ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

เครื่องตรวจวัดการได้ยิน

Audio Meter

นางสาวดลหทัย กันนัย รหัส 48364333
นายภมรศักดิ์ สมันจิตร รหัส 48380152
นายบรรพต ใจหนัก รหัส 48380350

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 29 เม.ย. 2553
เลขทะเบียน 1494198
เลขเรียกหนังสือ ฟร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ว149 ก
2551

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2551

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	**เครื่องตรวจวัดการได้ยิน**		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวดลหทัย กันนัย	รหัส	48364333
	นายภมรศักดิ์ สมันจิตร	รหัส	48380152
	นายบรรพต ใจหนัก	รหัส	48380350
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์แสงชัย มังกรทอง		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2551		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงาน ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์แสงชัย มังกรทอง)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเชษฐ์ กานต์ประชา)

.....กรรมการ

(ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห)

หัวข้อโครงงาน	**เครื่องตรวจวัดการได้ยิน**		
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นางสาวดลหทัย กันนัย**	**รหัส**	**48364333**
	นายภมรศักดิ์ สมันจิตร	**รหัส**	**48380152**
	นายบรรพต ใจหนัก	**รหัส**	**48380350**
อาจารย์ที่ปรึกษา	**อาจารย์แสงชัย มังกรทอง**		
สาขาวิชา	**วิศวกรรมไฟฟ้า**		
ภาควิชา	**วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์**		
ปีการศึกษา	2551		

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเครื่องตรวจวัดการได้ยิน ไม่เพียงพอกับจำนวนโรงพยาบาลเพราะราคาที่สูง และจะมีเฉพาะโรงพยาบาลที่มีขนาดใหญ่เท่านั้น ดังนั้นโรงพยาบาลในชุมชนที่อยู่ห่างไกลจากเมืองใหญ่จะไม่มีเครื่องตรวจวัดการได้ยินซึ่งในอนาคตโรงพยาบาลในชุมชนที่มีเครื่องตรวจวัดการได้ยินจากโครงงานนี้ ประชาชนก็จะสามารถทำการตรวจวัดการได้ยินขั้นต้นก่อน ถ้าหากพบว่ามีความผิดปกติทางการได้ยิน ก็จะสามารถรักษาได้ทันถ่วงที

ในโครงงานนี้ เราได้สร้างอุปกรณ์เพื่อสร้างสัญญาณเสียงความถี่บริสุทธิ์ที่เราต้องการทำการตรวจวัด ซึ่งได้แก่ ความถี่ที่ 125 Hz – 8000 Hz โดยสร้างเป็นสัญญาณ Sine Wave แล้วโปรแกรมลงที่บอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์ ชนิด ARM7 USB-LPC2148 EXP เมื่อทำการแปลงค่าสัญญาณ sine ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้ทฤษฎี Sampling จากนั้นจะส่งข้อมูลดิจิตอลผ่าน SPI เพื่อเข้าไปที่บอร์ด DAC MODULE ET MCP4922 DAC 12 BIT ซึ่งทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก จากนั้นส่งเสียงออกไปที่ชุดหูฟัง เพื่อตรวจวัดการได้ยิน

ส่วนหน้าจอแสดงผลและบันทึกผลการตรวจวัด ซึ่งเขียนโดยภาษา C# มีหน้าที่ คือส่งค่าความถี่, ความดัง และหูข้างที่ต้องการทดสอบ ผ่าน UART เข้ามาที่บอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์ ชนิด ARM7 USB-LPC2148 EXP เพื่อคำนวณสัญญาณเสียงต่าง ๆ พร้อมกับรับค่าอินเทอร์รัปจากสวิตซ์ ผ่าน UART กลับมาที่หน้าจอแสดงผล เพื่อ บันทึกผลการตรวจวัดการได้ยิน

Project Title	Audio Meter.
Name	Miss.Dolhathai Kannai ID. 48364333
	Mr.Pamornsak Samonjit ID. 48380152
	Mr.Banphot Jainak ID. 48380350
Project Advisor	Mr. Sangchai Mangkornthong
Major	Electrical Engineering.
Department	Electrical and Computer Engineering.
Academic Year	2008

.....

ABSTRACT

At the present time, Audio Meter is not enough for the number of hospitals in Thailand because it is expensive. Only the large of province hospitals have this instrument. Therefore the local hospitals or medical unit in the rural area don't have this instrument. For the future, the local hospitals can effort the cost of this Audio Meter. From this cause, the people can be the hearing capacity. If you meet the unusual hearing. You can recover in time.

In this project, we have invented the instrument for creating pure frequency used to inspect hearing loss at frequency 125 Hz - 8000 Hz by using Microcontroller Board : ARM7 USB-LPC2148 EXP for creating sine wave by using Sampling Theorem for doing modify sine wave signal to digital signal. Over and above digital signal will be transmitting SPI for entering at DAC MODULE ET MCP4922 DAC 12 BIT Board. It's doing modify digital signal to analog signal and send analog signal come at ear phone which it's doing duty modify Electric signal to sound signal for inspecting hearing loss.

For on display, the program was created by C# language which doing duty for define frequency, amplitude and the ears wanting to test. It sent the values by UART to Microcontroller Board for calculating sound signal and sent sound signal with tester. When tester was hearing the sound, he must be press switch. Which switch's connected to interrupt port of Microcontroller Broad. When Microcontroller Broad receiver interrupt signal that sent a command to the program. by UART. Therefore program will be doing show hearing signal on display.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้ จะไม่สามารถสำเร็จลงได้ หากไม่ได้รับความสนับสนุนจากบุคคลจำนวนมาก ก่อนอื่นผู้จัดทำโครงการใคร่ขอขอบพระคุณท่าน อ.แสงชัย มังกรทอง ที่ท่านได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานนี้ ที่ให้ความสนับสนุนในการทำโครงงาน ตลอดจนให้คำชี้แนะและมอบแนวทางการแก้ไขปัญหาของโครงงานเพื่อให้โครงงานสามารถดำเนินต่อไปได้ด้วยดีตลอดมา

คณะผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเชษฐ์ กานต์ประชา และ ดร.อัครพันธ์ วงกังแห ที่คอยแนะนำให้คำปรึกษาที่ดีตลอดเวลา ตลอดจนเสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบเนื้อหาและเป็นกรรมการในการสอบโครงงาน จึงทำให้โครงงานนี้มีความสมบูรณ์ ถูกต้อง ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณพ่อ แม่ และเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนปัจจัยทุก ๆ อย่างในการทำโครงงานนี้ ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่างไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....ก
Abstract.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....จ
สารบัญรูป.....ฉ

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์โครงงานขอบข่ายโครงงาน.....1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย.....2
1.5 แผนการดำเนินงาน.....3
1.6 ผลที่คาดว่าน่าจะได้รับ.....4
1.7 งบประมาณของโครงงาน.....4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี
2.1 ความสามารถในการได้ยินของมนุษย์.....5
2.2 การตรวจหูและประเมินการได้ยิน.....5
2.2.1 การทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน.....5
2.2.2 วิธีการตรวจหาระดับการได้ยิน.....6
2.2.3 เทคนิควิธีการตรวจการได้ยิน.....6
2.2.4 การเตรียมผู้ถูกทดสอบ.....7
2.2.5 การตรวจการได้ยินโดยการนำเสียงผ่านทางอากาศ (AC).....7
2.2.6 การบันทึกผลการตรวจ.....8
2.2.7 เกณฑ์การประเมินและการแบ่งระดับความบกพร่องของการได้ยิน.....8
2.2.8 ระดับความบกพร่องการได้ยิน.....9

สารบัญ(ต่อ)

2.3 ทฤษฎีการชักตัวอย่าง

2.3.1 Sampler.....11

2.3.2 Sampling and sampled signals.....11

2.3.3 Flat-top sampling.....12

2.3.4 Aliasing effect.....12

2.3.5 หลักการของ Nyquist.....12

บทที่ 3 วิธีการออกแบบการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสร้างเครื่องตรวจวัดการได้ยิน.....14

3.2 Blog Diagram แสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์.....14

3.3 โครงสร้างการต่อวงจรของอุปกรณ์ชุดตรวจวัดการได้ยิน.....15

3.4 การต่อวงจรชุดหูฟัง.....18

3.5 กลไกการทำงานของเครื่อง Audio Meter.....20

3.6 State Diagram แสดงการทำงาน Audio Meter.....20

3.7 Flow Chart การคำนวณค่า Sampling ของสัญญาณ 1 คาบ ใน State:CALSTATE...22

3.8 สรุปรูปแบบการส่งและการตอบกลับของคำสั่ง AT+ command ในโหมดต่าง ๆ.....24

3.8.1 การส่งและการตอบกลับของคำสั่ง AT+ command ในโหมดทดสอบ.....24

3.8.2 การส่งและการตอบกลับของคำสั่ง AT+ command ในโหมดทำงาน.....25

3.8.3 การส่งและการตอบกลับของคำสั่ง AT+ command ในโหมดอินเทอร์รั....25

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 การวัดคาบสัญญาณ Sampling..... 24

4.2 ทดสอบสัญญาณที่สร้างขึ้น.....26

บทที่ 5 บทสรุป

5.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....34

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข.....36

5.3 ข้อเสนอแนะ.....36

สารบัญ(ต่อ)

เอกสารอ้างอิง.....37
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งาน.....38
ภาคผนวก ข แปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก Module ET-MINI MCP4922 DAC 12BIT *2CH 45
ภาคผนวก ค บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นCP-JR ARM7 USB-LPC2148 EXP.....49
ประวัติผู้เขียนโครงงาน.....58

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แสดงระยะเวลาการดำเนินงาน....3
2.1 แสดงระดับความบกพร่องการได้ยิน....9
2.2 แสดงระดับความดังที่เบาที่สุดที่จะได้ยิน....9
3.1 แสดงการเชื่อมต่อบอร์ดทดลอง....17
3.2 แสดงการส่งและการตอบกลับของคำสั่ง AT+ command ในโหมดทดสอบ....24
3.3 แสดงการส่งและการตอบกลับของคำสั่ง AT+ command ในโหมดทำงาน....25
3.4 แสดงการส่งและการตอบกลับของคำสั่ง AT+ command ในโหมดอินเทอร์รัป....25

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 วิธีการตรวจวัดการได้ยินทั่วไป....6
2.2 วิธีการบันทึกผลการตรวจ....8
2.3 เปรียบเทียบความถี่ในการ Sampling....11
3.1 Blog Diagram แสดงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ....14
3.2 แสดงโครงสร้างการต่อวงจรของอุปกรณ์....15
3.3 แสดงลายวงจรแบบละเอียด....17
3.4 แสดงวงจรชุดหูฟัง....18
3.5 ภาพอุปกรณ์จริงของชุดตรวจวัดการได้ยิน....19
3.6 State Diagram แสดงการทำงานของ Audio Meter....20
3.7 Flow Chart การคำนวณค่า Sampling ของสัญญาณ 1 คาบ ในState:CALSTATE....22
4.1 แสดงสัญญาณรูปฟันปลา ใช้ Time/Div= 5 ms และ Volt/Div= 2 V....26
4.2 สัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 125 Hz ที่ Time/Div= 5 ms 27
4.3 สัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 125 Hzที่ Frequency/Div= 250 Hz , Amplitude = 10 dBV 27
4.4 สัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 250 Hzที่ Time/Div= 5 ms 28
4.5 สัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 250 Hzที่ Frequency/Div= 250 Hz , Amplitude = 10 dBV 28
4.6 สัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 500 Hzที่ Time/Div= 1 ms 29

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.7 สัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 500 Hzที่ Frequency/Div= 250 Hz , Amplitude = 10 dBV....29
4.8 สัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 1000 Hzที่ Time/Div= 500 µs 30
4.10 สัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 2000 Hzที่ Time/Div= 200 µs.....31
4.11 สัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 2000 Hzที่ Frequency/Div=1 kHz , Amplitude = 10 dBV...31
4.12 สัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 4000 Hzที่ Time/Div= 100 µs.....32
4.13 สัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 4000 Hzที่ Frequency/Div= 5kHz , Amplitude = 10 dBV...32
4.14 สัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 8000 Hzที่ Time/Div= 50 µs.....33
4.15 สัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 8000 Hzที่ Frequency/Div= 5kHz , Amplitude = 10 dBV...33
5.1 สัญญาณ sine wave ที่มีลักษณะราบเรียบ.....34
5.2 สัญญาณ sine wave ที่มีลักษณะไม่ราบเรียบ.....34
5.3 สัญญาณที่ไม่มีการเกิด Harmonic ที่เด่นชัด.....35
5.4 สัญญาณที่มีการเกิด Harmonic ขึ้นพร้อมกับสัญญาณที่เราต้องการ.....35

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันเนื่องจากเครื่องตรวจวัดการได้ยินของหูคนเรานั้น มีจำนวนไม่เพียงพออีกทั้งมีราคาค่อนข้างสูง และพบว่าสถานที่ที่จะมีเครื่องตรวจวัดการได้ยินนั้นจะมีใช้และสามารถตรวจได้เฉพาะตามโรงพยาบาลที่มีขนาดใหญ่ แต่หากว่ามีการตรวจวัดเบื้องต้นได้ผู้ป่วยก็จะสามารถทำการรักษาได้ถูกต้องตามขั้นตอน และไม่ปล่อยไว้จนผู้ป่วยไม่สามารถได้ยินเสียง ซึ่งที่ผ่านมานั้นจำนวนผู้ป่วยที่เข้ามารับการตรวจวัดจะไม่รู้ตัวเองว่าระดับการได้ยินของหูตัวเองผิดปกติหรือไม่ ซึ่งโครงงานนี้มุ่งเน้นในเรื่องของการตรวจวัดเบื้องต้นก่อน หากตรวจวัดว่าระดับการได้ยินเสียงของหูผิดปกติก็จะสามารถเข้ารับการรักษาจากทางโรงพยาบาลได้โดยที่ไม่ปล่อยไว้เป็นระยะเวลานานจนไม่สามารถทำการรักษาต่อไปได้

โครงงานนี้มีอุปกรณ์อยู่ 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 หน้าจอควบคุมการตรวจวัดและแสดงผลการตรวจวัด

ส่วนที่ 2 ฟังก์ชั่นในการสร้างสัญญาณเสียงตามความถี่และระดับความดังที่ส่งมาให้จากส่วนที่ 1 มาสร้างเป็นสัญญาณไซน์โดยทำการสร้างสัญญาณ Sampling ที่เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อนำไปแปลงเป็นสัญญาณอนาล็อกต่อไป

ส่วนที่ 3 รับและทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลออกมาเป็นสัญญาณอนาล็อกส่งเสียงผ่านมาทางชุดหูฟัง เพื่อทดสอบผู้ที่ถูกการทดสอบ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการ Sampling ของสัญญาณ และการนำไปใช้

1.2.2 เพื่อศึกษาการได้ยินของหูมนุษย์

1.2.3 เพื่อศึกษากระบวนการในการตรวจสอบการได้ยิน

1.2.4 เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมใน Microcontrollers

1.2.5 เพื่อศึกษาการเขียนระบบของ PC เพื่อติดต่อกับ Microcontrollers ผ่าน UART

1.2.6 เพื่อสร้างเครื่องตรวจวัดการได้ยิน โดยใช้ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาข้างต้น ให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องต้นแบบ

1.2.7 เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดการได้ยินของเสียง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

สร้างเครื่องกำเนิดเสียงตามความถี่และระดับความดังตามที่กำหนดได้ โดยความความถี่และระดับความดังสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามมาตรฐานการตรวจสอบการได้ยินในทางการแพทย์ และสามารถควบคุมการแสดงผลและบันทึกผลการทดสอบ ผ่านทาง Personal Computer ได้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

1.4.1 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลของการได้ยินของหูมนุษย์

1.4.2 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการSampling สัญญาณ

1.4.3 ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดการได้ยินของหูมนุษย์

1.4.4 ทำการออกแบบการทดลอง

1.4.5 ทำการปรับสัญญาณเสียงให้อยู่ในระดับที่ตั้งค่าไว้จากเครื่องต้นแบบโดยใช้หลักการSamplingสัญญาณ

1.4.6 ทำการวิเคราะห์ผลขั้นสุดท้ายและสร้างเครื่องตรวจวัดการได้ยินของหูมนุษย์

1.4.7 สรุปผลและจัดทำรูปเล่มโครงงาน

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แสดงระยะเวลาการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2551							ปี 2552		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลของการทำงานของหูมนุษย์และวิธีการตรวจวัดการได้ยินของหูมนุษย์	←	→								
2. ศึกษาการ Sampling		←	→							
3. ศึกษาอุปกรณ์ที่จะใช้ในการประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดการได้ยินของหูมนุษย์			←	→						
4. ออกแบบการทดลอง				←	→					
5. ทำการทดลองการได้ยินของหูมนุษย์จากเครื่องต้นแบบ					←	→				
6. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดการได้ยินของหูมนุษย์							←	→		
7. สรุปผลการปฏิบัติงานและจัดทำรูปเล่มโครงงาน										← →

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เข้าใจหลักการการทำงานและการตรวจวัดการได้ยินของหูมนุษย์

1.6.2 เข้าใจหลักการของการ Sampling สัญญาณ

1.6.3 เข้าใจการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชิ้นที่ใช้ในการประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดการได้ยิน และ สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีราคาถูกแต่ได้คุณภาพที่ใกล้เคียงกับเครื่องต้นแบบมากที่สุด

1.6.4 สามารถออกแบบและทำการทดลองได้อย่างถูกต้อง

1.6.5 สามารถประดิษฐ์เครื่องตรวจวัดการได้ยินและนำไปใช้งานได้จริง

1.7 งบประมาณของโครงงาน

ค่าอุปกรณ์การใช้งาน	2500	บาท
ค่าจัดทำรูปเล่มรายงาน	500	บาท
รวม	3000	บาท

(สามพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ ขออนุมัติถัวเฉลี่ยทุกรายการ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2
หลักการ และทฤษฎี

2.1 ความสามารถในการได้ยินของมนุษย์[5]

ช่วงความถี่ของการได้ยินนั้นจะแตกต่างกันไปได้มากมายในแต่ละบุคคล โดยช่วงความถี่ที่สามารถได้ยินกันแบบเต็มช่วงคือ 20-20,000 Hz ทว่าในคนวัยหนุ่มสาวแม้จะมีสุขภาพที่ดีสมบูรณ์แต่ก็จะสามารถได้ยินความถี่เสียงย่านสูงขึ้นไปได้เพียง 17,000-18,000 Hz แค่นั้นเอง ความสามารถในการได้ยินความถี่เสียงย่านสูงจะเสื่อมถอยลงไปเรื่อยๆ ตามอายุขัย ซึ่งโดยปกติในวัย 55 ปีนั้น ผู้ชายจะไม่สามารถได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่า 5,000 Hz และผู้หญิงจะไม่เกิน 12,000 Hz แต่สำหรับผู้หญิงนั้นจะมีแนวโน้มของความสามารถในการได้ยินความถี่ย่านสูงได้ดีกว่าผู้ชาย โดยเฉพาะช่วงอายุมากกว่า 25 ปี ความไวในการตอบสนองต่อความถี่เสียงของหูยังแตกต่างกันในแต่ละช่วงของความถี่ โดยเราจะได้ยินความถี่ย่านเสียงทุ้มต่ำได้ไม่ดีเท่าเสียงย่านสูง และที่ช่วงความถี่ประมาณ 10,000 Hz นั้นความไวในการได้ยินก็จะเริ่มลดลงเช่นกัน

หูของมนุษย์จะไวในการตอบสนองต่อความถี่ช่วง 2,000-5,000 Hz ได้ดีที่สุด โดยความถี่เสียงที่ต่ำกว่า 30 Hz นั้นจะสามารถแยกแยะกันได้ยาก ซึ่งความถี่เสียงที่ยิ่งทุ้มต่ำลงไปก็จะให้ผลทาง "ความรู้สึก"มากกว่าการได้ยิน

2.2 การตรวจหูและประเมินการได้ยิน[5]

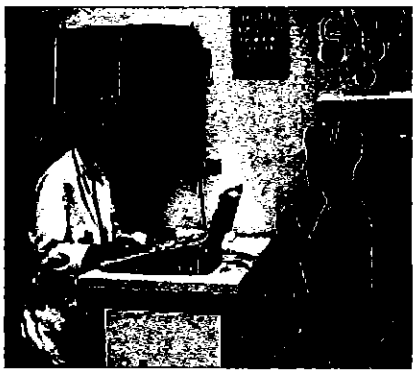
2.2.1 วิธีการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน

1) การตรวจโดยใช้โอโตสโคป (Otoscopy) ดูสภาพภายในช่องหูชั้นนอก และเงาของช่องหูชั้นกลาง เพื่อตรวจดูสภาวะการอักเสบภายใน

2) การตรวจการได้ยิน โดยใช้ส้อมเสียง (tuning-fork) ใช้เพื่อทดสอบการได้ยินอย่างคร่าวๆ ทราบผลได้อย่างรวดเร็ว มีวิธีการตรวจ 2 วิธี คือ

- Weber test แยกการนำเสียงพร่องกับประสาทรับฟังเสียงพร่อง ในผู้ที่หูเสีย 1 ข้าง โดยการเคาะส้อมเสียงแล้ววางไว้ที่แนวกลางของศีรษะ
- Rinne test เพื่อเปรียบเทียบการนำเสียงทางอากาศ(AC) กับ การนำเสียงทางกระดูก(BC) ในหูข้างเดียวกัน โดยวางส้อมเสียงไว้ที่หน้าใบหูและที่หลังใบหูบริเวณกระดูก Mastoid

3) การตรวจการได้ยินด้วยเครื่อง Audiometer เป็นการตรวจวัดระดับความดังเสียงต่ำสุด ที่ผู้เข้ารับการตรวจสอบสามารถได้ยินที่ความถี่ต่างๆ



รูปที่ 2.1 วิธีการตรวจวัดการได้ยินทั่วไป

2.2.2 วิธีการตรวจหาระดับการได้ยิน

จากรูปที่ 2.1 ตัวอย่างการตรวจวัดการได้ยิน ซึ่งเป็นการตรวจวัดการได้ยินประเภทการนำเสียงผ่านทางอากาศ เราสามารถแบ่งประเภทการตรวจวัดการได้ยินได้อีกหลายประเภท ได้ดังต่อไปนี้

1) Routine Audiometry เป็นการทดสอบที่ทำเป็นประจำในคลินิค เพื่อการวินิจฉัยโรค หรือติดตามผลการรักษา

ก. Puretone Air Conduction (AC) คือการตรวจวัดการได้ยินโดยการนำเสียงทางอากาศ

ข. Puretone Bone Conduction (BC) คือการตรวจวัดการได้ยินโดยการนำเสียงทางกระดูก

ค. Speech Audiometry คือการวัดการได้ยินโดยใช้คำพูด

2) Masking Audiometry คือการวัดการได้ยินเสียงโดยวิธีระมัดระวังเป็นพิเศษ ไม่ให้เสียงที่ตรวจในหูข้างหนึ่งข้ามกระโหลกศรีษะมายังหูอีกข้างหนึ่ง โดยใช้เสียงรบกวนปล่อยเข้าไปรบกวนหูด้านที่ดีขณะที่กำลังตรวจวัดหูอีกข้างหนึ่ง

3) Special Audiometer เป็นการทดสอบพิเศษนอกเหนือไปจากการทดสอบประจำในคลินิกเพื่อหาโรคหรือความผิดปกติของหู

2.2.3 เทคนิควิธีการตรวจการได้ยิน

1) Descending Technique โดยการปล่อยระดับเสียงที่ดัง เพื่อให้ผู้ถูกทดสอบได้ยินก่อน แล้วค่อยๆลดความดังลงทีละน้อย ทีละ 10 dBHL จนถึงจุดหนึ่งที่ผู้ถูกทดสอบไม่ได้ยินเสียง ให้เพิ่มระดับเสียงจากจุดที่ไม่ได้ยิน ทีละ 5 dBHL หากไม่ได้ยินก็ให้เพิ่มอีก 5 dBHL จนเริ่มได้ยิน แล้วลดลงไปอีก 10 dBHL เมื่อแน่ใจว่าผู้ถูกทดสอบได้ยินแน่ชัดที่จุดนั้นๆ ให้ลดลง 10 dBHL อีกครั้ง ถ้าไม่ได้ยิน ให้เพิ่มขึ้น 5 dBHL ทำกลับไปกลับมาจนได้จุดที่ผู้ถูกทดสอบได้ยินโดยใช้ระดับเสียงเบาที่สุดที่ผู้ถูกตรวจสามารถตอบสนองได้ร้อยละ 50 ถึง 70 ของจำนวนครั้งที่ให้สัญญาณ จุดนั้นคือ hearing threshold

2) Ascending Technique ใช้ในกรณีที่ผู้ถูกทดสอบอายุน้อย หรือหูหนวกมากๆ รวมทั้งผู้ที่ไม่แน่ใจว่าจะแสร้งทำเป็นหูหนวกหรือไม่ วิธีนี้เริ่มจากความตั้งใจที่ผู้ถูกทดสอบไม่ได้ยินก่อน แล้วเพิ่มความดังทีละ 10 dBHL จนถึงจุดที่ผู้ถูกทดสอบเริ่มได้ยินเสียงเบาที่สุด แล้วลดเสียงลง 5 dBHL ทำกลับไปกลับมาจนได้จุดที่ผู้ถูกทดสอบได้ยินเสียงบ้างไม่ได้ยินเสียงบ้าง จุดนั้นคือ hearing threshold

3) Combination Technique ใช้วิธีผสมระหว่างวิธีที่ 1 และที่ 2 โดยใช้ระดับเสียงดัง-เบาสลับกัน

2.2.4 การเตรียมผู้ถูกทดสอบ

ก่อนตรวจผู้ถูกทดสอบควรงดรับฟังเสียงดังเกิน 80 dBA เป็นเวลา 8 - 16 ชั่วโมง เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดหูตึงแบบชั่วคราว (TTS) หากไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ ต้องสวมใส่ที่ครอบหูลดเสียงตลอดเวลาที่สัมผัสเสียงก่อนการทดสอบ

2.2.5 การตรวจการได้ยินโดยการนำเสียงผ่านทางอากาศ (AC)

1) ให้ผู้ถูกทดสอบนั่งในห้องที่มีระดับเสียงในห้องตามมาตรฐานกำหนดไม่เกิน 40 dB ในทุกความถี่

2) อธิบายให้ผู้ถูกทดสอบเข้าใจถึงเสียงสัญญาณที่จะได้ยิน และการกดสวิทช์สัญญาณตอบรับ

3) ให้ผู้ถูกทดสอบนั่งหันหลังให้ผู้ทำการทดสอบและใช้ head phone สีแดงครอบที่หูขวา สีน้ำเงินครอบที่หูซ้าย

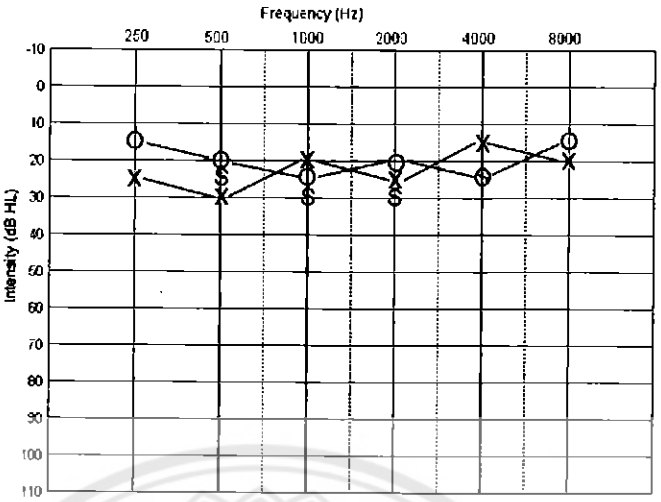
4) การสอบถามผู้ถูกทดสอบ และทำการทดสอบในหูข้างที่ดีก่อน เริ่มทดสอบ hearing threshold ที่ความถี่ 1,000 Hz. แล้วหาต่อไปที่ 2,000 3,000 4,000 6,000 และ 8,000 Hz. แล้วกลับมาทดสอบซ้ำที่ 1,000 Hz. ใหม่ แล้วหาต่อไปที่ 500, 250 Hz. ตามลำดับ

5) ทำการตรวจการได้ยินของหูอีกข้างตามวิธีข้างต้น

หมายเหตุ

- หาก hearing threshold ที่ความถี่ 2 ความถี่ ต่างกันเกินกว่า 20 dBHL เช่น ที่ความถี่ 1,000 กับ 2,000 ต่างกัน 25 dBHL ก็ควรหา hearing threshold ที่ความถี่ 1,500 Hz. ด้วย

- ถ้าพบว่าการได้ยินของหูทั้งสองข้างต่างกันเกิน 30 dBHL จากการตรวจแบบ AC หรือพบว่าหูข้างเดียวกันมีค่า BC ดีกว่า AC เกินกว่าหรือเท่ากับ 15 dBHL ควรใส่เสียงกลบรบกวน (masking : narrow band noise) ในหูข้างที่ดีกว่าหรือด้านตรงข้ามกับที่กำลังตรวจอยู่ เพื่อป้องกันการได้ยินเสียงจากหูข้างที่ดีกว่า



รูปที่ 2.2 วิธีการบันทึกผลการตรวจ

2.2.6 การบันทึกผลการตรวจ

ตัวอย่างการบันทึกผลการตรวจวัดการได้ยิน ดังรูปที่ 2.2 มีวิธีในการบันทึกผลการตรวจวัดการได้ยิน แตกต่างกันไปตามหูแต่ละข้าง ซึ่งมีการกำหนดไว้ดังต่อไปนี้

ใช้เครื่องหมาย O สีแดง สำหรับหูข้างขวา X สีน้ำเงิน สำหรับหูข้างซ้าย การลากเส้นใช้เส้นทึบการตรวจการได้ยินโดยการนำเสียงผ่านทางกระดูก

ใช้เครื่องหมาย < สีแดง สำหรับหูข้างขวา > สีน้ำเงิน สำหรับหูข้างซ้าย การลากเส้นใช้เส้นประ

2.2.7 เกณฑ์การประเมินและการแบ่งระดับความบกพร่องของการได้ยิน

โรคหูตึงจากการประกอบอาชีพ หมายถึง โรคหูตึงเนื่องจากฟังเสียงดังในการทำงานจนประสาทหูเสื่อม อาจเป็นข้างเดียวหรือสองข้างก็ได้ ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการภาพบันทึกการได้ยิน (audiogram) ต้องมีลักษณะเป็นรูปอักษรV ที่บริเวณ 4,000 เฮิร์ตซ์ (3,000 - 6,000 Hz) และมีระดับการได้ยินเกิน 25 dBHL

2.2.8 ระดับความบกพร่องการได้ยิน

ตารางที่ 2.1 แสดงระดับความบกพร่องการได้ยิน

ตารางแบ่งระดับความบกพร่องของการได้ยิน		
ระดับการได้ยิน	ค่าเฉลี่ยความไวของหู ณ ความถี่ 500 -2000 Hz ของหูข้างที่ดีกว่า (dBHL)	ความสามารถในการเข้าใจคำพูด
หูปกติ	ไม่เกิน 25	ไม่ลำบากในการรับฟังคำพูด
หูตึงน้อย	25-40	ไม่ได้ยินเสียงพูดเบา
หูตึงปานกลาง	40-55	พูดด้วยความดังปกติแล้วไม่ได้ยิน
หูตึงมาก	55-70	พูดด้วยดัง ๆ แล้วยังไม่ได้ยิน
หูตึงอย่างแรง	70-90	ต้องงตะโกนหรือใช้เครื่องขยายเสียงจึงจะได้ยินและได้ยินไม่ชัดด้วย
หูหนวก	มากกว่า 90	ตะโกนหรือขยายเสียงพูดแล้วก็ยังไม่ได้ยินและไม่เข้าใจ

ตารางที่ 2.1 แสดงระดับความบกพร่องการได้ยินของหูของคนทั่วไป ซึ่งแบ่งเป็นระดับการได้ยินตั้งแต่ระดับที่เป็นปกติจนถึงการได้ยินระดับหูหนวก ค่าที่แสดงถึงการได้ยินในระดับต่าง ๆ แสดงเป็นค่าเฉลี่ยความไวของหู ณ ความถี่ตั้งแต่ 500-2000 Hz ของหูข้างที่ดีกว่า และได้อธิบายความสามารถในการเข้าใจคำพูดไว้ด้วย จะเห็นได้ว่า ระดับการได้ยินปกตินั้นค่าเฉลี่ยความไวของหูมีค่าเพียง 25 dBHL เท่านั้นก็สามารถที่จะเข้าใจคำพูดได้อย่างไม่ละบาก แต่เมื่อเทียบกับการได้ยินระดับหูหนวกนั้น ค่าเฉลี่ยความไวของหู ณ ความถี่ 500-2000 Hz นั้นมีค่ามากกว่า 90 dBHLขึ้นไป ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงและความสามารถในการเข้าใจคำพูดนั้นถึงขั้นต้องตะโกนหรือขยายเสียงพูดแล้วก็ยังไม่ได้ยินและไม่เข้าใจ

ตารางที่ 2.2 แสดงระดับความดังที่เบาที่สุดที่จะได้ยิน

ระดับการได้ยิน	ระดับความดังที่เบาที่สุดที่จะได้ยิน	ตัวอย่างเสียง
หูปกติ	25 dB	เสียงกระซิบ
หูตึงน้อย	20-40 dB	เสียงพูดในห้องเงียบ
หูตึงปานกลาง	41-55 dB	เสียงพูด สนทนาเป็นกลุ่ม
หูตึงมาก	56-70 dB	เสียงเครื่องดูดฝุ่น
หูตึงอย่างแรง	71-90 dB	เสียงในห้องประชุม โรงภาพยนต์ สิบล้อวิ่งเต็มที่
หูหนวก	91-120หรือมากว่า dB	เสียงเครื่องยิงเจ็ทกำลังยิงขึ้น,เสียงเรือหางยาง ,รถจักร

ตารางที่ 2.2 นี้จะเป็นตารางที่แสดงรายละเอียดของระดับความดังที่เบาที่สุดที่จะได้ยินของระดับการได้ยิน ในระดับต่าง ๆ จะเห็นว่า ระดับการได้ยินที่เป็นปกติ ระดับความดังที่เบาที่สุดที่จะได้ยินนั้น มีค่าเท่ากับ 25 dBHLตัวอย่างเสียงในระดับนี้ ได้แก่ เสียงกระซิบ ส่วนการได้ยินในระดับหูหนวกนั้น ระดับเสียงที่เบาที่สุดที่จะยินนั้น มีค่าอยู่ระหว่า 91-120 dBHL ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบเสียงตัวอย่างนั้น จะเป็น เสียงเครื่องยิงเจ็ทที่กำลังยิงขึ้น ,เสียงเรือหางยาว และ เสียง รถจักร

2.3 ทฤษฎีการชักตัวอย่าง [6]

ถ้าสัญญาณใดๆ ที่มีค่าฟังก์ชันมีความหนาแน่นสเปกตรัมอยู่ในช่วงความถี่ที่มีแบนด์วิดท์ไม่เกิน B เฮิรตซ์ แล้ว การชักค่าตัวอย่างของสัญญาณนั้น ที่ขณะเวลาที่ห่างกันอย่างสม่ำเสมอเป็นคาบไม่เกิน 1/ (2B) วินาที จะทำให้กำหนดค่าสัญญาณอนาล็อกเดิม กลับคืนมาได้จากค่าตัวอย่างสัญญาณเหล่านั้น เมื่อ ค่าคาบเวลา 1/ (2B) เรียกว่า ช่วงเวลาไนควิสต์ (Nyquist interval) และค่าความถี่ f = 2B เรียกว่า ความถี่ไนควิสต์ หรือ อัตราไนควิสต์ (Nyquist rate)

2.3.1 การสุ่ม (Sampler)

ตัวสุ่มตัวอย่างสัญญาณทำหน้าที่สุ่มตัวอย่างสัญญาณอนาลอก (continuous-time signal) ให้เป็นสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่องในเชิงเวลา (discrete-time signal) แต่สัญญาณที่ถูกสุ่มตัวอย่างได้จะมีค่าเป็น real values เราเรียกสัญญาณแบบนี้ว่า pulse amplitude modulation (PAM) โดยช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างขึ้นกับความถี่ของสัญญาณสุ่มตัวอย่าง (sampling frequency) เราสามารถแบ่งสัญญาณสุ่มตัวอย่างได้เป็น 2 แบบคือ สัญญาณสุ่มตัวอย่างอุดมคติ และ สัญญาณสุ่มตัวอย่างจริง

2.3.2 การสุ่มและสัญญาณที่ถูกสุ่ม (Sampling and sampled signals)

โดยทั่วไปความถี่ของการสุ่มตัวอย่างขึ้นกับความถี่ของข่าวสารสูงสุด (highest modulationg frequency : fm-max)

ดังนั้นสัญญาณอนาลอกถูกจำกัดแบนด์วิดธ์สูงสุดเพื่อกำหนด fm-max ด้วย LPF สัญญาณนี้เรียกว่า bandlimited signal

H.Nyquist ได้พบความสัมพันธ์ระหว่าง fm-max กับความถี่สุ่ม (fs) ที่ไม่ทำให้เกิด aliasing distortion ดังสมการที่ (1)

$$Fs \geq 2.f_{m-\max} \qquad (1)$$

เราเรียกความถี่นี้ว่า" Nyquist rate" หรือ Nyquist frequencyและส่วนกลับของความถี่นี้เราเรียกว่า" Nyquist interval" ซึ่งกำหนดระยะระหว่างสัญญาณสุ่ม

2.3.3 การสุ่มสัญญาณแบบราบเรียบ (Flat-top sampling)

ใช้วงจร sampling and hold ทำให้ได้ยอดของแต่ละพัลซ์ของ sampled signal ลักษณะเรียบ ซึ่งเราเรียกสัญญาณในลักษณะนี้ว่า PAM (pulse amplitude modulation)
Sampling signal เป็น square wave (periodic signal) ที่มี d<<Ts ซึ่งเทียบเท่ากับเป็นcarrier signal
Carrier frequency = sampling frequency ,Amplitude ของ fs (t) จะขึ้นกับ amplitude ของ fm(t)
PAM signal (sampled signal)

2.3.4 การซ้อนทับของเงา (Aliasing effect)

Aliasing distortion ใช้ความถี่สุ่มตัวอย่างต่ำกว่า (lower Nyquist frequency) ที่ความถี่ fm-max จะมีการสุ่มเพียงค่าเดียวในช่วง 1TS และ DAC ไม่สามารถประมาณสัญญาณกลับมาได้โดยปราศจาก distortion (first-order interpolation by LPF)

2.3.5 หลักการของ Nyquist

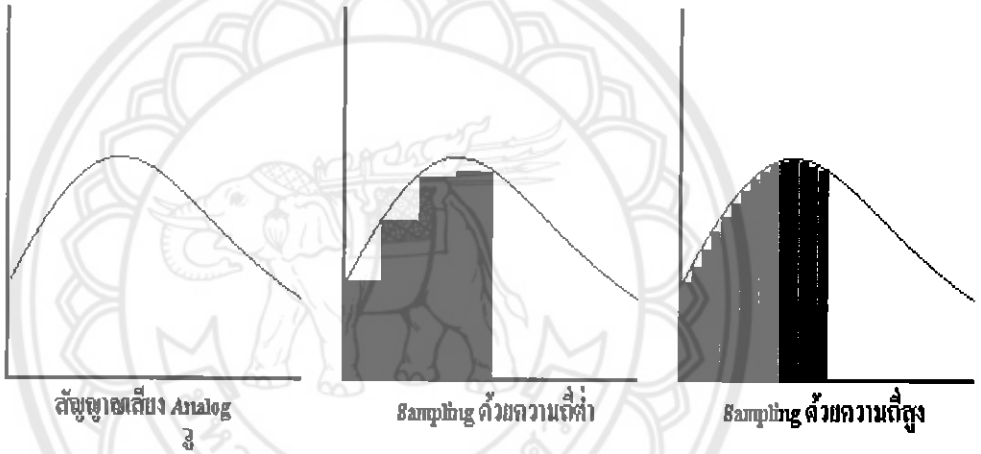
หลักการของ Nyquist คือความถี่ในการสุ่มสัญญาณและผลที่เกิดขึ้น โดยสรุปได้สั้นๆว่า ในการสุ่มสัญญาณนั้นเราจำเป็นที่จะต้องให้ความถี่ในการสุ่มสัญญาณนั้นเป็น 2 เท่า ของความถี่ที่ต้องการการสุ่มสัญญาณอนาลอก (เช่นเสียง) หรือ การ Sampling นั้นเป็นการสุ่มเก็บค่าของสัญญาณเสียงตามช่วงระยะเวลาที่กำหนด โดยสัญญาณเสียงนั้นจะเป็นสัญญาณแบบ Analog หรือถ้ามองก็จะเป็นในรูปของกราฟเส้นโค้งที่มีความถี่ขึ้นๆ ลงๆ มีรูปร่างเหมือนภูเขา

หลักการนี้เริ่มจากการSamplingความถี่เสียงในช่องสัญญาณโทรศัพท์ซึ่งมีแถบความถี่ 300-4,000 เฮิร์ทซ์ โดยอาศัยหลักการ Nyquist Sampling Rate ค้นพบโดยนาย HARRY NYQUIST เมื่อ ค.ศ. 1933 ว่าความถี่ที่ต่ำที่สุดที่ใช้ในการ Sampling เพื่อให้ข้อมูลข่าวสารมีความต่อเนื่องต้องมีอย่างน้อยสองเท่าของความถี่ของสัญญาณเสียง เราสามารถคำนวณหาอัตราการ Sampling ได้จากสมการที่ (3) ข้างล่างนี้

$$fs = 2 \times BW \qquad (2)$$

เมื่อ fs ความถี่ที่ใช้ทำการSampling
BW ความกว้างของช่องสัญญาณ

เมื่อแทนแถบความถี่ ของสัญญาณขาเข้าประมาณ 4,000 เฮิร์ทซโดยประมาณสำหรับการคำนวณ ซึ่งจะนำค่าของแถบความถี่ของสัญญาณขาเข้า เท่ากับ 4000*2 = 8000 เพราะฉะนั้นความถี่การSampling ที่ใช้เท่ากับ 8 กิโลเฮิร์ทซ์ เวลาที่ใช้การSampling แต่ละครั้งเท่ากับ 1/8 KHz 125 us (แบ่งความถี่สัญญาณ ขาเข้า 8,000 ครั้งใน 1 วินาที) เรียกคาบเวลานี้ว่า Trunk interval แต่การที่เครื่องคอมพิวเตอร์จะนำข้อมูลไปประมวลผลได้นั้น จำเป็นที่จะต้องแปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณ Digital ก่อน ซึ่งก็เหมือนกับการเอาแผนภูมิแท่งขนาดความกว้างเท่าๆกันแต่ความสูงต่างๆกันไปใส่ไว้ในกราฟเส้นโค้งรูปภูเขา ยิ่งถ้าแผนภูมิแท่งยิ่งมีขนาดความกว้างที่แคบเท่าไรแล้ว ก็จะยิ่งให้ภาพที่ได้ ใกล้เคียงกับรูปภูเขามากขึ้นก็เหมือนกับการ Sampling ยิ่งความถี่ของสัญญาณ digital ที่ได้สูงก็จะยิ่งใกล้เคียงกับสัญญาณ Analog มากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.3 ข้างล่างนี้



รูปที่ 2.3 เปรียบเทียบความถี่ในการ Sampling

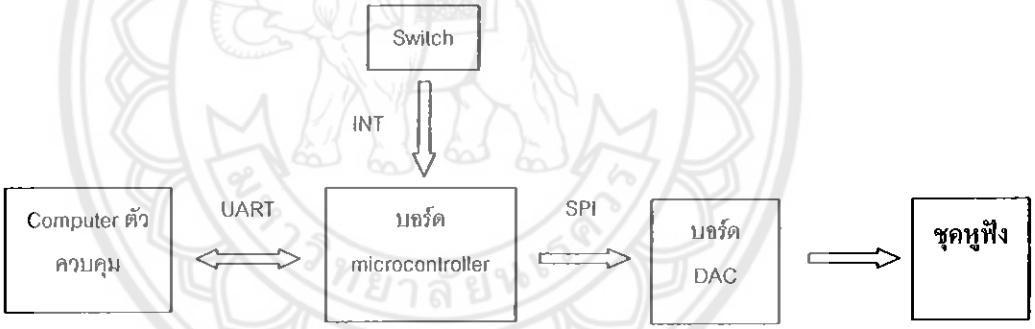
บทที่ 3
วิธีการออกแบบการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทำงาน เพื่อให้ได้มาซึ่ง เครื่องตรวจวัดการได้ยิน ที่มีคุณสมบัติตามความต้องการพื้นฐานของการตรวจวัดการได้ยินทางการแพทย์

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสร้างเครื่องตรวจวัดการได้ยิน

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer)
2. บอร์ด ARM7 Microcontroller ชนิด CP-JR ARM7 USB LPC 2148 EXP
3. บอร์ด Digital to Analog Converter ชนิด MODULE ET-MINI MCP4922 DAC 12BIT

3.2 Block Diagram แสดงโครงสร้างการเชื่อมต่อของอุปกรณ์

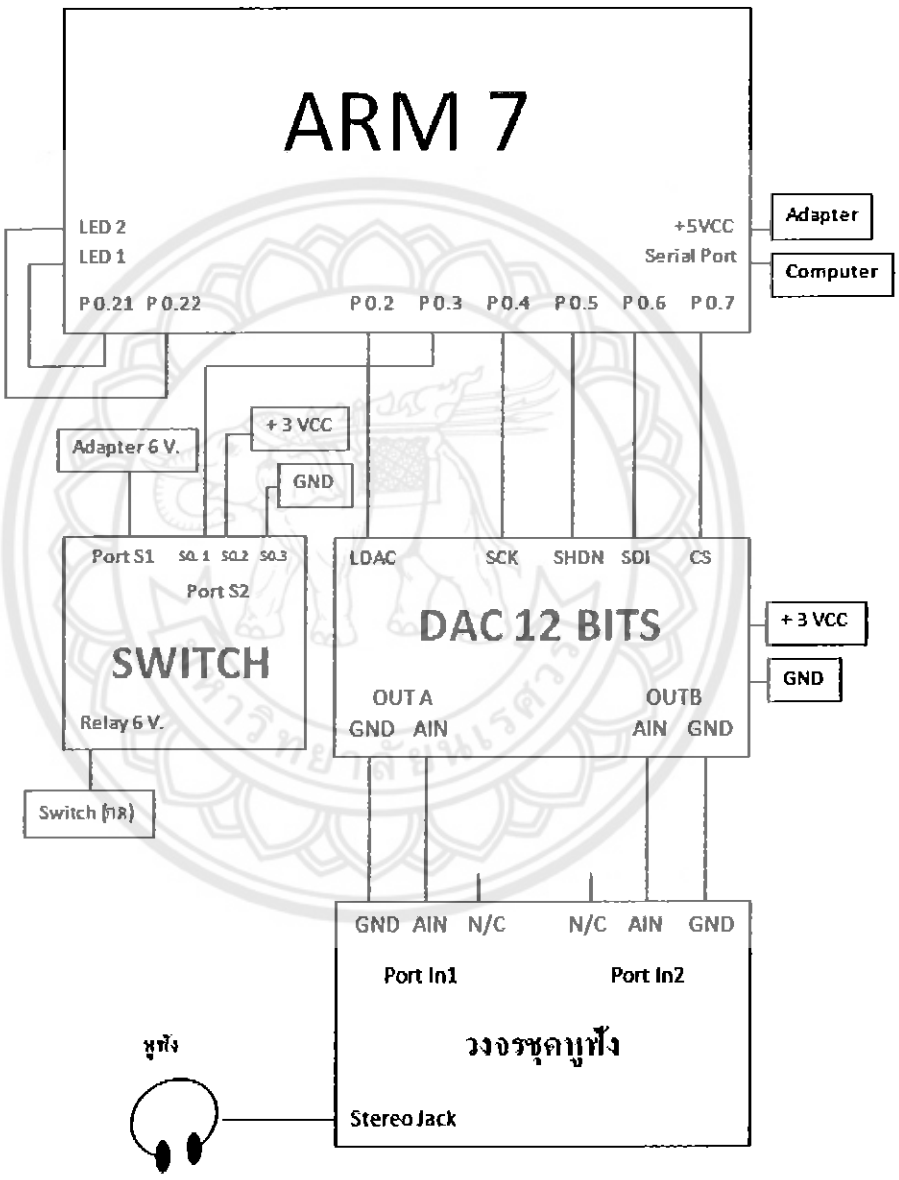


รูปที่ 3.1 Block Diagram แสดงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ

จากรูปที่ 3.1 ข้างต้นเป็น การแสดงโครงสร้างการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดการได้ยินโดยหลักการทำงานเครื่องตรวจวัดการได้ยินจะเริ่มทำการส่งค่าความถี่และแอมพลิจูดของสัญญาณเสียงที่ต้องการสร้างจากตัวคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมโดยผ่านมาทาง UART เข้ามาที่บอร์ด microcontroller จากนั้นเมื่อตัวของบอร์ด microcontroller รับค่าความถี่และแอมพลิจูดของสัญญาณเข้ามาแล้วก็จะทำการสร้างเสียง ที่มีความถี่ ตั้งแต่ 125 Hz - 8000 Hz โดยสร้างเป็น Sine Wave พร้อมทั้งทำการ Sampling สัญญาณ Sine เพื่อทำการแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณดิจิตอล จากนั้นนำค่าสัญญาณดิจิตอลที่ได้ส่งเข้ามาที่บอร์ด DAC โดยผ่านทาง SPI เพื่อทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาล็อก แล้วส่งผ่านออกไปที่อุปกรณ์ชุดหูฟังเพื่อทำการ

ทดสอบการได้ยิน เมื่อผู้ทดสอบได้ยินเสียงก็จะทำการกด Switch ซึ่งจะตัดขา Interrupt (INT) ของบอร์ด microcontroller เพื่อส่งข้อมูลกลับไปยังคอมพิวเตอร์ผ่าน UART ให้แสดงบนกราฟ Audiogram

3.3 โครงสร้างการต่อวงจรของอุปกรณ์ชุดตรวจวัดการได้ยิน



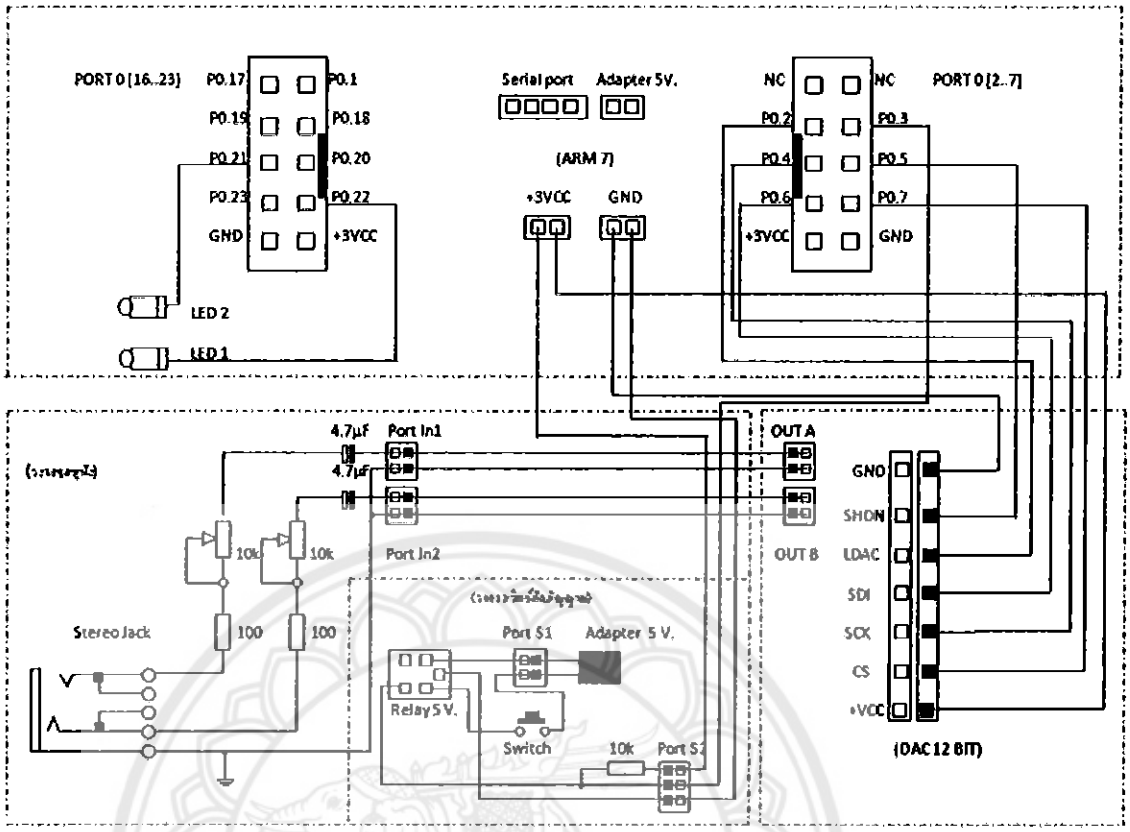
รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างการต่อวงจรของอุปกรณ์

จากรูปที่ 3.2 ข้างต้นเป็นการแสดงรูปภาพโครงสร้างการต่อวงจรของอุปกรณ์การตรวจวัดการได้ยินเพื่อช่วยให้เข้าใจหลักการทำงานของวงจรมากขึ้น โดยเริ่มจากการต่อ Adapter ขนาด 5 Volts ให้กับตัวบอร์ด Microcontroller ARM 7 แล้วทำการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมเพื่อทำการรับค่าความถี่และแอมพลิจูดจากนั้นก็จะทำการสร้างเสียง ที่มีความถี่ ตั้งแต่ 125 Hz - 8000 Hz โดยสร้างเป็น Sine Wave พร้อมทั้งทำการ Sampling สัญญาณ Sine เพื่อทำการแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วทำการส่งสัญญาณมาที่บอร์ด DAC เพื่อทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อกซึ่งการเชื่อมต่อระหว่างสองบอร์ดเข้าด้วยกันสามารถทำได้โดยการใช้ขาต่างๆ ของ Port 0[2..7] ของตัวARM 7ต่อเข้ากับขาต่างๆของบอร์ดDAC ดังในรูปที่ 3.2 ซึ่งในส่วนขาแต่ละขาบนบอร์ด DAC จะมีการทำงานที่แตกกัน ดังข้อมูลข้างล่างนี้

- ขา CS (Chip select Input) จะทำงานที่ลอจิก Low เพื่อที่จะEnable Clock และ Data
- ขา SCK จะเป็นขาสำหรับรับสัญญาณ Clock (SPI) จากภายนอกเข้ามา
- ขา SDI เป็นขา Data สำหรับรับข้อมูลแบบ Serial จากภายนอกเข้ามา
- ขา LDAC จะทำงานที่ Logic Low ซึ่งจะทำหน้าที่โหลดข้อมูลที่ถูก Convert แล้วออกไปที่ขา Output
- ขา SHDN จะทำงานที่ Logic Low ทำหน้าที่ Shutdown DAC ให้อยู่ใน Standby Modeในสภาวะใช้งานปกติจะต้องให้เป็น Logic High
- ขา +VCC และ GND ใช้ต่อเข้ากับ VCCและ GND ของ MCU ที่ใช้ควบคุม ซึ่งรองรับแรงได้ตั้งแต่ 2.7V-5.5V
- ขา OUTA และ OUTB เป็นขา Output สำหรับต่อสัญญาณ Analog ที่ได้ไปใช้งาน

จากนั้นก็จะทำการเชื่อมต่อบอร์ด DAC กับวงจรชุดหูฟังดังรูปที่ 3.2 เพื่อเข้ามาทางตัว Sterco jack แล้วออกไปทางชุดหูฟัง ในส่วนของวงจร Switch จะต่อเข้ากับขา P 0.3 ซึ่งทำหน้าที่กับ Interrupt port ของ Port 0[2..7] ซึ่งเป็นส่วนของผู้ทดสอบเมื่อได้ยินเสียงก็จะทำการกด

ในส่วนของการทำงานของวงจรนี้เราสามารถทดสอบการทำงานได้โดยการใช้ชุด LED เข้ามาช่วยทดสอบ โดยจะใช้ Port 0[16..23] ขา P 0.21 และ ขา P 0.22 ต่อเข้ากับชุด LED 1 และ LED 2 ตามลำดับ ซึ่งชุด LED 1 จะเป็นการแสดงการทำงานของวงจร Switch ว่าทำงานหรือไม่ ส่วนชุด LED 2 จะเป็นตัวแสดงการทำงานของ Audio Meter โดยตัวของ LED จะติดเมื่อมีการส่งสัญญาณเสียงและ LED จะดับเมื่อไม่มีการส่งสัญญาณเสียง



รูปที่ 3.3 แสดงลายวงจรแบบละเอียด

จากรูปที่ 3.3 ข้างต้นเป็นรูปการแสดงลายวงจรแบบละเอียดเพื่อช่วยให้สามารถต่อวงจรการเชื่อมต่อได้อย่างถูกต้อง โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ชุดใหญ่ๆ คือชุดหูฟัง, ชุดของบอร์ด ARM 7และชุดของบอร์ด DAC เราสามารถสรุปเป็นตารางการเชื่อมต่อระหว่าง Port ARM 7 กับ Port ของ DAC และฟังก์ชันการทำงานของ Port ARM 7 ได้ดังตารางที่ 3.1 ดังต่อไปนี้

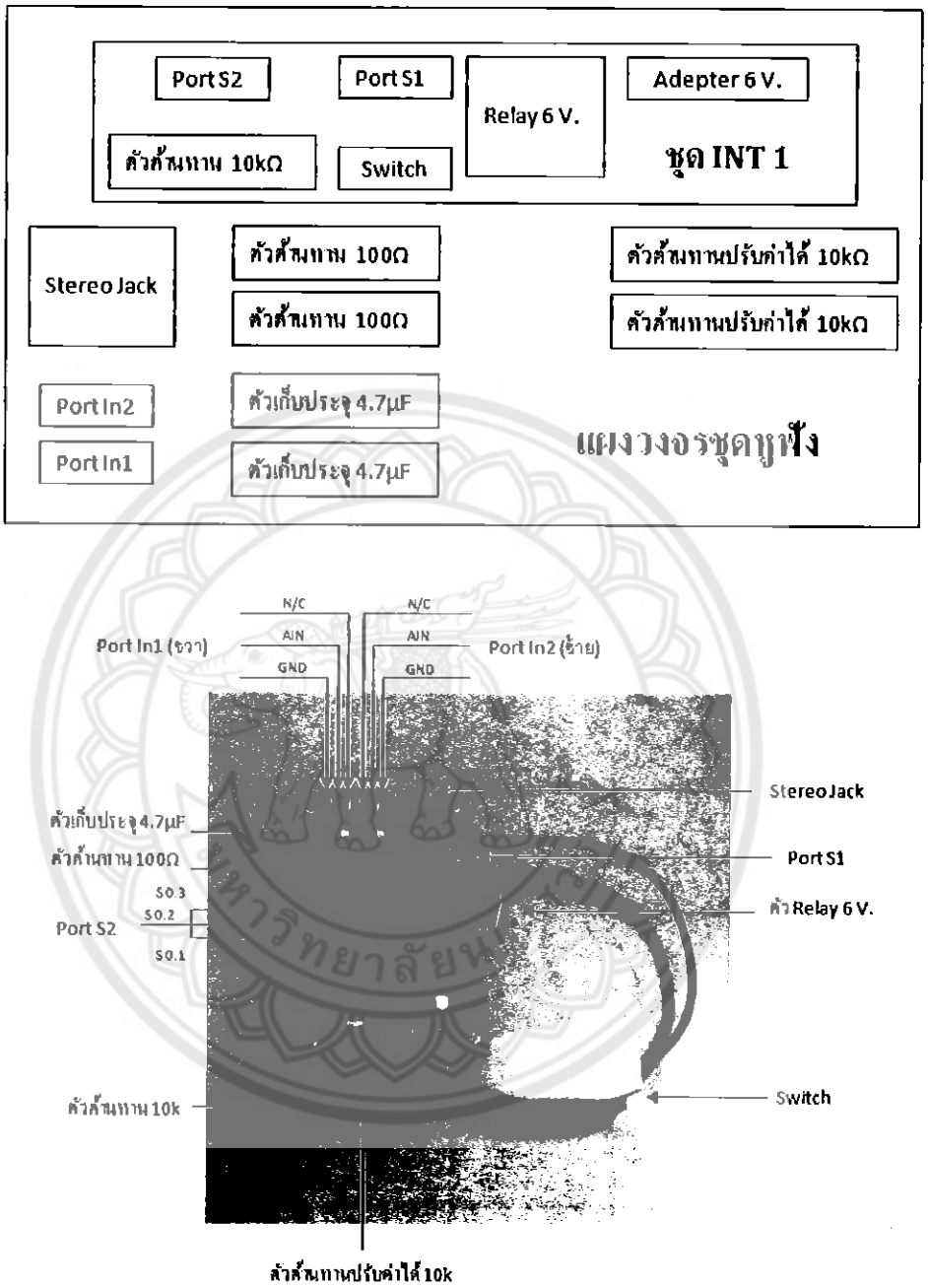
ตารางที่ 3.1 แสดงการเชื่อมต่อบอร์ดทดลอง

ARM 7 Port 0[2..7]	Function	DAC 12 BIT
P 0.2	GPIO	LDAC
P 0.4	SPIØ	SCK
P 0.5	GPIO	SHDN
P 0.6	SPIØ	SDI
P 0.7	GPIO	CS

ARM 7 Port 0[16.23]	Function	ชุด LED
P 0.21	GPIO	1
P 0.22	GPIO	2

ARM 7 Port 0[2..7]	Function	ชุดหูฟัง
P 0.3	INT 1	S 0.1

3.4 การต่อวงจรชุดหูฟัง



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรชุดหูฟัง

จากรูปที่ 3.4 ข้างต้นเป็นรูปภาพจริงของการต่อวงจรชุดหูฟัง โดยที่ในส่วนของ Port In1 และPort In2 เป็นส่วนที่รับสัญญาณอนาล็อกจากบอร์ด DAC เข้ามา โดยแยกสัญญาณออกเป็น 2 ทางคือทางฝั่งขวาและทางฝั่งซ้าย ซึ่งการเชื่อมต่อระหว่างชุดหูฟังกับบอร์ดDACจะใช้ terminal แบบ 3 ขาแค่ 2 ขาคือขา AIN และขา GND เท่านั้น โดยที่ขา n/c จะถูกปล่อยว่างไว้ จากนั้นก็จะผ่านเข้ามาทางวงจรกรองความถี่ต่ำ(Lowpass Filter) ซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บประจุขนาด 4.7μF,ตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาด 10k โอห์มและตัวต้านทานขนาด100โอห์ม (จะใช้อุปกรณ์อย่างละชิ้นของสัญญาณที่เข้ามาแต่ละport) จากนั้นก็จะเข้ามาทางStereo jackแล้วออกไปทางหูฟัง ในส่วนของวงจร switch ตัว Port S2ซึ่งเป็นส่วนของชุด Interrupt ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด ARM 7โดยที่ขา 1 จะเป็นขาที่เชื่อมต่อกับขา P0.3 ของบอร์ด ARM 7 และขา 2 จะเป็นขาที่จ่ายไฟเลี้ยงจากบอร์ด ARM 7ให้กับตัวต้านทานขนาด 10kโอห์ม และขา 3 จะเป็นส่วนของขาGround ที่เชื่อมต่อมาจากบอร์ด ARM 7 ให้ทำงานครบวงจรจากนั้นเราจะใช้ Adepterขนาด 6 V. เชื่อมต่อเข้ากับ Port S1 เพื่อทำการจ่ายไฟให้กับตัว Relay ขนาด 6V. ที่ต่อเข้ากับตัวสวิทซ์และPort S2 ทำงานตามคำสั่งผู้ที่ทดสอบ เมื่อทำการต่ออุปกรณ์ชุดหูฟังบอร์ด,ARM 7และบอร์ดDAC เข้าด้วยกันเรียบร้อยแล้วก็จะได้เป็นชุดตรวจวัดการได้ยิน เพื่อใช้ในการทดสอบเสียง ดังในรูปที่ 3.5 ข้างล่างนี้

รูปที่ 3.5 ภาพอุปกรณ์จริงของชุดตรวจวัดการได้ยิน

3.5 กลไกการทำงานของเครื่อง Audio Meter

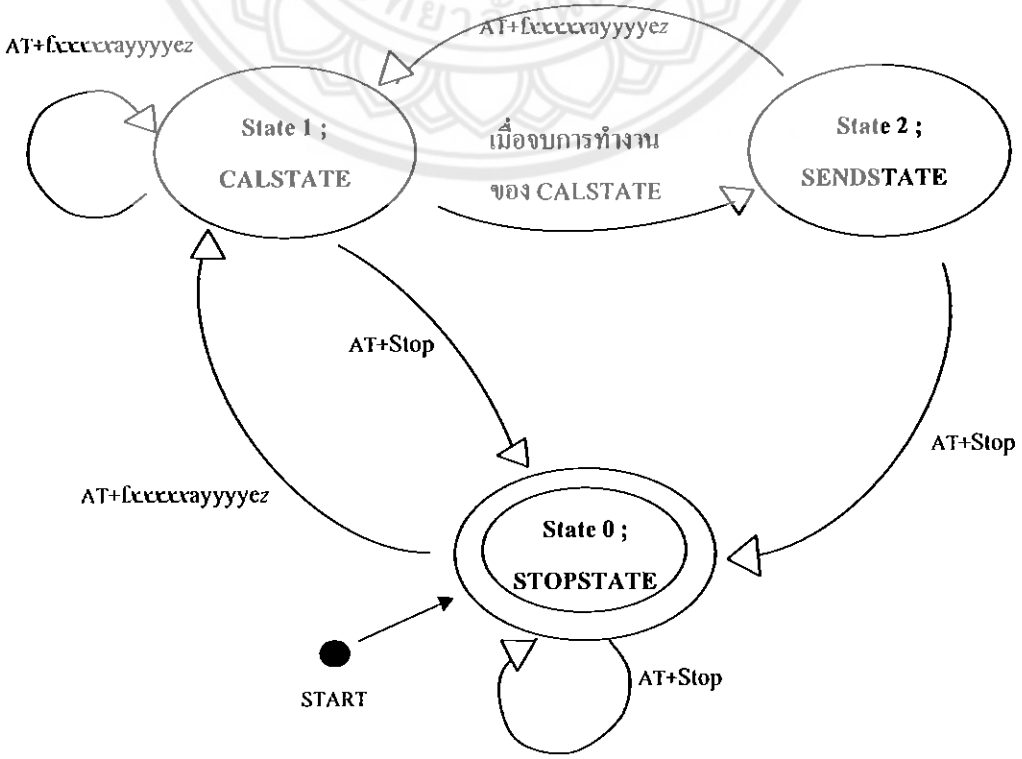
กลไกการทำงานของเครื่องตรวจวัดการได้ยิน (Audio Meter) สามารถแบ่งการทำงานเป็นได้ทั้งหมด 3 State ซึ่งประกอบด้วย Stopstate,Calstate และ Sendstate ซึ่งการทำงานของแต่ละ State นั้นแตกต่างกันไป สามารถสรุป ได้ดังต่อไปนี้

- Stopstate เป็น State แรกของการทำงาน ทันที ที่โปรแกรมเริ่มการทำงาน โปรแกรมจะเริ่มทำงานที่ State นี้เป็น State แรก เป็น State หยุดพัก ทำหน้าที่สำหรับหยุดการส่งเสียงและหยุดการคำนวณสัญญาณเสียง

- Calstate เป็น State ที่ทำหน้าที่ในการคำนวณสัญญาณเสียง ณ ความถี่ต่างๆ จะทำงานแมื่อได้รับคำสั่ง จากคอมพิวเตอร์ เมื่อคำนวณเสร็จจะเก็บค่าลงในตัวแปร Array

- Sendstate เป็น State ที่ทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณเสียง ณ ความถี่ต่าง ๆ ออกไปที่ชุดหูฟัง จะทำงานเมื่อการคำนวณสัญญาณเสียงที่ Calstate เสร็จ โดยจะนำค่าที่อยู่ใน Array ทำการวน loop เพื่อส่งสัญญาณเสียง จนกว่าจะมีคำสั่งใหม่เข้ามา

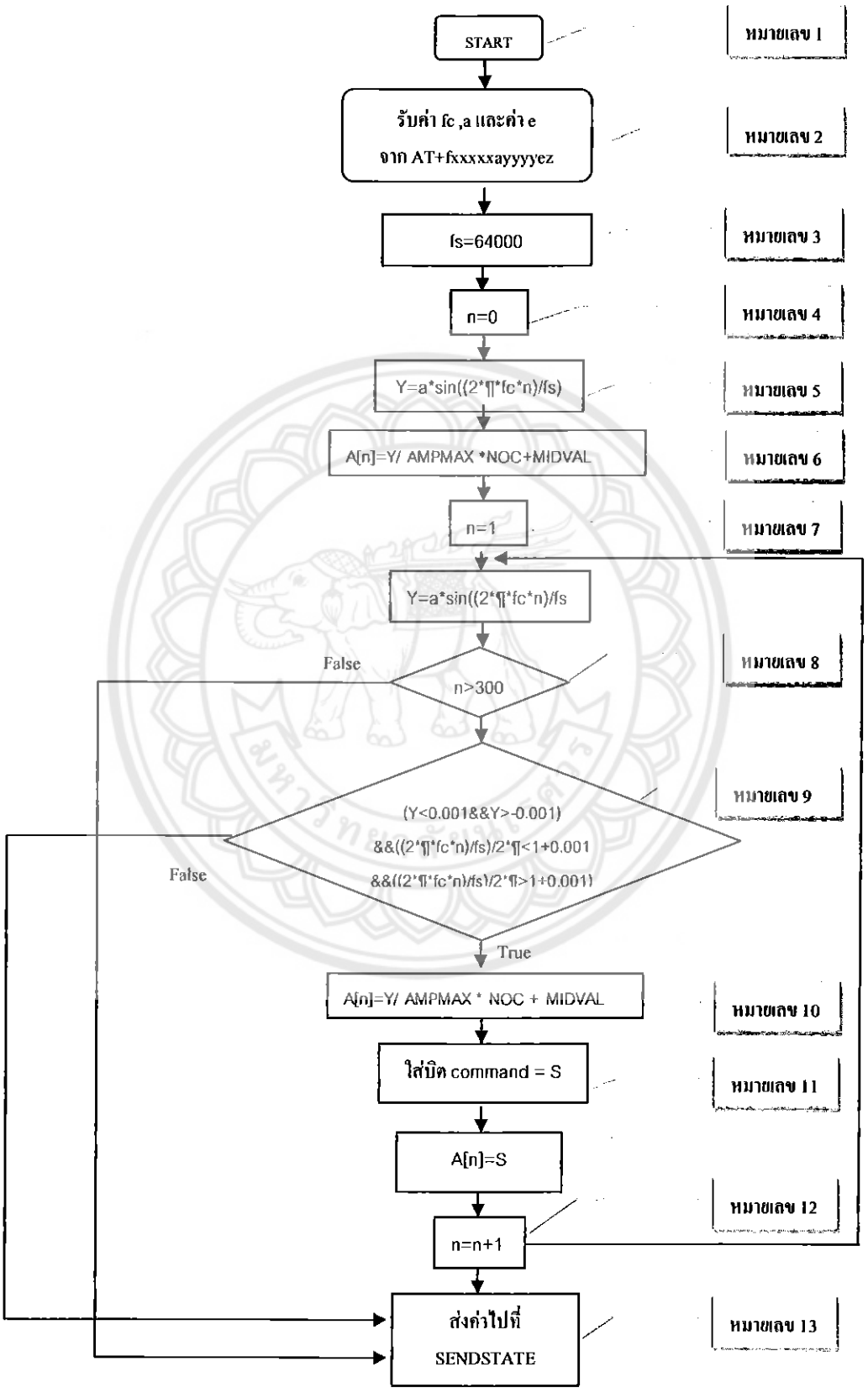
3.6 State Diagram แสดงการทำงาน Audio Meter



รูปที่ 3.6 State Diagram แสดงการทำงาน Audio Meter

จากรูปที่ 3.6 แสดงการทำงานของเครื่องตรวจวัดการได้ยิน เมื่อเริ่มเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องการตรวจวัดการได้ยิน หากยังไม่มีการส่งค่าใด ๆ เข้ามาที่อุปกรณ์ อุปกรณ์จะทำงานใน State 0: STOPSTATE ซึ่งเป็น State หยุดพักไม่มีการคำนวณสัญญาณใด ๆ แต่เมื่อ เริ่มมีการตรวจวัด การได้ยิน คอมพิวเตอร์ จะมีการส่งคำสั่ง รูปแบบ AT+*fxxxxxayyyyez* เข้ามาที่อุปกรณ์ทันทีที่ได้รับคำสั่ง อุปกรณ์จะไปทำงานที่ State 1: CALSTATE เพื่อคำนวณสัญญาณเสียง ในขณะที่อยู่ที่ State 1: CALSTATE หากมีคำสั่ง AT+Stop เข้ามา โปรแกรมจะกลับไปทำงานที่ State 0: STOPSTATE ทันที หรือมีคำสั่ง AT+*fxxxxxayyyyez* ใหม่เข้า โปรแกรมก็จะรับค่าใหม่มาคำนวณเพื่อสร้างสัญญานใหม่ทันที แต่ถ้าไม่มีคำสั่งอื่น ๆ เข้ามาเลยโปรแกรมจะทำการคำนวณสัญญาณเสียงจเสร็จและเก็บค่าสัญญาณที่ได้ลงในตัวแปร Array ต่อจากนั้น โปรแกรมก็จะไปทำงานใน State ต่อไปทันที คือ State 2 : SENDSTATE เพื่อนำค่าที่อยู่ในตัวแปร Array มาทำการ วน loop เพื่อส่งสัญญาณเสียงออกไปที่ชุดหูฟัง ระหว่างที่ทำงานอยู่ที่ State 2 : SENDSTATE 5hkมีคำสั่ง รูปแบบAT+*fxxxxxayyyyez* เข้ามาใหม่ก็จะกลับมาทำงานที่ State 1: CALSTATE เพื่อคำนวณสัญญาณเสียงใหม่ทันที หากไม่มีคำส่งใด ๆ เข้ามาก็จะทำการ วน loop ส่งค่าใน Array ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง ได้รับคำสั่ง AT+Stop โปรแกรมจะไปทำงานที่ State 0: STOPSTATE เพื่อหยุดการส่งสัญญาณเสียงและหยุดการคำนวณ ระหว่างที่ทำงานที่อยู่ที่ State 0: STOPSTATE หากไม่มีคำสั่งเข้ามาเลยโปรแกรมก็จะยังทำงานอยู่ที่ State 0: STOPSTATE จนกระทั่งจะได้รับคำสั่งต่อไปเข้ามาในโปรแกรม

3.7 Flow Chart การคำนวณค่า Sampling ของสัญญาณ 1 คาบ ใน State:CALSTATE



รูปที่ 3.7 Flow Chart ฟังก์ชั่นการคำนวณค่า Sampling ของสัญญาณ 1 คาบ

จากรูป 3.7 อธิบายการทำงานได้ดังต่อไปนี้

หมายเลข 1 : เริ่มคำนวณค่า Sampling ของสัญญาณ 1 คาบ ใน State ;CALSTATE

หมายเลข 2 : รับคำสั่ง AT+fxxxxxayyyyez จากคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นค่าความถี่,แอมพลิจูดและค่าของหูข้างที่ต้องการทดสอบ

เมื่อ ค่า xxxxx แทนค่าความถี่ของสัญญาณเสียงที่ต้องการตรวจวัดการได้ยิน

ค่า yyyy แทนค่าแอมพลิจูดของสัญญาณเสียงที่ต้องการตรวจวัดการได้ยิน

ค่า z แทนค่าของหูข้างที่ต้องการตรวจวัดการได้ยิน

หมายเลข 3 : กำหนด ความถี่ สำหรับการทำ Sampling สัญญาณ มีค่าเท่ากับ 64000 Hz

หมายเลข 4 : กำหนดค่า เริ่มต้นให้ n =0

หมายเลข 5 : สมการที่ใช้สร้างสัญญาณ ณ ความถี่ต่าง ๆ คือ Y=a*sin((2*¶*fc*n)/fs)

เมื่อ Y คือ ค่าของสัญญาณ Sine

a คือ ค่าแอมพลิจูดของสัญญาณ

fc คือ ความถี่ของสัญญาณบริสุทธิ์ ณ 125,250,500,1000,2000,4000,8000 Hz

fs คือ ความความถี่สำหรับการทำ Sampling สัญญาณ มีค่าเท่ากับ 64000 Hz

หมายเลข 6 : การทำการ quantization สัญญาณ sine เป็นสัญญาณดิจิตอล ขนาด 12 บิต

เมื่อ AMPMAX คือ ค่าแอมพลิจูดสูงสุดของสัญญาณ Sine กำหนดให้มีค่า =120

NOC คือ จำนวนของช่องที่ทำการ quantization สัญญาณ sine มีค่า= 4094

MIDVALคือ ค่ากลางของการ quantization สัญญาณ sine กำหนดให้มีค่า = 2047

หมายเลข 7 : เพิ่มค่าให้ n =1

หมายเลข 8 : กำหนดให้เก็บค่าในArray ไม่เกินจำนวน Array ที่ได้จองค่า ไว้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 300

หมายเลข 9 : เงื่อนไขตรวจสอบการทำ Sampling สัญญาณ ให้มีค่าครบ 1 คาบ

หมายเลข 10 : การทำการ quantization สัญญาณ sine เป็นสัญญาณดิจิตอล ขนาด 12 บิต

นำค่าสัญญาณดิจิตอลที่ได้จากการ quantization ใส่ลงใน บิตที่ 11- 0 เพื่อส่งไปที่ อุปกรณ์ Digital to Analog Converter

หมายเลข 11 : ใส่ บิต command ใน 4 บิต แรก ตั้งแต่บิตที่ 15-12 โดยกำหนดค่าได้ดังต่อไปนี้

บิตที่ 15 : นำค่า z จากคำสั่ง AT+fxxxxxayyyyez มาใส่เพื่อกำหนด Output ของสัญญาณเสียง

บิตที่ 14 : กำหนดให้มีค่าเป็น 1

บิตที่ 13 : กำหนดให้มีค่าเป็น 1

บิตที่ 12 : กำหนดให้มีค่าเป็น 1

หลังจากที่ใส่ค่าครบทั้ง 16 บิต แล้วจึงส่งข้อมูลไปที่ เก็บไว้ในตัวแปร Array

หมายเลข 12 : เพิ่มค่า n ทีละ 1 จนครบตามเงื่อนไขการตรวจสอบ

หมายเลข 13 : ส่งค่าออกไปที่ State ต่อไป คือ SENDSTATE และนำค่าในARRAY ทั้ง 16 บิต ทำการวนลูปส่ง สัญญาณเสียง ผ่าน SPI ออกไปที่อุปกรณ์ DAC และส่งเสียงออกที่ชุดหูฟังเพื่อตรวจวัดการได้ยิน

3.8 สรุปรูปแบบการส่งและการตอบกลับของคำสั่ง AT+ command ในโหมดต่าง ๆ

การทำงานของโปรแกรมจะมีการทำงานทั้งหมด 3 โหมด ได้แก่

- โหมดทดสอบ
- โหมดทำงาน
- โหมดอินเทอร์รัป

ซึ่งแต่ละโหมดก็มีการส่งและการตอบกลับของคำสั่ง AT+ command ที่แตกต่างกันไป อธิบายได้ ดังต่อไปนี้

3.8.1 โหมดทดสอบ

ในโหมดนี้จะมีการส่งคำสั่งจาก คอมพิวเตอร์ ไปที่เครื่องตรวจวัดการได้ยิน เมื่อเริ่มมีการเชื่อมต่อเครื่องตรวจวัดการได้ยินกับคอมพิวเตอร์ จะมีการส่งคำสั่ง AT+Test ผ่าน UART ไปที่เครื่องตรวจวัดการได้ยิน และถ้ามีคำสั่ง AT+Connected!ตอบกลับมา แสดงว่าการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องตรวจวัดการได้ยินและคอมพิวเตอร์สมบูรณ์ พร้อมที่จะทำการตรวจวัดการได้ยิน เราสามารถสรุปคำสั่ง AT+ command ในโหมดทดสอบได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงการส่งและการตอบกลับของคำสั่ง AT+ command ในโหมดทดสอบ

รูปแบบการส่ง	รูปแบบการตอบกลับ	ความหมาย
AT+Test	AT+Connected!	เริ่มทำการเชื่อมต่อเพื่อทำการตรวจวัดการได้ยิน

14941986

3.8.2 โหมดทำงาน

ในโหมดนี้จะมีการส่งคำสั่งจาก คอมพิวเตอร์ไปที่เครื่องตรวจวัดการได้ยิน เมื่อเริ่มทำการตรวจวัดการได้ยิน จะมีการส่งคำสั่งในรูปแบบ AT+fxxxxxayyyyez เข้าไปที่เครื่องตรวจวัดการได้ยิน เพื่อคำนวณสัญญาณ ณ ความถี่ต่าง ๆ ตามคำสั่งที่ส่งเข้ามา และจะส่งค่า fxxxxxayyyyez ตอบกลับมา เพื่อเป็นการยืนยันว่าได้รับคำสั่งในการคำนวณสัญญาณ เสียง ณ ความถี่ต่าง ๆ แล้ว และอีกคำสั่งที่จำเป็นในการทำงานในโหมดนี้ คือ คำสั่งที่ใช้ในสำหรับหยุดการส่งสัญญาณเสียง ซึ่งมีรูปแบบการส่งคือ AT+Stop และจะส่ง AT+Stoped! ตอบกลับมา เพื่อหยุดการคำนวณและหยุดส่งสัญญาณเสียง เราสามารถสรุปคำสั่ง AT+command ของการทำงานในโหมดทำงานได้ ดัง ตารางที่ 3.3

ว/ร. ๑/๔๑ ๒๕๕๐

ตารางที่ 3.3 แสดงการส่งและการตอบกลับของคำสั่ง AT+commandในโหมดทำงาน

รูปแบบการส่ง	รูปแบบการตอบกลับ	ความหมาย
AT+fxxxxxayyyyez	fxxxxxayyyyez	เมื่อ xxxxxx เป็นค่าความถี่ของเสียงที่ต้องการทำการตรวจวัด , yyyy เป็นค่าความดังของเสียงที่ต้องการทำการตรวจวัด ,z เป็นค่าของหูข้างที่ต้องการตรวจวัด
AT+Stop	AT+Stoped!	หยุดส่งเสียง ,หยุดคำนวณ

3.8.3 โหมดอินเทอร์รัป

ในโหมดนี้คอมพิวเตอร์ไม่ได้มีการส่งค่าใด ๆ ออกมาจากคอมพิวเตอร์ เพียงแต่รออินเทอร์รัปจากเครื่องตรวจวัดการได้ยินเท่านั่น ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีการตรวจวัดการได้ยิน แล้วผู้ทดสอบได้ยินเสียงจึงกดสวิสต์ เป็นการตอบสนองของการตรวจวัดการได้ยิน ซึ่งทำให้เครื่องตรวจวัดการได้ยิน ส่งอินเทอร์รัปเข้ามาในโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมก็จะทำการประมวลผลเพื่อนำค่าที่ได้ แสดงในรูปของกราฟตรวจวัดการได้ยิน ซึ่งการทำงานในโหมดนี้ไม่มีรูปแบบการส่งของ AT+command แต่ถ้ามีการตอบสนองจากผู้ทดสอบ ก็จะมีการส่งคำสั่ง AT+Hearing! กลับเข้ามาในโปรแกรม เราสามารถสรุปรูปแบบการตอบกลับของ AT+command ของการทำงานในโหมด อินเทอรร์รัป ได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงการส่งและการตอบกลับของคำสั่ง AT+ command ในโหมดอินเทอร์รัป

รูปแบบการส่ง	รูปแบบการตอบกลับ	ความหมาย
-	AT+Hearing!	ผู้ทดสอบกดสวิสต์เมื่อได้ยินเสียง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การวัดคาบสัญญาณ Sampling

เราได้เขียนโปรแกรมในการส่งค่า 0 กับ 1 สลับกันไปเรื่อยๆเพื่อสร้างสัญญาณฟันปลาและทำการวัดคาบของสัญญาณ พบว่าคาบของสัญญาณที่เราวัดได้มีค่าเท่ากับ 32 μs เมื่อทำการคำนวณโดยใช้สูตรการหาความถี่เข้ามาช่วยจะได้ว่า

$$f = 1/\Delta T = 1/ 32\ \mu s = 31250\ Hz$$

ในการสุ่มสัญญาณนั้นเราจำเป็นที่จะต้องให้ความถี่ในการสุ่มสัญญาณนั้นเป็น 2 เท่า ของความถี่ที่เราต้องการ ในทางทฤษฎีเราต้องการความถี่ที่ 64000 Hz ค่าที่เราคำนวณได้จึงมีค่าเพียงครึ่งเดียวของความถี่ที่ 64000 Hz ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ข้างล่างนี้

รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณรูปฟันปลา ใช้ Time/Div= 5 ms และ Volt/Div= 2 V.

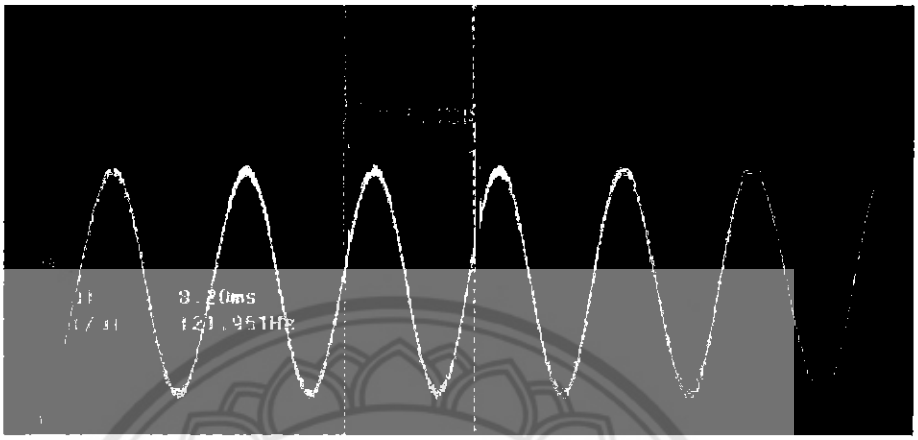
... เมื่อทำการทดสอบสัญญาณที่สร้างขึ้นมาให้อยู่ที่ความถี่ที่ 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz และ 8000 Hz จะได้สัญญาณ Sine wave ในทางโดเมนเวลาและสัญญาณทางโดเมนความถี่ซึ่งผลจากการวัดสัญญาณได้ผลดังนี้

4.2.1 การทดสอบที่ความถี่ 125 Hz

พบว่าสัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 125 Hz ใช้ Time/Div= 5 ms ในการเกิดสัญญาณ Sine wave ครบ 1 รอบ สัญญาณที่วัดได้มีคาบเวลาเท่ากับ 8.20 ms เพื่อทำการหาค่าความถี่ที่ต้องการจะใช้สมการหาความถี่เข้ามาช่วยคือ

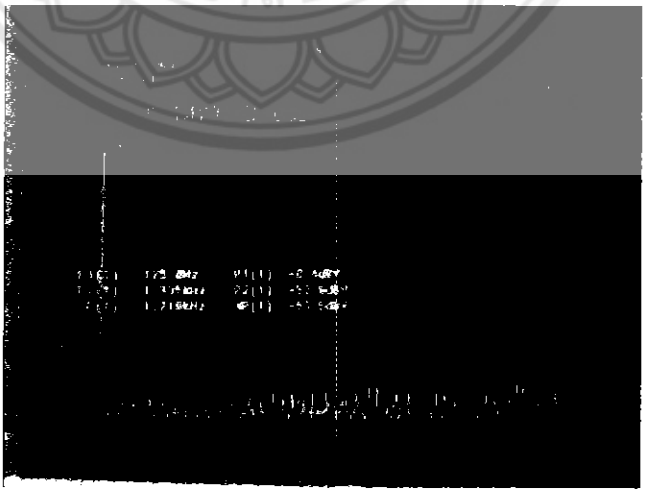
$$f = 1/\Delta T = 1/8.20\ ms = 121.55\ Hz$$

ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วเราต้องการความถี่ที่ 125 Hz ซึ่งต่างกันเพียง 3.45 Hz ก็ถือว่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่ต้องการ ดังแสดงดังรูปที่ 4.2 ข้างล่างนี้



รูปที่ 4.2 สัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 125 Hz ที่ Time/Div= 5 ms

ส่วนสัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่125 Hz ใช้ Frequency/Div= 250 Hz สัญญาณเกิดขึ้นที่ความถี่ที่ 125 Hz มีค่าของAmplitude ที่ 10 dBV ไม่มีสัญญาณ Harmonic เกิดขึ้นจึงไม่ส่งผลต่อสัญญาณที่เราต้องการดังแสดงดังรูปที่ 4.3 ข้างล่างนี้



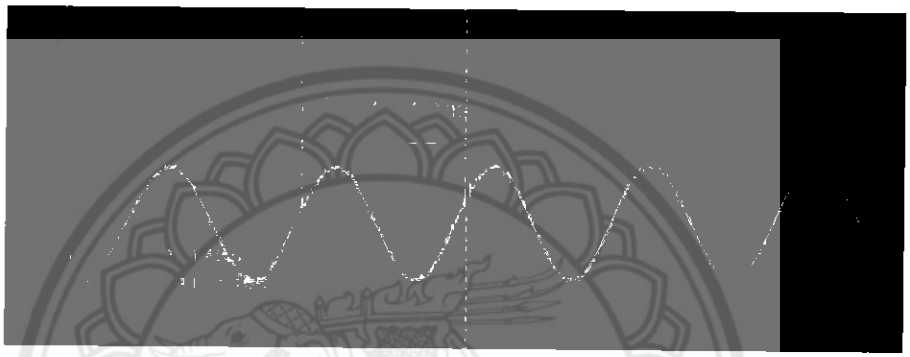
รูปที่ 4.3 สัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 125 Hzที่ Frequency/Div= 250 Hz , Amplitude = 10 dBV

4.2.2 การทดสอบที่ความถี่ 250 Hz

พบว่าสัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 250 Hz ใช้ Time/Div= 5 ms ในการเกิดสัญญาณ Sine wave ครบ 1 รอบ สัญญาณที่วัดได้มีคาบเวลาเท่ากับ 4.10 ms เพื่อทำการหาค่าความถี่ที่ต้องการจะใช้สมการหาความถี่เข้ามาช่วยคือ

$$f = 1/\Delta T = 1/4.10 \text{ ms} = 243.9 \text{ Hz}$$

ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วเราต้องการความถี่ที่ 250 Hz ซึ่งต่างกันเพียง 6.1 Hz ก็ถือว่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่ต้องการ ดังแสดงดังรูปที่ 4.4 ข้างล่างนี้



รูปที่ 4.4 สัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 250 Hzที่ Time/Div= 5 ms

ส่วนสัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 250 Hz ใช้ Frequency/Div= 250 Hz สัญญาณเกิดขึ้นที่ความถี่ที่ 250 Hz มีค่าของAmplitude ที่ 10 dBV ไม่มีสัญญาณ Harmonic เกิดขึ้นจึงไม่ส่งผลต่อสัญญาณที่เราต้องการดังแสดงดังรูปที่ 4.5 ข้างล่างนี้

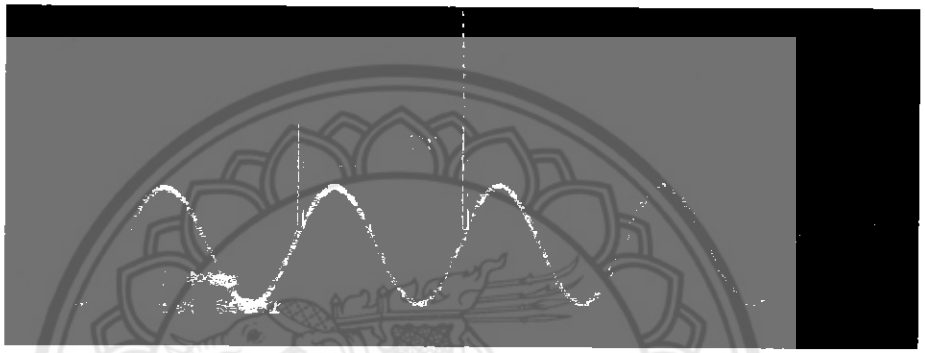
รูปที่ 4.5 สัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 250 Hzที่ Frequency/Div= 250 Hz , Amplitude = 10 dBV

4.2.3 การทดสอบที่ความถี่ 500 Hz

พบว่าสัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 500 Hz ใช้ Time/Div= 1 ms ในการเกิดสัญญาณ Sine wave ครบ 1 รอบ สัญญาณที่วัดได้มีคาบเวลาเท่ากับ 2 ms เพื่อทำการหาค่าความถี่ที่ต้องการจะใช้สมการหาความถี่เข้ามาช่วยคือ

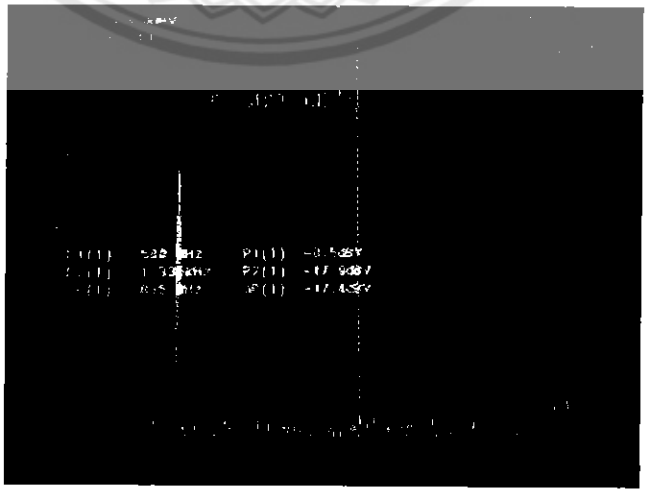
$$f = 1/\Delta T = 1/2 \text{ ms} = 500 \text{ Hz}$$

ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วเราต้องการความถี่ที่ 500 Hz ซึ่งตรงกับทฤษฎีที่เราต้องการ ดังแสดงดังรูปที่ 4.6 ข้างล่างนี้



รูปที่ 4.6 สัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 500 Hzที่ Time/Div= 1 ms

ส่วนสัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 500 Hz ใช้ Frequency/Div= 250 Hz สัญญาณเกิดขึ้นที่ความถี่ที่ 500 Hz มีค่าของAmplitude ที่ 10 dBV ไม่มีสัญญาณ Harmonic เกิดขึ้นจึงไม่ส่งผลต่อสัญญาณที่เราต้องการดังแสดงดังรูปที่ 4.7 ข้างล่างนี้



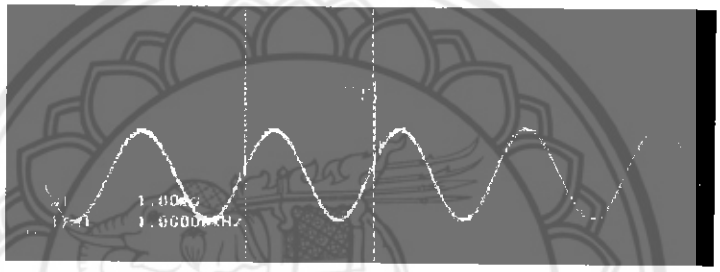
รูปที่ 4.7 สัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 500 Hzที่ Frequency/Div= 250 Hz , Amplitude = 10 dBV

4.2.4 การทดสอบที่ความถี่ 1000 Hz

เมื่อทำการทดลองส่งสัญญาณที่ความถี่ 1000 Hz จะเริ่มมีสัญญาณอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องเพิ่มเข้ามาเราเรียกว่า สัญญาณ Harmonic ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะเข้าไปรบกวนสัญญาณจริงและทำให้สัญญาณในทางโดเมนเวลา มีลักษณะไม่ราบเรียบ พบว่าสัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 1000 Hz ใช้ Time/Div= 500 μs ในการเกิดสัญญาณ Sine wave ครบ 1 รอบ สัญญาณที่วัดได้มีคาบเวลาเท่ากับ 1 ms เพื่อทำการหาค่าความถี่ที่ต้องการ จะใช้สมการหาความถี่เข้ามาช่วยคือ

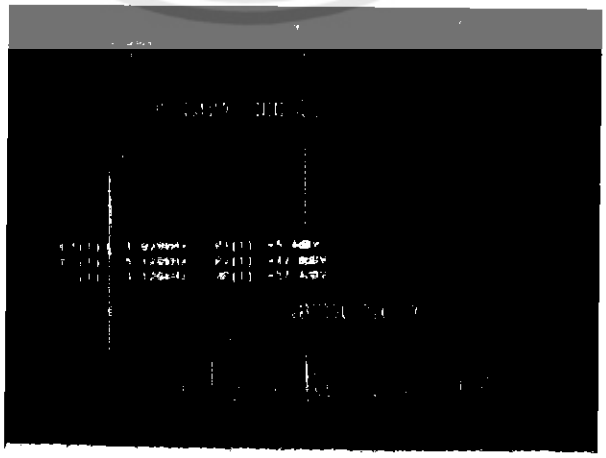
$$f = 1/\Delta T = 1/1 \text{ ms} = 1000 \text{ Hz}$$

ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วเราต้องการความถี่ที่ 1000 Hz ซึ่งตรงกับทฤษฎีที่เราต้องการ ดังแสดงดังรูปที่ 4.8 ข้างล่างนี้



รูปที่ 4.8 สัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 1000 Hzที่ Time/Div= 500 μs

ส่วนสัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 1000 Hz ใช้ Frequency/Div= 1 kHz สัญญาณเกิดขึ้นที่ความถี่ที่ 1000 Hz มีค่าของAmplitude ที่ 10 dBV และมีสัญญาณ Harmonic เกิดขึ้นที่ความถี่ 3120 Hz และ Amplitude มีค่า -42.5 dBV ดังแสดงดังรูปที่ 4.9 ข้างล่างนี้



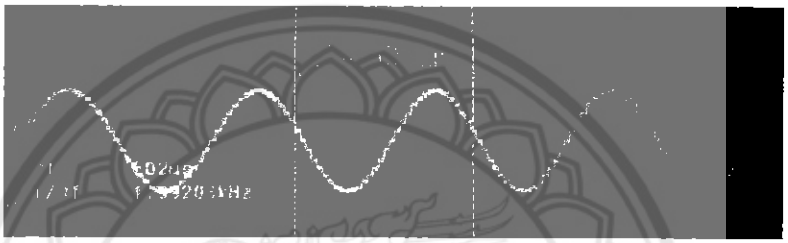
รูปที่ 4.9 สัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 1000 Hzที่ Frequency/Div= 1 kHz , Amplitude = 10 dBV

4.2.5 การทดสอบที่ความถี่ 2000 Hz

พบว่าสัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 2000 Hz ใช้ Time/Div= 200 µs ในการเกิดสัญญาณ Sine wave ครบ 1 รอบ สัญญาณที่วัดได้มีคาบเวลาเท่ากับ 502 µs เพื่อทำการหาค่าความถี่ที่ต้องการ จะใช้สมการหาความถี่เข้ามาช่วยคือ

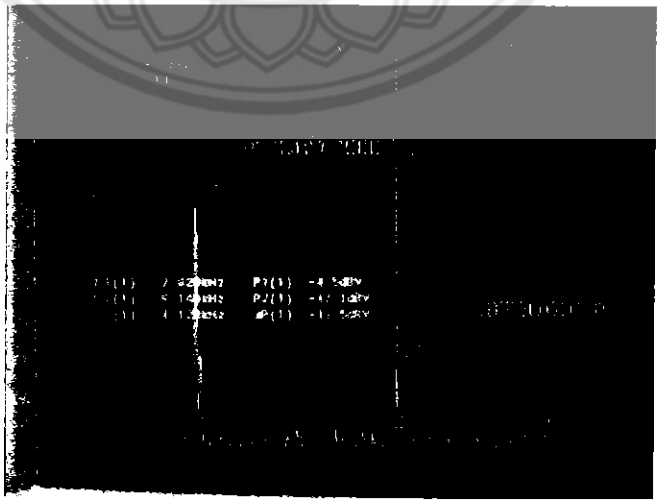
$$f = 1/\Delta T = 1/502\ \mu s = 1992\ Hz$$

ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วเราต้องการความถี่ที่ 2000 Hz ต่างกันเพียง 8 Hz ก็ถือว่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่ต้องการ ดังแสดงดังรูปที่ 4.10 ข้างล่างนี้



รูปที่ 4.10 สัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 2000 Hzที่ Time/Div= 200 µs

ส่วนสัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 2000 Hz ใช้ Frequency/Div= 1 kHz สัญญาณเกิดขึ้นที่ความถี่ที่ 2000 Hz มีค่าของAmplitude ที่ 10 dBV และมีสัญญาณ Harmonic เกิดขึ้นที่ความถี่ 6140 Hz และ Amplitude มีค่า -47.3 dBV ดังแสดงดังรูปที่ 4.11 ข้างล่างนี้



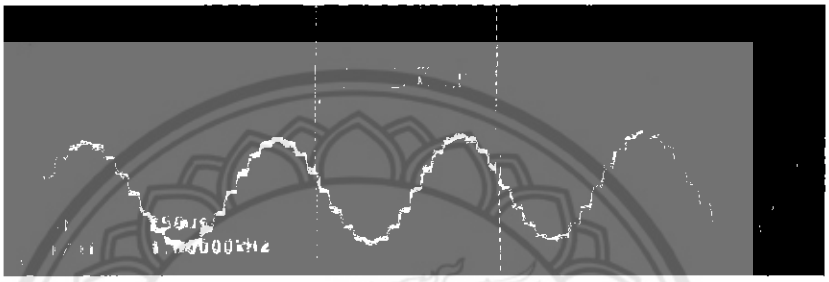
รูปที่ 4.11สัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 2000 Hzที่ Frequency/Div=1 kHz , Amplitude = 10 dBV

4.2.6 การทดสอบที่ความถี่ 4000 Hz

พบว่าสัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 4000 Hz ใช้ Time/Div= 100 μs ในการเกิดสัญญาณ Sine wave ครบ 1 รอบ สัญญาณที่วัดได้มีคาบเวลาเท่ากับ 250 μs เพื่อทำการหาค่าความถี่ที่ต้องการ จะใช้สมการหาความถี่เข้ามาช่วยคือ

$$f = 1/\Delta T = 1/250\ \mu s = 4000\ Hz$$

ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วเราต้องการความถี่ที่ 4000 Hz ซึ่งตรงกับทฤษฎีที่เราต้องการ ดังแสดงดังรูปที่ 4.12 ข้างล่างนี้



รูปที่ 4.12 สัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 4000 Hzที่ Time/Div= 100 μs

ส่วนสัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 4000 Hz ใช้ Frequency/Div= 5 kHz สัญญาณเกิดขึ้นที่ความถี่ที่ 4000 Hz มีค่าของAmplitude ที่ 10 dBV และมีสัญญาณ Harmonic เกิดขึ้นที่ความถี่ 11800 Hz และ Amplitude มีค่า -47.3 dBV และสัญญาณ Harmonic 2 เกิดขึ้นที่ความถี่ 24200 Hz และ Amplitude มีค่า -33.8 dBV ดังแสดงดังรูปที่ 4.13 ข้างล่างนี้

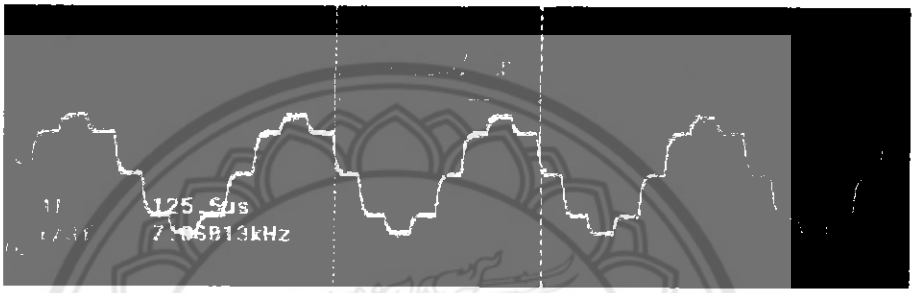
รูปที่ 4.13สัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 4000 Hzที่ Frequency/Div= 5kHz , Amplitude = 10 dBV

4.2.7 การทดสอบที่ความถี่ 8000 Hz

พบว่าสัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 8000 Hz ใช้ Time/Div= 50 μs ในการเกิดสัญญาณ Sine wave ครบ 1 รอบ สัญญาณที่วัดได้มีคาบเวลาเท่ากับ 125.5 μs เพื่อทำการหาค่าความถี่ที่ต้องการ จะใช้สมการหาความถี่เข้ามาช่วยคือ

$$f = 1/\Delta T = 1/125.5\ \mu s = 7968\ Hz$$

ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วเราต้องการความถี่ที่ 4000 Hz ต่างกันเพียง 32 Hz ก็ถือว่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่ต้องการ ดังแสดงดังรูปที่ 4.14 ข้างล่างนี้



รูปที่ 4.14 สัญญาณในทางโดเมนเวลาที่ความถี่ 8000 Hzที่ Time/Div= 50 μs

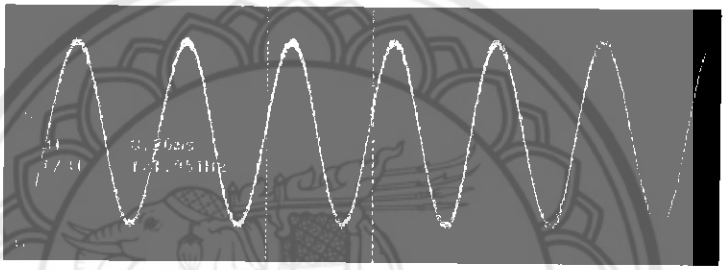
ส่วนสัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 8000 Hz ใช้ Frequency/Div= 5 kHz สัญญาณเกิดขึ้นที่ความถี่ที่ 8000 Hz มีค่าของAmplitude ที่ 10 dBV และมีสัญญาณ Harmonic เกิดขึ้นที่ความถี่ 15800 Hz และ Amplitude มีค่า -37.7 dBV และสัญญาณ Harmonic 2 เกิดขึ้นที่ความถี่ 20300 Hz และ Amplitude มีค่า -35.7 ดังแสดงดังรูปที่ 4.15 ข้างล่างนี้

รูปที่ 4.15สัญญาณในทางโดเมนความถี่ที่ 8000 Hzที่ Frequency/Div= 5kHz , Amplitude = 10 dBV

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปผลได้ว่า รูปสัญญาณในทางโดเมนเวลา รูปที่ 4.2, 4.4 และ 4.6 ที่ความถี่ 125 Hz, 250 Hz และ 500 Hz ตามลำดับ รูปสัญญาณ sine wave ที่ได้มีลักษณะที่ราบเรียบ เนื่องจากยังไม่ค่อยมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นที่ช่วงความถี่ต่ำๆมากนัก จึงยังไม่ส่งผลต่อสัญญาณที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 5.1 ข้างล่างนี้

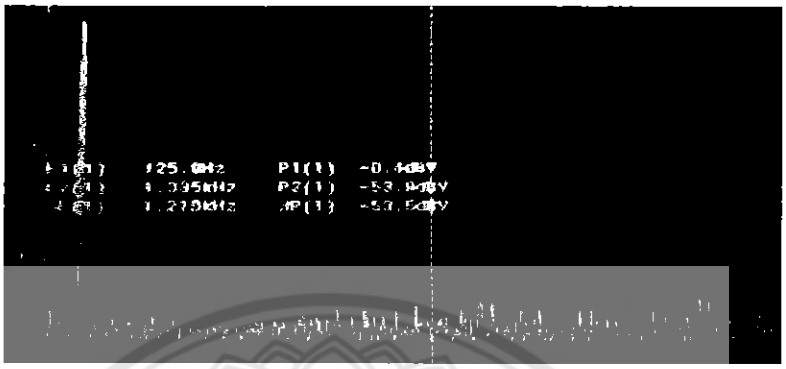


รูปที่ 5.1 สัญญาณ sine wave ที่มีลักษณะราบเรียบ

แต่ในส่วนของรูปสัญญาณ sine wave ในทางโดเมนเวลารูปที่ 4.8, 4.10, 4.12 และ 4.14 ที่ความถี่ 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz และ 8000 Hz รูปสัญญาณที่ได้เริ่มจะมีการผิดเพี้ยนเป็นเหมือนขั้นบันได ไม่เหมือนสัญญาณในรูปที่ 4.2, 4.4 และ 4.6 ซึ่งเป็นผลมาจากสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบไปยังสัญญาณจริงที่เราต้องการ ซึ่งในการเกิดสัญญาณในลักษณะนี้เราจะต้องใช้วงจรที่ช่วยในการตัดสัญญาณรบกวนออกไป เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบกับตัวสัญญาณที่เราต้องการ เมื่อเพิ่มค่าความถี่ให้มีค่าสูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5.2 ข้างล่างนี้

รูปที่ 5.2 สัญญาณ sine wave ที่มีลักษณะไม่ราบเรียบ

เช่นเดียวกันถ้าพิจารณาสัญญาณในทางโดเมนความถี่รูปที่ 4.3, 4.5 และ 4.7 ที่ความถี่ 125 Hz, 250 Hz และ 500 Hz รูปสัญญาณที่ได้ยังเห็นมีแค่ส่วนของสัญญาณจริงที่เราต้องการเกิดขึ้นเพียงสัญญาณเดียวที่เห็นเด่นชัดที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 5.3 ข้างล่างนี้



รูปที่ 5.3 สัญญาณที่ไม่มีการเกิด Harmonic ที่เด่นชัด

ซึ่งต่างกันกับรูปสัญญาณในทางโดเมนความถี่รูปที่ 4.9, 4.11, 4.13 และ 4.15 รูปสัญญาณที่ได้ไม่ได้มีเฉพาะสัญญาณที่เราต้องการเท่านั้น แต่จะมีตัวของ Quantization Noise เกิดขึ้นมาพร้อมกันด้วย ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ข้างล่างนี้

รูปที่ 5.4 สัญญาณที่มีการเกิด Harmonic ขึ้นพร้อมกับสัญญาณที่เราต้องการ

เราจึงต้องใช้วงจรที่มีความสามารถในการกรองเอาสัญญาณรบกวนออกไป เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีลักษณะใกล้เคียงกันกับสัญญาณเดิมมากที่สุด โดยควรจะเริ่มกรองความถี่ตั้งแต่ 8000 Hz ขึ้นไป ดังเช่นความถี่ที่ 1000 Hz เริ่มจะมี Quantization Noise เกิดขึ้น แต่ก็ยังเกิดขึ้นเพียงสัญญาณเดียวเท่านั้น ซึ่งยังห่างจากตัวของสัญญาณจริงที่ต้องการมากจึงส่งผลกระทบน้อย ทำให้สัญญาณที่ได้ผิดเพี้ยนไม่มากนัก แต่ถ้าเพิ่มความถี่เป็นที่ 4000 Hz ตัว Quantization Noise ที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดขึ้นเพียง Harmonic เดียวเท่านั้น แต่มีถึง 2 Harmonic ที่ความถี่ 11800 Hz และที่ความถี่

24200 Hz เมื่อเริ่มกรองความถี่ตั้งแต่ 8000 Hz ทำให้ตัด Harmonic ออกไปเหลือเพียงสัญญาณที่เราต้องการเท่านั้น

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

5.2.1 การเชื่อมต่อระหว่างหน้าจอโปรแกรมตรวจวัดการได้ยินกับบอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์ มีความขัดข้อง และไม่สามารถทำงานได้เมื่อทำการเปลี่ยนค่าในโปรแกรมตรวจวัดการได้ยินแก้ไขได้โดยกลับไปแก้ไข Code ของโปรแกรมใหม่

5.2.2 ค่าความถี่ของสัญญาณ sine wave ที่ได้ควรมีการกำหนดค่าของการ Sampling ในโปรแกรมกับค่าการ Sampling จริงให้ตรงกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด

5.2.3 ชุดวงจรหูฟังที่ประกอบขึ้นเองเวลาต่อหูฟังเข้ากับช่องเสียบแล้ว เสียงจะออกมาเพียงข้างเดียว แก้ไขโดยเปลี่ยนตัว stereo jack ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และ ต่อช่องเสียบกับหูฟังให้แน่นขึ้น

5.2.4 ด้ามจับและสวิตซ์ที่ใช้กดในการทดสอบของโปรแกรมตรวจวัดการได้ยินมีลักษณะใหญ่เกินไปไม่เหมาะแก่การจับ และปุ่มที่กดแข็ง แก้ไขโดยเปลี่ยนตัวด้ามจับและปุ่มกดให้มีขนาดเล็กและมีความอ่อนขึ้น ทำให้ง่ายต่อการกด

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 เสียงและสัญญาณที่ทำการทดลองนั้นเป็นเสียงที่ยังไม่ได้ทำการสอบเทียบสัญญาณเสียงที่ระดับความดังต่างๆให้อยู่ในรูป เดซิเบล (dBHL)

5.3.2 เมื่อทำการเพิ่มความถี่ให้สูงขึ้น สัญญาณรบกวน(noise) ก็จะมีเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งส่งผลกระทบต่อรูปสัญญาณจริงที่เกิดขึ้น ดังนั้นควรใช้วงจรกรองความถี่สูง เพื่อทำการตัดสัญญาณHarmonic ออกไป เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสัญญาณจริงมาก

5.3.3 หน้าจอโปรแกรมตรวจวัดการได้ยินสามารถออกแบบใหม่ได้หากผู้ใช้ไม่พึงพอใจ

เอกสารอ้างอิง

[1] ศุภชัย สมพานิช.คู่มือการเขียนโปรแกรม Visual C# .NET. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ค่าสุทธาการพิมพ์. 2546

[2] ชัชฌ์ ปราชญ์วิทยาการ, ไพโรจน์ ตั้งจิตรวิบูลย์กุล. "ระบบตรวจการได้ยิน" ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยนเรศวร 2551

[3] สุภาภรณ์ หลักรอด , "คู่มือการประเมินอันตรายจากเสียงดังและการทดสอบสมรรถภาพการ ได้ยินเบื้องต้น:สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข "ราชบุรี:ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต4 , 2541

[4] สมรรถภาพการได้ยิน . from : http://www.sut.ac.th/e-texts/Medicine/HSW/lesson6_4.html

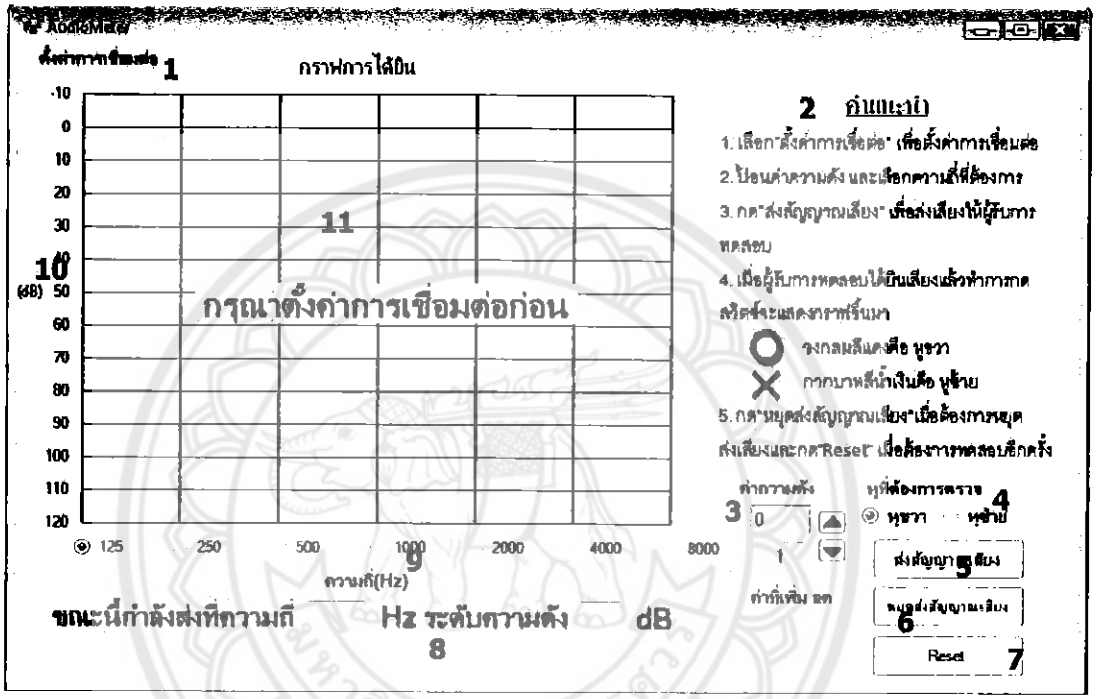
[5] เมดิโปรการแพทย์และสุขภาพ , การตรวจสมรรถภาพการได้ยิน . from : http://www.thaisafety.net/images/1098914122/ear.pdf

[6] การสุ่มสัญญาณ(Sampling). พีระพล ยุวภูมิตานนท์. ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. From : http://www.eegrad.mut.ac.th/home/peerapol/EEET0485_1_2550/lvdsp_lab3.pdf

ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้งาน

หน้าจอโปรแกรมการตรวจวัดการได้ยิน

เมื่อเปิดโปรแกรมตรวจวัดการได้ยินขึ้นมาแล้วจะเห็นหน้าจอดังรูป ก.1



รูปที่ ก.1 หน้าจอโปรแกรมตรวจวัดการได้ยิน

คำอธิบายหน้าจอโปรแกรม

หมายเลข 1 คือ "ปุ่มตั้งค่าการเชื่อมต่อ" เราต้องตั้งค่าการเชื่อมต่อก่อนโปรแกรมถึงจะทำงานได้

หมายเลข 2 คือ "คำแนะนำการใช้งาน" คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม

หมายเลข 3 คือ "ช่องสำหรับป้อนค่าความดังและค่าที่เพิ่มลด" ป้อนค่าความดังที่ต้องการตรวจลงในช่อง"ค่าความดัง" และป้อนค่าที่ต้องการให้ค่าความดังเพิ่มหรือลดที่ช่อง "ค่าที่เพิ่มลด" จากนั้นเมื่อต้องการเพิ่มหรือลดค่า ให้กดที่ลูกศรขึ้นลง

หมายเลข 4 คือ "หูที่ต้องการตรวจ" เลือกหูข้างที่ต้องการตรวจวัดสามารถเลือกได้ว่าจะตรวจที่ หูข้างไหนก่อนก็ได้ แต่จะทำการตรวจได้เพียงข้างเดียวเท่านั้นไม่สามารถตรวจพร้อมกันทั้ง 2 ข้างได้

หมายเลข 5 คือ ปุ่ม"ส่งสัญญาณเสียง" กดเมื่อต้องการส่งเสียงออกทางหูฟังของผู้รับการตรวจ

หมายเลข 6 คือ ปุ่ม"หยุดส่งสัญญาณเสียง" กดเมื่อต้องการให้สัญญาณเสียงหยุด

หมายเลข 7 คือ ปุ่ม"Reset" กดเมื่อต้องการเริ่มต้นการตรวจใหม่

หมายเลข 8 คือ พื้นที่แสดงคำอธิบายเมื่อผู้รับการตรวจทำการกดสวิตซ์ จะแสดงคำอธิบายเป็นตัวหนังสือสีเขียวเมื่อผู้ตรวจทำการส่งสัญญาณเสียงออกไป และจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อผู้รับการตรวจกดสวิตซ์

หมายเลข 9 คือ "แถบเลือกความถี่" เลือกความถี่ที่ต้องการตรวจวัด

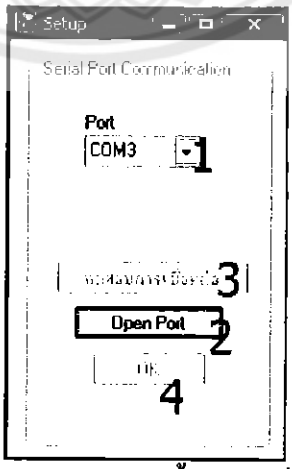
หมายเลข 10 คือ "แถบแสดงค่าความดัง" แถบที่บอกว่าตอนนี้กำลังตรวจที่ระดับความดังเท่าไร่

หมายเลข 11 คือ พื้นที่แสดงกราฟเมื่อผู้รับการตรวจทำการกดสวิตซ์ จะแสดงกราฟขึ้นมาเป็นเส้นกราฟสีแดงและสีน้ำเงิน

เริ่มต้นการใช้งานโปรแกรมตรวจวัดการได้ยิน

ขั้นตอนที่ 1 การตั้งค่าการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

คลิกที่ปุ่ม"ตั้งค่าการเชื่อมต่อ"(หมายเลข 1) เลือก"ตั้งค่าเชื่อมต่อ" เพื่อตั้งค่าการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์และคอมพิวเตอร์ ผ่านทางพอร์ตคอมพิวเตอร์(Serial Port) จะแสดงหน้าจอขึ้นมาดังรูปที่ ก.2

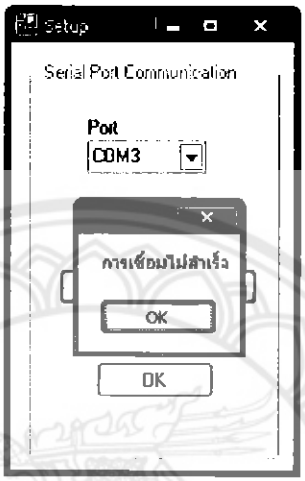


รูปที่ ก.2 หน้าจอการตั้งค่าการเชื่อมต่อ

1. เลือก "Port" ให้ตรงกับช่องที่พอร์ตของคอมพิวเตอร์ต่อเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์ ขึ้นอยู่กับว่าเราต่อช่อง Serial Port ไว้ที่ช่องไหน จากรูปจะเป็น COM3

2. จากนั้น กด "Open Port" เพื่อเปิดการเชื่อมต่อ

3. กด "ทดสอบการเชื่อมต่อ" เพื่อตรวจสอบดูว่าบอร์ดได้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แล้วหรือยัง ถ้ายังก็จะแสดงหน้าจอดังรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.3 การเชื่อมต่อไม่สำเร็จ

หากเชื่อมต่อไม่สำเร็จ ลองตรวจดูว่าพอร์ตที่ติดตั้งนั้นตรงกับพอร์ตที่เราเลือกไว้หรือไม่ แล้วกด "ทดสอบการเชื่อมต่ออีก" อีกครั้ง หากเชื่อมต่อแล้วจะแสดงผลดังรูปที่ ก.4

รูปที่ ก.4 การเชื่อมต่อสำเร็จ

4. จากนั้นกด "OK" เพื่อกลับเข้าสู่หน้าจอปกติ

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจวัดการได้ยิน

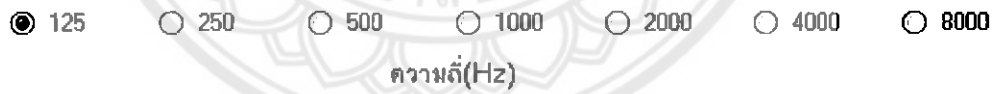
เมื่อทำการตั้งค่าการเชื่อมต่อเสร็จแล้วจะกลับเข้าสู่หน้าจอปกติอีกครั้งและจะสามารถทำการตรวจวัดการได้ยินทันที

2.1 ให้ผู้รับการตรวจสวมใส่หูฟังที่เตรียมไว้ให้เรียบร้อยและตรวจสอบให้แน่ชัดว่าไม่ได้ยินมีเสียงอะไรจากภายนอก

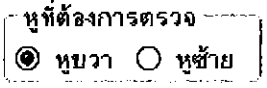
2.2 ทำการป้อนค่าความดัง(dB) ที่ต้องการตรวจลงในช่อง "ค่าความดัง"(หมายเลข 1) จากนั้นป้อนค่าที่ต้องการให้ค่าความดังเพิ่มหรือลดเมื่อเวลากดปุ่มลูกศรขึ้นลง(หมายเลข 4) ดังรูปที่ ก.5

รูปที่ ก.5 ช่องสำหรับป้อนค่าความดัง

2.3 เลือกความถี่ที่ต้องการตรวจโดยทั่วไปแล้วจะเริ่มตรวจที่ความถี่ที่ 125 Hz ก่อนเป็นอันดับแรก และเลือกหูข้างที่ต้องการตรวจโดยจะเลือกได้ครั้งละ 1 ข้างเท่านั้นคือ **เลือกได้เฉพาะหูข้างซ้าย**หรือว่าหูข้างขวา ไม่สามารถเลือกตรวจพร้อมกัน 2 ข้างได้ดังรูปที่ ก.6 และ ก.7

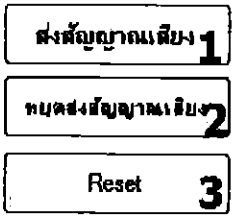


รูปที่ ก.6 แถบเลือกความถี่



รูปที่ ก.7 หูที่ต้องการตรวจ

2.4 จากนั้นให้ผู้ตรวจกดปุ่ม "ส่งสัญญาณเสียง"(หมายเลข 1 รูปที่ ก.8) เพื่อส่งเสียงให้ผู้รับการตรวจฟัง



รูปที่ ก.8 ปุ่ม "ส่งสัญญาณเสียง", ปุ่ม "หยุดส่งสัญญาณเสียง", ปุ่ม "Reset"

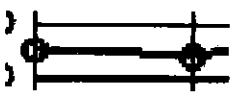
ในส่วนพื้นที่แสดงคำอธิบายจะแสดงข้อความว่า "ขณะนี้กำลังส่งที่ความถี่ ... Hz ระดับความดัง ... dB" เป็นตัวหนังสือสีเขียวดังรูปที่ ก.8

รูปที่ ก.9 แสดงคำอธิบายขณะส่งสัญญาณเสียง

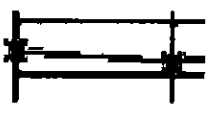
เมื่อผู้รับการตรวจได้ยินเสียงแล้วให้ทำการกดสวิตซ์เพื่อแสดงว่าได้ยินเสียงที่เราส่งออกไป คำอธิบายก็จะเปลี่ยนไปเป็น"กำลังได้ยินที่ความถี่ ... Hz ระดับความดัง ... dB" เป็นตัวหนังสือสีแดง ดังรูปที่ ก.9 แต่ถ้าหากผู้รับการตรวจไม่ได้ยินเสียงที่เราส่งออกไปก็ไม่ต้องทำอะไร

รูปที่ ก.10 แสดงคำอธิบายเมื่อผู้รับการตรวจกดสวิตซ์

2.5 เมื่อผู้รับการตรวจได้ยินเสียงและทำการกดสวิตซ์แล้ว หน้าจอซึ่งเป็นพื้นที่แสดงกราฟจะแสดงสัญลักษณ์ขึ้นมาตามค่าความดังและความถี่ที่ผู้ตรวจเลือกไว้โดย สัญลักษณ์ วงกลมสีแดง บอกถึงหูขวา(รูปที่ ก.11) และกากบาทสีน้ำเงินจะบอกถึงหูซ้าย(รูปที่ ก.11



รูปที่ ก.11 แสดงสัญลักษณ์หูขวา



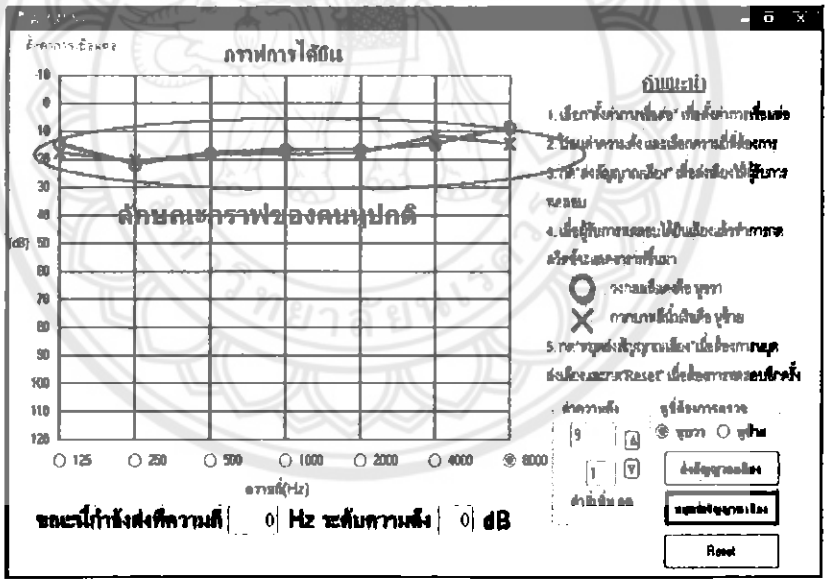
รูปที่ ก.12 แสดงสัญลักษณ์หูซ้าย

2.6 จากนั้นให้ทำการ เพิ่ม ลด ค่าความดังที่ได้ป้อนไว้ในข้อ 2.2 โดยการกดที่ปุ่มลูกศรขึ้น-ลง(หมายเลข 2 และ 3 รูปที่ ก.5) ซึ่งถ้าหากความดังที่ผู้ตรวจป้อนไว้ในตอนแรกผู้รับการตรวจไม่ได้ยินเสียงให้กดปุ่มลูกศรขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มความดังของสัญญาณเสียงที่ส่งออกไป และเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆจนกว่าผู้รับการตรวจจะกดสวิตซ์ แต่ถ้าหากผู้รับการตรวจได้ยินเสียงที่เราป้อนค่าไว้ตอนแรกแล้วก็ให้ลดค่าลงเรื่อยๆจนกว่าผู้รับการตรวจจะไม่ได้ยินเสียงเช่นกันและกลับมาตรวจที่ค่าเดิมที่ป้อนไว้ในข้อ 2.2 อีกครั้ง

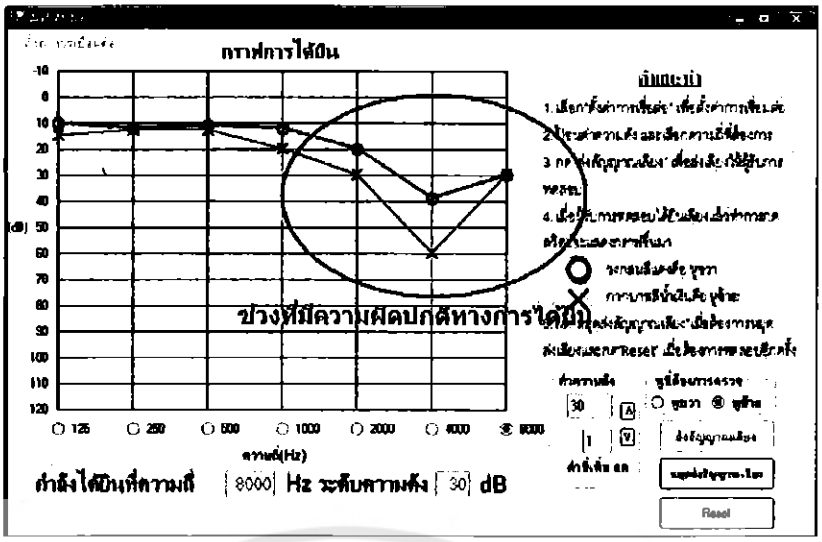
2.7 เมื่อผู้รับการตรวจทำการกดสวิตซ์แล้วให้กด "หยุดส่งสัญญาณเสียง"(หมายเลข 2 รูปที่ ก.8) เพื่อหยุดส่งสัญญาณเสียงที่เราได้ส่งออกไป หรือ ถ้าหากไม่กดผู้ตรวจก็สามารถที่จะเปลี่ยนความถี่ได้เลยเสียงก็จะหยุดเช่นกัน

2.8 เมื่อตรวจที่ความถี่ 125 Hz แล้ว ก็ให้เปลี่ยนไปตรวจที่ความถี่ 250 Hz ไปจนถึงความถี่ 8000 Hz โดยทำซ้ำเหมือนเดิมตั้งแต่ข้อ 2.2 ถึง ข้อ 2.7 จากนั้นเปลี่ยนหูข้างที่ต้องการตรวจ

2.9 เมื่อทำการตรวจเสร็จสิ้นทั้งหมดทุกความถี่แล้วทำการวิเคราะห์รูปกราฟที่ได้จากการตรวจ



รูปที่ ก.13 ผลการตรวจหูของคนปกติ



รูปที่ ก.14 ผลการตรวจหูของคนที่มีความผิดปกติ(ประสาทหูพิการ)

2.10 เมื่อเสร็จสิ้นการตรวจแล้วหากต้องการตรวจวัดใหม่ก็สามารถกดปุ่ม “Reset” หน้าจอก็จะกลับไปเริ่มต้นใหม่ (หมายเลข 3 รูปที่ ก.8)

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์และสรุปผลการตรวจ

ถ้าหากกราฟที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรงที่ช่วงความดังเฉลี่ยอยู่ที่ 25 db แสดงว่าผู้รับการตรวจไม่มีความบกพร่องทางการได้ยิน แต่ถ้าหากกราฟที่ได้มีลักษณะเป็นรูปตัว V แล้วแสดงว่าผู้รับการตรวจนั้นมีความผิดปกติทางการได้ยินที่ความถี่นั้นๆ ดังรูปที่ ก.13 แสดงถึงหูของคนที่มีความปกติทางการได้ยิน และรูปที่ ก.14 แสดงถึงคนที่มีความบกพร่องทางการได้ยินคือ เส้นกราฟจะเป็นรูปตัว V ระดับเสียงที่ได้ยินจะมีระดับความดังที่สูง

จะเห็นได้ว่าผลการตรวจของคนที่มีความผิดปกตินั้น(รูปที่ ก.14) ค่าความดังของหูซ้ายที่ได้ยินที่ความถี่ 2000 Hz มีระดับความดังอยู่ที่ 30 dB ซึ่งเริ่มที่จะมากขึ้น และหูขวาอยู่ที่ระดับความดัง 20 dB และที่ความถี่ 4000 Hz นั้นดังมากถึง 60 db และหูขวาที่ความดัง 40 db ซึ่งถ้าดูจากรูปกราฟแล้วจะเห็นเป็นลักษณะตัว V ซึ่งมีแนวโน้มมาตั้งแต่ที่ความถี่ที่ 2000 Hz และดังขึ้นเรื่อยๆที่ระดับความถี่ที่สูงขึ้น จะแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดกับคนปกติที่ไม่มีความบกพร่องทางการได้ยินดังรูป ก.13

ซึ่งสรุปได้ว่าลักษณะของกราฟในรูปที่ ก.14 นั้น แสดงว่าผู้รับการตรวจมีความบกพร่องทางการได้ยิน และถ้ากราฟที่ทำการตรวจวัดออกมาในลักษณะรูปที่ ก.13 แสดงว่าไม่มีความบกพร่องทางการได้ยินหรือก็คือการได้ยินเป็นปกติ

ภาคผนวก ข

อุปกรณ์การใช้งาน

1.อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก

Module ET-MINI MCP4922 DAC 12BIT *2CH เป็นชุด Convert สัญญาณดิจิตอล เป็นอนาลอก ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

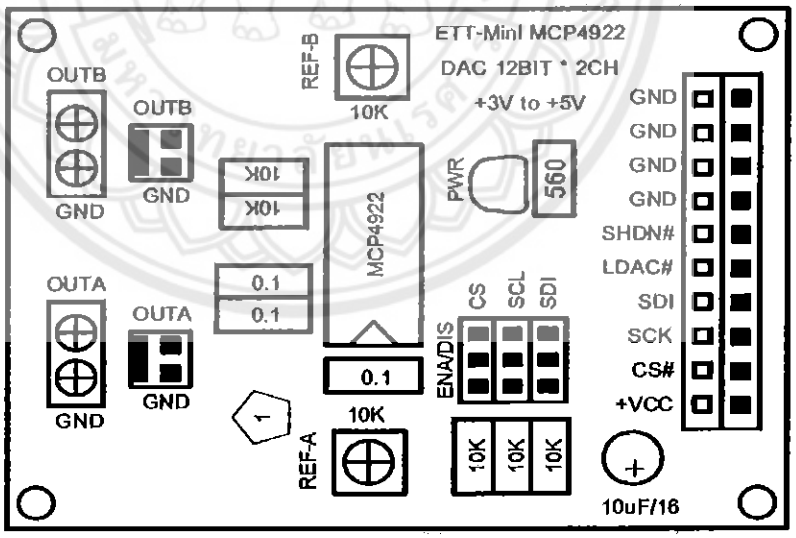
1) Digital Input มีความละเอียดที่ 12 บิต

2) แรงดันอ้างอิงV ref A และV ref B สามารถปรับจาก VR ได้ตั้งแต่ 0 ถึง+VCC

3) ใช้ได้กับ Power Supply 2.7V ถึง 5.5V

4) Interface การส่งข้อมูล Digital Input ด้วย SPI ซึ่งรองรับสัญญาณ Clock ได้ถึง 20MHz

5) มี DAC OUTPUT ให้ใช้งาน 2 แชนแนล และสามารถเลือกเกณฑ์ขยายของสัญญาณ Output ได้ที่ 1x หรือ 2x



รูปที่ 1.ข Module ET-MINI MCP4922 DAC 12BIT

หน้าที่ขาสัญญาณบนบอร์ด

1) ขา +VCC และ GND ใช้ต่อเข้ากับ VCCและ GND ของ MCU ที่ใช้ควบคุม ซึ่งรองรับแรงได้ตั้งแต่ 2.7V-5.5V

2) ขา CS -Chip select Input จะทำงานที่ลอจิก Low เพื่อที่จะEnable Clock และ Data

3) ขา SCK จะเป็นขาสำหรับรับสัญญาณ Clock (SPI) จากภายนอกเข้ามา

4) ขา SDI เป็นขา Data สำหรับรับข้อมูลแบบ Serial จากภายนอกเข้ามา

5) ขา LDAC จะทำงานที่ Logic Low ซึ่งจะทำหน้าที่โหลดข้อมูลที่ถูก Convert แล้วออกไปที่ขา Output

6) ขา SHDN จะทำงานที่ Logic Low ทำหน้าที่ Shutdown DAC ให้อยู่ใน Satndby Modeในสภาวะใช้งานปกติจะต้องให้เป็น Logic High

7) ขา OUTA และ OUTB เป็นขา Output สำหรับต่อสัญญาณ Analog ที่ได้ไปใช้งาน

8) VR REF-A และ REF-B ใช้สำหรับปรับแรงดันอ้างอิงให้ แชนแนล A และ B ตามลำดับโดยแรงดันอ้างอิงนี้จะปรับได้ที่ 0 ถึง +VCC

รูปแบบการส่งข้อมูล (SPI Serial Interface)

สำหรับ Module นี้ผู้ใช้จะต้องส่งข้อมูล Digital Input ให้กับ Module ในลักษณะของ Serial (SPI) โดยจะมีการส่งคำสั่งและส่งข้อมูลไปด้วยกันครั้งละ 16 Bit (2Byte) ต่อการ Convert สัญญาณ Digital 1 ค่า โดยมีรูปแบบแสดงในตาราง

ตารางที่ 1.ข แสดงรูปแบบการส่งข้อมูล Command และ Data

Upper Half :							
Bit15	**Bit14**	**Bit13**	**Bit12**	**Bit11**	**Bit10**	**Bit9**	**Bit8**
A/B	BUF	GA	SHDN	D11	D10	D9	D8

Lower Half :							
Bit7	**Bit6**	**Bit5**	**Bit4**	**Bit3**	**Bit2**	**Bit1**	**Bit0**
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

Bit 15 A/B : DAC_A หรือ DAC_B Select bit สำหรับเลือกแชนแนล Output

1 = Write to DAC_B ใช้งาน Output แชนแนล B

0 = Write to DAC_A ใช้งาน Output แชนแนล A

Bit 14 BUF: Vref Input Buffer Control bit สำหรับกำหนดให้แรงดันอ้างอิงที่รับเข้ามาผ่าน Buffer หรือไม่ผ่าน Buffer

1 = Buffered ให้แรงดันอ้างอิงที่รับเข้ามาผ่าน Buffer ภายใน ของ MCP4922

0 = Unbuffered ให้แรงดันอ้างอิงที่รับเข้ามาไม่ผ่าน Buffer ภายใน ของ MCP4922

Bit13 GA: Output Gain Select bit สำหรับเลือกเกณฑ์ขยายของสัญญาณ Output

1 = 1x จะได้ Vout = Vref * D/4096

0 = 2x จะได้ Vout = 2 * Vref * D/4096 เมื่อ D = ค่าของ Digital Input ฐาน10 (D0-D11)

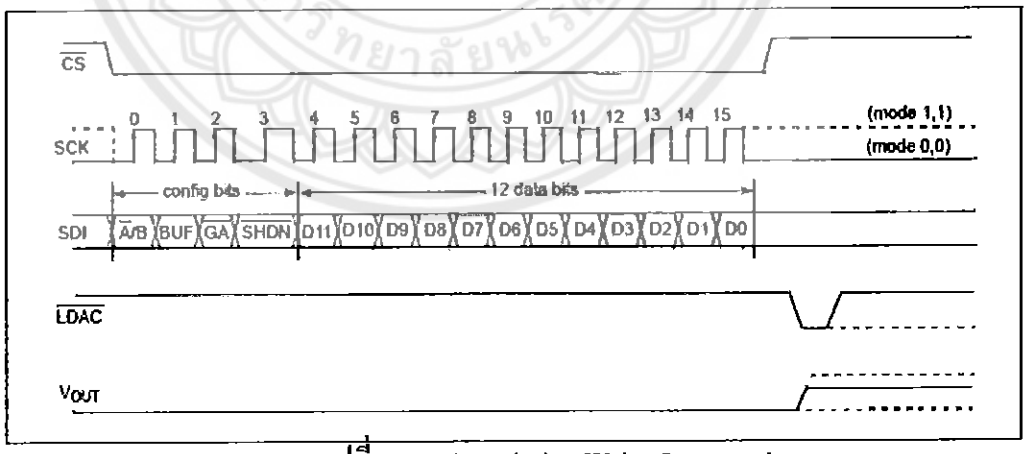
Bit12 SHDN: Output Power down Control bit ใช้ กำหนด Mode Shutdown ให้กับ DAC

1 = Output Power Down Control bit : บัฟเฟอร์ Output ทำงานปกติ DAC ทำงาน

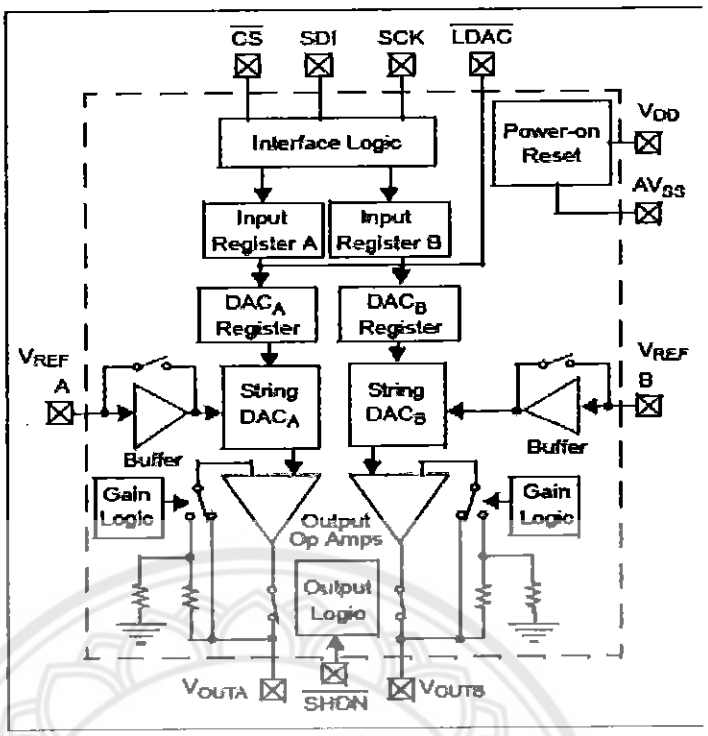
0 = Output buffer disabled ,Output high impedance :บัฟเฟอร์ Output ไม่ทำงาน DAC Standby Mode

Bit 11-0 D11-D0: DAC Data bits ข้อมูล Digital 12 Bit ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 4096

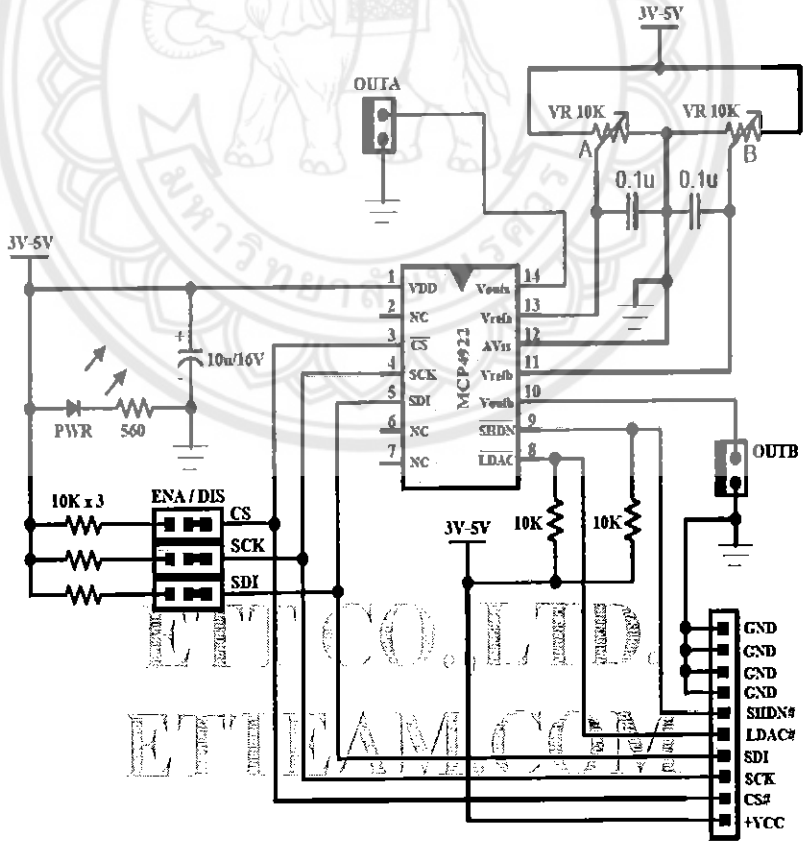
ขั้นตอนในการส่งข้อมูลและ Command สามารถพิจารณาได้จากรูปด้านล่าง คือเริ่มต้นต้องกำหนดให้ขา CS และ LDAC เป็น 1 ค้างไว้ เมื่อจะทำการ Write Command และส่งข้อมูล จะต้องกำหนดให้ขา CS = '0' แล้วตามด้วย Clock 4 bit Configuration และ 12 bit data ตามลำดับ ข้อมูลก็จะถูกส่งออกไปที่ขา SDI โดยเริ่มส่งบิต 15 ออกไปเป็นบิตแรก หลังจากส่งข้อมูลครบ 16 บิต ก็กำหนดให้ขา CS = '1' แล้วจึงส่งสัญญาณ Latch (จาก 0 เป็น 1) ไปที่ขา LDAC สัญญาณ ดิจิตอลที่ถูก Convert เป็นอนาลอก ก็จะถูกส่งออกมาที่ ขา Output ในแชนแนลที่ผู้ใช้กำหนดไว้ ซึ่งระดับแรงดันที่ออกมาก็จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณจากสูตรข้างต้น จากบอร์ด ถ้าขา CS ,SCL และ SDI ไม่ได้ถูก Pull Up จากภายนอกบอร์ดไว้ ผู้ใช้จะต้อง Set Jumper บนบอร์ดมาทางด้าน ENAด้วย เพื่อทำการ Pull Up ให้กับขาสัญญาณทั้ง 3 ขา



รูปที่ 2.ข แสดง Timing Write Command



รูปที่ 3.ข แสดง Block Diagram ของ MCP4922



รูปที่ 4.ข วงจร ET-MINI MCP4922 DAC 12BIT*2CH

ภาคผนวก ค

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น

CP-JR ARM7 USB-LPC2148 EXP

คุณสมบัติของบอร์ด

1. ใช้ MCU ตระกูล ARM 7 TDMI-S เบอร์ LPC2148 ของ Philips ซึ่งเป็น MCU ขนาด 16/32 Bit

2. ใช้ Crystal 12.00 MHz โดย MCU สามารถประมวลผลด้วยความเร็วสูงสุดที่ 60 MHz เมื่อใช้งานร่วมกับ Phase-Locked Loop (PLL) ภายในตัว MCU เอง

3. รองรับการโปรแกรมแบบ In-System Programming (ISP) และ In-Application Programming (IAP) ผ่านทาง On-Chip Boot-Loader Software ทางพอร์ต UART0 (RS232)

4. Power Supplyใช้แรงดันไฟฟ้า +5VDCโดยใช้ขั้วต่อแบบCPA-2PIN จากภายนอก หรือใช้พลังงานจาก USB Port ได้ (ในกรณีใช้กระแสไม่เกิน 500mA)

5. ภายใน MCU มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบ Flash ขนาด 512 KB , Static RAM ขนาด 40KB

6. มีวงจร USB มาตรฐาน 2.0 แบบ Full Speed ภายในตัว (USB Function มี 32 End Point)

7. จำนวน GPIO สูงสุดถึง 47 I/O Pins สามารถเชื่อมต่อกับระบบ I/O ที่เป็นสัญญาณ 5V ได้ ซึ่งขาสัญญาณ GPIO จะมีการใช้งานร่วมกันของ Function อื่นๆอีกดังนี้

- วงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI จำนวน 2 ช่อง และวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ I2C จำนวน 2 ช่อง

- วงจร ADC ขนาด 10 Bit จำนวน 14 ชุด และ วงจร DAC ขนาด 10 Bit จำนวน 1 ชุด

- วงจร UART แบบ Full-Duplex จำนวน2 ช่อง คือ UART-0 มาตรฐาน4Pin ETT เป็นสัญญาณระดับ RS232 Level และ UART-1 เป็นสัญญาณระดับ TTL Level

- Timer 32-bit จำนวน 2 ช่อง (4 Input Capture / 4 Output Compare), 6-Channel PWM

- Output, Watchdog Timer และ Real Time Clock

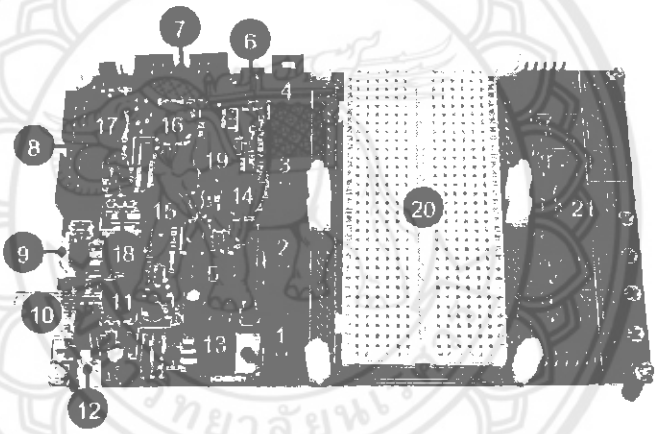
8. มีวงจรเชื่อมต่อกับ Character LCD โดยใช้วงจรการเชื่อมต่อแบบ 4 บิต จาก GPIO1[25..31]พร้อมวงจรปรับความสว่างหน้าจอ

9. มีวงจรเชื่อมต่อกับ JTAG ARM ขนาด 20 Pin มาตรฐาน เพื่อทำการ Debug แบบ Real Time ได้

10. มีวงจรทดลองขั้นพื้นฐานสำหรับสนับสนุนการใช้งานและทดลองเรียนรู้ขั้นพื้นฐานอย่างครบถ้วนจัดเตรียมไว้ภายในบอร์ด (ติดตั้งไว้เฉพาะรุ่น CP-JR ARM7 USB-LPC2148 EXP) ซึ่ง ได้แก่

- LED Output แบบ Sink Current สำหรับแสดงสถานะของ Output จำนวน 4 ชุด
- Push Button Switch แบบ Active Logic "0" สำหรับทดสอบ Input Logic จำนวน 4 ชุด
- Volume ปรับค่าแรงดัน 0-3.3V สำหรับทดสอบการทำงานของ ADC จำนวน 4 ชุด
- ชุดกำเนิดสัญญาณเสียง Mini Speaker สำหรับทดสอบการเสียงแบบต่างๆจำนวน 1 ชุด
- แผงต่อวงจร Project Board รุ่น AD-100 ขนาด 360 จุด สำหรับเป็นพื้นที่ต่อ ทดลองวงจรขนาดเล็กๆ เพื่อใช้งานร่วมกับ CPU ได้อย่างอิสระ
- จุดต่อแหล่งจ่ายไฟ +3.3V และ GND สำหรับเชื่อมต่อไปยังวงจรภายนอก อื่นๆ

11. ทนอุณหภูมิใช้งานระหว่าง -40 to +85?C



รูปที่ 1.ค แสดงลักษณะของบอร์ด CP-JR ARM7 USB-LPC2148 EXP

รายชื่ออุปกรณ์ต่างๆ ในบอร์ด ARM 7

- หมายเลข 1 คือ ขั้วต่อ Port1[16..23] จำนวน 8 บิต
- หมายเลข 2 คือ ขั้วต่อ Port0[2..7] จำนวน 6 บิต
- หมายเลข 3 คือ ขั้วต่อ Port0[8..15] จำนวน 8 บิต
- หมายเลข 4 คือ ขั้วต่อ Port0[16..23] จำนวน 8 บิต
- หมายเลข 5 คือ ขั้วต่อ Port0[25..31] จำนวน 7 บิต
- หมายเลข 6 คือ ตัวต้านทานสำหรับปรับค่าความสว่าง (Contrast) ของหน้าจอ LCD
- หมายเลข 7 คือ ขั้วต่อ Character LCD โดยใช้สัญญาณ Port1[25..31] ในการเชื่อมต่อ
- หมายเลข 8 คือ ขั้วต่อ JTAG โดยใช้สัญญาณ Port1[26..31] และ Reset ของ CPU
- หมายเลข 9 คือ ขั้วต่อ RS232 สำหรับใช้งาน และ Download Hex File ให้ CPU

• หมายเลข 10 คือ ขั้วต่อ USB สำหรับเชื่อมต่อกับ USB Hub รุ่น 2.0

• หมายเลข 11 คือ LED แสดงสถานะ Power จาก USB และ สถานของการเชื่อมต่อกับ USB

• หมายเลข 12 คือ ขั้วต่อ Power ขนาด +5VDC และ GND เพื่อจ่ายให้กับบอร์ด

• หมายเลข 13 คือ LED แสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟ Power ของบอร์ด

• หมายเลข 14 คือ Switch RESET สำหรับสั่ง Reset การทำงานของ CPU

• หมายเลข 15 คือ Switch LOAD ใช้ร่วมกับ Switch RESET เพื่อ Download Hex ให้ CPU

• หมายเลข 16 คือ CPU เบอร์ LPC2148 ของ Philips ซึ่งเป็น CPU ประจำบอร์ด

• หมายเลข 17 คือ Crystal 12.00 MHz สำหรับป้อนให้เป็นสัญญาณนาฬิกาของ LPC2148

• หมายเลข 18 คือ Crystal 32.768 KHz สำหรับ Real Time Clock (RTC) ในตัวของ LPC2148

• หมายเลข 19 คือ จุดเชื่อมต่อ ลังถ่าน Battery ขนาด +3V (อยู่ด้านใต้บอร์ด) สำหรับต่อให้กับ RTC เพื่อเก็บรักษาค่าเวลาของ RTC ในขณะที่ไม่ได้จ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด

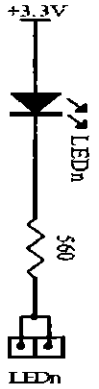
• หมายเลข 20 คือ แผง Project Board รุ่น AD-100 ขนาด 360 จุด สำหรับต่อวงจร (มีติดตั้งไว้เฉพาะในรุ่น CP-JR ARM7 USB-LPC2148 EXP)

• หมายเลข 21 คือ ส่วนของวงจร I/O พื้นฐาน สำหรับใช้ทดสอบการทำงานของ Function ต่างๆของ CPU (มีติดตั้งไว้เฉพาะในรุ่น CP-JR ARM7 USB-LPC2148 EXP) โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

- LED สำหรับแสดงผลการทำงานของ Output แบบ Sink Current มีทั้งหมด 4 ชุด
- Push Button Switch สำหรับกำเนิด Logic เพื่อทดสอบการทำงาน Input มีทั้งหมด 4 ชุด
- Volume สำหรับปรับค่าแรงดัน 0-3.3Vเพื่อใช้ทดสอบการทำงานของ A/Dมีทั้งหมด4 ชุด
- Mini Speaker สำหรับใช้กำเนิดเสียง เช่น Beep จำนวน 1 ชุด
- จุดต่อแหล่งจ่ายไฟ +3.3V และ GND

การใช้งาน LED แสดงผล

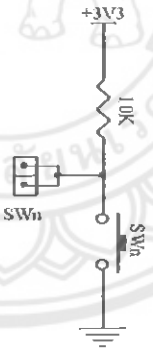
LED แสดงผลของบอร์ด จะต่อวงจรแบบรับกระแส (Sink Current) โดยใช้กับแหล่งจ่าย +3.3 Vทำงานด้วยโลจิก "0" (0V) และหยุดทำงานด้วยโลจิก "1" (+3.3V) โดยมีทั้งหมด 4 ชุด โดยวงจรในส่วนนี้จะใช้สำหรับทดสอบการทำงานของ Port I/O ต่างๆที่ทำงานให้ผลเป็น Output แบบโลจิก



รูปที่ 2.ค แสดงการใช้งาน LED แสดงผล

การใช้งานวงจร Push Button Switch

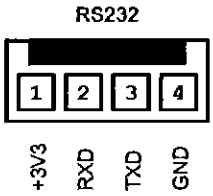
วงจร Push Button Switch จะใช้วงจร Switch แบบกดติด-ปล่อยดับ (Push Button) พร้อมวงจรPull-Up ใช้กับแหล่งจ่าย +3.3V โดยในขณะที่สวิตช์ยังไม่ถูกกดจะให้ค่าสถานะเป็นโลจิก "1" แต่เมื่อสวิตช์ถูกกดอยู่จะให้สถานะเป็นโลจิก "0" โดยวงจรส่วนนี้จะมีอยู่ด้วยกัน 4 ชุด ใช้สำหรับทดสอบการทำงานของI/O ต่างๆที่ต้องควบคุมการทำงานของวงจรด้วย Input แบบโลจิก



รูปที่ 3.ค แสดงการใช้งานวงจร Push Button Switch

ขั้วต่อ RS232

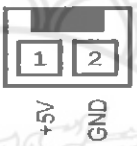
พอร์ต RS232 เป็นสัญญาณ RS232 ซึ่งผ่านวงจรแปลงระดับสัญญาณ MAX232 เรียบร้อยแล้วสามารถใช้เชื่อมต่อกับสัญญาณ RS232 เพื่อรับส่งข้อมูลนอกจากนี้แล้วยังสามารถใช้งานร่วมกับ SwitchLOAD และ Switch RESET เพื่อทำการ Download Hex File ให้กับ CPU ได้ด้วย



รูปที่ 4.ค แสดงขั้วต่อ RS232

ขั้วต่อ Power Input (+5V)

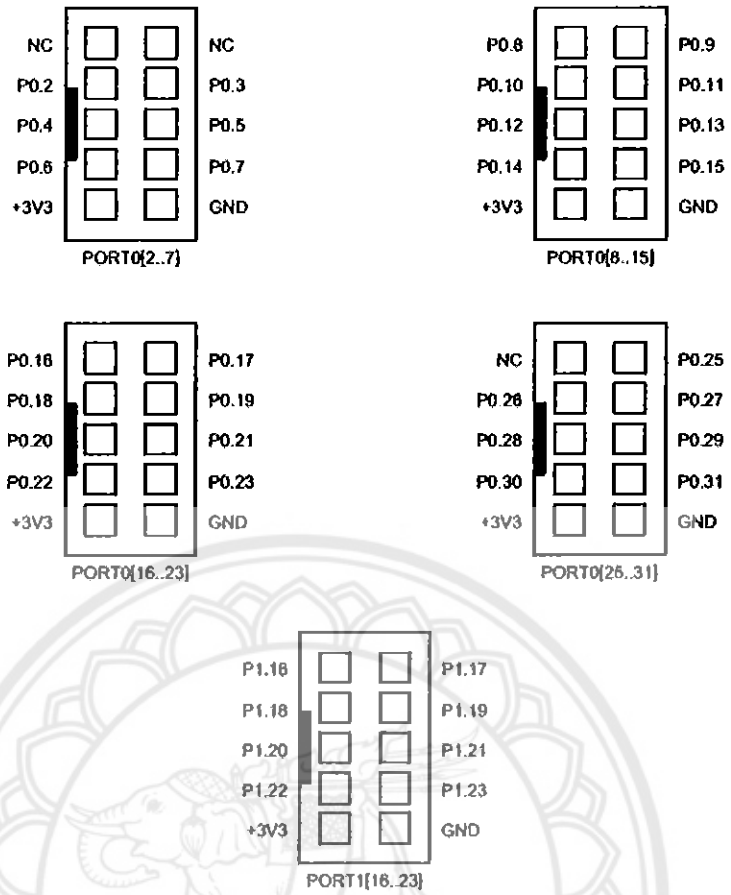
เป็นจุดต่อไฟเลี้ยงบอร์ด +5V และ GND ซึ่งใช้สำหรับเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับบอร์ด โดยต้องป้อนเป็นไฟกระแสตรง DC ขนาด +5V เท่านั้น โดยมีการจัดขั้วดังนี้



รูปที่ 5.ค แสดงขั้วต่อ Power Input (+5V)

ขั้วต่อ Port I/O ต่างๆของบอร์ด

สำหรับขั้วต่อ Port I/O ของ CPU นั้น จะจัดเรียงออกมารอไว้ยังขั้วต่อแบบ IDE 10 Pin จำนวน 5ชุด ชุดละ 8 บิต ดังนี้



รูปที่ 6.ค แสดงขั้วต่อ Port I/O ต่างๆของบอร์ด

การ Download Hex file ให้กับ MCU ของบอร์ด

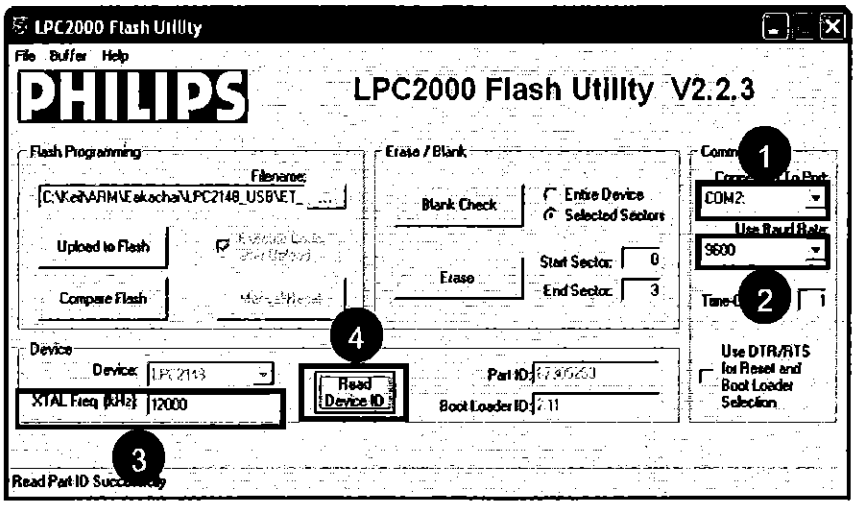
การ Download Hex File ให้กับหน่วยความจำ Flash ของ MCU ในบอร์ดนั้น จะใช้โปรแกรมชื่อLPC2000 Flash Utility ของ Philips ซึ่งจะติดต่อกับ MCU ผ่าน Serial Port ของคอมพิวเตอร์ PC

ขั้นตอนการ Download HEX File ให้กับ MCU

1. ต่อสายสัญญาณ RS232 ระหว่างพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 ของ PC และบอร์ด (RS232)

2. จ่ายไฟเลี้ยงวงจร +5VDC ให้กับบอร์ด ทางขั้วต่อ CPA ขนาด 2 Pin (หรือใช้การผ่าน USB Port ได้ถ้า USB Hub สามารถจ่ายพลังงานได้) ซึ่งจะสังเกตเห็น LED สีแดง (PWR) ติดสว่างให้เห็น

3. สั่ง Run โปรแกรม LPC2000 Flash Utility ของ Philips ซึ่งจะได้ผลดังรูป



รูปที่ 7.ค แสดงการ Run โปรแกรม LPC2000 Flash Utility ของ Philips

4. เริ่มต้นกำหนดค่าตัวเลือกต่างๆ ให้กับโปรแกรมตามต้องการ ซึ่งในกรณีนี้ใช้กับ LPC2148 ของบอร์ด CP-JR ARM7 USB-LPC2148 ของ อีทีที ให้เลือกกำหนดค่าต่างๆให้โปรแกรมดังนี้

1) เลือก COM Port ให้ตรงกับหมายเลข COM Port ที่ใช้งานจริง(ในตัวอย่างใช้COM1)

2) ตั้งค่า Baud Rate อยู่ที่ระหว่าง 4800 - 38400 ซึ่งเป็นค่าที่ทดสอบแล้วใช้ได้โดยไม่เกิดปัญหา หรือใช้ค่าความเร็วมาตรฐานคือ 9600

3) กำหนดค่าคริสตอล ออสซิลเลเตอร์ ให้ตรงกับที่ใช้ในจริงภายในบอร์ด โดยกำหนดให้มีหน่วยเป็น KHz และห้ามใส่ค่าเกิน 5 หลัก ในที่นี้ใช้ค่า 12.000MHz ซึ่งเท่ากับ 12000

4) คลิกเมาส์ที่ปุ่มคำสั่ง Read Device ID เพื่อติดต่อกับ CPU ซึ่งจะมีข้อความขึ้นมาเตือนให้เข้าสู่ Boot Mode ดังแสดงในรูป

รูปที่ 8.ค แสดงการเตือนให้เข้าสู่ Boot Mode

5) ให้กดสวิตช์ RESET และ LOAD ที่บอร์ด CP-JR ARM7 USB-LPC2148 เพื่อทำการ Reset ให้ MCU ทำงานใน Boot Loader ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

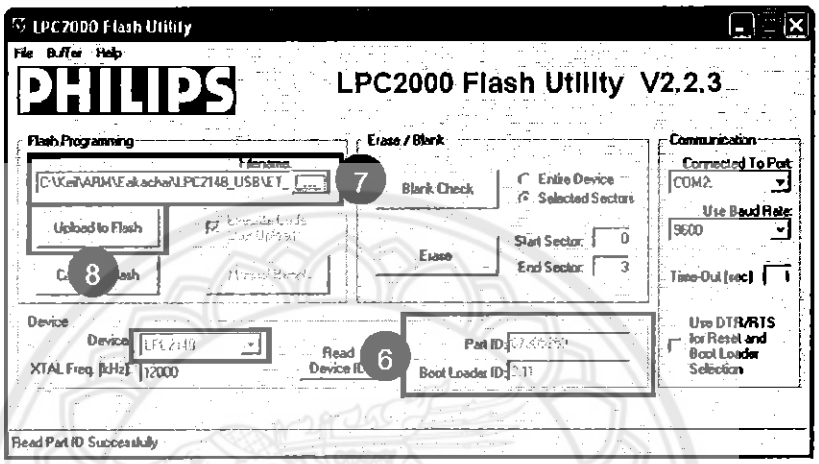
-กดสวิตช์ LOAD ค้างไว้

-กดสวิตช์ RESET โดยที่สวิตช์ LOAD ยังกดค้างอยู่

-ปล่อยสวิตช์ RESET โดยที่สวิตช์ LOAD ยังกดค้างอยู่

-ปล่อยสวิตช์ LOAD เป็นลำดับสุดท้าย เสร็จแล้วจึงคลิกเมาส์ที่ "OK"

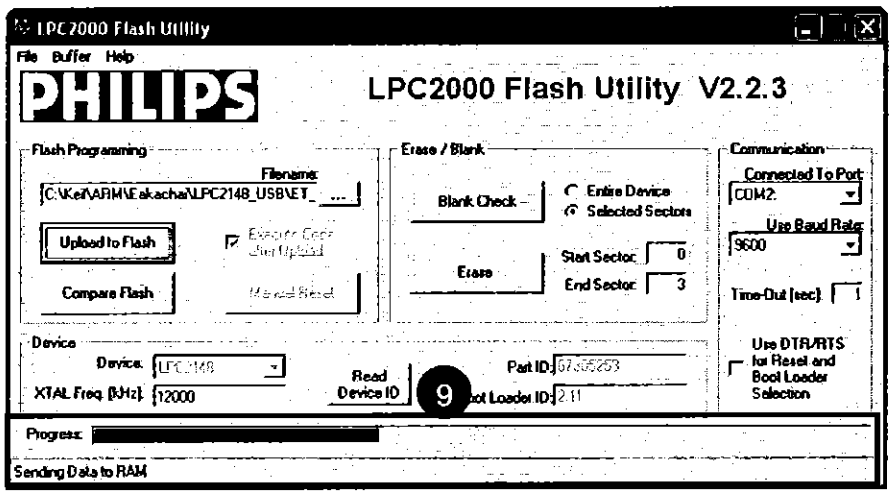
6) เมื่อติดต่อกับ CPU ได้ จะปรากฏรายละเอียด Part ID และ Boot Loader ID ดังรูป



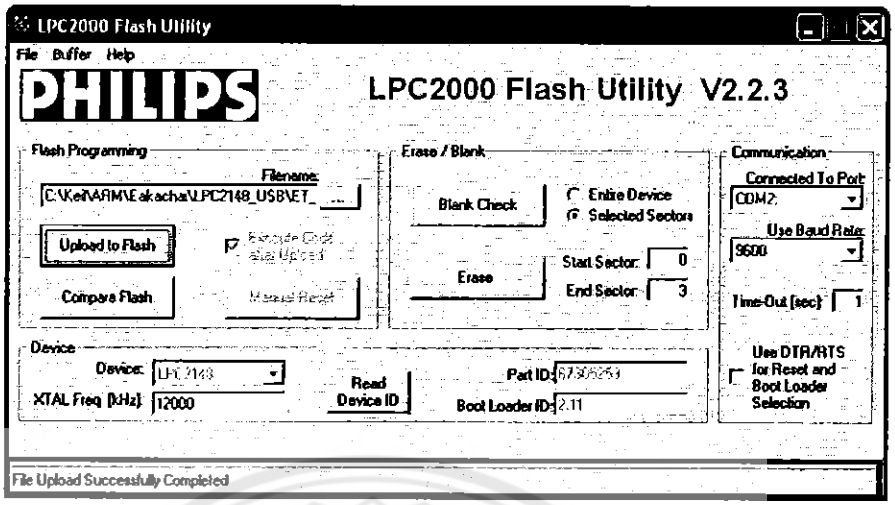
รูปที่ 9.ค แสดงการปรากฏรายละเอียด Part ID และ Boot Loader ID

7) ให้ทำการเลือกกำหนด HEX File ที่จะทำการสั่งโปรแกรม

8) ให้ทำการคลิกเมาส์ที่ "Upload to Flash" ซึ่งโปรแกรม LPC2000 จะเริ่มต้นทำการ Download ข้อมูลให้กับ MCU ทันที โดยสังเกตที่ Status "Uploading to LPC2000 RAM and Copying to Flash Memory" ดังรูป โดยในขั้นตอนนี้ให้รอจนกว่าการทำงานของโปรแกรมจะเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งให้สังเกตที่ Status "File Upload Successfully Completed"



↓



รูปที่ 10.ค แสดงการ Download ข้อมูลให้กับ MCU

9) เมื่อการทำงานของโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้กดสวิตช์ Reset ที่บอร์ด ซึ่ง MCU จะเริ่มต้นทำงานตามโปรแกรมที่สั่ง Download ให้ทันที

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นางสาวดลหทัย กันนัย

ภูมิลำเนา 120/1 ม.1 ต.ผักขวง อ.ทองแสนขัน

จ.อุตรดิตถ์ 53230

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนทองแสนขันวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Dolhathaik@hotmail.com

ชื่อ นายภมรศักดิ์ สมันจิตร

ภูมิลำเนา 14 ม.6 ต.บ้านถิ่น อ.เมือง

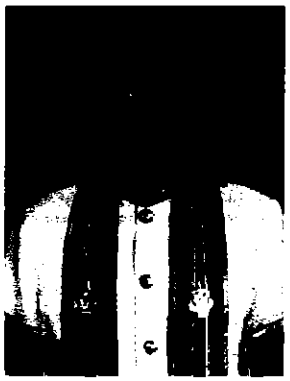
จ.แพร่ 54000

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนระยาลัยจังหวัดแพร่
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Pamornsak_k@hotmail.com



ชื่อ นายบรรพต ใจหนัก

ภูมิลำเนา 148/1 ถ.ประชาราษฎร์ ต.เมือง อ.สวรรคโลก

จ.สุโขทัย 64110

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสวรรค์อนันต์วิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Banphot_j@hotmail.com