ด้วยเหตุนี้คอนเดนเซอร์ไมค์จึงมักจะถูกใช้ในสตูดิโอมากกว่า live sound reinforcement

2.7 การติดต่อสื่อสารด้วย (SPI : Serial Peripheral Interface)

SPI หรือ Serial Peripheral Interface เป็นวิธีการสื่อสารรูปแบบหนึ่ง ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ ตัวอย่างเช่น พริ้นเตอร์ กล้องถ่ายรูป เครื่องสแกนเนอร์ และอื่นๆ อีกมามาย ถึงแม้ว่าการสื่อสารของ USB ที่มีฟังก์ชั่นการทำงานที่กว้างกว่า แต่การสื่อสารในรูปแบบ SPI ก็ยังถูกใช้งานกันอยู่ในบาง Application

SPI ทำงานในรูปแบบที่ให้อุปกรณ์ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น MASTER ในขณะที่อีกตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น SLAVE และส่งข้อมูลในโหมด Full-duplex นั่นหมายความว่า สัญญาณสามารถส่งหากันได้ระหว่าง MASTER และ SLAVE ได้อย่างต่อเนื่อง ในการสื่อสารแบบ SPI นี้ ไม่ได้มาตรฐานกำหนดตายตัว ว่าข้อมูลที่ส่งหากันต้องอยู่ในรูปแบบหรือ format แบบไหนเป็นการคิด protocol การสื่อสารกันเอาเอง

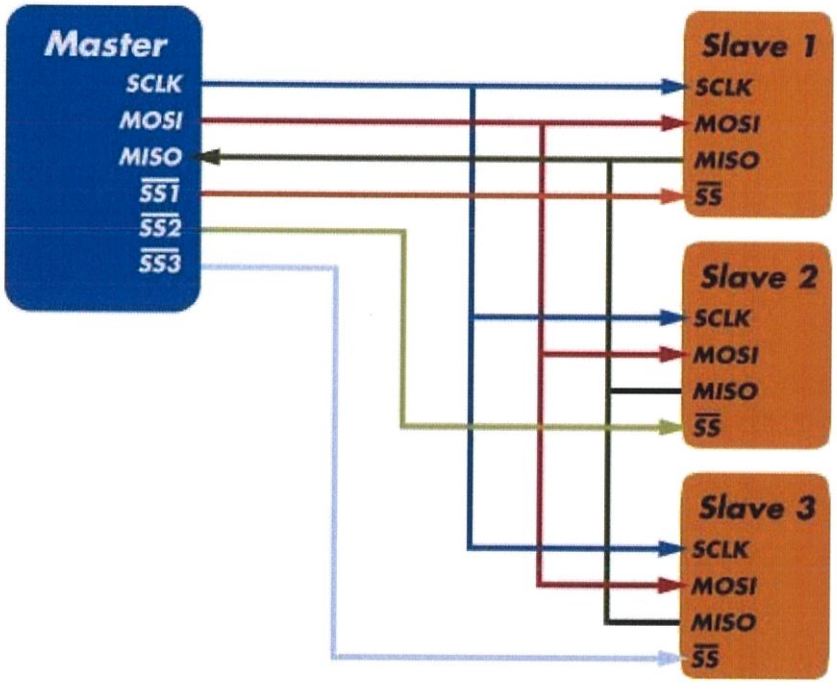
พื้นฐานการทำงาน SPI ต้องการสายสัญญาณ สี่เส้น บางครั้งเราเรียกว่าบัสอนุกรม "four wire" เส้นสัญญาณทั้งสี่เส้น ได้แก่

ตารางที่ 2.7 แสดงสายเส้นสัญญาณทั้งสี่เส้นของการติดต่อสื่อสารด้วย SPI

เส้น	ชื่อ	การทำงาน
SCLK	Serial Clock	Output from master
MOSI/SIMO	Master Output, Slave Input	Output from master
MISO/SOMI Master	Input, Slave Output	Output from slave
SS	Slave Select	Output from master (active low)

ที่เราเรียกว่า master ก็เพราะว่า ตัวที่เป็นมาสเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการสื่อสารทั้งหมด โดยควบคุมการสื่อสารตามสัญญาณนาฬิกา ตัวมาสเตอร์จะเป็นตัวที่ตัดสินใจ รับ หรือ ส่งข้อมูล ภายในการสื่อสาร จะเป็นการสื่อสารแบบ full duplex ในการนำส่งข้อมูล

เราใช้ สัญญาณเส้น SS หรือ Slave select ในกรณี ที่เรามีตัว slave มากกว่า 1 ตัว โดยการทำให้เส้น SS มีระดับสัญญาณเป็น Low เมื่อต้องการติดต่อกับ Slave ตัวใด จากรูปด้านล่างหากเราต้องการติดต่อสื่อสารกับ Slave ตัวใด ก็เพียงทำให้สัญญาณ SS ของ Slave ตัวนั้น มีระดับสัญญาณเป็น Low



รูปที่ 2.4 วงจรการต่อMaster 1 ตัวกับ Slave 3 ตัว

2.8 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ (LCD Display)

จอ Liquid Crystal Display (LCD) เป็นจอแสดงผลรูปแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้งานกันกับระบบสมองกลฝังตัวอย่างแพร่หลาย จอ LCD มีทั้งแบบแสดงผลเป็นตัวอักขระเรียกว่า Character LCD ซึ่งมีการกำหนดตัวอักษรหรืออักขระที่สามารถแสดงผลไว้ได้อยู่แล้ว และแบบที่สามารถแสดงผลเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานเรียกว่า Graphic LCD นอกจากนี้บางชนิดเป็นจอที่มีการผลิตขึ้นมาใช้เฉพาะงาน ทำให้มีรูปแบบและรูปร่างเฉพาะเจาะจงในการแสดงผล เช่น นาฬิกาดิจิตอล เครื่องคิดเลข หรือ หน้าปัดวิทยุ เป็นต้น

โครงสร้างของ LCD ทั่วไปจะประกอบขึ้นด้วยแผ่นแก้ว 2 แผ่นประกบกันอยู่ โดยเว้นช่องว่างตรงกลางไว้ 6-10 ไมโครเมตร ผิวด้านในของแผ่นแก้วจะเคลือบด้วยตัวนำไฟฟ้าแบบใสเพื่อใช้แสดงตัวอักษร ตรงกลางระหว่างตัวนำไฟฟ้าแบบใสกับผลึกเหลวจะมีชั้นของสารที่ทำให้โมเลกุลของผลึก

รวมตัวกันในทิศทางที่แสงส่องมากระทบเรียกว่า Alignment Layer และผลึกเหลวที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นแบบ Magnetic โดย LCD สามารถแสดงผลให้เรามองเห็นได้ทั้งหมด 3 แบบด้วยกันคือ

- แบบใช้การสะท้อนแสง (Reflective Mode) LCD แบบนี้ใช้สารประเภทโลหะเคลือบอยู่ที่แผ่นหลังของ LCD ซึ่ง LCD ประเภทนี้เหมาะกับการนำมาใช้งานในที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอ
- แบบใช้การส่งผ่าน (Transitive Mode) LCD แบบนี้วางหลอดไฟไว้ด้านหลังจอ เพื่อทำให้การอ่านค่าที่แสดงผลทำได้ชัดเจน
- แบบส่งผ่านและสะท้อน (Transflective Mode) LCD แบบนี้เป็นการนำเอาข้อดีของจอแสดงผล LCD ทั้ง 2 แบบมารวมกัน

จอ LCD 16x2 Character ที่นิยมวางจำหน่ายจะมีอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ LCD แบบปกติที่เชื่อมต่อแบบขนาน (Parallel) และ LCD แบบที่เชื่อมต่ออนุกรม (Serial) แบบ I2C โดยทั้ง 2 แบบจอมีลักษณะเดียวกันเพียงแต่แบบ I2C จะมีบอร์ดเสริมทำให้สื่อสารแบบ I2C ได้เชื่อมต่อได้สะดวกขึ้น

2.8.1 การควบคุมการแสดงผลของ (LCD)

ในการควบคุมหรือสั่งงาน ตัวจอ LCD นั้นมีส่วนควบคุม (Controller) รวมไว้ในตัวแล้ว ผู้ใช้สามารถส่งรหัสคำสั่งควบคุมการทำงานของจอ LCD ผ่าน Controller ว่าต้องการใช้แสดงผลอย่างไร โดย LCD Controller ของจอตัวนี้เป็น Hitachi เบอร์ HD44780 และขาในการเชื่อมต่อระหว่าง LCD กับ Microcontroller มีดังนี้

1. GND เป็นกราวด์ใช้ต่อระหว่าง Ground ของระบบ Microcontroller กับ LCD
2. VCC เป็นไฟเลี้ยงวงจรที่ป้อนให้กับ LCD ขนาด +5VDC
3. VO ใช้ปรับความสว่างของหน้าจอ LCD
4. RS ใช้บอกให้ LCD Controller ทราบว่า Code ที่ส่งมาทางขา Data เป็นคำสั่งหรือข้อมูล
5. R/W ใช้กำหนดว่าจะอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ LCD Controller
6. E เป็นขา Enable หรือ Chips Select เพื่อกำหนดการทำงานให้กับ LCD Controller

7-14. DB0-DB7 เป็นขาสัญญาณ Data ใช้สำหรับเขียนหรืออ่านข้อมูล/คำสั่ง กับ LCD Controller

วิธีการสั่งงานจะแตกต่างกันไป โดย LCD Controller สามารถรับรหัสคำสั่งจาก Microcontroller ได้จากสัญญาณ RS R/W และ DB0-DB7 ในขณะที่สัญญาณ E มีค่า Logic เป็น “1” ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะใช้ร่วมกันเพื่อกำหนดเป็นรหัสคำสั่งสำหรับสั่งงาน LCD โดยหน้าที่ของแต่ละสัญญาณพอสรุปได้ดังนี้

- E เป็นสัญญาณ Enable เมื่อมีค่าเป็น

“1” เป็นการบอกให้ LCD ทราบว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่ออ่านหรือเขียนข้อมูล

“0” ให้ LCD ไม่สนใจสัญญาณ RS R/W และ DB7-DB0

- RS เป็นสัญญาณสำหรับกำหนดให้ LCD ทราบว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่อกับ LCD ในขณะนั้นเป็นรหัสคำสั่งหรือข้อมูล โดยถ้า

RS = “0” หมายถึง คำสั่ง

RS = “1” หมายถึง ข้อมูล

- R/W เป็นสัญญาณสำหรับบอกให้ LCD ทราบว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการอ่านหรือเขียนกับ LCD โดยถ้า

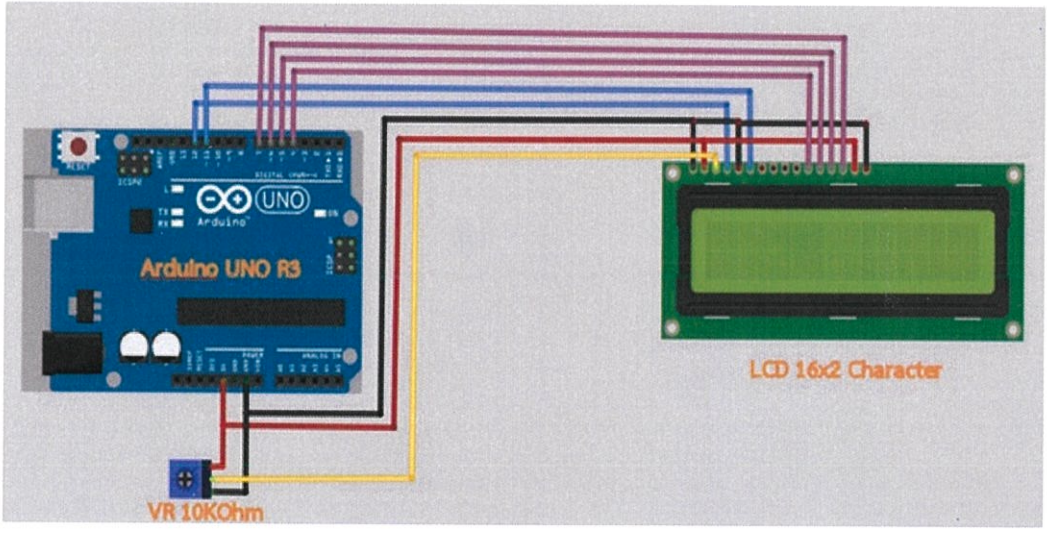
R/W = “0” หมายถึง เขียน

R/W = “1” หมายถึง อ่าน

- DB0-DB7 เป็นสัญญาณแบบ 2 ทิศทาง โดยจะสัมพันธ์กับสัญญาณ R/W ใช้สำหรับรับสั่ง คำสั่งและข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอก โดยถ้า R/W = “0” สัญญาณ DB7-DB0 จะส่งจากอุปกรณ์ภายนอกมาที่ LCD แต่ถ้า R/W = “1” สัญญาณ DB7-DB0 จะส่งจาก LCD ไปยังอุปกรณ์ภายนอก

2.8.2 การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่าง (Microcontroller กับ LCD Controller)

การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่าง Microcontroller กับ LCD Controller สามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การเชื่อมต่อแบบ 8 บิต (DB0-DB7) และการเชื่อมต่อแบบ 4 บิต (DB4-DB7) ทั้งสองแบบแตกต่างกันเพียงจำนวนขาที่ใช้คือ 8 หรือ 4 ขา และยังสามารถทำงานได้เหมือนกัน อย่างที่แน่นอนในการส่งข้อมูลแบบ 4 ขา ย่อมทำได้ช้ากว่า 8 ขา แต่ไม่ได้ช้ามากจนสังเกตได้ด้วยสายตา ในการต่อกับ Arduino นั้นจึงนิยมต่อเพียง 4 ขา หรือ 4 บิตเท่านั้น เพื่อเป็นการประหยัดขาในการต่อใช้งานไปไว้ต่อกับอุปกรณ์อื่น ตัวอย่างเช่น Arduino UNO R3 นั้นมีขาให้ใช้งานค่อนข้างน้อย



รูปที่ 2.5 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3

รายละเอียดคำสั่งในการสั่งงานระหว่าง Arduino กับ จอ LCD

คำสั่งในการควบคุมจอ LCD ของ Arduino นั้น ทาง Arduino.cc เขียนเป็น Library มาให้เพื่อสะดวกในการนำไปใช้งาน หลังจากต่อสายเสร็จเรียบร้อย ขั้นตอนแรกในการเริ่มเขียนโปรแกรมคือการเรียกใช้ Library ของ LCD จากไฟล์ชื่อ LiquidCrystal.h หลังจากนั้นมาดูกันว่ามีฟังก์ชั่นที่สำคัญอะไรบ้างที่ใช้สั่งงานให้จอ LCD

ฟังก์ชั่น LiquidCrystal(); ใช้ประกาศขาที่ต้องการส่งข้อมูลไปยังจอ LCD รูปแบบในการสั่งงานคือ

LiquidCrystal lcd(rs, enable, d4, d5, d6, d7) <<<<<<< ในกรณีใช้งานแบบ 4 บิต

LiquidCrystal lcd(rs, enable, d0, d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7) <<<<<<< ในกรณีใช้งานแบบ 8 บิต

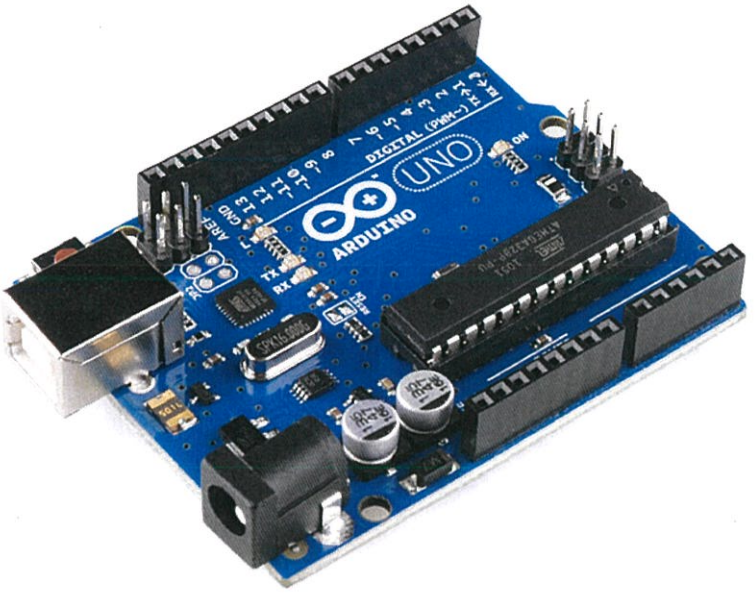
ในบทความนี้ใช้แบบ 4 บิต คือ LiquidCrystal lcd(12, 11, 4, 5, 6, 7); ก็หมายถึงการเชื่อมต่อ rs ที่ขา 12 , Enable ที่ขา 11 , และ DB4-DB7 ที่ขา 4-7 ของ Arduino ตามลำดับ

ฟังก์ชั่น begin(); ใช้กำหนดขนาดของจอ ในบทความนี้เราใช้ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด จึงประกาศเป็น lcd.begin(16, 2);

ฟังก์ชั่น setCursor(); ใช้กำหนดตำแหน่งและบรรทัดของ Cursor เช่น lcd.setCursor(0, 1); คือ ให้เคอร์เซอร์ไปที่ตำแหน่งที่ 0 บรรทัดที่ 1 การนับตำแหน่งเริ่มจาก 0 ดังนั้น LCD 16x2 มีตำแหน่ง 0 – 15 บรรทัด คือ 0 กับ 1

ฟังก์ชั่น print(); ใช้กำหนดข้อความที่ต้องการแสดง

2.9 Arduino



รูปที่ 2.6 บอร์ด Arduino

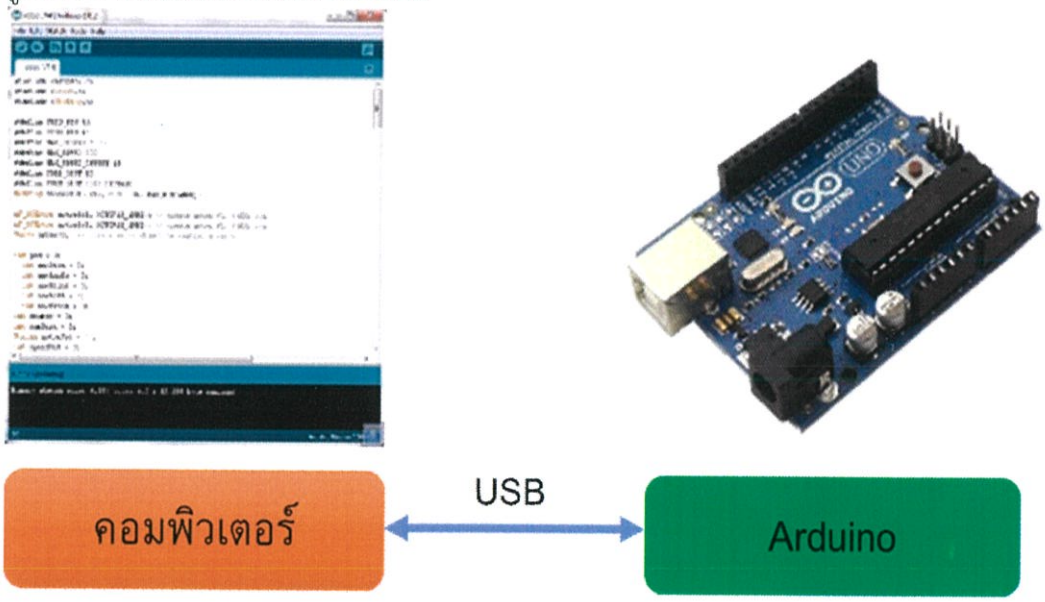
Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดุยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

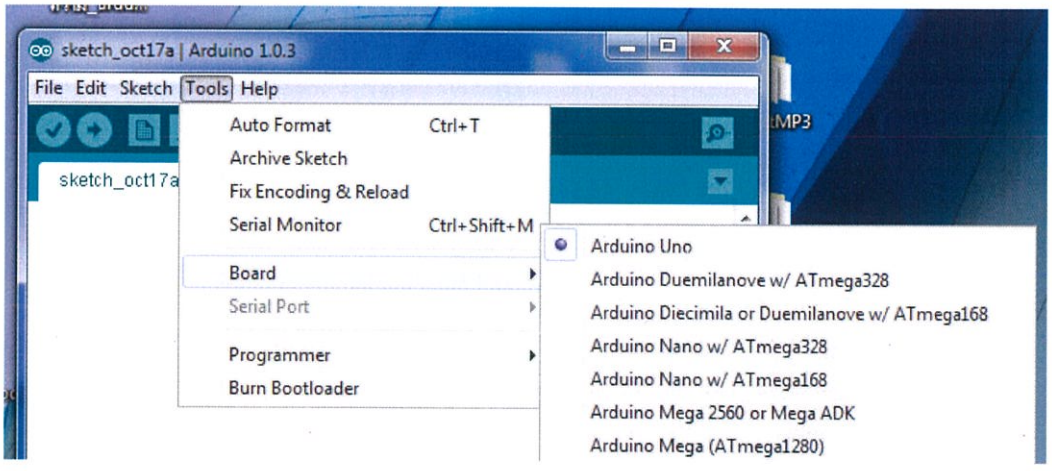
1. ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
2. มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแรง
3. Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
4. ราคาไม่แพง
5. Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino

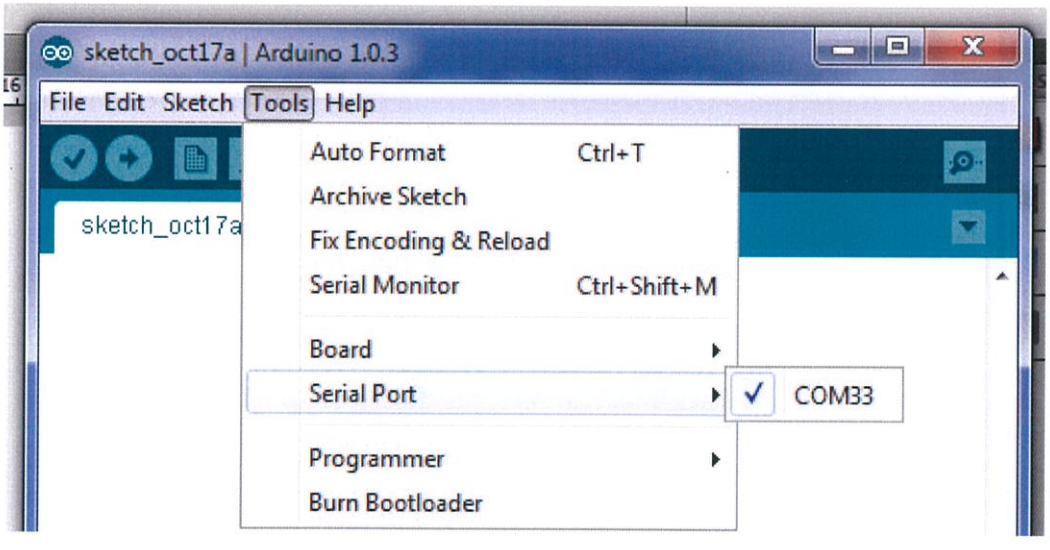


รูปที่ 2.7 แสดงการเขียนโปรแกรมคอมผ่านทางโปรแกรม Arduino

1. เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม ArduinoIDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software
2. หลังจากที่เขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Com port

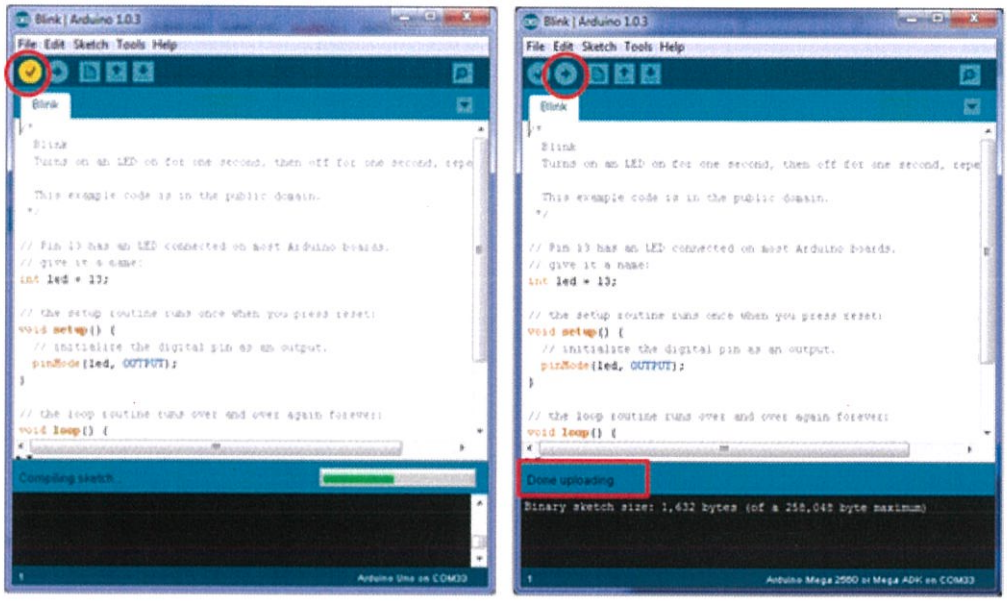


รูปที่ 2.8 แสดงการเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload



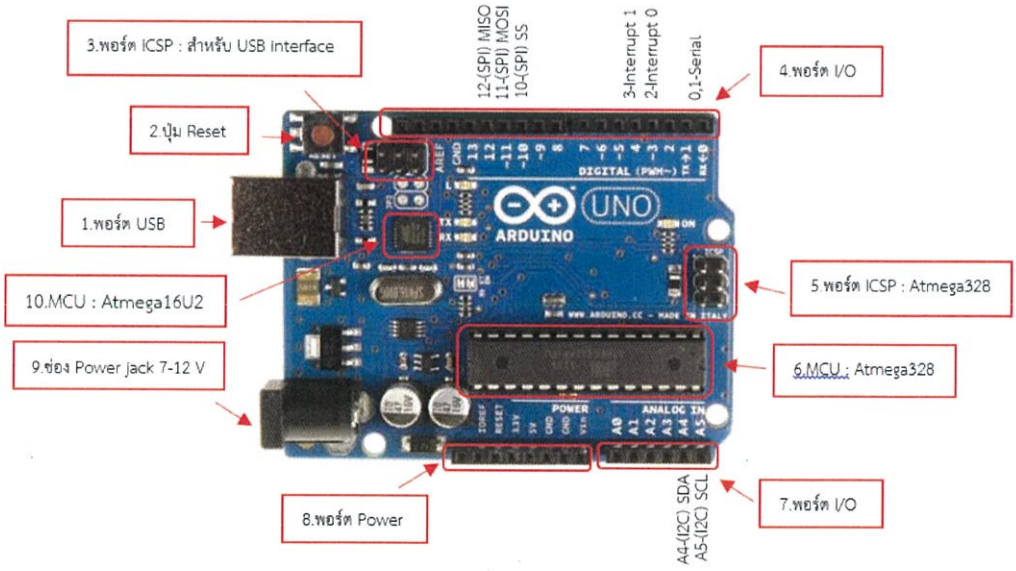
รูปที่ 2.9 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด

3. กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ด โปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัปโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที



รูปที่ 2.10 ตรวจสอบความถูกต้องและ Upload โค้ดโปรแกรม

Layout & Pin out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3)



รูปที่ 2.11 Layout & Pin out Arduino Board

1. USBPort: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2. Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

4. I/OPort:Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

5. ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

7. I/OPort: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5

8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin

9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

2.10 สวิตช์

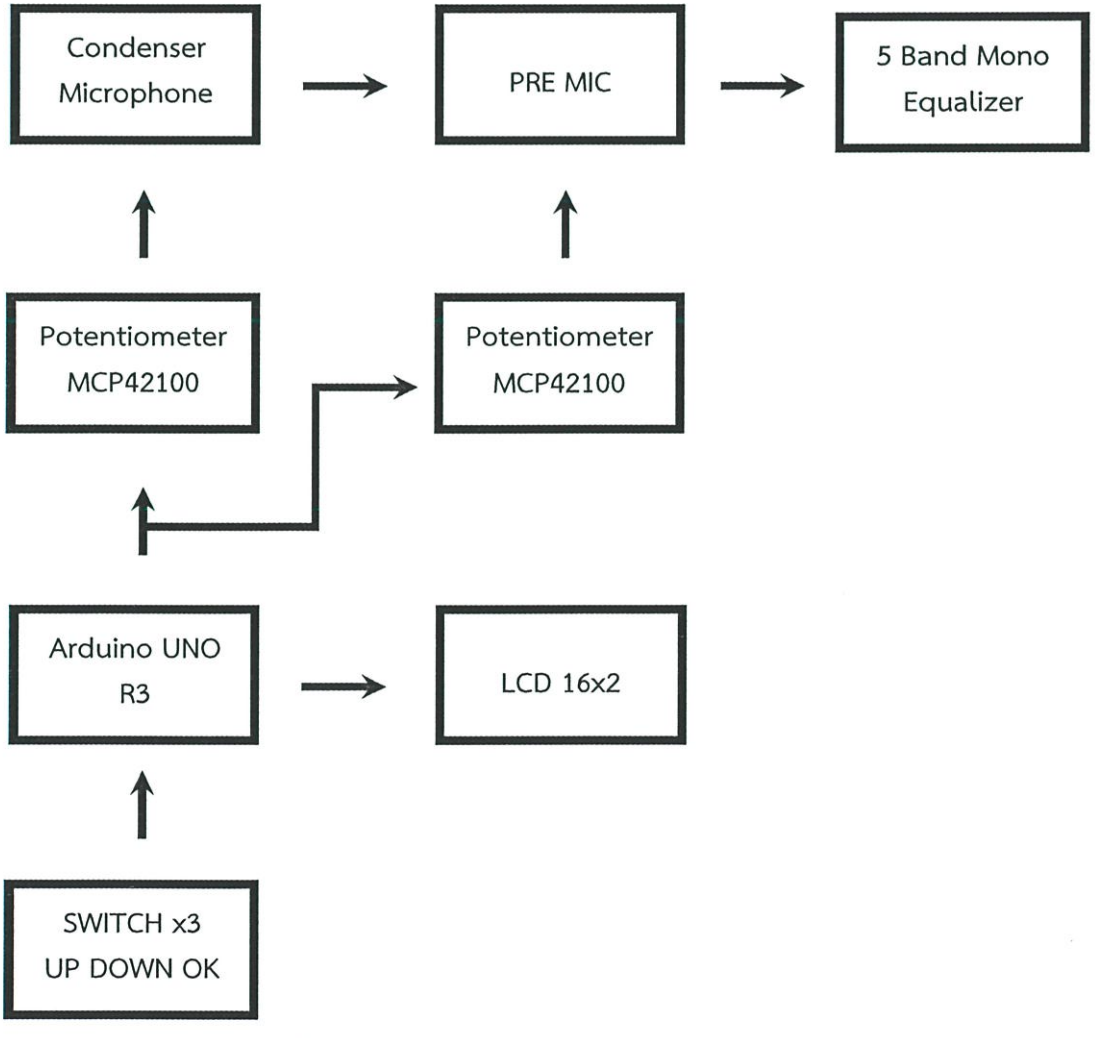
-สวิตช์แบบ pull-up กดติด ปล่อยดับ ซึ่งวงจร pull-up ไฟ Vcc จะต่อกับ ตัวต้านทานก่อนแล้วต่อปุ่ม ลง ground

-สวิตช์แบบ pull-down กดดับ ปล่อยติด ซึ่งวงจร pull-down ไฟ Vcc จะต่อกับปุ่มก่อนแล้วจึงไปต่อกับตัว ตัวต้านทานแล้วลง ground

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 หลักการการทำงานของระบบ

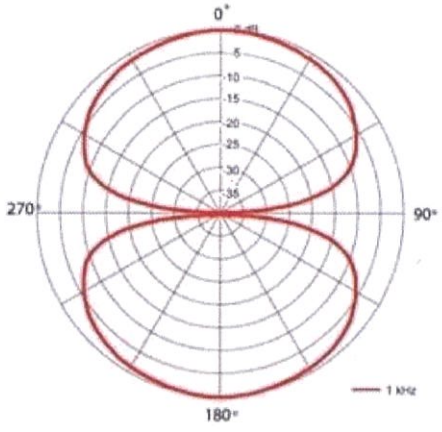
การทำงานของระบบคือการรับสัญญาณเสียงมาจากไมโครโฟน ซึ่งสัญญาณอินพุทที่ได้จะถูกป้อนผ่านวงจรผ่านวงจรขยายล่วงหน้า เพื่อเพิ่มระดับสัญญาณเสียง แล้วส่งสัญญาณที่ขยายนี้ไปยังวงจร Equalizer เป็นตัวปรับความถี่เสียงแต่ละย่านความถี่เสียง 5 ย่านความถี่คือ100 Hz , 350 Hz, 1 KHz , 3.5 KHz และ 10 KHz ก่อนส่งออกไปยังหูฟัง แต่วงจรขยายสัญญาณล่วงหน้าและวงจร Equalizer จะถูกควบคุมโดย Potentiometer และ Arduino เป็นตัวควบคุม Potentiometer โดยรับค่าจาก Switch คือ UP DOWN OK แล้วส่งผลออกทางหน้าจอ LCD เพื่อให้ Potentiometer ทำหน้าที่ควบคุมความดังของวงจรจรขยายสัญญาณและควบคุมความถี่เสียงแต่ละย่านความถี่ 5 ย่านความถี่



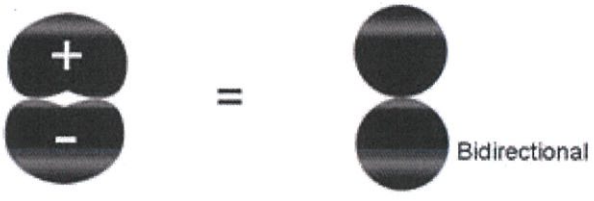
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องช่วยฟัง

3.1.1 หลักการออกแบบ

อินพุทรับสัญญาณเสียงโดยคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนแบบรับเสียงทั้งด้านหน้าไมโครโฟนและด้านหลังไมโครโฟน โดยที่ความสามารถในการรับเสียงเท่ากัน (Bidirectional Pattern)คือ มุมการรับเสียงด้านหน้าและด้านหลังจะมีขนาดที่เท่ากันคือ กว้าง 90 องศาเหมือนกัน ส่วนมุมที่ไม่รับเสียงหรือรับได้น้อย (ทั้งทางด้านซ้ายและทางด้านขวา) ก็จะมีขนาดความกว้าง 90 องศาเช่นเดียวกัน

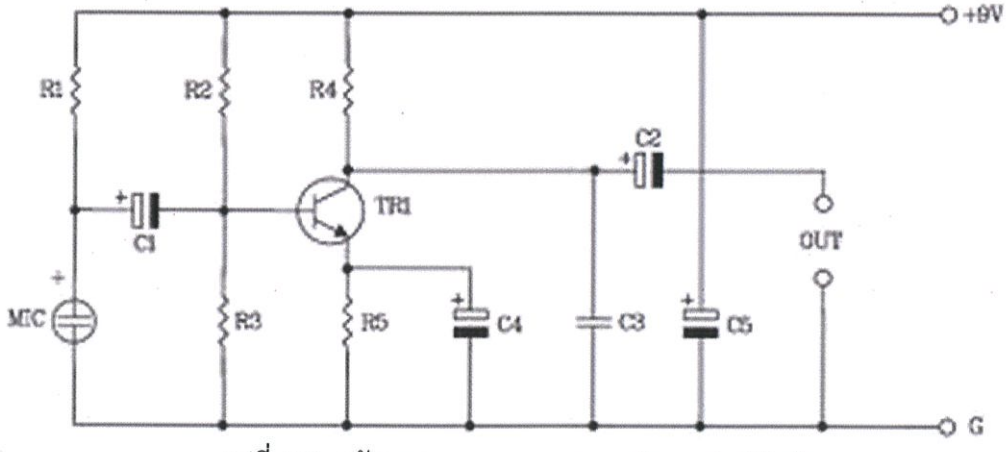


Bidirectional Pattern



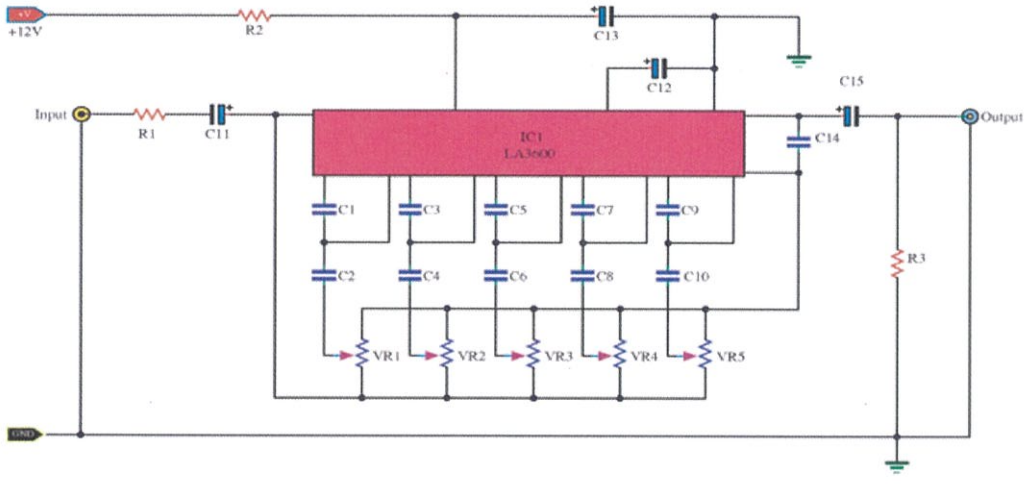
รูปที่ 3.2 ความสามารถในการรับเสียงแบบ Bidirectional Pattern

วงจรขยาย (preamplifier) เป็นวงจรที่ประกอบด้วยคอนเด็นเซอร์ไมค์คอยทำหน้าที่แปลงเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้าก่อนเข้าภาคปรีไมค์เพื่อขยายสัญญาณออกไป วงจรนี้ใช้ไฟเลี้ยงขนาด 9 Vdc โดยกินกระแสไม่เกิน 10 mA จงสามารถใช้แบตเตอรี่ขนาด 9 V ได้อย่างไม่มีปัญหา



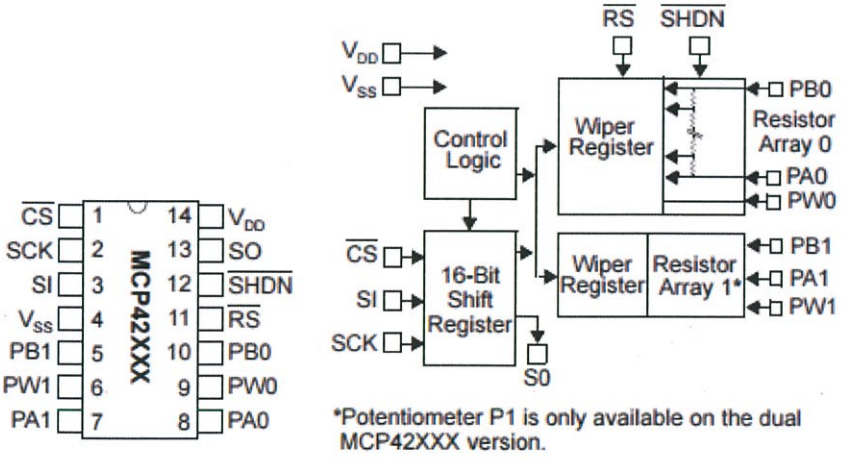
รูปที่ 3.3 หลักการออกแบบวงจรขยาย (preamplifier)

วงจร Equalizer LA3600 คือวงจรที่ประกอบด้วยชุด Filter มีหน้าที่ควบคุมความดังและความกว้าง (Bandwidth) ของความถี่ใดๆ ใน Spectrumตามที่กำหนดไว้ โดยสัญญาณจะถูกแยกเป็นช่วงความถี่เมื่อเข้าสู่ Equalizer ให้เหมาะสมกับ Filter ที่บรรจุไว้แต่ละตัวแล้วค่อยนำมารวมกันที่ Output เป็นรูปสัญญาณเต็มอีกครั้ง เนื่องจาก Equalizer มีหลักการทำงานคือเพิ่มและลดความดังของย่านความถี่เสียงเพื่อให้สามารถเร่งความดังระบบให้สูงกว่าเดิมได้ ดังนั้นการใช้ Equalizer เพื่อแก้ไขปัญหา Feedback จึงทำให้บุคลิกเสียงเปลี่ยนไปเพราะต้องลดความถี่ที่เป็นปัญหา ส่งผลให้การลดความถี่ที่เกิด Feedback จะทำให้เสียคุณภาพเสียงตามไปด้วย

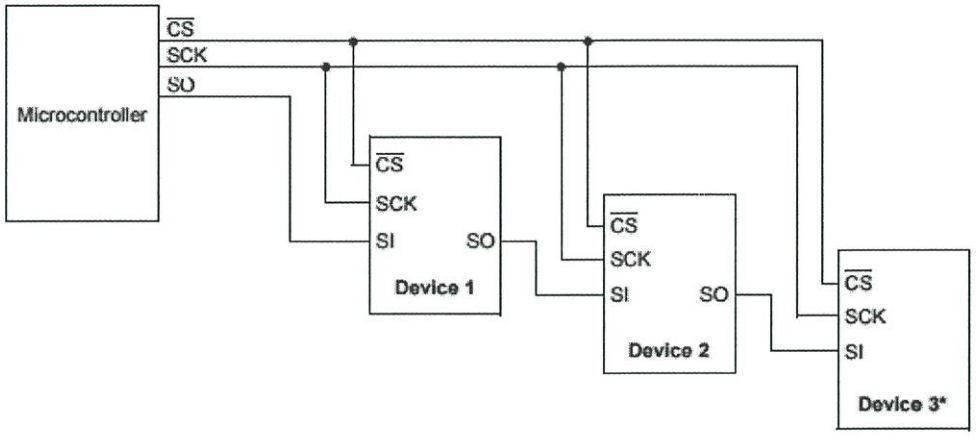


รูปที่ 3.4 หลักการออกแบบวงจร Equalizer LA3600

วงจร Potentiometer โดยใช้ MCP42100 ซึ่งภายในมี Potentiometer อยู่ 2 ตัวโดยแบ่งเป็นพอร์ต 0 กับ 1 ในการออกแบบได้ใช้ MCP42100 จำนวน 3 ตัว ซึ่งเป็นตัวควบคุมความดังของวงจรขยายสัญญาณและควบคุมความถี่เสียงในแต่ล่ะย่านความถี่ 5 ย่านความถี่

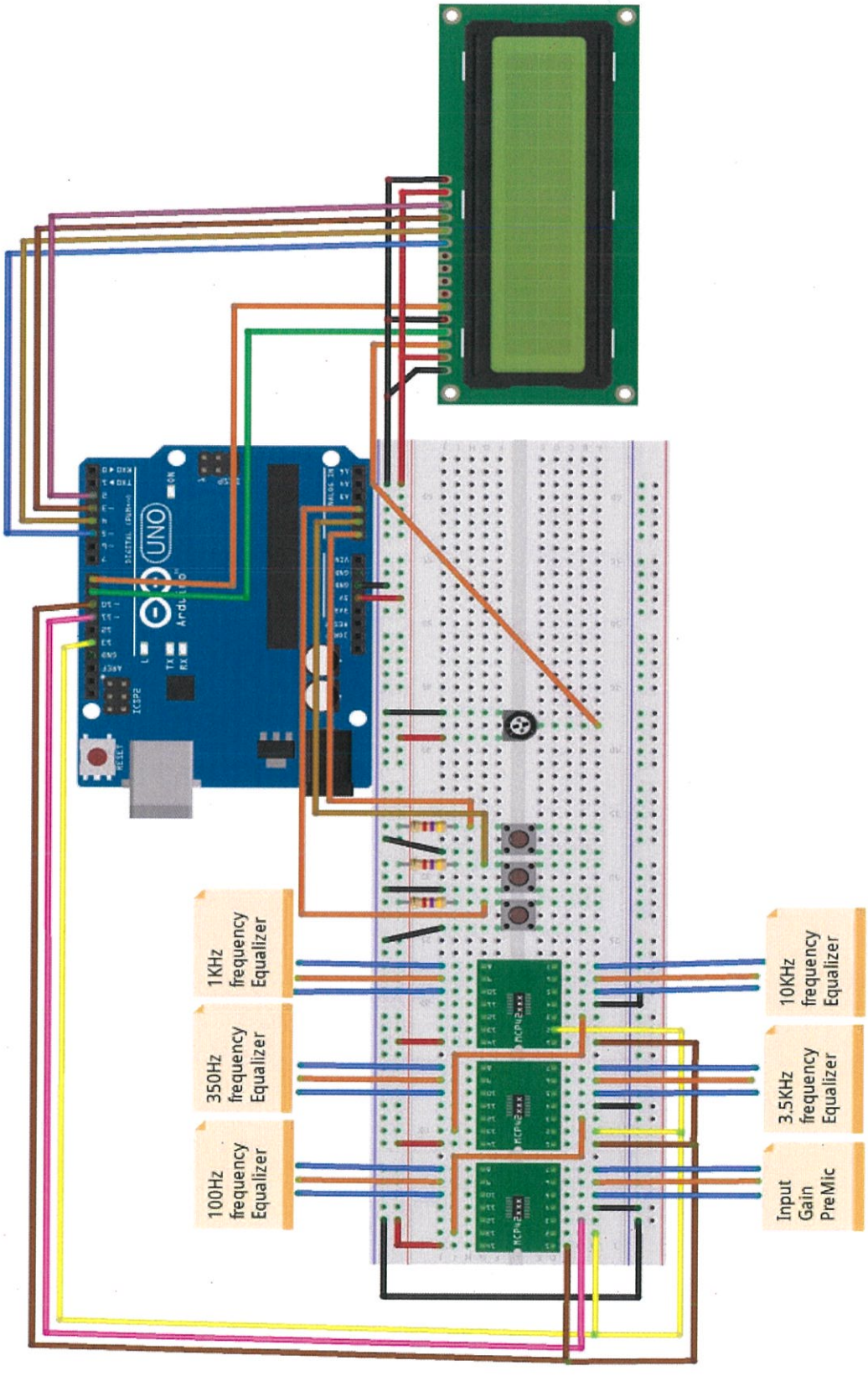


รูปที่ 3.5 แสดง Package Types และ Block Diagram ของ MCP42100

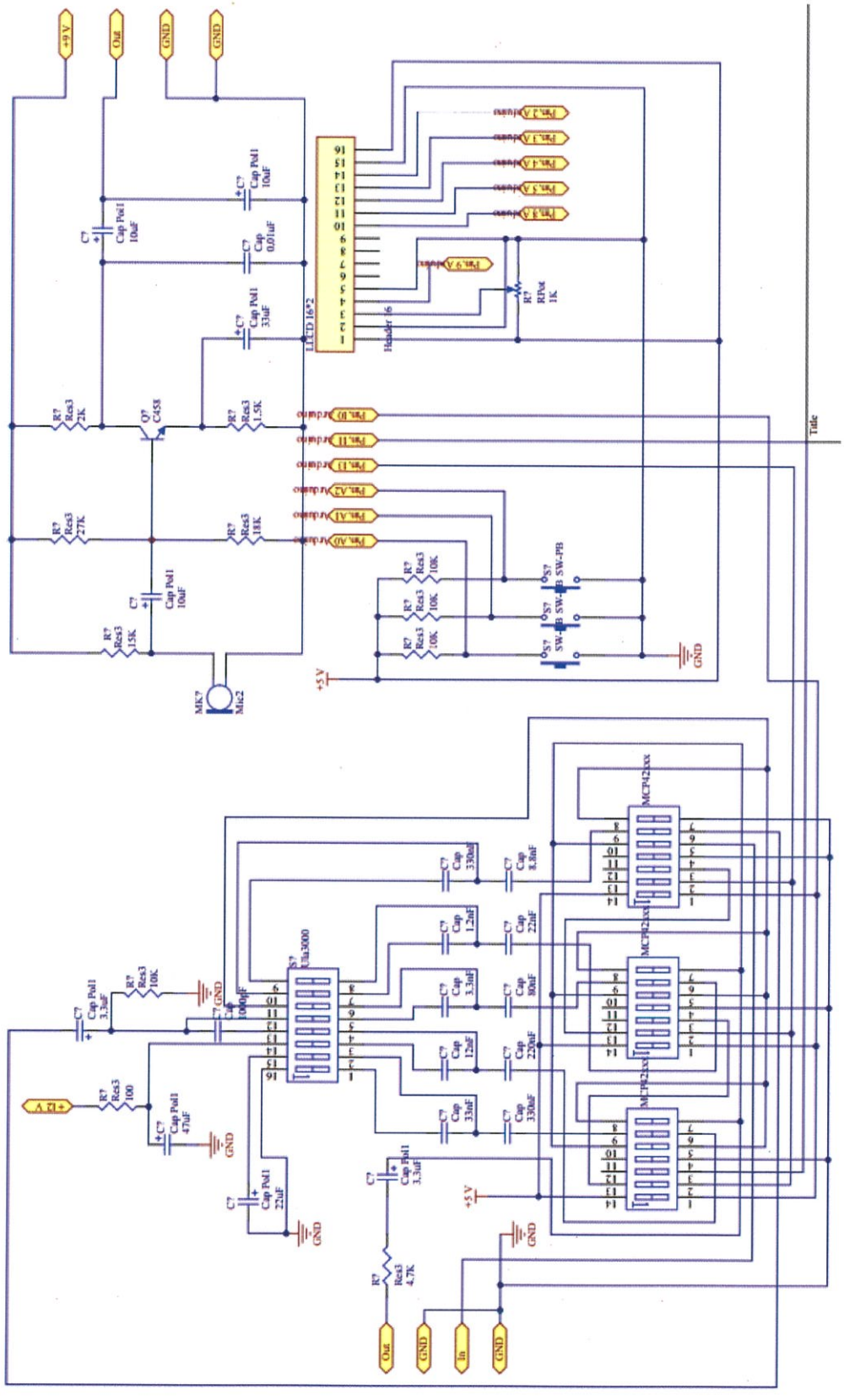


รูปที่ 3.6 แสดง Daisy-Chain Configuration ของ MCP42100

Arduino ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมของโครงงานนี้โดย Arduino รับค่าสัญญาณอินพุทจาก Switch ซึ่งแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ UP DOWN OK ใช้แบบ pull-up กดติด ปล่อยดับเมื่อกดค่าจะเป็น 1 เพื่อป้อนไฟ 5V และเมื่อปล่อยค่าจะเป็น 0 มีค่าเท่ากับ 0 V โดย Arduino ส่งสัญญาณเอาท์พุทเพื่อแสดงผลออกทางหน้าหน้าจอ LCD เพื่อทำการปรับแต่ง และจะบันทึกค่าไว้ใน EEPROM เมื่อทำการปรับแต่งเสร็จแล้ว



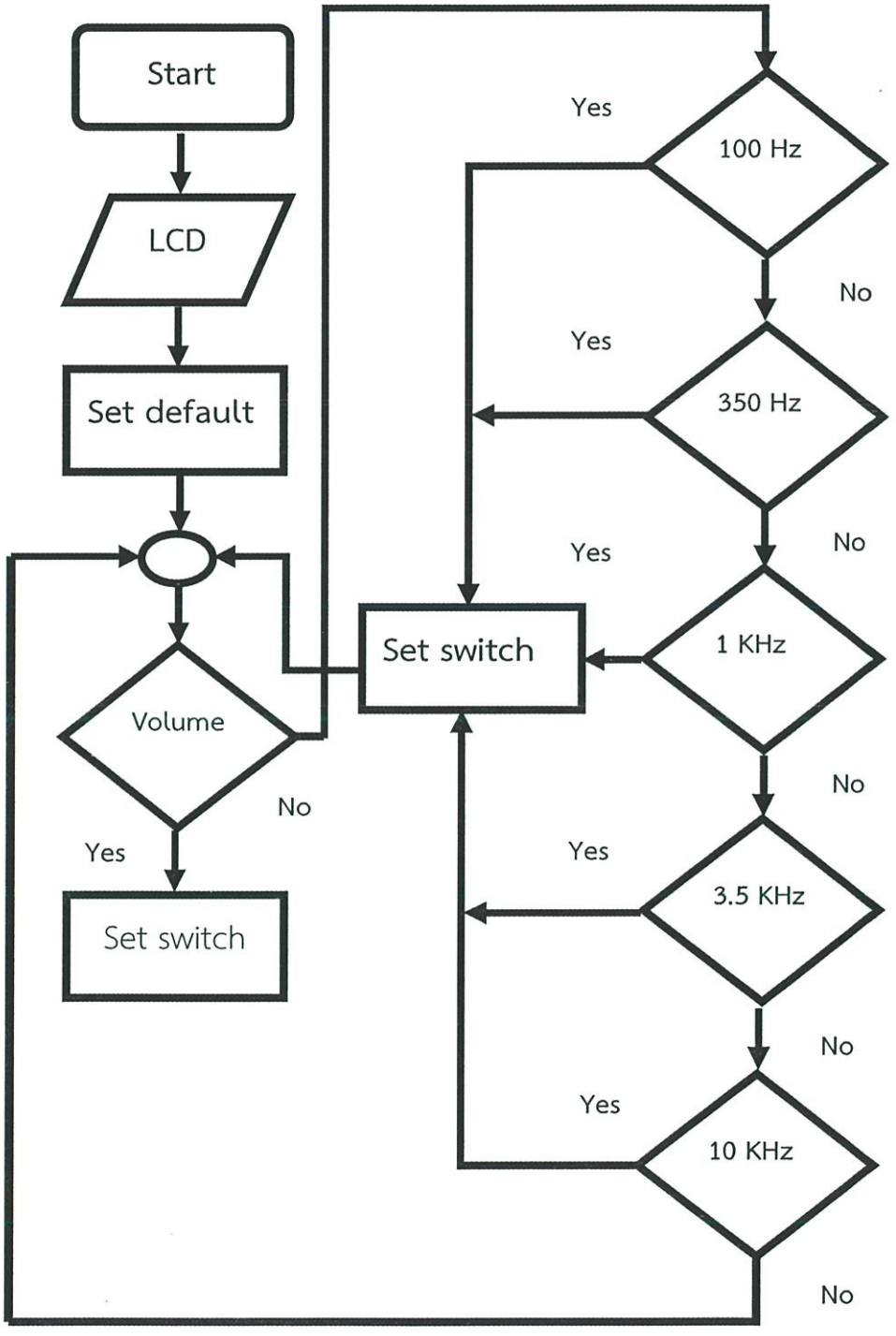
รูปที่ 3.7 แสดงการจำลองวงจรในการออกแบบเครื่องช่วยฟังโดยใช้โปรแกรม Fritzing



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรในการออกแบบเครื่องช่วยฟังโดยใช้โปรแกรม Altium Designer

3.2 การออกแบบโปรแกรม Arduino

การออกแบบขั้นตอนการทำงานในส่วนของโปรแกรมแสดงแบบแผนผัง Flowchart ดังรูปข้างล่างนี้



รูปที่ 3.9 แผนผัง Flowchart

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1

อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน

1. หูฟัง
2. Adapter 12V ขนาด 1A

ขั้นตอนการดำเดินการทดลอง

หลังจากการออกแบบวงจรเครื่องช่วยฟังร่วมกับ Arduino พร้อมโปรแกรมเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของส่วนต่างๆ โดยในขั้นนี้จะทำการทดสอบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับโปรแกรมใน Arduino ซึ่งจะใช้วงจรที่ได้ออกแบบไว้ในเรื่อง การออกแบบ บทที่ 3 โดยแสดงผลออกทางหน้าจอ LCD การทดลองทั้งหมดในบทนี้ มีขั้นตอนดังนี้

1. โปรแกรมการทำงานเบื้องต้นหน้าจอจะแสดงผลการปรับระดับความดังของเสียงซึ่งการทำงานสามารถตั้งค่าระดับเสียงได้ตั้งแต่ 1-100

2. เมื่อการปรับระดับเสียงสิ้นสุดแล้วจะเข้าสู่โหมดการปรับแต่งเสียงของวงจร Equalizer เพื่อเป็นตัวปรับความดังของความถี่เสียงแต่ละย่านความถี่เสียง 5 ย่านความถี่คือ 100 Hz , 350 Hz , 1 KHz , 3.5 KHz และ 10 KHz ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

เมื่อเริ่มทำการเปิดเครื่องโดยใช้ Adapter 12V ขนาด 1A เป็นตัวจ่ายไฟให้กับ Arduino หน้าจอ LCD จะแสดงผลเพื่อทำการปรับระดับความดังของเสียงซึ่งการทำงานสามารถตั้งค่าระดับเสียงได้ตั้งแต่ 1-100

รูปที่ 4.1 แสดงผลเพื่อทำการปรับระดับความดังของเสียงโดยเริ่มต้นระดับเสียงที่ค่าศูนย์

รูปที่ 4.2 แสดงผลเพื่อทำการปรับระดับความดังของเสียงโดยปรับระดับเสียงสูงสุดที่ค่าหนึ่งร้อย

รูปที่ 4.3 เข้าสู่โหมดการปรับแต่งเสียงของวงจร Equalizer เพื่อเป็นตัวปรับความดังของความถี่เสียงที่ 100 Hz

รูปที่ 4.4 เข้าสู่โหมดการปรับแต่งเสียงของวงจร Equalizer เพื่อเป็นตัวปรับความดังของความถี่เสียงที่ 350 HZ

รูปที่ 4.5 เข้าสู่โหมดการปรับแต่งเสียงของวงจร Equalizer เพื่อเป็นตัวปรับความดังของความถี่เสียงที่ 1 KHz

รูปที่ 4.6 เข้าสู่โหมดการปรับแต่งเสียงของวงจร Equalizer เพื่อเป็นตัวปรับความดังของความถี่เสียงที่ 3.5 KHz

รูปที่ 4.7 เข้าสู่โหมดการปรับแต่งเสียงของวงจร Equalizer เพื่อเป็นตัวปรับความดังของความถี่เสียงที่ 10 KHz

4.2 การทดลองที่ 2

หลักการทดลองที่ 2

ขั้นตอนหลังจากทดสอบการใช้งานเบื้องต้นแล้วคือการนำเครื่องช่วยฟังไปทดสอบกับผู้ที่มีความบกพร่องทางการได้ยินโดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ให้ผู้ทดสอบฟังเสียงที่ได้เตรียมไว้สำหรับการทดสอบของหูของผู้ทดสอบทีล่ะข้าง โดยเริ่มจากหูข้างขวา

2. ทำการทดลองโดยให้ผู้ทดสอบปรับระดับความดังและระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ของย่านความถี่เสียง 5 ย่านความถี่ให้เหมาะสมกับระดับการได้ยินของหูผู้ทดสอบหลังจากได้ระดับที่เหมาะสมกับการได้ยินแล้วทำการบันทึกผลการทดลอง

3. ทำการทดลองในขั้นตอนที่ 2 เช่นเดียวกันกับหูข้างซ้าย

4. สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระดับความดังระหว่างหูข้างขวาและหูข้างซ้ายของผู้ทดสอบทั้ง 4 คนและสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ของย่านความถี่เสียง 5 ย่านความถี่ระหว่างหูข้างขวาและหูข้างซ้ายในแต่ล่ะกราฟความสัมพันธ์ของผู้ทดสอบทั้ง 4 คน

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองของผู้ทดสอบคนที่ 1

หู	ความดัง (dB)	ระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ของย่านความถี่เสียง				
		100 Hz	350 Hz	1 kHz	3.5 KHz	10 KHz
ขวา	60	30	45	85	45	10
ซ้าย	70	40	50	90	60	10

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองของผู้ทดสอบคนที่ 2

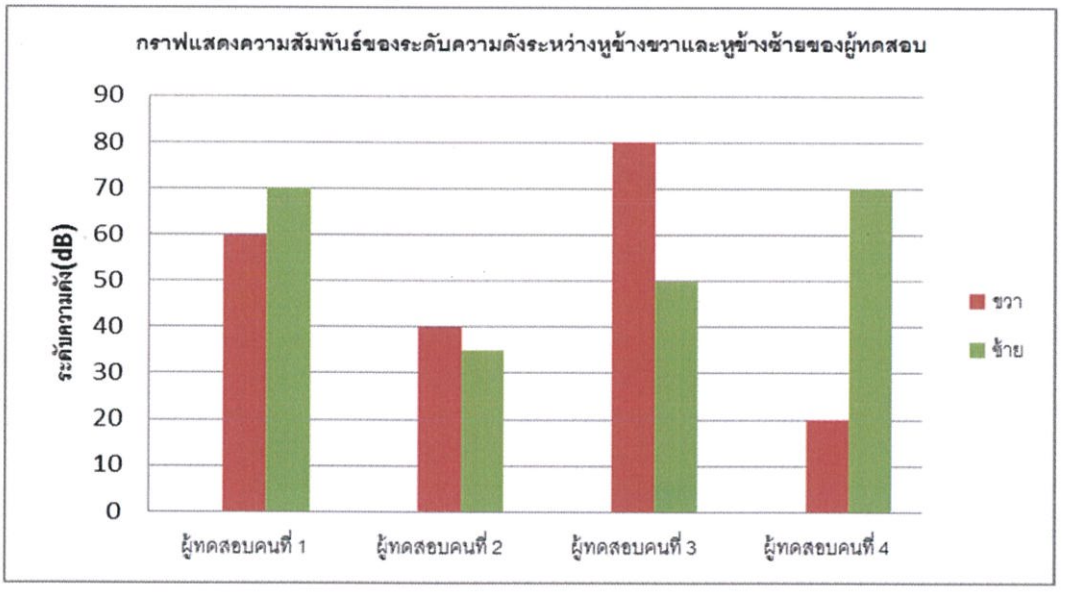
หู	ความดัง (dB)	ระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ของย่านความถี่เสียง				
		100 Hz	350 Hz	1 KHz	3.5 KHz	10 KHz
ขวา	40	20	25	50	95	75
ซ้าย	35	20	30	45	90	60

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองของผู้ทดสอบคนที่ 3

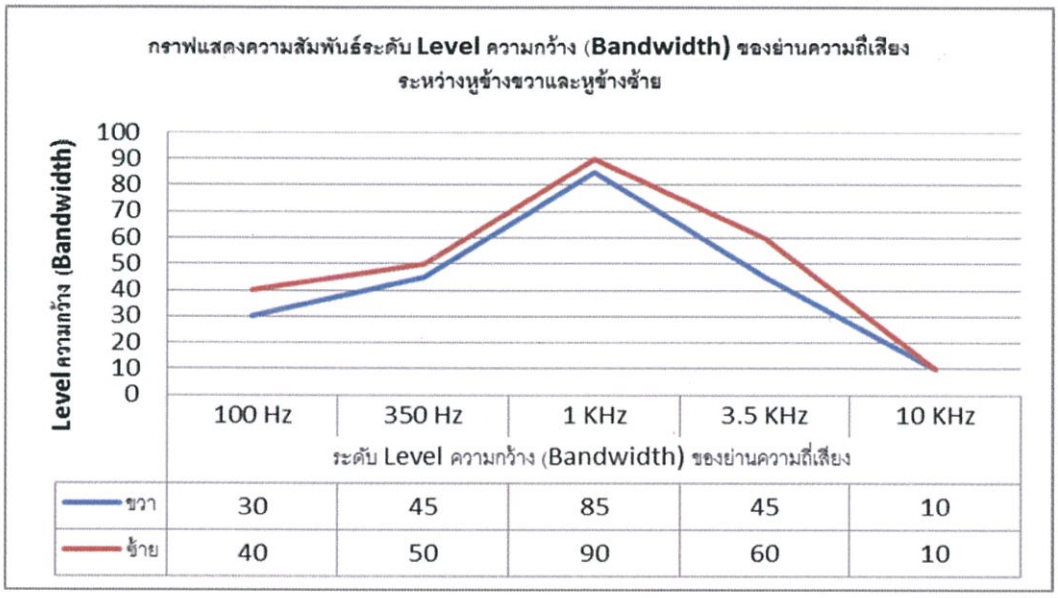
หู	ความดัง (dB)	ระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth)ของย่านความถี่เสียง				
		100 Hz	350 Hz	1 KHz	3.5 KHz	10 KHz
ขวา	80	65	90	75	30	10
ซ้าย	50	20	45	50	85	70

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองของผู้ทดสอบคนที่ 4

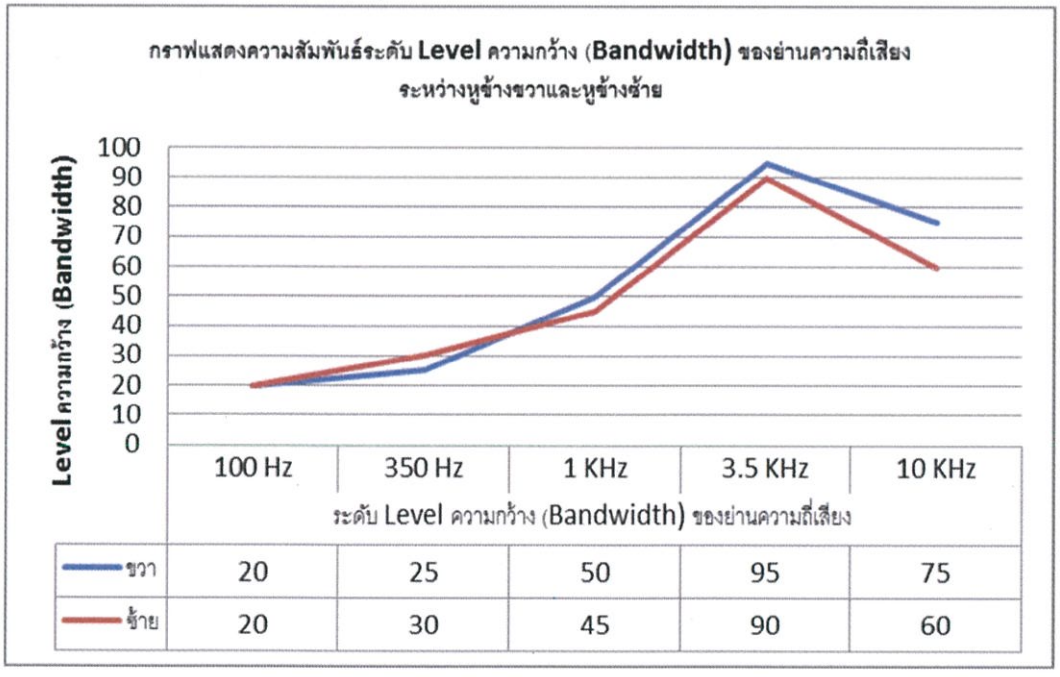
หู	ความดัง (dB)	ระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ของย่านความถี่เสียง				
		100 Hz	350 Hz	1 KHz	3.5 KHz	10 KHz
ขวา	20	10	10	60	80	50
ซ้าย	70	70	85	65	20	10



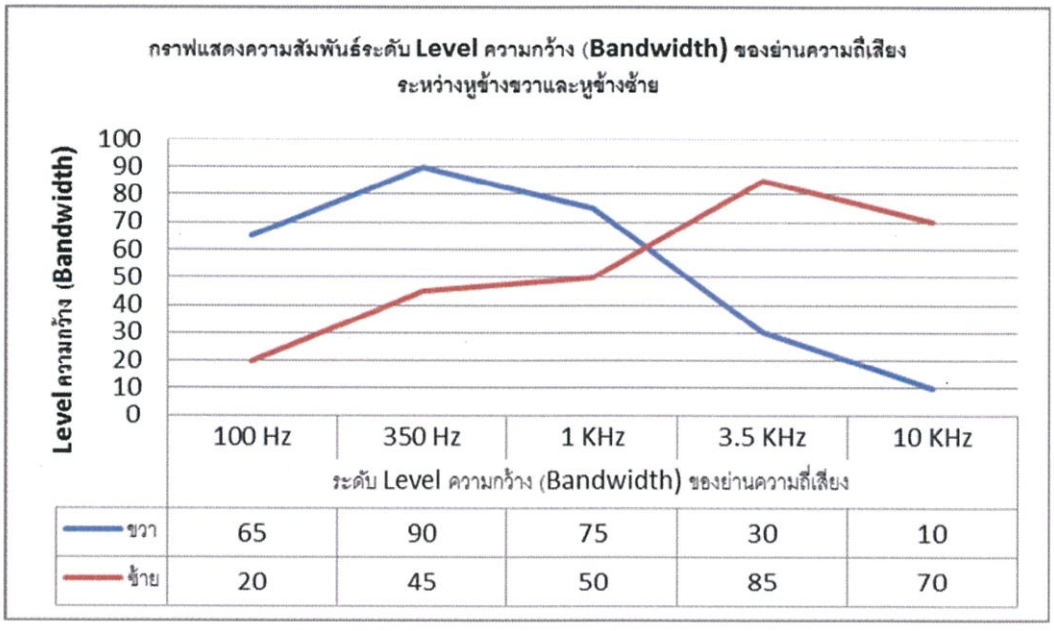
รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระดับความดังระหว่างหูข้างขวาและหูข้างซ้ายของผู้ทดสอบทั้ง 4 คน



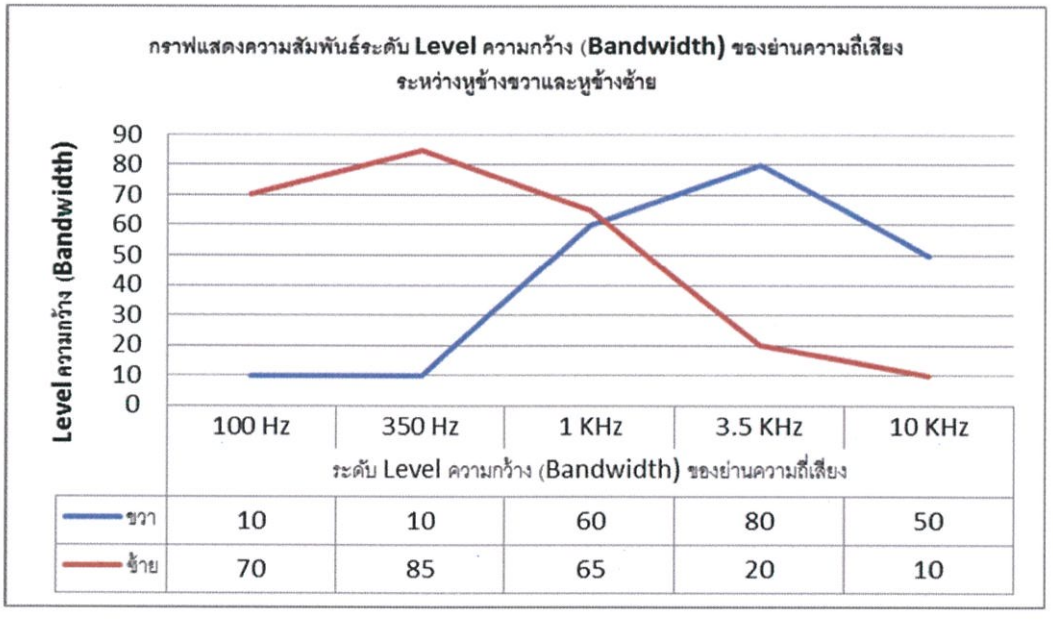
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ของย่านความถี่เสียง 5 ย่านความถี่ระหว่างหูข้างขวาและหูข้างซ้ายของผู้ทดสอบคนที่ 1



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ของย่านความถี่เสียง 5 ย่านความถี่ระหว่างหูข้างขวาและหูข้างซ้ายของผู้ทดสอบคนที่ 2



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ของย่านความถี่เสียง 5 ย่านความถี่ระหว่างหูข้างขวาและหูข้างซ้ายของผู้ทดสอบคนที่ 3



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ของย่านความถี่เสียง 5 ย่านความถี่ระหว่างหูข้างขวาและหูข้างซ้ายของผู้ทดสอบคนที่ 4

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ผลการทดลองที่ 1

เครื่องช่วยฟังสามารถแสดงผลการปรับเพิ่มระดับความดังของเสียงได้และสามารถปรับแต่งระดับความดังของความถี่เสียงในแต่ละย่านความถี่ 5 ย่านความถี่ซึ่งประกอบด้วย ความถี่ 100 Hz , 350 Hz , 1 KHz , 3.5 KHz และ 10 KHz ตามที่โปรแกรมไว้ โดยแสงผลออกทางหน้าจอ LCD เพื่อบันทึกค่าไว้ใน EEPROM ของ Arduino เมื่อทำการปรับแต่งเสร็จแล้วขณะเปิดการใช้งาน

ผลการทดลองที่ 2

จากผลทดลองการได้ยินโดยใช้เครื่องช่วยฟังของผู้ทดสอบแล้วสามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระดับความดังระหว่างหูข้างขวาและหูข้างซ้ายของผู้ทดสอบทั้ง 4 คนได้ความสัมพันธ์ระหว่างหูข้างขวาและข้างซ้ายว่าหูแต่ละข้างมีระดับความดังของการได้ยินที่ต่างกัน เมื่อนำกราฟแสดงความสัมพันธ์ระดับความดังนี้มาเปรียบเทียบกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ของย่านความถี่เสียง 5 ย่านความถี่ระหว่างหูข้างขวาและหูข้างซ้ายของผู้ทดสอบแล้วผลที่ได้คือระดับความดังมีความสัมพันธ์กับระดับความถี่ ยกตัวอย่างเช่น ผู้ทดสอบคนที่ 1 ได้ปรับระดับความดังที่ 60 , 70 เดซิเบล ของหูข้างขวาและข้างซ้ายตามลำดับ ซึ่งผู้ทดสอบรายนี้มีการสูญเสียการฟังอยู่ในระดับกลางและระดับรุนแรง ตามตารางที่ 1.1 ระดับการสูญเสียการได้ยินที่แตกต่างกัน เมื่อดูผลการปรับระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ที่ 30 , 45 , 85 , 45 , 10 และ 40 , 50 , 90 , 60 , 10 ของย่านความถี่เสียง 100 Hz , 350 Hz , 1 KHz , 3.5 KHz และ 10 KHz ของหูข้างขวาและซ้าย ตามลำดับ โดยมีการปรับระดับ Level ความกว้าง (Bandwidth) ที่ 85 ของย่านความถี่เสียง 1 KHz มากที่สุดจึงเห็นได้ว่าเป็นไปตามความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 2.3 ในกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงความถี่และระดับความเข้มเสียงที่หูคนปกติสามารถรับรู้ และลักษณะของการวัดสมรรถภาพการได้ยินทั้ง 4 กลุ่มซึ่งจากผลการทดลองผู้ทดสอบมีความผิดปกติของการรับฟังเสียงในส่วนที่รับฟังเสียงความถี่ต่ำ (ความถี่ 500-2,000 Hz) ดังนั้นจากผลการทดลองผู้ทดสอบทั้ง 4 คน ผู้ทดสอบคนที่ 1 สูญเสียการฟังอยู่ในระดับปานกลางและระดับรุนแรง มีความผิดปกติของการรับฟังเสียงในส่วนที่รับฟังเสียงความถี่ต่ำ (ความถี่ 500-2,000 Hz) ของหูข้างขวาและซ้ายตามลำดับ คนที่ 2 สูญเสียการฟังอยู่ในระดับกลางและระดับเล็กน้อย มีความผิดปกติของการรับฟังเสียงในส่วนที่รับฟังเสียงความถี่สูง (ความถี่ 4-8 KHz) ของหูข้างขวาและซ้ายตามลำดับ คนที่ 3 สูญเสียการฟังอยู่ในระดับรุนแรงและระดับกลาง มีความผิดปกติของการรับฟังเสียงในส่วนที่รับฟังเสียงความถี่ต่ำและความถี่สูงของหูข้างขวาและซ้ายตามลำดับ คนที่ 4 สูญเสียการฟังอยู่ในระดับปกติและระดับรุนแรง มีความผิดปกติของการรับฟังเสียงในส่วนที่รับฟังเสียงความถี่ปกติหรือความถี่สูง และความถี่ต่ำของหูข้างขวาและซ้ายตามลำดับ ทั้งนี้ผลการทดลองที่ได้จากผู้ทดสอบขึ้นอยู่กับความราบรื่นของเสียงที่ผู้ทดสอบมีความพึงพอใจในการได้ยิน

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

5.2.1 ปัญหาที่พบ

ปัญหาที่พบในการทดลองแรกนี้คือการกดปุ่ม Switch ซึ่งการกดปุ่มอาจจะต้องใช้แรงและจำนวนครั้งในการกดปุ่มเนื่องจากปัญหาทางวัสดุของปุ่ม Switch นั้นเอง และเมื่อทำการกด Switch ที่ปุ่มคำสั่ง OK หลังจากการตั้งค่าเสร็จเรียบร้อยทั้งหมดในแต่ละย่านความถี่ 5 ย่านความถี่แล้ว เมื่อทดลองทำการกดปุ่มซ้ำอีกหลายๆครั้งผลคือการแสดงผลทางหน้าจอ LCD เกิดการส่งข้อมูลแสดงผลผิดพลาดทำให้ข้อมูลการแสดงผลบางส่วนหายไป เนื่องด้วยปัญหาจากการเขียนโปรแกรมในการรองรับคำสั่งซึ่งยังไม่มีการรับชุดคำสั่งในส่วนนี้

ส่วนปัญหาที่พบในการทดลองที่สองคือเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากประสาทรับรู้ในการฟังเสียงของแต่ละบุคคลเป็นลักษณะเฉพาะที่ไม่เหมือนกันรวมถึงเสียงที่ใช้ในการทดลองซึ่งเป็นเสียงดนตรีที่มีหลายย่านความถี่รวมกัน เสมือนว่าจำลองสถานการณ์ที่มีการพูดคุยและเสียงจากภายนอกในการดำเนินชีวิตประจำวันในปกติ ส่งผลให้การปรับแต่งเสียงไม่ตรงกับช่วงความถี่ที่ได้ยินในบางย่านความถี่ ซึ่งมีลักษณะช่วงความถี่จากแหล่งกำเนิดเสียงที่เร็วไปหรือเกิดจากการตัดทอนระดับความถี่ในย่านความถี่นั้นๆออกไปแล้วในช่วงความถี่ที่ต้องการได้ยินทำให้ความชัดของเสียงหรือคุณภาพเสียงขึ้นอยู่แต่ละบุคคลของผู้ทดสอบ มีความพึงพอใจมากน้อยขนาดเท่าไหนในความราบรื่นของเสียงที่ได้ยินจากการปรับแต่งเสียงของผู้ทดสอบเอง และมีเวลาที่จำกัดในการทดสอบ

5.2.2 แนวทางแก้ไขปัญหา

การแก้ไขปัญหารวมไปถึงแนวโน้มการพัฒนาและปรับปรุงในอนาคตคือส่วนของ Switch และโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในที่นี้หมายถึงการพัฒนาและปรับปรุงให้มีจุดบกพร่องน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ รวมถึงแนวโน้มในอนาคตสามารถปรับปรุงให้มีขนาดของวงจรที่เล็กลงและการใช้อุปกรณ์สื่อสารเข้ามาเป็นส่วนประกอบร่วมด้วยในการพัฒนาอย่างเช่น มือถือ แทบเลต โดยการนำแอพพลิเคชั่นมาเป็นฟังก์ชั่นเสริม เพื่อความสะดวกสบายยิ่งขึ้นและลดปัญหาการใช้งานที่ซับซ้อนยุ่งยากสำหรับผู้ที่เริ่มต้นการใช้งาน

ในส่วนของการแก้ปัญหาเรื่องความราบรื่นหรือคุณภาพของเสียงในการทดสอบจากผู้ฟังเนื่องจากการไม่ให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่ได้มาจากปัจจัยของเสียงและปัจจัยภายนอกคือการควบคุมลักษณะของเสียงให้คงที่ในแต่ละระดับย่านความถี่เสียงที่ทดสอบ และมีความหลากหลายในการทดสอบเสียง เพื่อให้แน่ใจและตรงต่อความพึงพอใจที่ต้องการของผู้ทดสอบในการได้ยิน โดยควบคุมเสียงในการทดสอบของแต่ละย่านความถี่ แบ่งทดสอบในย่านความถี่ของเสียงในสถานที่ต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ทดสอบการได้ยินของเสียงที่ย่านความถี่แต่ละย่านความถี่และความดังที่คงที่ในห้องเงียบ ในสถานที่ในสภาพแวดล้อมจราจร และสถานที่ในสภาพแวดล้อมที่มีเสียงอึกทึก ซึ่งควรทราบประวัติเบื้องต้นของลักษณะของการวัดสมรรถภาพการได้ยินของผู้ทดสอบก่อนเข้ารับการทดสอบกับเครื่องช่วยฟังที่ได้จัดเตรียมมา จากผลการทดสอบดังที่กล่าวไว้นี้เป็นข้อมูลที่สามารถนำไปศึกษาต่อและทำการปรับปรุงลักษณะที่ง่ายต่อการปรับแต่งเสียงของเครื่องช่วยฟังให้มีคุณลักษณะที่ตรงต่อความต้องการพึงพอใจของผู้ฟังในการได้ยินที่มีสภาพแวดล้อมที่ต่างกันให้ดียิ่งขึ้นไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติ ภักดีวัฒนะกล. 2550. ภาษาซี ทีละก้าว. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์ เคทีพี.

[2] www.arduino.cc

[3] www.arduinonote.blogspot.com

[4] www.altium.com/altium-designer/overview

[5] www.fritzing.org

[6] www.microchip.com

[7] www.unisonic.com.tw/english

[8] www.panasonic.net/sanyo

[9] www.rle.mit.edu

[10] www.wikipedia.org

[11] www.uniconboard.com

[12] www.productionthai.com

[13] www.eleccirruit.com

[14] วัลลภ ศิลปกุล. 2552 "การออกแบบและพัฒนาเครื่องช่วยฟังแบบดิจิตอลรูปแบบใหม่." การออกแบบและพัฒนาเครื่องช่วยฟังแบบดิจิตอลรูปแบบใหม่ = Design and development of a new digital hearing aid, ปริญญานิพนธ์ (วศ.บ.(วิศวกรรมโทรคมนาคม)) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, อาจารย์ที่ปรึกษา.

[15] วรุตม์ วัฒนอนันต์, วสันต์ นาคปนคำ, วสิษฐ ศรีขวัญเจริญ. 2553 "เครื่องช่วยฟัง." เครื่องช่วยฟัง.= Hearing aid device, ปริญญานิพนธ์ (วศ.บ. (วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์)) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์, อาจารย์ที่ปรึกษา.

ภาคผนวก ก.

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมที่ใช้สำหรับ Arduino

```
#include <LiquidCrystal.h>
int ss1 = 10;
int ss2 = 9;
int ss3 = 8;
int clk = 13;
int mosi = 11;
int led=12;
const int sw1=A0;
const int sw2=A1;
const int sw3=A2;

// initialize the library with the numbers of the interface pins
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);

// Variables and bytes
byte pot0 = B00010010; // write to pot 0
byte pot1 = B00010001; // write to pot 1

int i,j,func=0,up_down,set_fre,count;
int vol=20,fre100,fre350,fre1,fre3_5,fre10;
void setup()
{
    Serial.begin( 9600 );
    lcd.begin(16, 2);
    pinMode( ss1, OUTPUT );
    pinMode( ss2, OUTPUT );
    pinMode( ss3, OUTPUT );
    pinMode( clk, OUTPUT );
    pinMode( mosi, OUTPUT );
    pinMode( sw1, INPUT );
    pinMode( sw2, INPUT );
    pinMode( sw3, INPUT );
```

```
  pinMode( led, OUTPUT );

digitalWrite( ss1, HIGH );
digitalWrite( clk, HIGH );

Serial.println( "Ready." );

 //lcd.setCursor(1,1);
 lcd.print("< Hearing aid >");
 for(j=0;j<5;j++)
 {
   lcd.noDisplay();
   delay(150);
   lcd.display();
   delay(150);
 }
 delay(3000);
   lcd.clear();
   lcd.print("< Hearing aid >");
   lcd.setCursor(1,2);
   lcd.print("VOL: ");
   lcd.setCursor(5,2);
   lcd.print(vol);
   ////////// defalt ////////////
  digitalWrite( ss1, LOW );
  spi_transfer(pot0);
  spi_transfer(20*2.55);
  digitalWrite( ss1, HIGH );
  delay(100);
  digitalWrite( ss1, LOW );
  spi_transfer(pot1);
  spi_transfer(50*2.55);
  digitalWrite( ss1, HIGH );
  delay(100);
   digitalWrite( ss2, LOW );
  spi_transfer(pot0);
  spi_transfer(50*2.55);
  digitalWrite( ss2, HIGH );
```

```
    delay(100);
    digitalWrite( ss2, LOW );
    spi_transfer(pot1);
    spi_transfer(50*2.55);
    digitalWrite( ss2, HIGH );
    delay(100);
    digitalWrite( ss3, LOW );
    spi_transfer(pot0);
    spi_transfer(50*2.55);
    digitalWrite( ss3, HIGH );
    delay(100);
    digitalWrite( ss3, LOW );
    spi_transfer(pot1);
    spi_transfer(50*2.55);
    digitalWrite( ss3, HIGH );
    delay(100);
 ////////////////////////////////////
}

void loop()
{

   /////////// SET VOLUME ////////////////////
   while(func==0)
   {
     lcd.setCursor(5,2);
     lcd.print(vol);
     lcd.blink();
     delay(10);
       if(digitalRead(sw1)==0)
       {
        vol++;
          if(vol==101)
            vol=0;
                  digitalWrite( ss1, LOW );
                  spi_transfer(pot0);
                  spi_transfer( vol*2.55 );
                  digitalWrite( ss1, HIGH );
```

```
          while(digitalRead(sw1)==0);
       lcd.setCursor(5,2);
       lcd.print("   ");
     }
    if(digitalRead(sw3)==0)
    {
      vol--;
        if(vol<=-1)
          vol=100;
                digitalWrite( ss1, LOW );
                spi_transfer(pot0);
                spi_transfer( vol*2.55 );
                digitalWrite( ss1, HIGH );
           while(digitalRead(sw3)==0);
       lcd.setCursor(5,2);
       lcd.print("   ");
     }


         if(digitalRead(sw2)==0)
         {
          func=1;
          lcd.clear();
          lcd.print("EQ SET==>");
          lcd.setCursor(1,1);
          lcd.print("Level:");
           while(digitalRead(sw2)==0);

         }
 }
///////// select FreQuency //////////////
while(func==1)
{
    switch_up_down();
  ////////////////////////
  if(up_down==0)
  {
```

```
  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print("100Hz ");
  lcd.cursor();
  lcd.blink();
  delay(10);
}
if(up_down==1)
{
  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print("350Hz ");
  lcd.blink();
  delay(10);
}
if(up_down==2)
{
  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print("1KHz  ");
  lcd.blink();
  delay(10);
}
if(up_down==3)
{
  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print("3.5KHz");
  lcd.blink();
  delay(10);
}
if(up_down==4)
{
  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print("10KHz ");
  lcd.blink();
  delay(10);
}
 if(up_down==5)
 up_down=0;
 if(up_down<=-1)
 up_down=4;
```

```
//////////////////////
  if(digitalRead(sw2)==0)
  {
    set_fre=up_down;
    if(set_fre==0)
     {
        up_down=fre100;
     }
    if(set_fre==1)
     {
        up_down=fre350;
     }
    if(set_fre==2)
     {
         up_down=fre1;
     }
    if(set_fre==3)
     {
          up_down=fre3_5;
     }
   if(set_fre==4)
     {
        up_down=fre10;
     }
    Serial.println("send");
    Serial.println(up_down);
    func=2;
    while(digitalRead(sw2)==0)
    {
       if(count<=101)
       count++;
       delay(10);
       if(count==100)
       {
       func=0;
       count=0;
       lcd.clear();
       lcd.print("< Hearing aid >");
```

```
            lcd.setCursor(1,2);
            lcd.print("VOL: ");
            lcd.setCursor(5,2);
            lcd.print(vol);
            }
          }

    }
  }
////////////////////////////////
//////// setLevel frequency //////
while(func==2)
{
  switch_up_down();
  if(up_down==101)
    up_down=0;
  if(up_down<=-1)
    up_down=100;

   lcd.setCursor(7,1);
   lcd.print(up_down);

   if(up_down<=100)
   {
     lcd.setCursor(10,1);
     lcd.print(" ");
   }
   if(up_down<=99)
   {
     lcd.setCursor(9,1);
     lcd.print("  ");
   }
   if(up_down<=9)
   {
     lcd.setCursor(8,1);
     lcd.print("   ");
   }
     lcd.blink();
```

```
delay(10);
    if(set_fre==0)
     {
        fre100=up_down;
            digitalWrite( ss1, LOW );
            spi_transfer(pot1);
            spi_transfer( fre100*2.55 );
            digitalWrite( ss1, HIGH );
      }
    if(set_fre==1)
     {
        fre350=up_down;
            digitalWrite( ss2, LOW );
            spi_transfer(pot0);
            spi_transfer( fre350*2.55 );
            digitalWrite( ss2, HIGH );
      }
    if(set_fre==2)
     {
        fre1=up_down;
            digitalWrite( ss2, LOW );
            spi_transfer(pot1);
            spi_transfer( fre1*2.55 );
            digitalWrite( ss2, HIGH );
      }
    if(set_fre==3)
     {
        fre3_5=up_down;
            digitalWrite( ss3, LOW );
            spi_transfer(pot0);
            spi_transfer( fre3_5*2.55 );
            digitalWrite( ss3, HIGH );
     }
    if(set_fre==4)
     {
        fre10=up_down;
            digitalWrite( ss3, LOW );
            spi_transfer(pot1);
```

```
                spi_transfer( fre10*2.55 );
                digitalWrite( ss3, HIGH );
            }

        if(digitalRead(sw2)==0)
        {
              func=1;
              up_down=set_fre;
    while(digitalRead(sw2)==0);
    lcd.clear();

    lcd.print("EQ SET==>");
    lcd.setCursor(1,1);
    lcd.print("Level:");
 }
}
////////////////////////////////////

/* if(digitalRead(sw1)==0)
 {
// Serial.println( "i" );
 digitalWrite( ss1, LOW );
 i+=5;

 if(i==255)
 i=0;
 Serial.println( i );

 spi_transfer( B00010011 );
 spi_transfer(i);

 digitalWrite( ss1, HIGH );
 delay( 500 );
 while(digitalRead(sw1)==0);
 }*/
 /*digitalWrite( ss1, LOW );
 i++;
 if(i==255)
```

```
  i=0;
  Serial.println( i );

  spi_transfer( B00010011 );
  spi_transfer(i);

  digitalWrite( ss1, HIGH );
  delay( 500 );

  /*digitalWrite( ss1, LOW );
  Serial.println( "HIGH" );

  spi_transfer( B00010011 );
  spi_transfer( 255 );

  digitalWrite( ss1, HIGH );
  delay( 2000 );*/
}

void spi_transfer( byte working )
{  int i;

  digitalWrite( clk, LOW );

  for( i=1; i<=8; ++i )
  {  if( working > 127 )
        digitalWrite( mosi, HIGH );
     else
        digitalWrite( mosi, LOW );

     digitalWrite( clk, HIGH );
     working = working << 1;
     digitalWrite( clk, LOW );
  }
}
void switch_up_down()
{
   if(digitalRead(sw1)==0)
```

```
  {
    up_down++;

   while(digitalRead(sw1)==0);

  }
  if(digitalRead(sw3)==0)
  {
    up_down--;

   while(digitalRead(sw3)==0);

  }
}
```