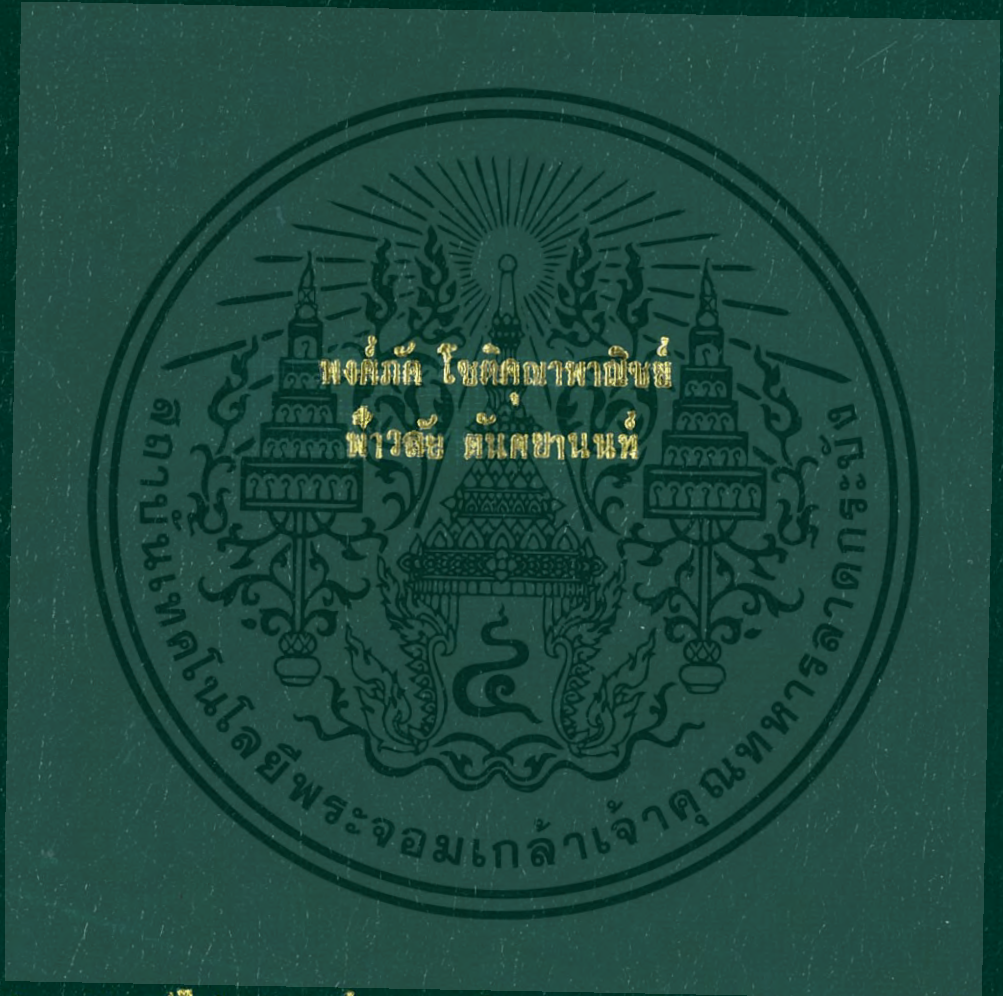
ระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบไร้สายโดยใช้ Aida DSP

WIRELESS EQUALIZER SYSTEM USING Aida DSP



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบไร้สายโดยใช้ Aida DSP

WIRELESS EQUALIZER SYSTEM USING Aida DSP

T146221

โดย

พงศ์ภัค โชติคุณาพาณิชย์

PONGPAK CHOTEKHUNAPANIT

ฟ้าวลัย ตันศยานนท์

FAWALAI TANSAYANON

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานวิทย์ ธุวะนุติ

เลขทะเบียน 146221
วันที่ลงทะเบียน 25 เมษ. 2560

b.12841274
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบไร้สายโดยใช้ Aida DSP

WIRELESS EQUALIZER SYSTEM USING Aida DSP

โดย

พงศ์ภัค โชติคุณาพาณิชย์

ฟ้าวลัย ตันศยานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานวิทย์ ธุวะนุติ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WIRELESS EQUALIZER SYSTEM USING Aida DSP

PONGPAK CHOTEKHUNAPANIT

FAWALAI TANSAYANON

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS OF THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2/2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ประจำปีการศึกษา 2558

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบไร้สายโดยใช้ Aida DSP

WIRELESS EQUALIZER SYSTEM USING Aida DSP

ผู้จัดทำ

1. **นายพงศ์ภัค โชติคุณาพาณิชย์ รหัสนักศึกษา 55070074**
2. **นางสาวฟ้าวลัย ตันศยานนท์ รหัสนักศึกษา 55070087**

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานวิทย์ ธุวะนุติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน	ระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบไร้สายโดยใช้ Aida DSP	
นักศึกษา	นายพงศ์ภัค โชติคุณาพาณิชย์	รหัสนักศึกษา 55070074
	นางสาวฟ้าวลัย ตันศยานนท์	รหัสนักศึกษา 55070087
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2558	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานวิทย์ ธุวะนุติ	

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับระบบเสียงทั้งทางด้านการบันทึก ปรับแต่ง และการแสดง มีการเปลี่ยนแปลงจากระบบแอนะล็อกมาเป็นรูปแบบของระบบดิจิทัลกันมากขึ้นโดยใช้คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์เฉพาะทางที่ออกแบบมาเพื่อการทำงานนี้

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมย่านความถี่เสียง(Equalizer)แบบไร้สาย โดยใช้อุปกรณ์ Arduino และ Aida DSP Shield แผงวงจรประมวลผลดังกล่าวสามารถทำงานแบบเวลาจริง (real-time) จึงเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ระบบดังกล่าวจะช่วยเพิ่มความถูกต้องแม่นยำและความสะดวกสบายในการควบคุมย่านความถี่เสียงที่ใช้ในงานดนตรีหรือการแสดงกลางแจ้งในสภาพแวดล้อมต่างๆให้มีคุณภาพเสียงที่ดียิ่งขึ้น โดยมีการศึกษารูปแบบของสัญญาณ หลักการและ เทคนิคในการปรับแต่งย่านความถี่เสียงทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการและสามารถควบคุมการทำงานแบบไร้สายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Wireless equalizer system using Aida DSP	
Student	Pongpak Chotekhunapanit	Student ID 55070074
	Fawalai Tansayanon	Student ID 55070087
Degree	Bachelor of Science	
Program	Information Technology	
Academic Year	2015	
Advisor	Asst. Prof. Dr. Panwit Tuwanut	

ABSTARCT

Nowadays, Technology for sound system; record, equalizer and display; has changed from analog system to digital system by computer or specialty equipment, that was designed for analog to digital converters system.

The objective of this project is developing the wireless equalizer system using Arduino and Aida DSP Shield; can be real-time process that appropriate for this project. This system will increase precision and comfortable to control frequency range used in the concert or outdoor show to have high quality sound. The project is studying about frequency, principles and equalizer that has the desired results and can wireless control process.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง ระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบไร้สายโดยใช้ Aida DSP ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาที่เคารพ ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.ปานวิทย์ ธุวะนุติ และอาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ให้คำเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด จนปริญญานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ทางผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอแสดงความขอบคุณ คุณธรายุทธ แก้วมา ที่ให้ความกรุณาให้อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อไร้สายร่วมกับ Arduino อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดทำปริญญานิพนธ์

ผู้จัดทำขอเสดงความขอบคุณคณะเทคโลโนยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์สำหรับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

พงศ์ภัค โชติคุณาพาณิชย์

ฟ้าวลัย ตันศยานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

ABSTARCT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป VII

สารบัญตาราง X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 2

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในโครงงาน 2

1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน 3

1.6 ขอบเขตโครงงาน 3

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 4

2.1 สถาปัตยกรรมของบอร์ด Arduino DUE 4

2.3 สถาปัตยกรรมของบอร์ด Arduino Ethernet Shield R3 13

2.4 Equalizer 15

2.5 ภาษาซี (C) 16

2.6 ภาษา HTML 17

2.7 ภาษา CSS 18

บทที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ 19

3.1 ศึกษาระบบเดิม 19

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 ปัญหาที่พบในระบบเดิม 19
3.3 วิเคราะห์ระบบที่ต้องการออกแบบ 19
3.4 ภาพรวมการทำงานของระบบ 20
3.5 Block Diagram 21
3.6 การเชื่อมต่อการทำงานของระบบ 22
3.7 แผนภาพกิจกรรม(Activity Diagram) 23
3.8 Wireframe ของเว็บเพจสำหรับปรับแต่ง Equalizer 28
3.9 การออกแบบระบบปรับย่านความถี่ 28
3.10 การออกแบบการทำงานของวงจรกรองความถี่ด้วยโปรแกรม Sigma Studio 30

บทที่ 4 การทดลอง 31
4.1 ตั้งค่า Access Point 31
4.2 ติดตั้งอุปกรณ์ 32
4.3 ป้อนสัญญาณรูปไซน์ 32
4.4 ตารางแสดงการตอบสนองระดับแรงดันไฟฟ้าปกติที่ความถี่ต่างๆ 33
4.6 เปิดหน้าเว็บเจ 35
4.7 บันทึกค่าแรงดันในย่านความถี่ต่างๆ 35
4.8 นำค่าสร้างกราฟ 35
4.9 ทดลอง 30 ย่านความถี่ 35

บทที่ 5 บทสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 67
5.1 สรุปผลโครงงาน 67
5.2 ปัญหาที่พบในโครงงานและข้อเสนอแนะ 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม 68

ภาคผนวก 69

ภาคผนวก ก คู่มือการติดตั้งโปรแกรม 70

ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานโปรแกรม 80

ประวัติผู้เขียน 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 บอร์ด Arduino Due....4
2.2 โลโก้ Arduino IDE....9
2.3 ตัวอย่างโปรแกรม Blink....9
2.4 บอร์ด Aida DSP....10
2.5 องค์ประกอบของบอร์ด Aida DSP....11
2.6 โลโก้ The Sigma Studio....12
2.7 หน้าตาโปรแกรม The Sigma Studio....12
2.8 บอร์ด Arduino Ethernet Shield....13
2.9 Schematic ของบอร์ด Arduino Ethernet Shield....14
2.10 Graphic Equalizer....16
2.11 อุปกรณ์ Parametric Equalizer....16
2.12 โครงสร้างของคำสั่งภาษาซี....16
3.1 ภาพรวมของระบบ....20
3.2 Block Diagram....21
3.3 แสดงสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อการทำงานระบบ....22
3.4 แผนภาพกิจกรรมแสดงการใช้งานระบบของผู้ใช้งาน....23
3.5 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลกำลังขยาย(Gain)....24
3.6 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลความถี่สูงผ่าน (Hi-pass filter)....25
3.7 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลค่าความถี่ที่ถูกปรับแต่ง (Equalizer)....26
3.8 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลภายใน Web Server....27
3.9 Wireframe....28
3.10 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Q....28
3.11 แสดงช่วงแบนด์วิธของสัญญาณ....28
3.12 แสดงภาพรวมของวงจรทั้งหมด....30
4.1 แสดงการตั้งค่า Access Point....31
4.2 เสียบสายแลนเข้ากับ Access Point และ ตัวบอร์ด....32
4.3 วัดค่าสัญญาณ....32
4.4 แสดงค่าการตอบสนองความถี่ของ Aida DSP....34
4.5 หน้าเว็บเพจ....35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.6 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 25 Hz.....36
4.7 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 31 Hz.....37
4.8 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 31 Hz.....38
4.9 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 50 Hz.....39
4.10 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 63 Hz.....40
4.11 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 80 Hz.....41
4.12 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 100 Hz.....42
4.13 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 125 Hz.....43
4.14 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 160 Hz.....44
4.15 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 200 Hz.....45
4.16 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 250 Hz.....46
4.17 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 315 Hz.....47
4.18 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 400 Hz.....48
4.19 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 500 Hz.....49
4.20 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 630 Hz.....50
4.21 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 800 Hz.....51
4.22 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 1 kHz.....52
4.23 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 1.25 kHz.....53
4.24 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 1.6 kHz.....54
4.25 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 2 kHz.....55
4.26 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 2.5 kHz.....56
4.27 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 3.15 kHz.....57
4.28 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 4 kHz.....58
4.29 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 5 kHz.....59
4.30 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 6.3 kHz.....60
4.31 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 8 kHz.....61
4.32 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 10 kHz.....62
4.33 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 12.5 kHz.....63
4.34 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 16 kHz.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.35 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 20 kHz 65
4.36 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ช่วง 20 Hz – 20 kHz 66
ก.1 หน้าต่างติดตั้งโปรแกรม Arduino 71
ก.2 หน้าต่างเลือกข้อมูลที่ต้องการติดตั้ง 71
ก.3 หน้าต่างเลือกพื้นที่ที่ต้องการติดตั้ง 71
ก.5 หน้าต่างแสดงติดตั้งโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์ 72
ก.6 หน้าต่างโปรแกรม Arduino 73
ก.7 หน้าต่าง Boards Manager 73
ก.8 หน้าต่างเลือกการเชื่อมต่อ 74
ก.9 โฟลเดอร์ WireMod 75
ก.10 โฟลเดอร์ ArduinoUnoMega R3 75
ก.11 ติดตั้งไฟล์ Programs\SigmaStudio3.12 76
ก.12 หน้าต่างติดตั้งโปรแกรม SigmaStudio3.12 76
ก.13 หน้าต่างติดตั้งโปรแกรมเลือก I accept 77
ก.14 หน้าต่างติดตั้งโปรแกรมเลือก Next 77
ก.15 หน้าต่างติดตั้งโปรแกรมเลือก Install 78
ก.16 หน้าต่างเข้าใช้งานโปรแกรม 79
ข.1 หน้าต่างโปรแกรม 81
ข.2 หน้าต่างโปรแกรมแสดงหน้า Hardware Configuration 81
ข.3 หน้าต่างโปรแกรมหน้า Schematic 82
ข.4 หน้าต่างแสดงผลการเชื่อมต่อ และข้อผิดพลาด 82
ข.5 หน้าเมนูในการ Export System Files 83
ข.6 โปรแกรม AidaHeaderFileGenerator 83
ข.7 แสดงหน้า Address 84
ข.8 แสดงหน้าเลือกไฟล์ XML 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์ 4
2.1 (ต่อ) องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์ 5
2.2 ตารางแปลงรูปพินของบอร์ด Arduino Due 5
2.2 (ต่อ) ตารางแปลงรูปพินของบอร์ด Arduino Due 6
2.2 (ต่อ) ตารางแปลงรูปพินของบอร์ด Arduino Due 7
2.2 (ต่อ) ตารางแปลงรูปพินของบอร์ด Arduino Due 8
3.1 แสดงย่านความถี่ 30 ย่าน 29
4.1 แสดงการตอบสนองระดับแรงดันไฟฟ้าปกติที่ความถี่ต่างๆ 33
4.1 (ต่อ) แสดงการตอบสนองระดับแรงดันไฟฟ้าปกติที่ความถี่ต่างๆ 34
4.2 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 25 Hz 36
4.3 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 31 Hz 37
4.4 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 40 Hz 38
4.5 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 50 Hz 39
4.6 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 63 Hz 40
4.7 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 80 Hz 41
4.8 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 100 Hz 42
4.9 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 125 Hz 43
4.10 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 160 Hz 44
4.11 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 200 Hz 45
4.12 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 250 Hz 46
4.13 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 315 Hz 47
4.14 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 400 Hz 48
4.15 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 500 Hz 49
4.16 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 630 Hz 50
4.17 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 800 Hz 51
4.18 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 1 kHz 52
4.19 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 1.25 kHz 53
4.20 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 1.6 kHz 54
4.21 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 2 kHz 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.22 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 2.5 kHz....56
4.23 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 3.15 kHz....57
4.24 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 4 kHz....58
4.25 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 5 kHz....59
4.26 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 6.3 kHz....60
4.27 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 8 kHz....61
4.28 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 10 kHz....62
4.29 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 12.5 kHz....63
4.30 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 16 kHz....64
4.31 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 20 kHz....65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับเสียงทั้งบันทึกเสียงหรือการแสดงสดต่างๆมีการเปลี่ยนแปลงมาใช้งานในรูปแบบของระบบดิจิทัล ซึ่งจะมีการนำ สัญญานเสียงที่ได้มาประมวลผลโดยใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ แทนที่ระบบแอนะล็อก ซึ่งในการทำงานจะต้องผ่านวงจรอิเล็กทรอนิคส์ต่างๆเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ของเสียงตามที่ต้องการ ปัญหาของระบบแอนะล็อกคือสัญญาณที่ได้หลังการปรับแต่งเกิดค่าความเพี้ยน (THD) ของสัญญาณที่สูงกว่าแบบดิจิทัลส่งผลให้สัญญาณเสียงที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการปรับแต่งมีคุณภาพไม่ดี เทคนิคการประมวลผลระบบเสียงในรูปแบบดิจิตอล คือการรับเอาสัญญาณเสียงแอนะล็อกเข้ามา แล้วทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบสัญญาณดิจิทัล (ADC) แล้วนำไปเข้ากระบวนการประมวลผล (Digital Signal Processing) ให้ได้ผลลัพธ์ของเสียงตามที่ต้องการ แล้วนำสัญญาณดิจิทัลนั้นแปลงกลับให้อยู่ใน รูปแบบสัญญาณแอนะล็อก (DAC) แล้วส่งออกไปโดยระบบดังกล่าวสามารถใช้ในการแก้ไขปัญหาที่กล่าวไปข้างต้นได้และให้ผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงมากกว่าแบบแอนะล็อก

จากความสำคัญของสัญญาณเสียงที่กล่าวมาในข้างต้น คณะผู้จัดทำจึงมีความประสงค์ที่จะพัฒนาระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียง (Equalizer with Arduino DSP) ซึ่งเป็นระบบที่ทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงต้นทางมาทำการประมวลผลภายใต้การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DSP - Digital Signal Processing) โดยสามารถจำแนกย่านความถี่เสียงของสัญญาณที่รับเข้ามาแล้วทำการปรับระดับเสียงในย่านความถี่ต่างๆได้แบบเวลาจริง (real-time) แล้วส่งสัญญาณเสียงที่ปรับแต่งออกมาในรูปสัญญาณแอนะล็อก การประมวลผลสัญญาณดังกล่าวจะให้ผลลัพธ์ของสัญญาณที่มีความถูกต้องแม่นยำ ให้คุณภาพดีกว่าการใช้งานผ่านวงจรฟิลเตอร์แอนะล็อก สำหรับการปรับแต่งย่านความถี่เสียงสามารถทำได้ในระบบเว็บแอพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้น ให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงได้ผ่านอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อทางระบบเครือข่ายไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ Arduino ร่วมกับอุปกรณ์ Aida DSP Shield ในการสร้างวงจรกรองความถี่ดิจิทัลเพื่อทำหน้าที่เป็น Graphic Equalizer ปรับแต่งย่านความถี่สัญญาณเสียง

2. เพื่อศึกษารูปแบบของสัญญาณ เทคนิคและแนวคิดที่ใช้ในการปรับแต่งเสียง

3. เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการปรับแต่งย่านความถี่สัญญาณเสียงที่เข้าถึงได้จากอุปกรณ์ต่างๆ

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ข้อด้อยของการใช้งานระบบปรับแต่งเสียงแอนะล็อกคือ สัญญาณที่ได้หลังจากการปรับแต่งมีความแม่นยำที่ต่ำกว่า และความเพี้ยนของสัญญาณที่สูงกว่าทำให้ได้คุณภาพของสัญญาณหลังกระบวนการปรับแต่งที่มีคุณภาพน้อยกว่า

เราจะแก้ไขปัญหาโดยการใช้ Aida DSP Shield ในการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DSP - Digital Signal Processing) โดยรับสัญญาณแอนะล็อกเข้ามาแปลงให้อยู่ในรูปสัญญาดิจิทัลแล้วทำการประมวลผลสัญญาณนั้นๆแล้วแปลงกลับเป็นสัญญาณแอนะล็อกเพื่อส่งออกไปได้แบบเวลาจริง (real-time) สัญญาณแอนะล็อกที่ได้หลังประมวลผลมีความแม่นยำสูง ความเพี้ยนต่ำ โดยควบคุมการทำงานผ่านหน้า GUI ในอุปกรณ์ต่างๆได้

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในโครงงาน

ระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบไร้สาย พัฒนาขึ้นมาโดยมีแนวคิดที่ต้องการประมวลผลปรับแต่งสัญญาณเสียงในงานการแสดงในพื้นที่สภาพแวดล้อมต่างๆกัน เพื่อให้ได้สัญญาณเสียงที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงและได้คุณภาพของสัญญาณที่ดี เพราะความถี่เสียงในการแสดงดนตรีหรือเปิดเพลงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อกระทบกับวัตถุในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน อาจะทำให้ย่านความถี่บางย่านหายไปหรือว่าสูงมากขึ้นได้ จึงต้องมีการปรับแต่งย่านความถี่ดังกล่าวให้มากขึ้นหรือน้อยลงตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมนั้นๆ อีกทั้งยังเพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งานโดยสามารถควบคุมปรับแต่งเสียงผ่านระบบเว็บแอพพลิเคชั่นผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย ซึ่งสามารถใช้อุปกรณ์สื่อสารแบบพกพาเข้าถึงระบบได้

จากแนวคิดดังกล่าว ระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบไร้สาย จึงถูกพัฒนาขึ้นโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเว็บ HTML5, CSS3 และ Bootstrap ในการพัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่น ใช้ Arduinoและ Aida DSP shield เป็นอุปกรณ์หลักในการนำเข้าสัญญาณแอนะล็อกประมวลผลในรูปสัญญาณดิจิทัลและส่งออกสัญญาณแอนะล็อก ควบคุมระบบผ่านระบบเครือข่ายโดยใช้ Ethernet shield เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน

โดยปกติแล้วการปรับแต่งเสียงที่ใช้ในการแสดงดนตรีต่างๆถูกควบคุมโดยการใช้อุปกรณ์แอนะล็อกอีควอไลเซอร์ในการควบคุมย่านความถี่เสียงต่างๆในตัวของแอนะล็อกอีควอไลเซอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์จำนวนมาก ส่งผลให้มีค่าความเพี้ยนของสัญญาณสูงจากการถูกรบกวนและการแบ่งย่านความถี่มีความถูกต้องแม่นยำต่ำ

การนำอุปกรณ์ Arduino และ Aida DSP shield มาประยุกต์ใช้กับระบบเสียงจึงเป็นทางออกที่เหมาะสมในการสร้างระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงหรืออีควอไลเซอร์ ด้วยคุณสมบัติความแม่นยำถูกต้องของระบบการประมวลผลสัญญาณแบบดิจิทัล มีการประมวลผลเสียงรายละเอียดที่สูงกว่ามีค่าความเพี้ยนของสัญญาณที่ต่ำเพราะทนต่อการรบกวน และสามารถควบคุมปรับแต่งผ่านหน้าเว็บแอพพลิเคชั่นได้ทำให้เกิดความสะดวกสบายมาก การปรับแต่งมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพราสามารถปรับจากจุดฟังเสียงได้เลย

1.6 ขอบเขตโครงงาน

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการปรับแต่งสัญญาณโดยใช้สมการทางคณิตศาตร์ , ใช้ภาษาซีในการพัฒนาโปรแกรมบนอุปกรณ์ Arduinoและ Aida DSP Shield , ใช้ภาษา C ในการพัฒนา โปรแกรมเพื่อควบคุมบอร์ดแบบGUI , มีส่วนGUIเพื่อเชื่อมต่อกับผู้ใช้ และมีฟังก์ชันการทำงานคือ

1. Equalizer ขนาด 30 ย่าน
2. ระบบควบคุมปรับแต่งย่านความถี่เสียงในรูปแบบเว็บแอพพลิเคชั่น

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา

ในการพัฒนาโครงงาน มีขั้นตอนดำเนินงานตั้งแต่ขั้นตอนศึกษาจนกระทั้งถึงขั้นตอนการพัฒนาระบบจริง ดังนี้

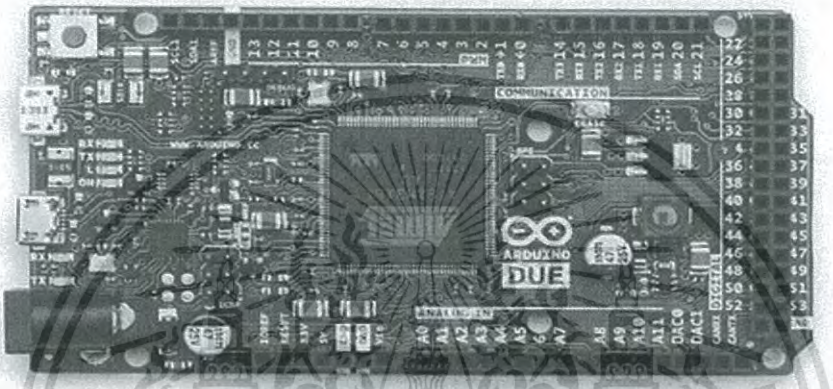
1. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความถี่เสียง รวมถึงวงจรกรองความถี่แบบต่างๆ
2. ศึกษาการทำงานอุปกรณ์ Arduino, AidaDSP Board, Ethernet shield
3. ศึกษาการพัฒนาระบบ Web Server บน Arduino
4. พัฒนาวงจรกรองความถี่ Peaking filter บน Aida DSP Board
5. พัฒนาระบบ Web Server และ Web Application
6. ทดสอบการทำงานและแก้ไขข้อผิดพลาดของระบบ
7. สรุปผลและจัดทำรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สถาปัตยกรรมของบอร์ด Arduino DUE



รูปที่ 2.1 บอร์ด Arduino Due

2.1.1 องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์

Microcontroller	AT91SAM3X8E
Operating Voltage	3.3V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-16V
Digital I/O Pins	54 (of which 12 provide PWM output)
Analog Input Pins	12
Analog Output Pins	2 (DAC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์

Total DC Output Current on all I/O lines	130 mA
DC Current for 3.3V Pin	800 mA
DC Current for 5V Pin	800 mA
Flash Memory	512 KB all available for the user application
SRAM	96 KB (two banks: 64KB and 32KB)
EEPROM	4 KB
Clock Speed	84 MHz
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	36 g

ตารางที่ 2.2 ตารางแปลงรูปพินของบอร์ด Arduino Due

Due Pin Number	SAM3X Pin Name	Mapped Pin Name	Max Output Current (mA)	Max Current Sink (mA)
0	PA8	RX0	3	6
1	PA9	TX0	15	9
2	PB25	Digital Pin 2	3	6
3	PC28	Digital Pin 3	15	9
4	connected to both PA29 and PC26	Digital Pin 4	15	9
5	PC25	Digital Pin 5	15	9
6	PC24	Digital Pin 6	15	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ตารางแปลงรูปพินของบอร์ด Arduino Due

7	PC23	Digital Pin 7	15	9
8	PC22	Digital Pin 8	15	9
9	PC21	Digital Pin 9	15	9
10	connected to both PA28 and PC29	Digital Pin 10	15	9
11	PD7	Digital Pin 11	15	9
12	PD8	Digital Pin 12	15	9
13	PB27	Digital Pin 13 / Amber LED "L"	3	6
14	PD4	TX3	15	9
15	PD5	RX3	15	9
16	PA13	TX2	3	6
17	PA12	RX2	3	6
18	PA11	TX1	3	6
19	PA10	RX1	3	6
20	PB12	SDA	3	6
21	PB13	SCL	3	6
22	PB26	Digital Pin 22	3	6
23	PA14	Digital Pin 23	15	9
24	PA15	Digital Pin 24	15	9
25	PD0	Digital Pin 25	15	9
26	PD1	Digital pin 26	15	9
27	PD2	Digital Pin 27	15	9
28	PD3	Digital Pin 28	15	9
29	PD6	Digital Pin 29	15	9
30	PD9	Digital Pin 30	15	9
31	PA7	Digital Pin 31	15	9
32	PD10	Digital Pin 32	15	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ตารางแปลงรูปพินของบอร์ด Arduino Due

33	PC1	Digital Pin 33	15	9
34	PC2	Digital Pin 34	15	9
35	PC3	Digital Pin 35	15	9
36	PC4	Digital Pin 36	15	9
37	PC5	Digital Pin 37	15	9
38	PC6	Digital Pin 38	15	9
39	PC7	Digital Pin 39	15	9
40	PC8	Digital Pin 40	15	9
41	PC9	Digital Pin 41	15	9
42	PA19	Digital Pin 42	15	9
43	PA20	Digital Pin 43	3	6
44	PC19	Digital Pin 44	15	9
45	PC18	Digital Pin 45	15	9
46	PC17	Digital Pin 46	15	9
47	PC16	Digital Pin 47	15	9
48	PC15	Digital Pin 48	15	9
49	PC14	Digital Pin 49	15	9
50	PC13	Digital Pin 50	15	9
51	PC12	Digital Pin 51	15	9
52	PB21	Digital Pin 52	3	6
53	PB14	Digital Pin 53	15	9
54	PA16	Analog In 0	3	6
55	PA24	Analog In 1	3	6
56	PA23	Analog In 2	3	6
57	PA22	Analog In 3	3	6
58	PA6	Analog In 4	3	6
59	PA4	Analog In 5	3	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ตารางแปลงรูปพินของบอร์ด Arduino Due

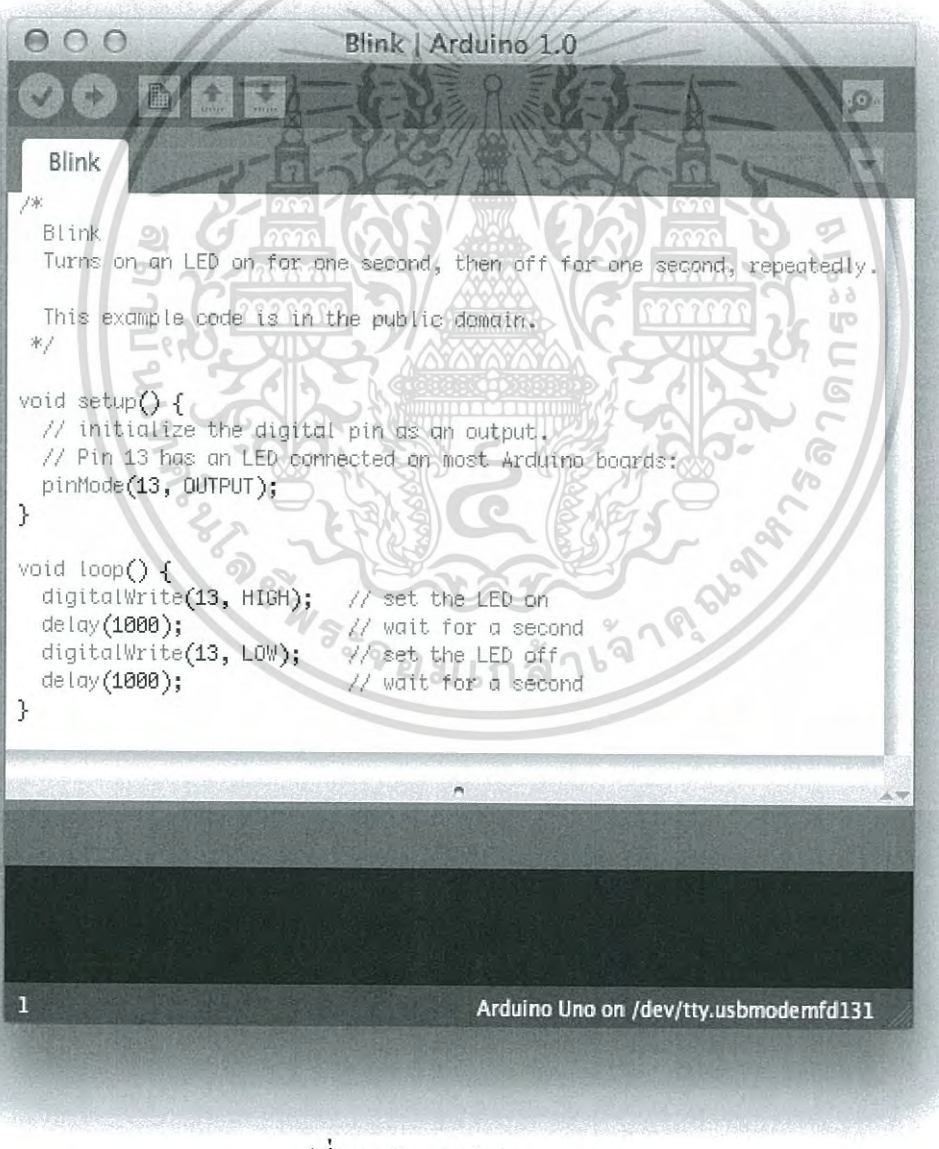
60	PA3	Analog In 6	3	6
61	PA2	Analog In 7	3	6
62	PB17	Analog In 8	3	6
63	PB18	Analog In 9	3	6
64	PB19	Analog In 10	3	6
65	PB20	Analog In 11	3	6
66	PB15	DAC0	3	6
67	PB16	DAC1	3	6
68	PA1	CANRX	3	6
69	PA0	CANTX	15	9
70	PA17	SDA1	3	6
71	PA18	SCL2	15	9
72	PC30	LED "RX"	15	9
73	PA21	LED "TX"	3	6
74	PA25	(MISO)	15	9
75	PA26	(MOSI)	15	9
76	PA27	(SCLK)	15	9
77	PA28	(NPCS0)	15	9
78	PB23	(unconnected)	15	9
USB	PB11	ID	15	9
USB	PB10	VBOF	15	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 องค์ประกอบด้านซอฟแวร์

- Arduino Software (IDE) เป็นซอฟแวร์โอเพนซอร์ซที่ช่วยให้เขียนโค้ดและอัพโหลดขึ้นบอร์ดได้ง่ายขึ้น ใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Windows, Mac OS X และ Linux

รูปที่ 2.2 โลโก้ Arduino IDE

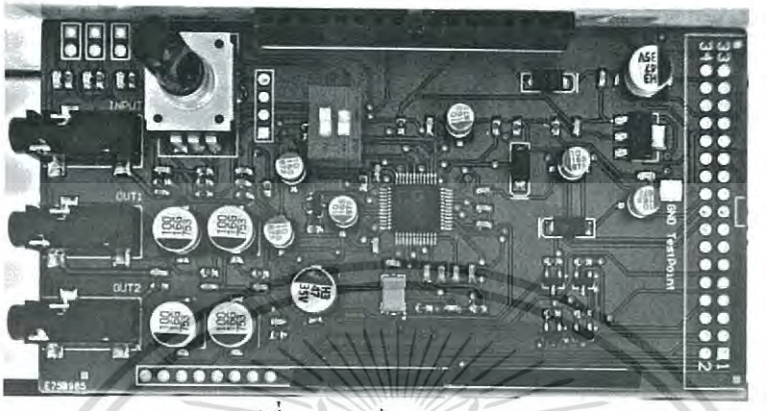


รูปที่ 2.3 ตัวอย่างโปรแกรม Blink

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สถาปัตยกรรมของบอร์ด Aida DSP

AIDA เป็นโอเพนซอร์ซ AUDIO DSP Shield ใหม่ที่ใช้งานสำหรับ Arduino และ TIvaC สร้างขึ้นเพื่อประมวลผลเสียงที่มีคุณภาพสูง



รูปที่ 2.4 บอร์ด Aida DSP

2.2.1 องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์

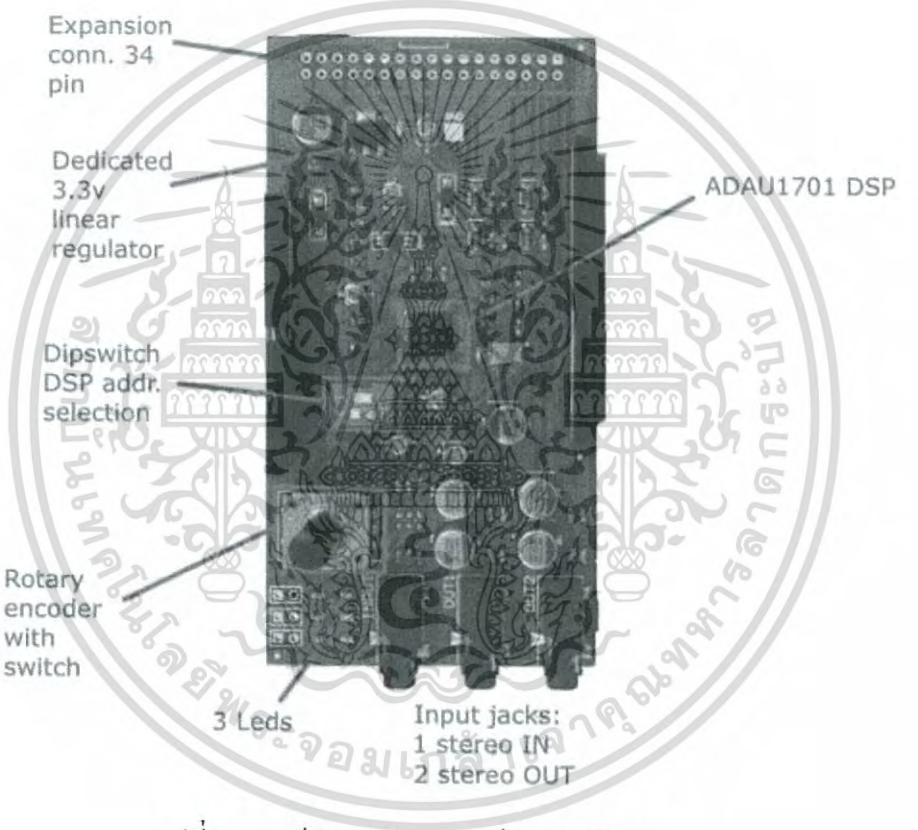
ตารางที่2.3 องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์

Sample rate	48kHz - 96kHz - 192kHz
Bit depth	24 bit
Analog audio connection	1 stereo mini jack input 2 stereo mini jack output
Input Impedance	20kΩ
Output range (RMS)	0.9Vrms (2.5Vpp,1.30dBu)
Output impedance	High
Dynamic range	100 dB ADC,104 dB DAC A-weighted
Digital connections	USB-CDC (Com Port),I2C,I2S,TDM+...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.3(ต่อ) องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์

General purpose input/output	Expansion connector with N digital IO and M analog INPUT; please refer to the pinout table for Arduino 2 or stellaris TivaC boards
Dimension	105mm x 54mm x 35mm
Power Supply	5 Vdc @200mA micro usb powered



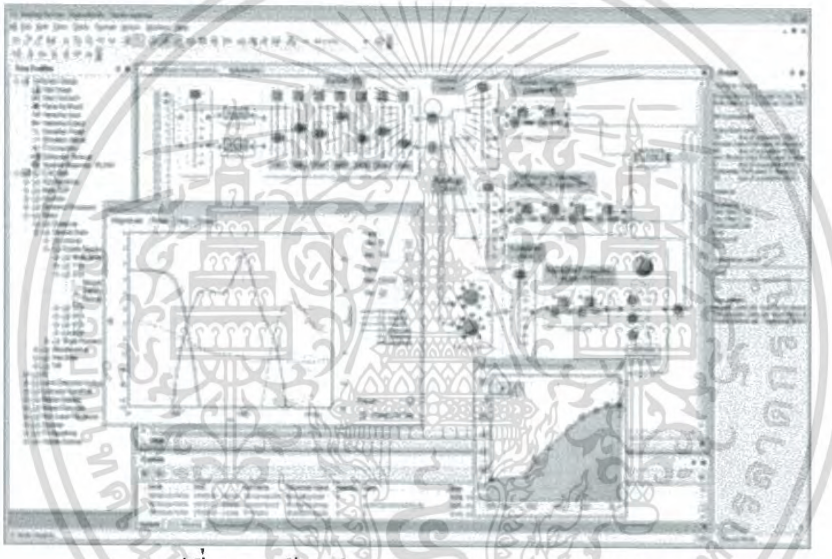
รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของบอร์ด Aida DSP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 องค์ประกอบด้านซอฟท์แวร์

- The Sigma Studio เป็นเครื่องมือในการพัฒนากราฟิก Sigma Studio เป็นซอฟแวร์โปรแกรม,พัฒนาและปรับแต่ง สำหรับการประมวลผลเสียงของ Sigma DSP

รูปที่ 2.6 โลโก้ The Sigma Studio



รูปที่ 2.7 หน้าตาโปรแกรม The Sigma Studio

<u>คุณสมบัติ</u>

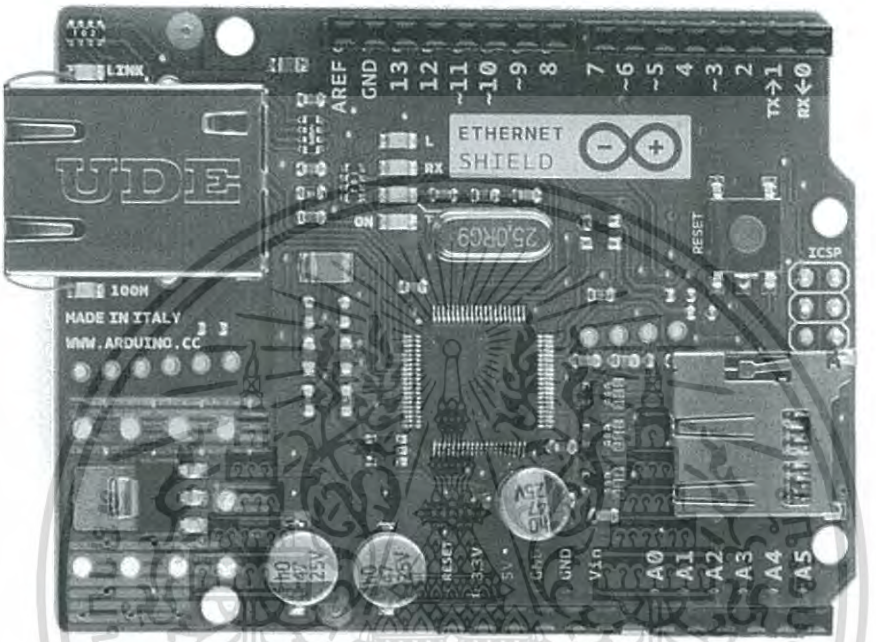
- .NET ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมสำหรับการพัฒนาแบบเบ็ดเสร็จ (integrated development environment : IDE)
- สนับสนุนการประมวลผล SigmaDSP ทั้งหมด
- สนับสนุนการประมวลผล ADSP-214xx SHARC เมื่อส่วนขยาย SigmaStudio for SHARC ถูกติดตั้ง
- ช่วยให้ผู้ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการเข้ารหัส DSP น้อยหรือไม่มีสามารถเพิ่ม คุณภาพในการออกแบบการประมวลสัญญาณดิจิทัลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• ให้บริการอัลกอริทึมในการประมวลผลสัญญาณได้หลากหลายครบวงจรบนส่วนประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (Graphical User Interface : GUI) ที่ใช้งานง่าย ช่วยในการสร้าง AUDIO SIGNAL FLOWS ที่ซับซ้อน

• ช่วยลดค่าใช้จ่ายและลดเวลาในการพัฒนาโดยที่ไม่ลดคุณภาพหรือประสิทธิภาพ

2.3 สถาปัตยกรรมของบอร์ด Arduino Ethernet Shield R3



รูปที่ 2.8 บอร์ด Arduino Ethernet Shield

Arduino Ethernet Shield ทำให้บอร์ด Arduino สามารถเชื่อมต่อเข้ากับอินเตอร์เน็ตได้ บอร์ด Arduino Ethernet Shield ขึ้นอยู่กับชิป Ethernet Wiznet W5100 ชิป Wiznet W5100 ให้บริการเครือข่ายสแต็คที่สามารถใช้ได้ทั้ง TUP และ UDP รองรับการเชื่อมต่อได้พร้อมกัน 4 socket มีช่องเสียบการ์ด SD ใช้ในการจัดเก็บไฟล์สำหรับการให้บริการผ่านเครือข่าย ติดต่อสื่อสารทั้ง W5100 และการ์ด Micro SD โดยใช้บัส SPI ผ่านทางเฮดเดอร์ ICSP ดิจิทัลพิน 10 จะถูกใช้งานสำหรับ W5100 และ ดิจิทัลพิน 4 จะถูกใช้งานสำหรับการ์ด SD (พินเหล่านี้จะไม่สามารถนำมาใช้งานสำหรับ I/O ทั่วไปได้)

<u>ความหมายของแต่ละ LED</u> :

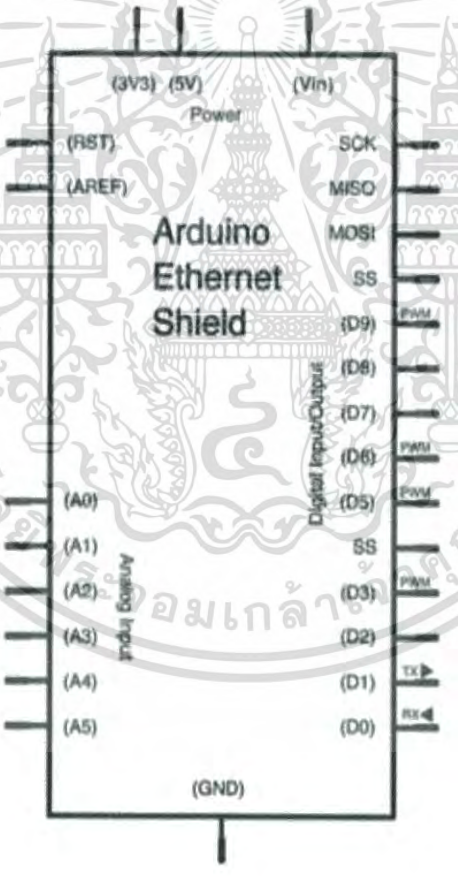
- PWR : แสดงสถานะพร้อมใช้งาน
- LINK : แสดงสถานะเชื่อมต่อเครือข่ายและจะกระพริบเมื่อมีการรับ-ส่งข้อมูล
- 100M : แสดงสถานะว่ามีการเชื่อมต่อเครือข่าย 100Mb ต่อวินาที
- RX : กระพริบเมื่อบอร์ดได้รับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- TX : กระพริบเมื่อบอร์ดส่งข้อมูล

2.3.1 องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์

- IEEE802.3af compliant
- Low output ripple and noise (100mVpp)
- Input voltage range 36V to 57V
- Overload and short-circuit protection
- 9V Output
- High efficiency DC/DC converter: typ 75% @ 50% load
- 1500V isolation (input to output)
- provide a standard RJ45 Ethernet jack



รูปที่ 2.9 Schematic ของบอร์ด Arduino Ethernet Shield

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Equalizer

คือการปรับระดับเสียงในย่านความถี่ต่างๆ มีหน้าที่ไว้เอาไว้ปรับแต่งเสียงโดยตรง โดยสามารถปรับเพิ่มระดับเสียงหรือตัดความถี่เสียงที่ต้องการได้ ในทางการใช้งานนอกจากช่วยปรุงแต่งเสียง ยังใช้สำหรับแก้ปัญหาเรื่องเสียงที่มีความถี่ซ้อนกันได้ เช่น การเล่นเครื่องดนตรีสองชิ้นที่มีย่านความถี่เสียงใกล้เคียงกันเมื่อเล่นพร้อมกันอาจจะเกิดการกลืนกันแยกแยะไม่ออก สามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้ Equalizer ช่วยในการลดระดับเสียงหรือตัดในย่านความถี่ที่เกิดการซ้อนทับกัน

2.4.1 การแบ่งย่านความถี่ของ Equalizer

1) Deep Low ย่านความถี่ 20-60 Hz เป็นความถี่ที่เกิดจากการสั่นสะเทือน

2) Low ความถี่ย่าน 60-250 Hz เป็นย่านความถี่ต่ำของเครื่องดนตรีที่ให้จังหวะ เช่น Guitar Bass, Kick-Drum

3) Mid-Low ย่านความถี่ 250-2000 Hz เป็นย่านความถี่ของ harmonics เครื่องดนตรี

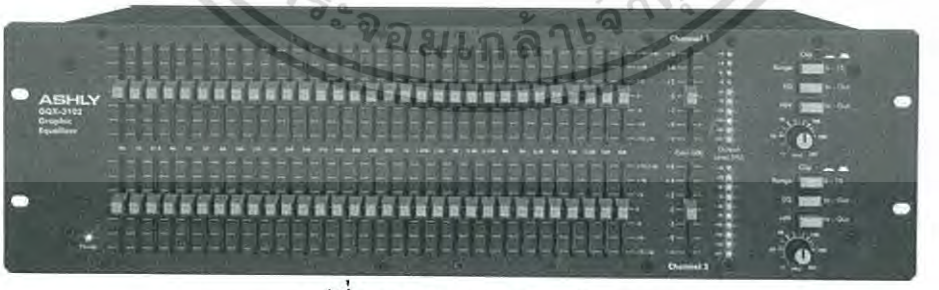
4) Mid-High ย่านความถี่ 2-4 kHz เป็นย่านความถี่ของเสียงพูด เสียงร้อง เป็นตัวกำหนดความชัดเจนได้

5) Presence ย่านความถี่ 4-6 kHz เป็นย่านความถี่ที่ควบคุมระยะของเสียง

6) High ย่านความถี่ 6-20 kHz เป็นความถี่ที่มีความสัมพันธ์กับความชัดเจนและเครื่องเคาะทองเหลืองต่างๆ

2.4.2 ชนิดของ Equalizer

1) Graphic Equalizer การปรับจะแบ่งเป็นความถี่นั้นๆ ไม่มีความเกี่ยวข้องกับความถี่ข้างเคียง ส่วนใหญ่ 31 ความถี่



รูปที่ 2.10 Graphic Equalizer

2) Parametric Equalizer การปรับใกล้เคียงกับ Graphic Equalizer แต่ความถี่ข้างเคียงกับความถี่ที่ต้องการปรับจะปรับแต่งจะมีการเพิ่มหรือลดระดับสัญญาณลงตามไปด้วย โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับจะแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

- Frequency คือความถี่ที่ต้องการปรับแต่ง
- Gain คือระดับความดังของความถี่นั้นๆ
- Q หรือ Bandwidth (BW) คือความกว้างของย่านความถี่เสียง

รูปที่ **2.11** อุปกรณ์ Parametric Equalizer

2.4.3 ชนิดของ Equalizer Filter

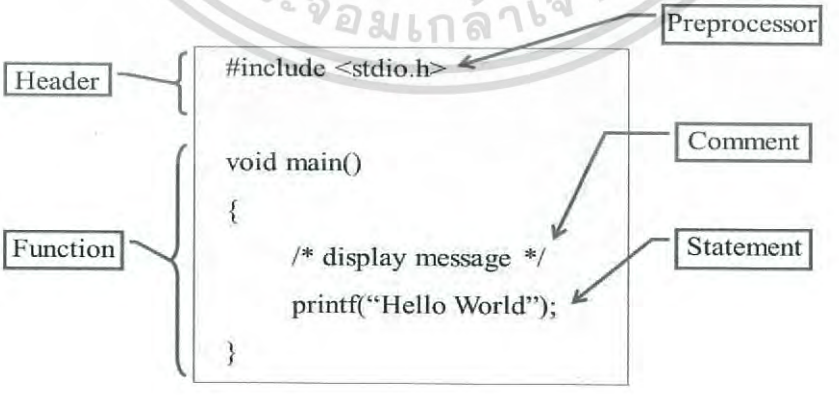
1) High Pass Filter (HPF) ทำหน้าที่ปล่อยให้ความถี่สูงผ่านและกรองความถี่ต่ำโดยจุดที่ต้องการกรองจะลดระดับสัญญาณลง

2) Low Pass Filter (LPF) ทำหน้าที่ปล่อยให้ความถี่ต่ำผ่านและกรองความถี่สูงโดยจุดที่ต้องการกรองจะลดระดับสัญญาณลง

3) Band Pass Filter (BPF) ทำหน้าที่ปล่อยสัญญาณความถี่ตามย่านที่กำหนดเท่านั้น

2.5 ภาษาซี (C)

เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนเพื่อให้บอร์ดประมวลผลตามคำสั่งที่ต้องการได้ โดยมีโครงสร้างคำสั่งดังนี้



รูปที่ **2.12** โครงสร้างของคำสั่งภาษาซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ส่วนที่ 1 ส่วนหัว (Header) เป็นส่วนที่แสดงคำสั่งในการกำหนดค่าหรือกำหนดตัวแปรต่างๆ คำสั่งที่ขึ้นต้นด้วย # เรียกว่าคำสั่ง ตัวประมวลผลก่อน(Preprocessor) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

- #include เป็นฟังก์ชันมาตรฐาน เช่น การรับ-แสดงผลข้อมูล การคำนวณ และอื่นๆ
- #define ใช้กับการกำหนดค่าคงที่

2.5.2 ส่วนที่ 2 ฟังก์ชั่น (Function) เป็นส่วนของคำสั่งต่างๆที่สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน มีฟังก์ชันหลัก main() และฟังก์ชันย่อยหลายๆฟังก์ชัน การทำงานจะเริ่มจากฟังก์ชั่นหลักเสมอ

2.6 ภาษา HTML

HTML ย่อมาจาก Hypertext Markup Language เป็นภาษาที่มีโครงสร้างการเขียนโดยใช้ตัวกำกับ(Tag)ควบคุมการแสดงผล โดยจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนหัว(Head) และส่วนเนื้อหา (Body) มีรูปแบบการจัดวางดังนี้

```
<html>
        <head>
                <title>...</title>
        </head>
        <body>
        </body>
</html>
```

2.6.1 คำสั่งเริ่มต้น

<html> … </html>

เป็นคำสั่งเริ่มต้นในการเขียนโปรแกรม เป็นจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดของคำสั่ง

2.6.2 คำสั่งหมายเหตุ

<!-- … -->

ข้อความที่อยู่ในคำสั่งจะปรากฏอยู่ในโปรแกรมแต่จะไม่ถูกแสดงบนจอภาพ

2.6.3 ส่วนหัว

<head> … </head>

ใช้กำหนดข้อความในส่วนที่เป็นหัวเรื่อง

2.6.4 ไตเติลบาร์

<title> … </title>

ส่วนแสดงชื่อเว็บเพจ จะแสดงผลอยู่ที่ไตเติลบาร์ขณะที่ไฟล์ HTML ทำงานอยู่

2.6.5 ส่วนของเนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

146221

<body> ... </body>
เป็นคำสั่งส่วนที่จะแสดงผลบนตัวเว็บเพจ

2.6.6 ตัวอย่างคำสั่งต่างๆ

คำสั่งสีพื้นหลัง : <BODY BGCOLOR="รหัสสี">

คำสั่งสีตัวอักษร : <BODY TEXT="รหัสสี">

คำสั่งขนาดหัวเรื่อง : <Hx>ข้อความ</Hx>

(x คือตัวเลข 1 ถึง 6 ,1 คือขนาดใหญ่สุด 6 คือขนาดเล็กสุด)

คำสั่งขนาดตัวอักษร : <FONT SIZE=x>ข้อความ</FONT>

คำสั่งตัวหนา : <B>ข้อความ</B>

คำสั่งตัวเอน : <I>ข้อความ</I>

คำสั่งตัวขีดเส้นใต้ : <U>ข้อความ</U>

คำสั่งขึ้นบรรทัดใหม่ :

คำสั่งย่อหน้าใหม่ : <P ALIGN=align type>ข้อความ</P>

คำสั่งแสดงภาพฉากหลัง : <BODY BACKGROUND="hot.gif">

คำสั่งการเชื่อมโยงภายในเว็บเพจ : <A HREF="ที่อยู่ไฟล์">ข้อความ</A>

2.7 ภาษา CSS

เป็นภาษาที่ทำงานร่วมกับ HTML ทำหน้าที่ช่วยลดการใช้คำสั่งในการตกแต่งเว็บเพจ ทำให้เวลาในดาวน์โหลดไฟล์ HTML ลดลงเพราะขนาดไฟล์ลดลง สามารถกำหนดรูปแบบการแสดงผลจากคำสั่ง style sheet ชุดเดียวกันให้มีผลต่อเอกสารทั้งหน้าหรือทุกหน้าได้ ทำให้เวลาแก้ไขคำสั่งทำได้ง่ายเพราะแก้ไฟล์ที่เดียว

โครงสร้างคำสั่ง CSS ประกอบด้วย selector, property และ value มีรูปแบบดังนี้

```
Selector{ property:value }
Selector{ property1:value1; property2:value2 }
```

selector คือ HTML Tag ต่างๆ เช่น <body>, <p> หรือ Class name

property คือ คุณสมบัติในการจัดรูปแบบการแสดงผล เช่น color, font-size

value คือ ค่าที่กำหนดให้กับ property ต่างๆ เช่น color:white, font-size:14px

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.1 ศึกษาระบบเดิม

ในส่วนของโครงสร้างระบบเดิมนั้นเครื่องอีควอไลเซอร์จะเป็นอุปกรณ์ที่สร้างจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากที่ถูกนำมาสร้างเป็นวงจรกรองย่านความถี่ต่างๆเพื่อใช้ในการปรับแต่งย่านความถี่ของเสียงจากต้นทางให้มีความสมดุลกันทุกย่านหรือตามความชอบในสภาพแวดล้อมที่ใช้งาน โดยจะต้องทำการปรับแต่งหน้าเครื่องอีควอไลเซอร์นั้น

3.2 ปัญหาที่พบในระบบเดิม

ปัญหาที่เกิดขึ้นคือสัญญาณเสียงที่ได้จะถูกลดทอนคุณภาพลงซึ่งเกิดจากการเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์คุณภาพต่ำในการประกอบวงจรกรองย่านความถี่ และการออกแบบวงจรกรองความถี่ซึ่งกรองความถี่ได้ไม่ละเอียดทำให้มีความแม่นยำต่ำ การปรับแต่งย่านความถี่ปรับโดยการปรับค่าความต้านทานของรีซิสเตอร์ปรับค่าได้ซึ่งผู้ปรับต้องปรับที่หน้าเครื่องอีควอไลเซอร์นั้นแต่ต้องฟังเสียงโดยรวมจากบริเวณจุดที่ฟัง

3.3 วิเคราะห์ระบบที่ต้องการออกแบบ

3.3.1. จุดประสงค์ของโครงงาน

ระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบดิจิทัลจะช่วยแก้ปัญหาต่างๆที่มีในระบบแบบแอนะล็อกได้ดังนี้

1. ทนต่อสัญญาณรบกวนต่างๆได้มากกว่าแบบแอนะล็อก
2. สัญญาณถูกประมวลผลในความละเอียดที่สูงขึ้นทำให้สัญญาณเสียงมีคุณภาพสูงขึ้น
3. ระบบมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น
4. เพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งาน

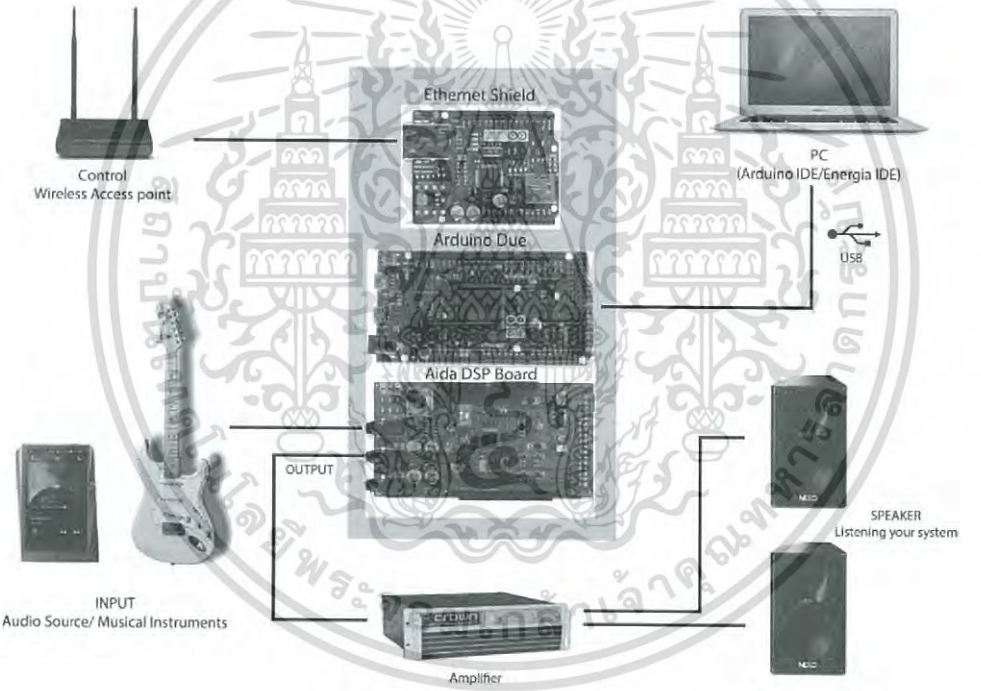
3.3.2 ทำไมถึงออกแบบระบบเช่นนี้

เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Due เพราะมีคุณสมบัติสูงกว่า Arduino รุ่นอื่นๆในการประมวลผลคำสั่ง ใช้ Arduino Ethernet Shield รุ่น R3 เชื่อมต่อกับ Access Point ทำหน้าที่เป็นตัวกระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายให้อุปกรณ์เชื่อมต่อเพื่อเข้ามาควบคุมการใช้งานได้ในระยะไกล แทนการใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ที่สามารถกระจายสัญญาณไร้สายได้ในตัวเอง เพราะการให้ Access Point ทำให้ได้ระยะในการกระจายสัญญาณไร้สายที่ไกลกว่า ซึ่งตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อลักษณะการใช้งานของโครงงานนี้มากที่สุด คือการปรับแต่งย่านความถี่เสียงกลางแจ้งบริเวณกว้าง ในส่วนของบอร์ดประมวลผลสัญญาณเสียงเลือกใช้บอร์ด Aida DSP Shield เพราะตัวบอร์ดใช้ชิพประมวลผลสัญญาณเสียงประสิทธิภาพสูงของบริษัท Analog Devices เบอร์ ADAU1701 ชุดประมวลผล 28-/56-Bit สามารถประมวลผลคำสั่งได้ที่ 50 MIPS (50ล้านคำสั่งต่อวินาที) มีชุดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล 2 ชุด และชุดแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อก 4 ชุดที่ Bit depth 24 bit/Sample rates up to 192 Khz การออกแบบการทำงานของชิพประมวลผลจะต้องออกแบบผ่านโปรแกรม Sigma Studio ซึ่งมีฟังก์ชันให้เลือกใช้งานได้มากมาย ทำให้สามารถนำไปใช้ต่อยอดได้ในอนาคต

3.4 ภาพรวมการทำงานของระบบ

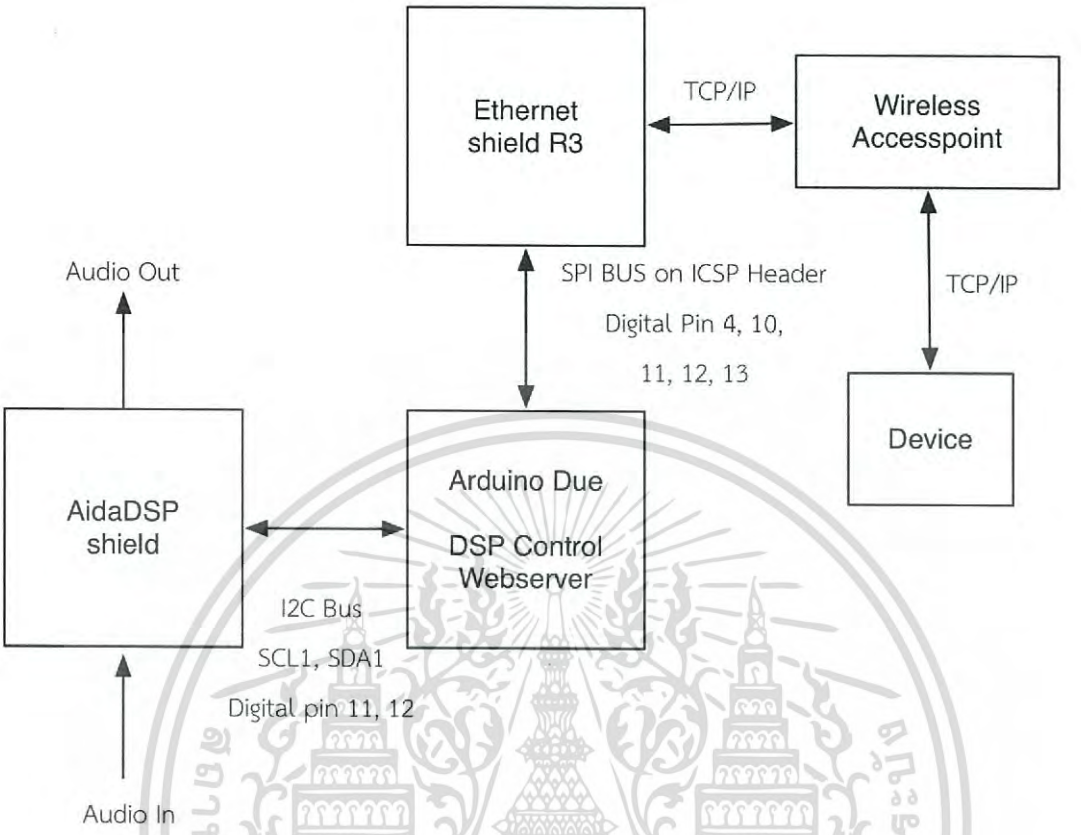


รูปที่ 3.1 ภาพรวมของระบบ

Arduino Due จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลการปรับความถี่ให้กับ AidaDSP Board ในการประมวลผลสัญญาณ Audio Input ที่รับเข้ามา แล้วส่งออกไปยัง Audio Output และทำหน้าที่ Web Server โดยการใช้ไฟล์เว็บเพจจาก SD Card ใน Ethernet Shield การควบคุมแบบไร้สายทำได้โดยการนำ Ethernet shield เชื่อมต่อกับ Wireless Access point เพื่อให้อุปกรณ์ไร้สายเชื่อมต่อเข้ามาใช้ Web Application เพื่อทำการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

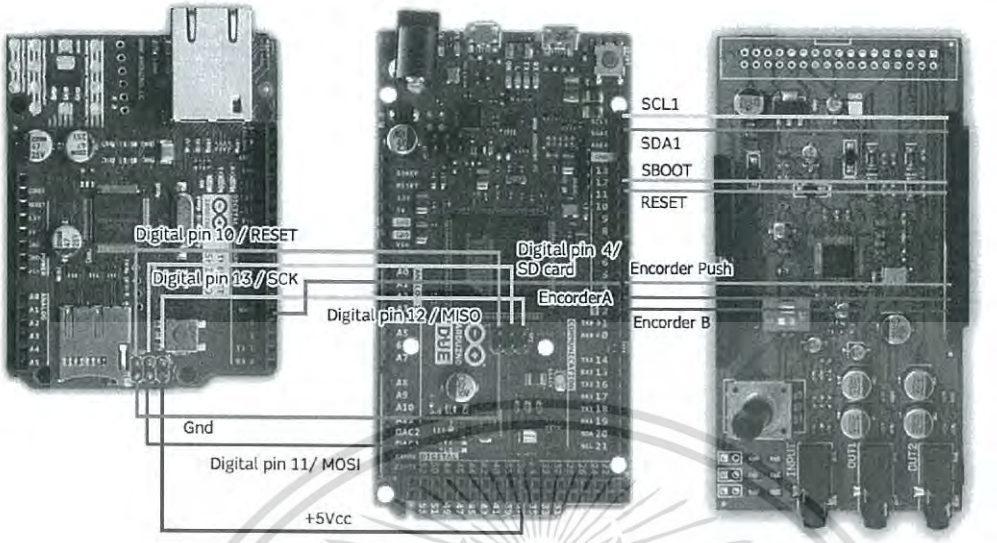
3.5 Block Diagram



รูปที่ 3.2 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การเชื่อมต่อการทำงานของระบบ



รูปที่ 3.3 แสดงสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อการทำงานระบบ

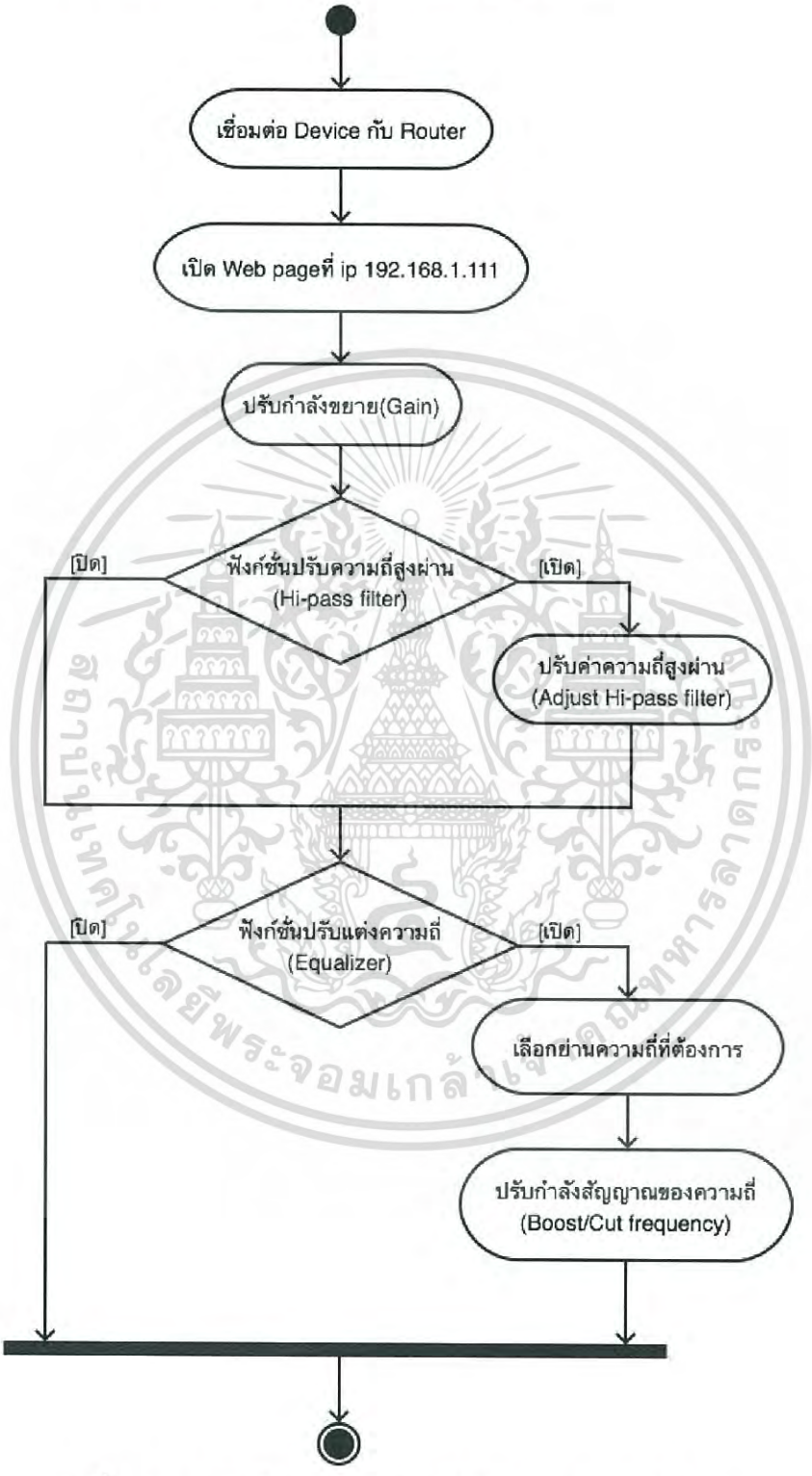
1. Arduino Due มีการติดต่อกับทั้ง W5100 และ SD card ใน Ethernet shield โดยใช้ SPI Bus ผ่านพอร์ต ICSP การทำงานใช้ Digital pin 4 ใช้สำหรับ SD card, pin 10 ใช้คุมการทำงานของชิพ W5100 หรือสัญญาณ SS, pin 11 สำหรับสัญญาณ MOSI, pin 12 สำหรับสัญญาณ MISO และ pin 13 สำหรับสัญญาณ SCK

2. Arduino Due มีการติดต่อกับ Aida DSP Board ผ่านโปรโตคอล I2C โดยใช้ pins SCL1, SDA1 และ Digital pin 2สำหรับ Encoder B, pin 3 สำหรับ Encoder A, pin 4 สำหรับ Encoder Push, pin 11 สำหรับ RESET, pin 12 สำหรับคำสั่ง SBOOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 แผนภาพกิจกรรม(Activity Diagram)

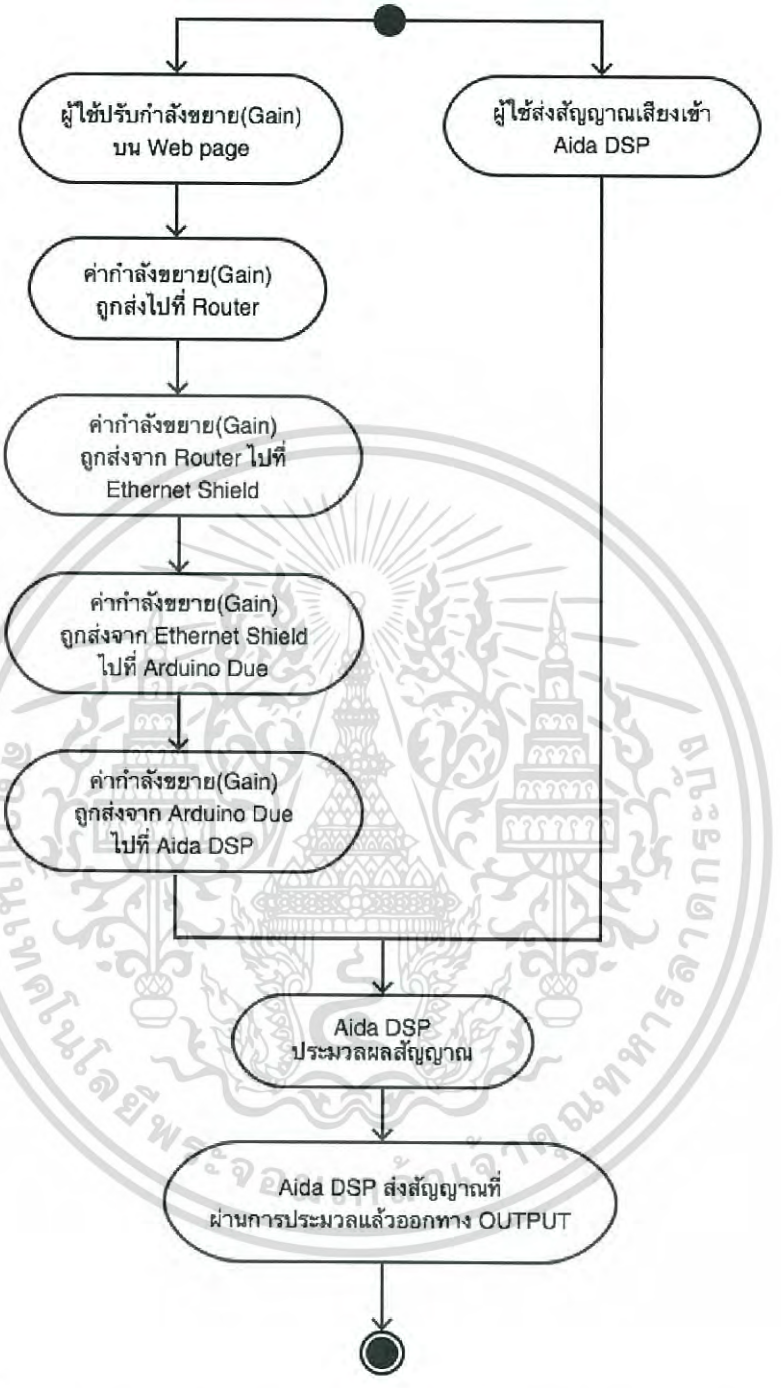
3.7.1 แผนภาพกิจกรรมแสดงการใช้งานระบบของผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.4 แผนภาพกิจกรรมแสดงการใช้งานระบบของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

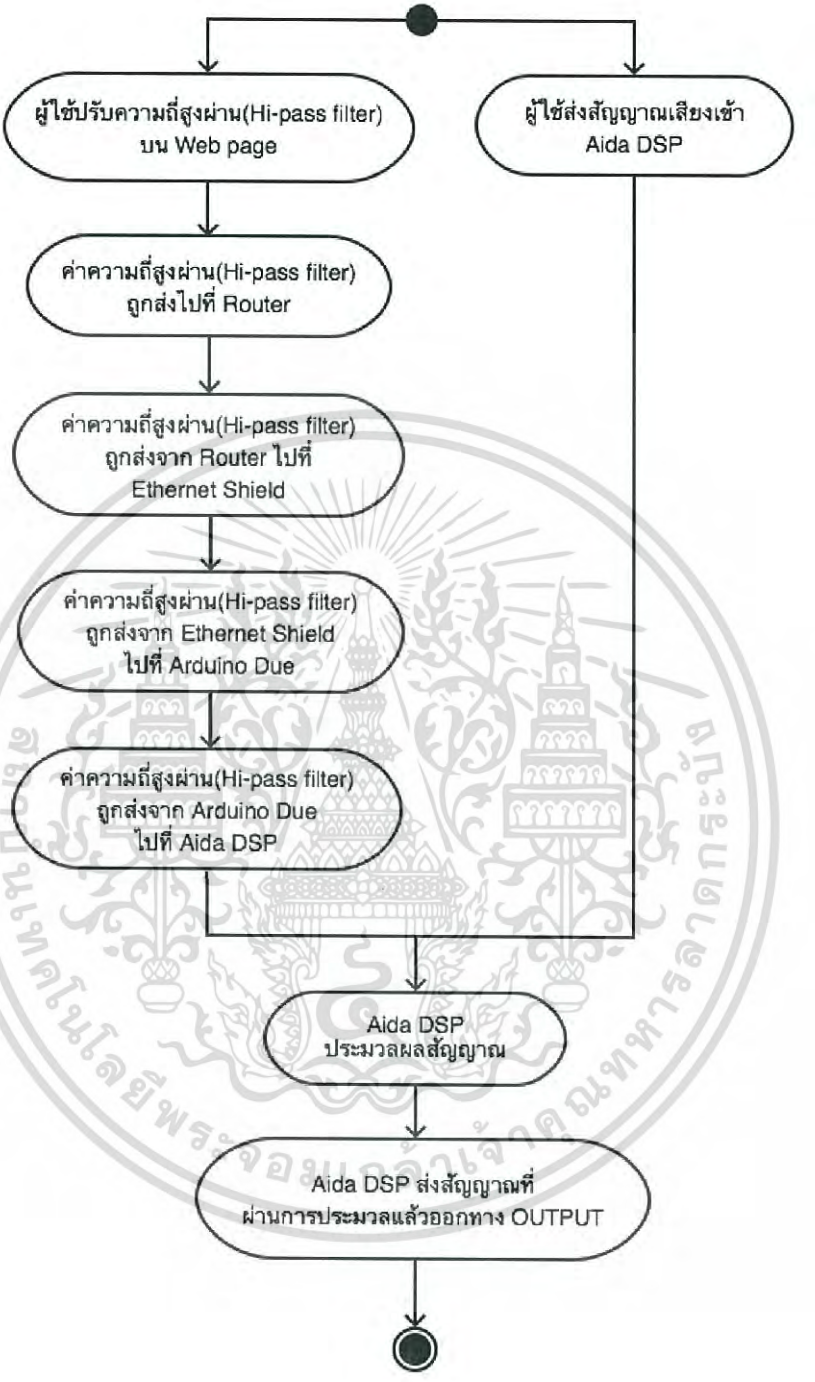
3.7.2 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลกำลังขยาย(Gain)



รูปที่ 3.5 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลกำลังขยาย(Gain)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

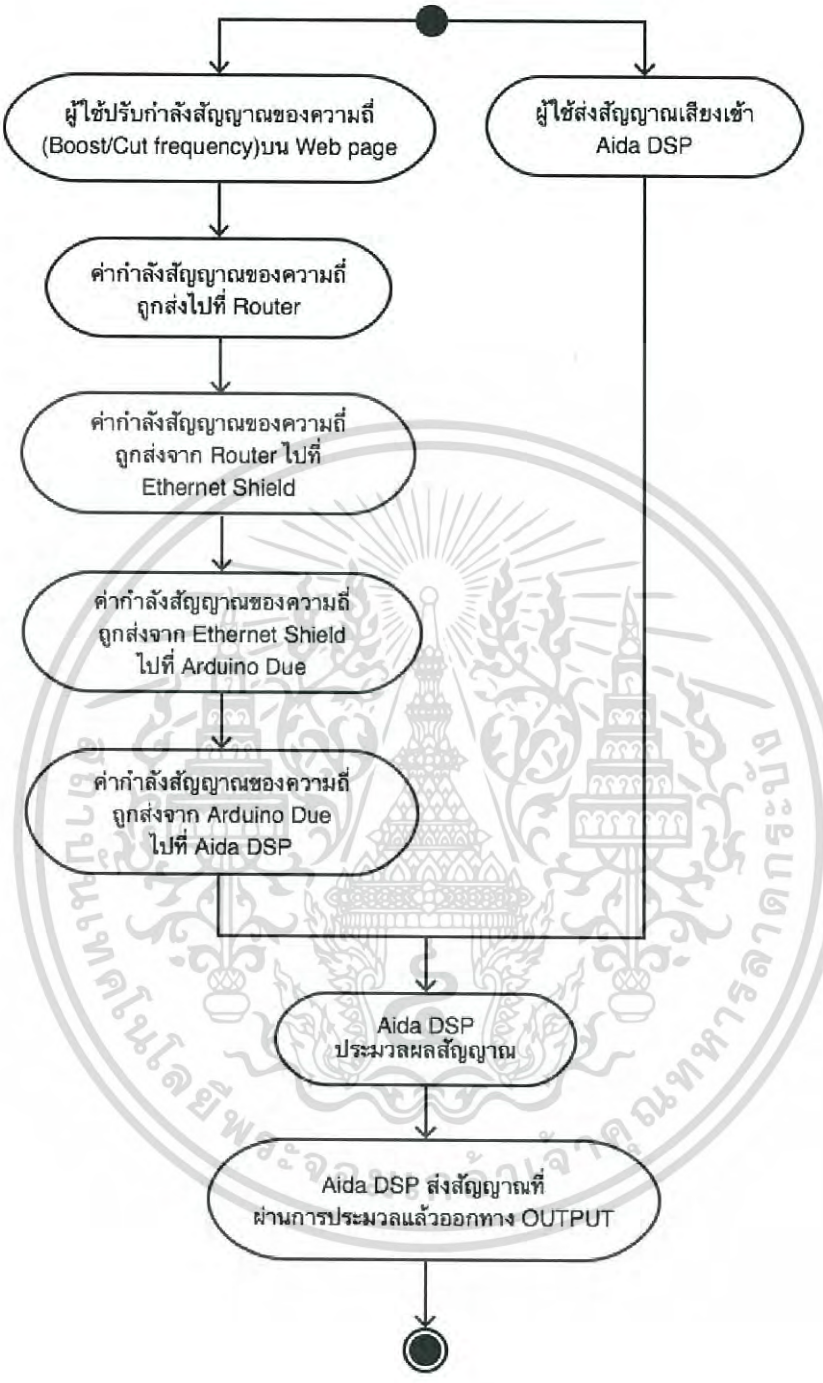
3.7.3 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลความถี่สูงผ่าน (Hi-pass filter)



รูปที่ 3.6 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลความถี่สูงผ่าน (Hi-pass filter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

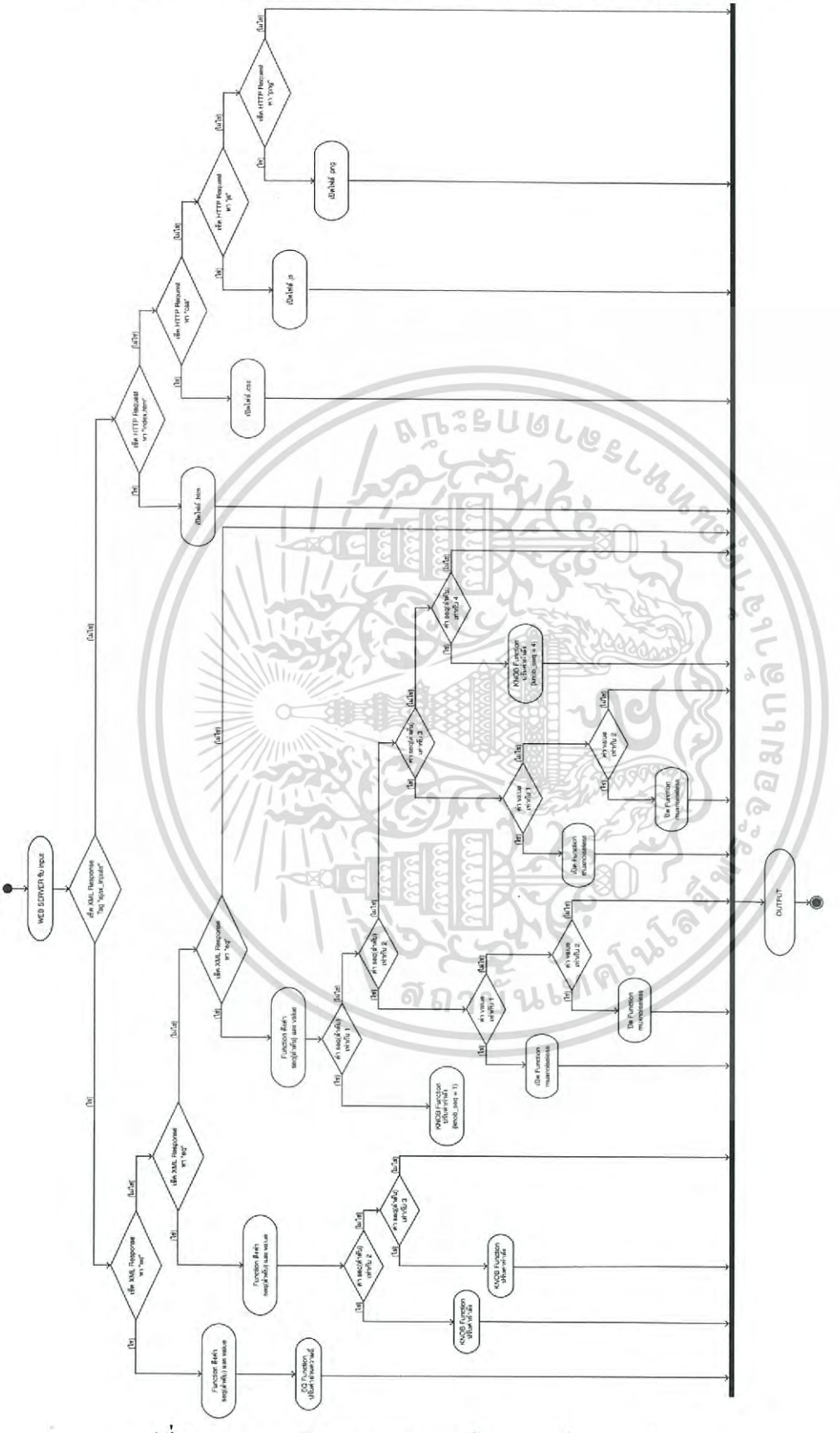
3.7.4 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลค่าความถี่ที่ถูกปรับแต่ง (Equalizer)



รูปที่ 3.7 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลค่าความถี่ที่ถูกปรับแต่ง (Equalizer)

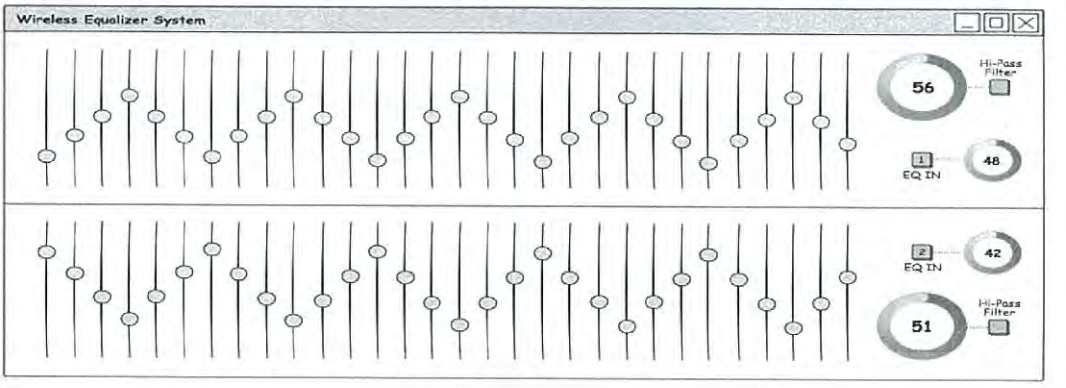
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.5 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลภายใน Web Server



รูปที่ 3.8 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลภายใน Web Server

3.8 Wireframe ของเว็บเพจสำหรับปรับแต่ง Equalizer

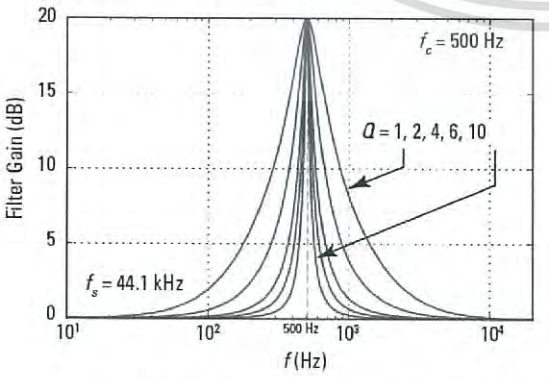


รูปที่ 3.9 Wireframe

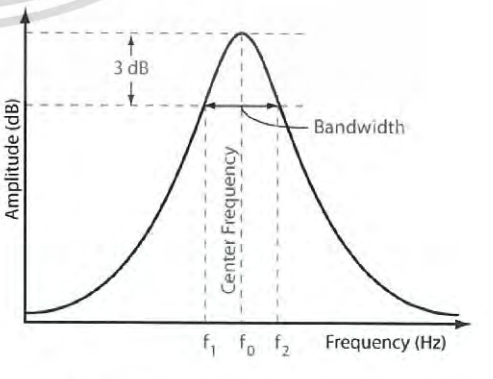
3.9 การออกแบบระบบปรับย่านความถี่

การออกแบบระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบไร้สายนี้ได้มีการอ้างอิงการทำงานจากเครื่องปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบแอนะล็อกที่ใช้ในงานการแสดงหรือในห้องบันทึกเสียง ที่เลือกมาออกแบบเป็น Graphic equalizer โดยเริ่มศึกษาจากเครื่องที่ใช้จริงในการทำงาน พบว่าส่วนใหญ่ประกอบด้วยวงจรกรองความถี่ทั้งหมด 30 ย่านต่อหนึ่งช่องสัญญาณ, ฟังก์ชันกรองความถี่สูงผ่านและสามารถเพิ่มกำลังขยายของสัญญาณต้นทางก่อนเข้าวงจรกรองย่านความถี่ไป

การออกแบบวงจรกรองความถี่เลือกใช้เป็นชนิด peaking filter แบบ second order ในย่านความถี่ 20 Hz - 20 kHz มีการแบ่งช่วงแบนด์วิธของสัญญาณเป็นแบบ $\frac{1}{3}$ octave แบ่งย่านความถี่ที่ปรับทั้งหมด 30 ย่าน คือ 25Hz, 31Hz, 50Hz, 63Hz, 80Hz, 100Hz, 125Hz, 160Hz, 200Hz, 250Hz, 315Hz, 400Hz, 500Hz, 630Hz, 800Hz, 1kHz, 1.25KHz, 1.6kHz, 2kHz, 2.5kHz, 3.15kHz, 4kHz, 5kHz, 6.3kHz, 8kHz, 10kHz, 12.5kHz, 16kHz, 20kHz



รูปที่ 3.10 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Q



รูปที่ 3.11 แสดงช่วงแบนด์วิธของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถกำหนดช่วงความกว้างของย่านความถี่หรือค่า Q ได้จาก สมการ

$$Q = \frac{\sqrt{2^N}}{2^N - 1} \; ; N = Bandwidth\ in\ octaves \tag{3.1}$$

โดยใช้ค่า Q = 4.318 ในทุกย่านความถี่เป็นแบบ Constant-Q แต่ละย่านสามารถปรับ Boost/cut ความถี่ได้ -+10dB เมื่อทำการปรับเพิ่มหรือลดกำลังขยายจะมีความถี่ข้างเคียงที่จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงด้วย โดยสามารถคำนวณหาความถี่ CenterFrequency, LowerFrequency และ UpperFrequency ได้จากสมการ

$$\text{Center Frequency} = f_0 \tag{3.2}$$

$$\text{Lower Frequency} = \frac{f_0}{2^{1/6}} \tag{3.3}$$

$$\text{Upper Frequency} = f_0 \cdot 2^{1/6} \tag{3.4}$$

ตารางที่ 3.1 แสดงย่านความถี่ 30 ย่าน

Band	Lower Frequency	Center Frequency	Upper Frequency
1	22	25	28
2	28	31	35
3	36	40	45
4	45	50	56
5	56	63	71
6	71	80	90
7	89	100	112
8	111	125	140
9	143	160	180
10	178	200	224
11	223	250	281
12	281	315	354
13	356	400	449
14	445	500	561
15	561	630	707
16	713	800	898
17	891	1000	1122
18	1114	1250	1403
19	1425	1600	1796
20	1782	2000	2245
21	2227	2500	2806
22	2806	3150	3536
23	3564	4000	4490
24	4454	5000	5612
25	5613	6300	7072
26	7127	8000	8980
27	8909	10000	11225
28	11136	12500	14031
29	14254	16000	17959
30	17818	20000	22449

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 การออกแบบการทำงานของวงจรกรองความถี่ด้วยโปรแกรม Sigma Studio

1) สร้างโปรเจคงานใหม่โดยใช้ Processors : ADAU1701, Communication : USBi กำหนด Port Address : 0x68(104)

2) ในหน้า Schematic ทำการออกแบบวงจรภายใน DSP Processor โดนเลือกใช้ Component ดังนี้ - IO: Input 2 ช่อง (1, 2) , Output 2 ช่อง (DAC0, DAC1)

- Basic DSP: Linear Gain 2 Objects สำหรับปรับกำลังขยายสัญญานต้นทาง

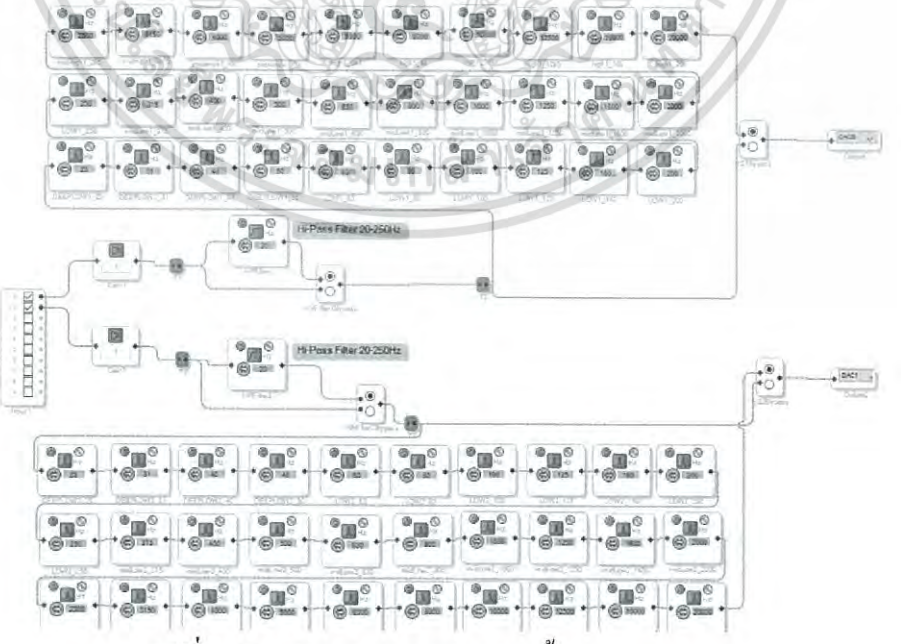
- Filters: General (2^{nd} order) 62 Objects แบ่งเป็นวงจร High-pass filter 1 วงจร และวงจรPeaking filter ทั้งหมด 30 วงจร ต่อ 1 ช่องสัญญาณ

- Muxes/Demuxes: Mono Switch Nx1 4 objects สำหรับ Bypass วงจร high-pass filter และ Bypass วงจร Peaking filter 30 วงจร ต่อ 1 ช่องสัญญาณ

3) กำหนดค่า General (2^{nd} order) 2 วงจรแบบ 1 Channel : Double Precision ชนิดวงจร Butterworth High Pass ค่า freq เริ่มต้นที่ 20 Hz

4) กำหนดค่า General (2^{nd} order) 60 วงจรแบบ 1 Channel: Double Precision ชนิดวงจร Peaking ค่า Freq ให้ใช้ค่า center frequency เรียงลำดับจากน้อยไปมากทั้งหมด 30 ค่าต่อหนึ่งช่องสัญญาณ และกำหนดค่า Q ทั้งหมดเป็น 4.32

5) ต่อวงจรการทำงานของระบบโดยเรียงจาก Input > Gain > High-pass filter, High-pass filter Bypass > Peaking filters, Peaking filters Bypass > Output ทั้งสองช่องสัญญาณ



รูปที่ 3.12 แสดงภาพรวมของวงจรทั้งหมด

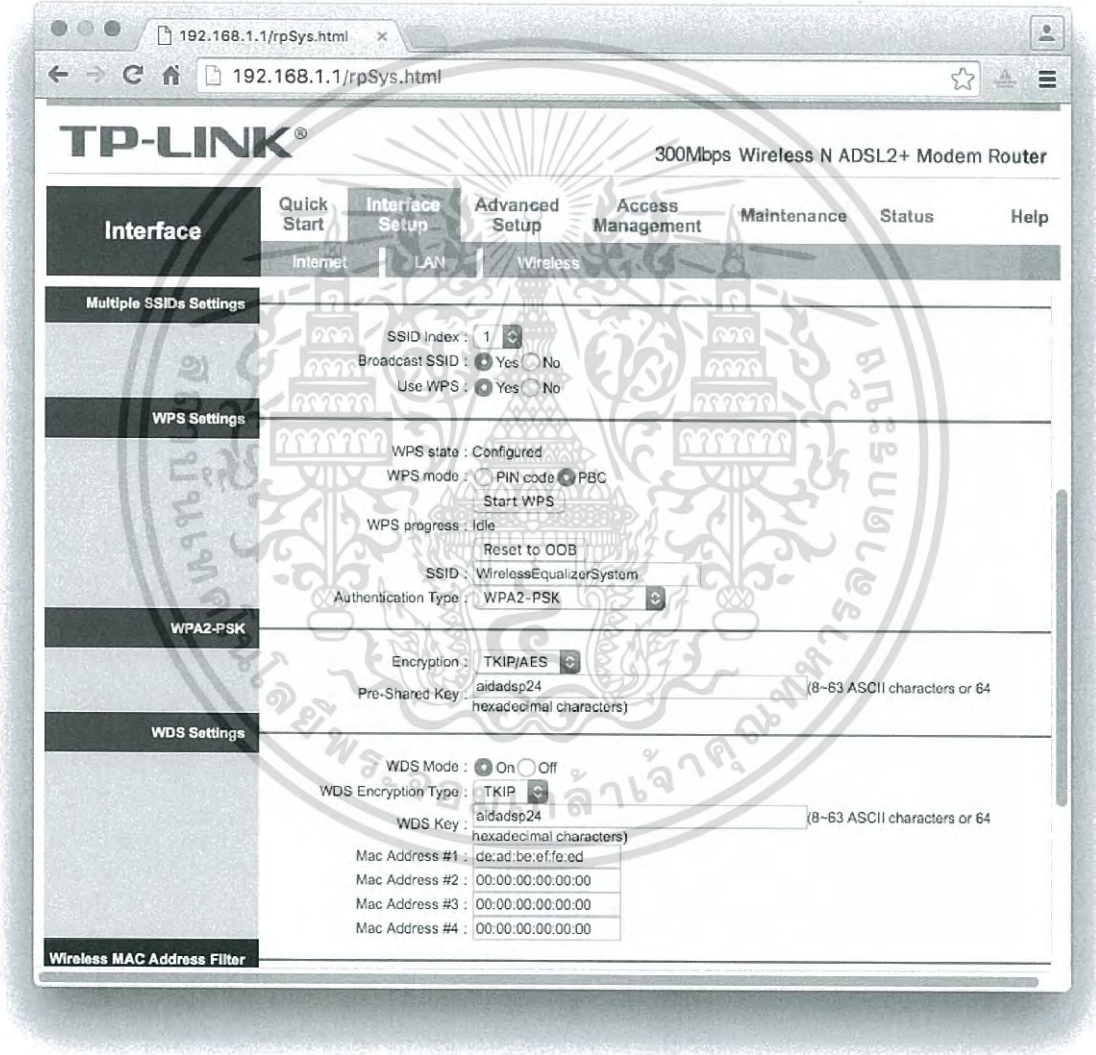
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

4.1 ตั้งค่า Access Point

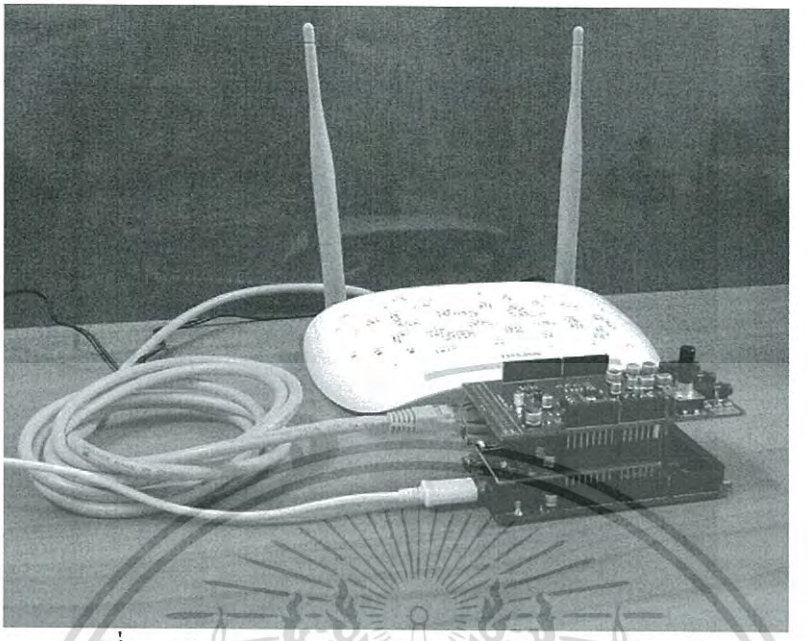
ตั้ง Password สำหรับการเชื่อมต่อ Access Point เพื่อความปลอดภัยขณะใช้ระบบ (ป้องกันบุคคลอื่นเชื่อมต่อแล้วมาปรับค่า)



รูปที่ 4.1 แสดงการตั้งค่า Access Point

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

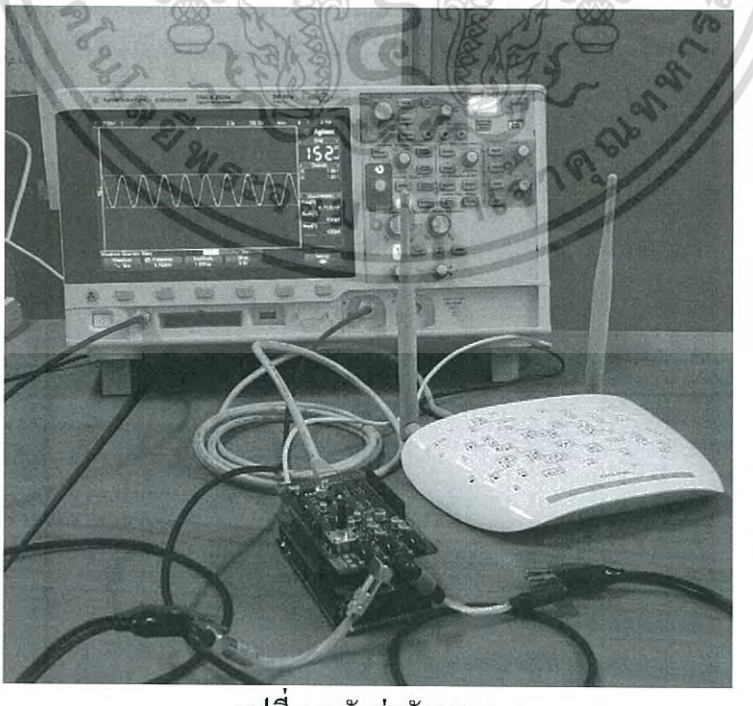
4.2 ติดตั้งอุปกรณ์



รูปที่ 4.2 เสียบสายแลนเข้ากับ Access Point และ ตัวบอร์ด

4.3 ป้อนสัญญาณรูปไซน์

ป้อนสัญญาณรูปไซน์ความถี่ 1.5Hz - 26kHz ที่ 1 Vpp. ที่ช่อง input ของ AidaDSP shield แล้ววัดค่าสัญญาณที่ได้จากช่อง output โดยใช้ออสซิโลสโคป



รูปที่ 4.3 วัดค่าสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ตารางแสดงการตอบสนองระดับแรงดันไฟฟ้าปกติที่ความถี่ต่างๆ

ตารางที่ 4.1 แสดงการตอบสนองระดับแรงดันไฟฟ้าปกติที่ความถี่ต่างๆ

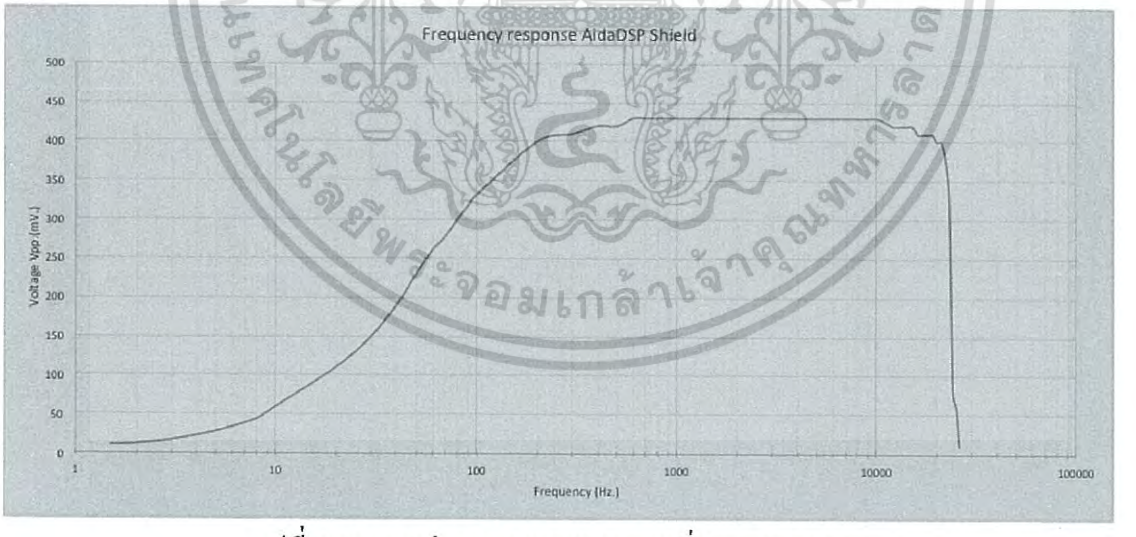
ความถี่ (Hz)	ระดับแรงดันไฟฟ้า (mV.)	ความถี่(Hz)	ระดับแรงดันไฟฟ้า (mV.)
1.5	10	2000	430
2	12	3000	430
3	17	4000	430
5	28	5000	430
8	44	6000	430
10	60	7000	430
20	110	8000	430
30	150	9000	430
40	190	10000	430
50	230	11000	426
60	260	12000	420
70	279	13000	420
80	300	14000	420
90	317	15000	420
100	332	16000	410
200	400	17000	410
300	410	18000	410

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) แสดงการตอบสนองระดับแรงดันไฟฟ้าปกติที่ความถี่ต่างๆ

400	420	19000	410
500	430	20000	400
600	430	21000	400
700	430	22000	380
800	430	23000	330
900	430	24000	80
1000	430	26000	10

4.5 กราฟแสดงค่าการตอบสนองความถี่ของ Aida DSP shield ในช่วง 1.5Hz – 26KHz

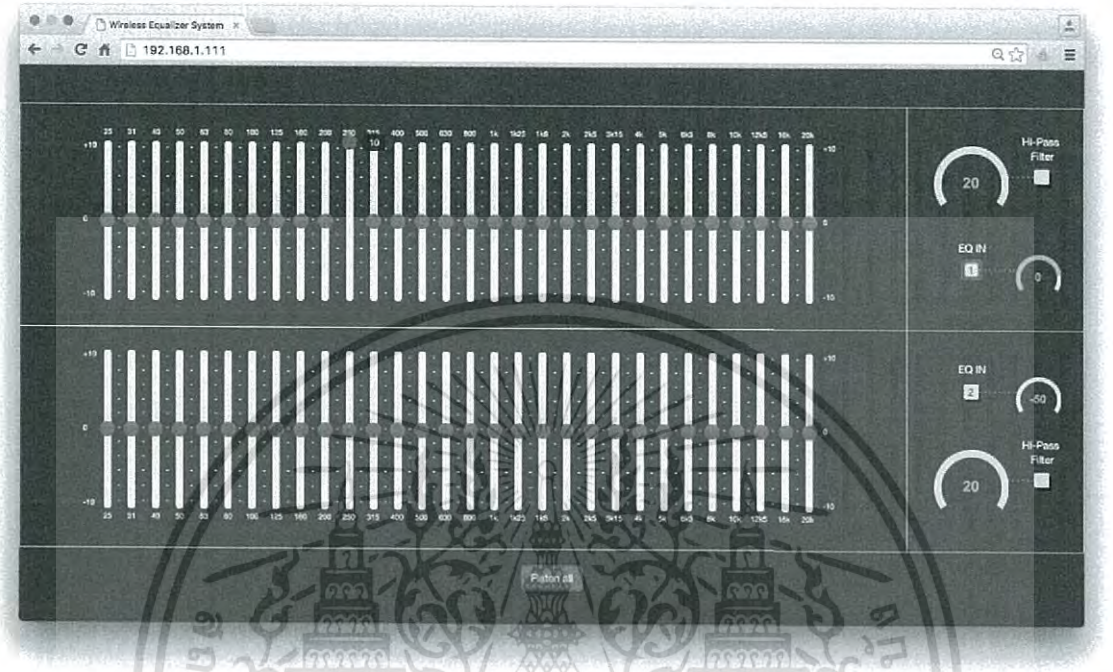


รูปที่ 4.4 แสดงค่าการตอบสนองความถี่ของ Aida DSP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 เปิดหน้าเว็บเพจ

โดยเข้าไปที่ 192.168.1.111 แล้วปรับเพิ่มกำลังขยายของความถี่ 25 Hz ไปที่ +10dB แล้วทำการป้อนสัญญาณไซน์ความถี่ใกล้เคียงกับย่านที่ปรับเพิ่มกำลัง ระดับแรงดัน 1 Vpp.



รูปที่ 4.5 หน้าเว็บเพจ

4.7 บันทึกค่าแรงดันในย่านความถี่ต่างๆ

ทำการบันทึกค่าแรงดันในย่านความถี่ต่างๆแล้วนำมาลบด้วยค่าการตอบสนองแรงดันไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆของ AidaDSP shield

4.8 นำค่าสร้างกราฟ

นำค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้มาสร้างกราฟแล้วปรับลดกำลังของขยายความถี่นั้นๆมาที่ 0dB

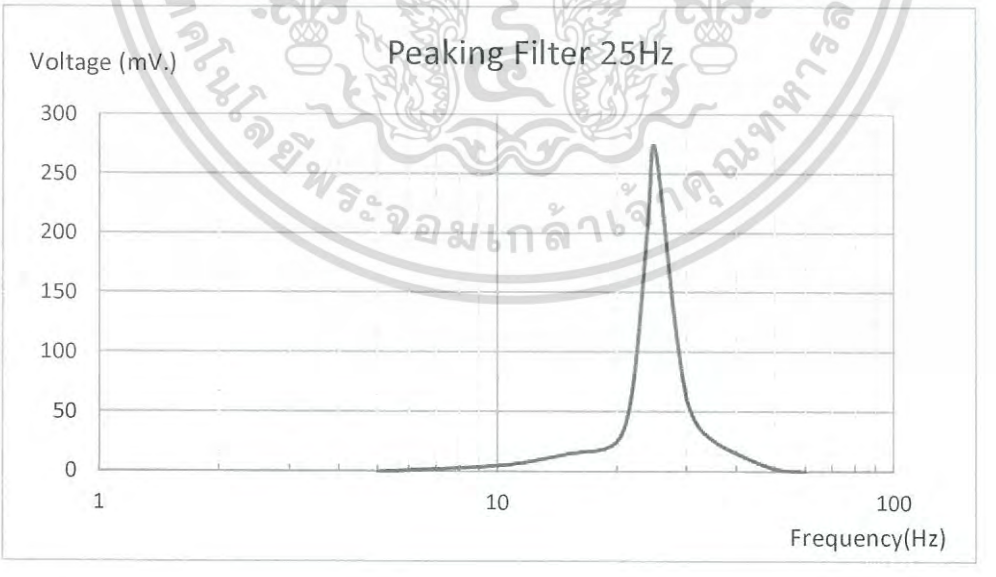
4.9 ทดลอง 30 ย่านความถี่

ทำการทดลองตามข้อ 4.4 - 4.6 กับความถี่อื่นๆทั้ง 30 ย่านความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 25 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
5	28	28	0
10	65	60	5
15	85	70	15
20	135	110	25
22	191	120	71
24	333	125	208
25	403	130	273
28	256	125	131
30	214	150	64
32	200	160	40
35	197	170	27
40	206	190	16
50	233	230	3
60	260	260	0

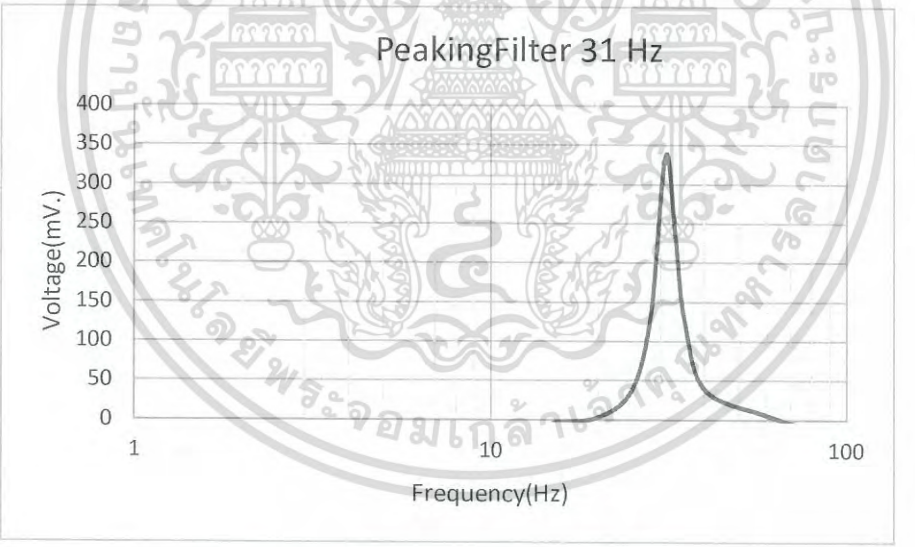


รูปที่ 4.6 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 25 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 31 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
15	82	85	-3
20	113	110	3
25	169	130	39
28.2	283	148	135
31	490	153	337
33	390	155	235
35	299	170	129
40	229	190	39
60	266	260	6
80	288	300	-12

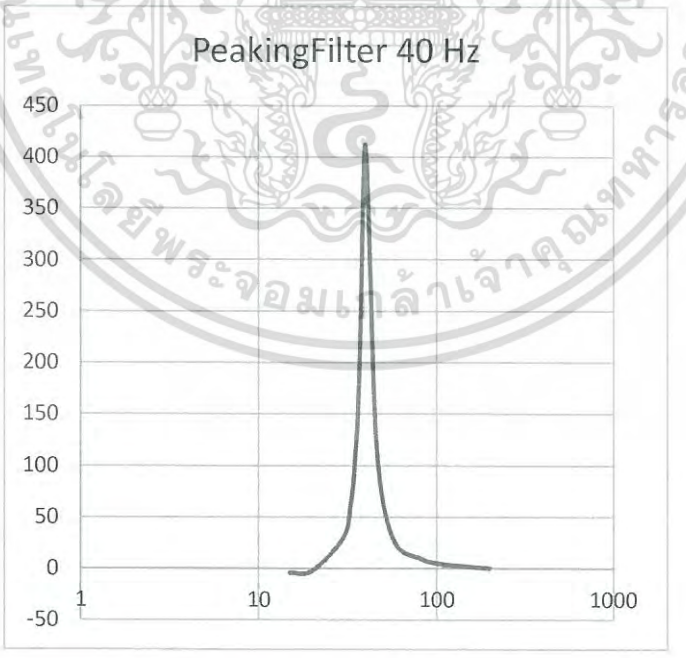


รูปที่ 4.7 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 31 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 40 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
15	81	85	-4
20	108	110	-2
30	180	150	30
33	226	165	61
35	283	175	108
37	388	185	203
40	602	190	412
45	370	225	145
50	296	230	66
60	282	260	22
80	310	300	10
100	337	332	5
200	400	400	0

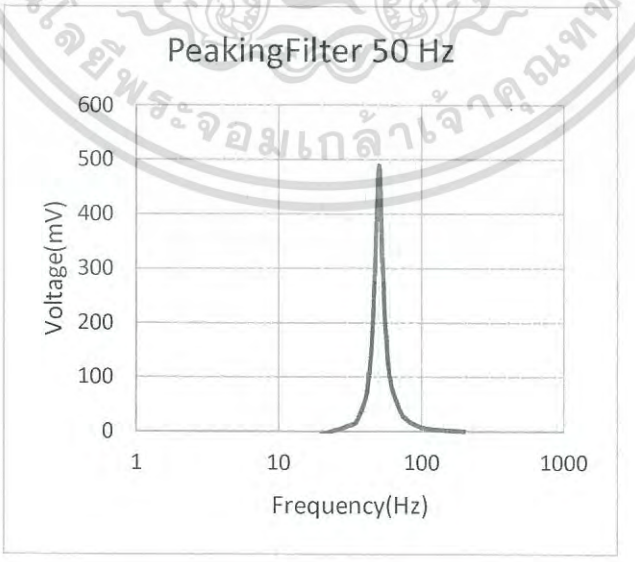


รูปที่ 4.8 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 31 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 50 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
20	106	110	-4
25	133	130	3
30	160	150	10
35	194	175	19
40	249	190	59
42	287	200	87
45	390	210	180
50	710	230	480
52	640	240	400
54	520	244	276
56	440	250	190
60	360	260	100
70	320	279	41
80	320	300	20
100	340	332	8
120	360	356	4
200	400	400	0

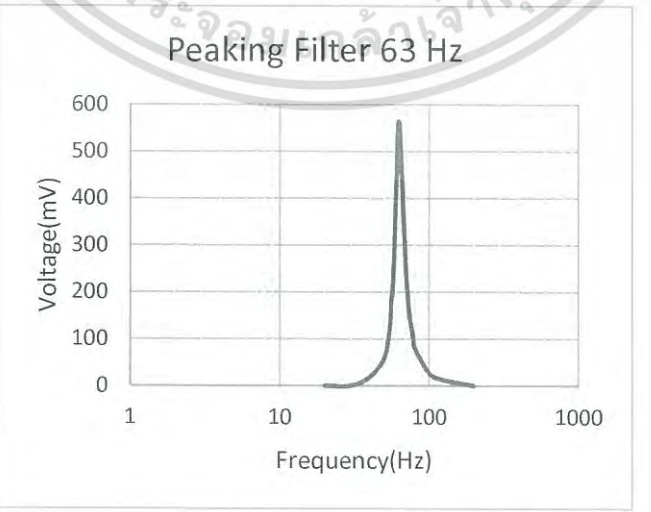


รูปที่ 4.9 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 50 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 63 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
20	110	110	0
30	150	150	0
40	210	190	20
50	290	230	60
54	360	244	116
56	430	250	180
58	520	256	264
60	660	260	400
63	830	266	564
68	600	275	325
70	520	279	241
72	470	282	188
74	430	284	146
78	390	288	102
80	380	300	80
100	360	332	28
120	370	356	14
200	400	400	0

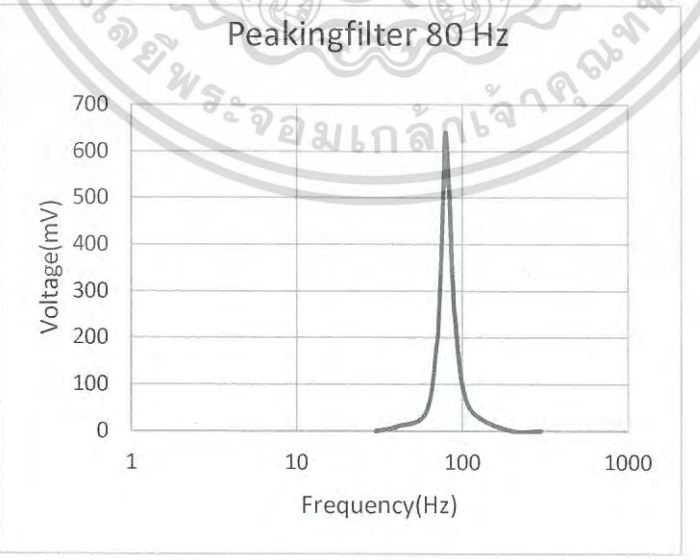


รูปที่ 4.10 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 63 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 80 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
30	150	150	0
40	200	190	10
60	300	260	40
70	460	279	181
72	530	282	248
74	620	284	336
76	740	286	454
78	870	288	582
80	940	300	640
84	800	307	493
86	700	310	390
88	620	314	306
90	560	317	243
100	430	332	98
120	390	356	34
200	400	400	0
300	410	410	0

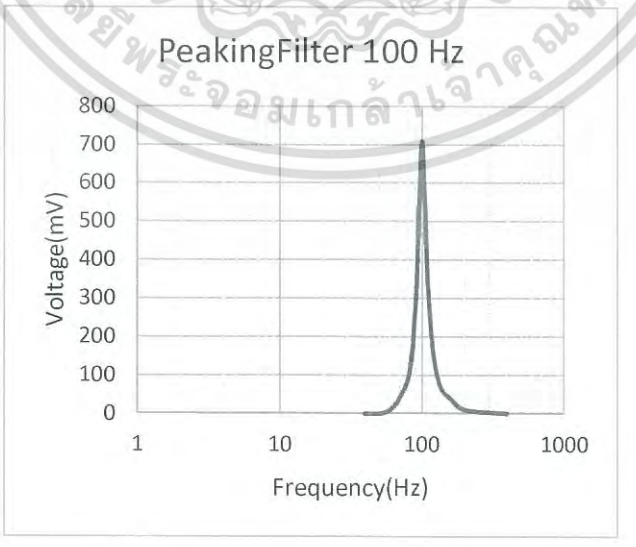


รูปที่ 4.11 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 80 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 100 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
40	190	190	0
50	230	230	0
60	270	260	10
70	320	279	41
80	390	300	90
85	460	309	151
89	560	315	245
92	670	321	349
96	890	325	565
100	1040	332	708
104	920	335	585
108	740	337	403
112	620	340	280
120	500	342	158
130	440	352	88
140	420	362	58
160	410	372	38

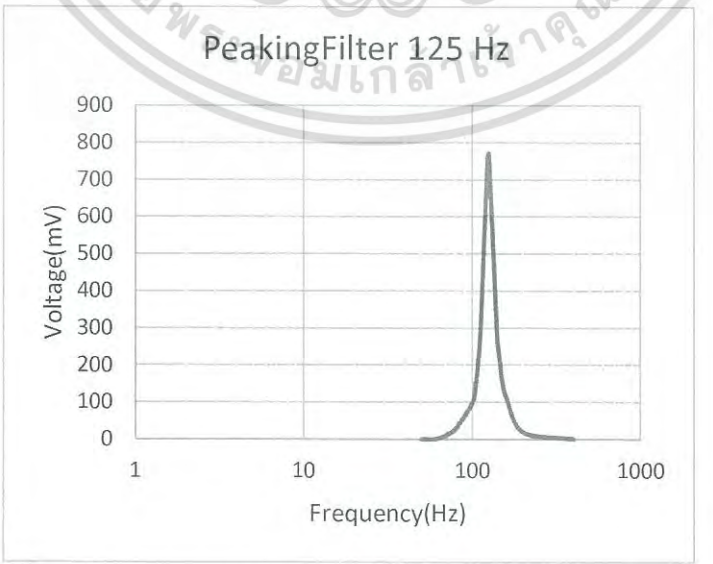


รูปที่ 4.12 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 100 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 125 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
50	230	230	0
60	260	260	0
70	290	279	11
80	330	300	30
100	430	332	98
104	470	335	135
108	540	337	203
112	630	340	290
120	960	342	618
125	1120	349	771
130	990	352	638
141	640	362	278
145	580	365	215
150	530	367	163
160	480	372	108
200	420	400	20
400	420	420	0

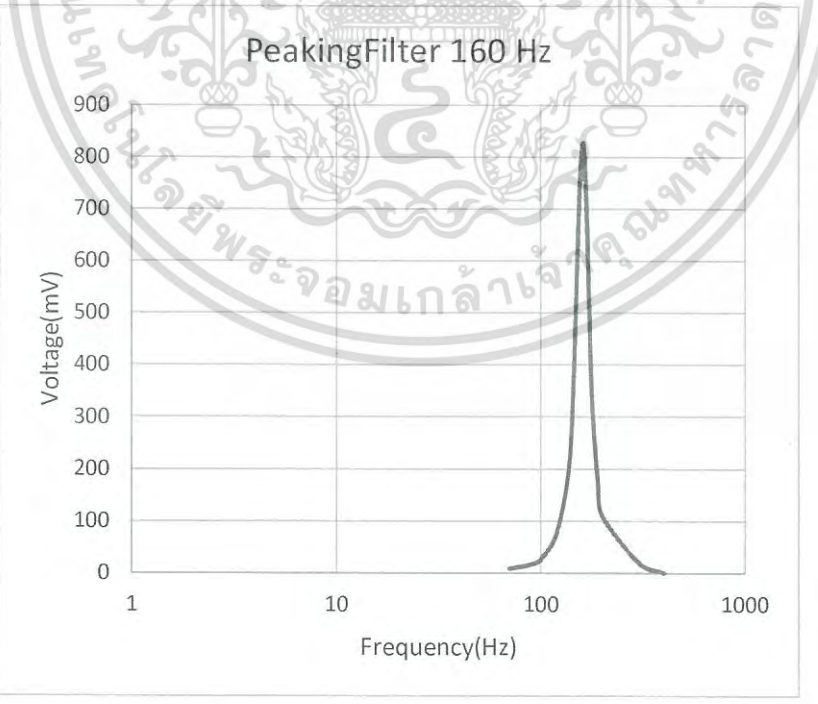


รูปที่ 4.13 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 125 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 160 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
70	287	279	8
80	312	300	12
90	334	317	17
100	358	332	26
120	423	342	81
140	605	362	243
160	1200	372	828
178	720	385	335
190	570	393	177
200	510	400	110
300	430	410	20
400	420	420	0

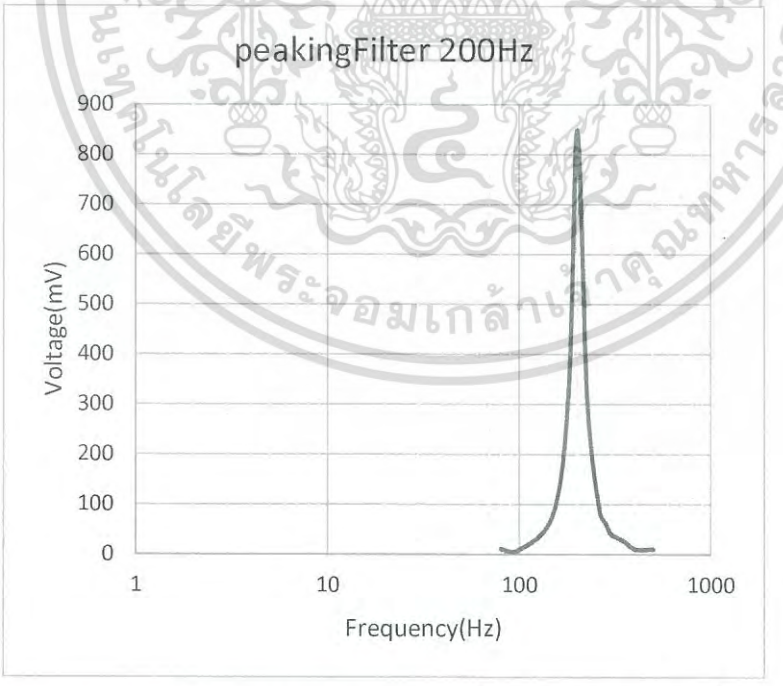


รูปที่ 4.14 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 160 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 200 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
80	310	300	10
100	340	332	8
150	450	367	83
180	720	386	334
200	1250	400	850
224	720	402	318
260	490	404	86
280	470	408	62
300	450	410	40
350	440	415	25
400	430	420	10
500	430	420	10

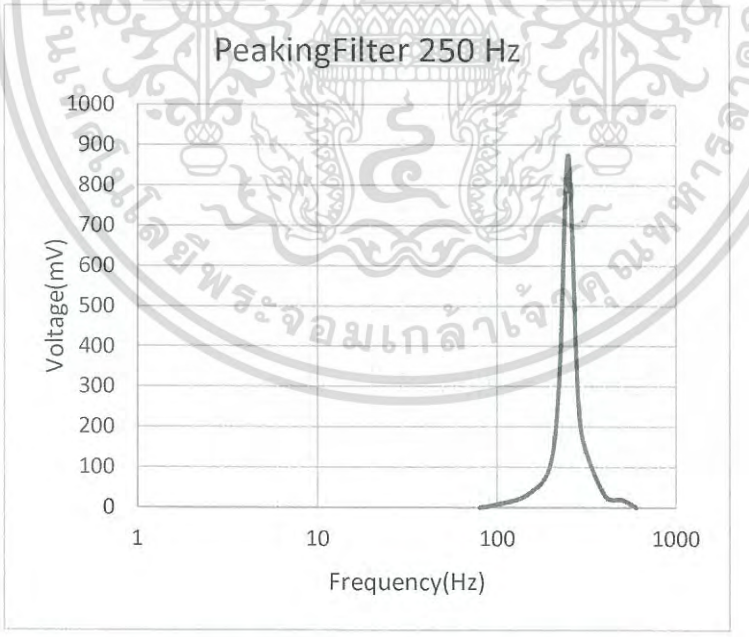


รูปที่ 4.15 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 200 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 250 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
80	300	300	0
100	340	332	8
150	400	367	33
200	510	400	110
224	730	402	328
250	1280	405	875
282	710	408	302
300	580	410	170
400	450	420	30
500	440	420	20
600	430	430	0

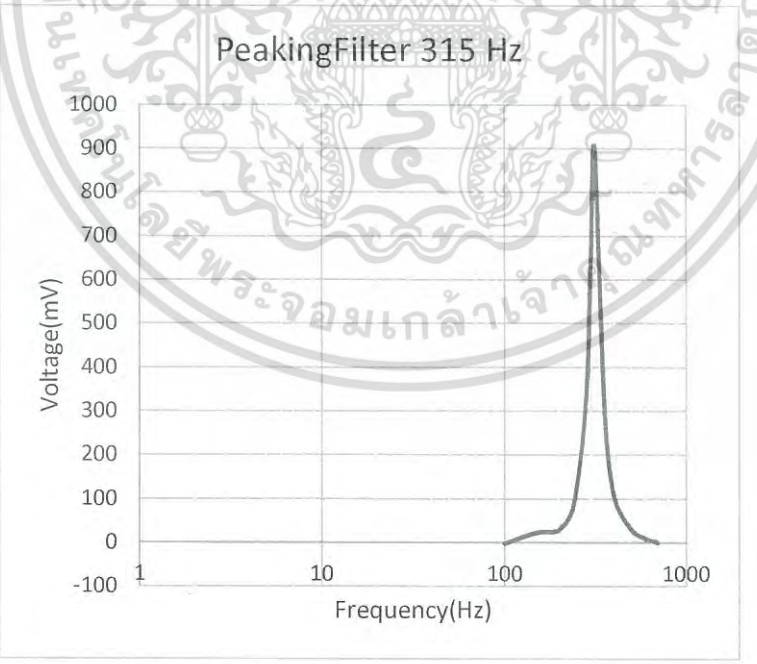


รูปที่ 4.16 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 250 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 315 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
100	330	332	-2
150	390	367	23
200	430	400	30
240	490	404	86
282	740	408	332
300	1070	410	660
315	1300	402	898
355	720	416	304
400	530	420	110
500	450	420	30
600	440	430	10
700	430	430	0

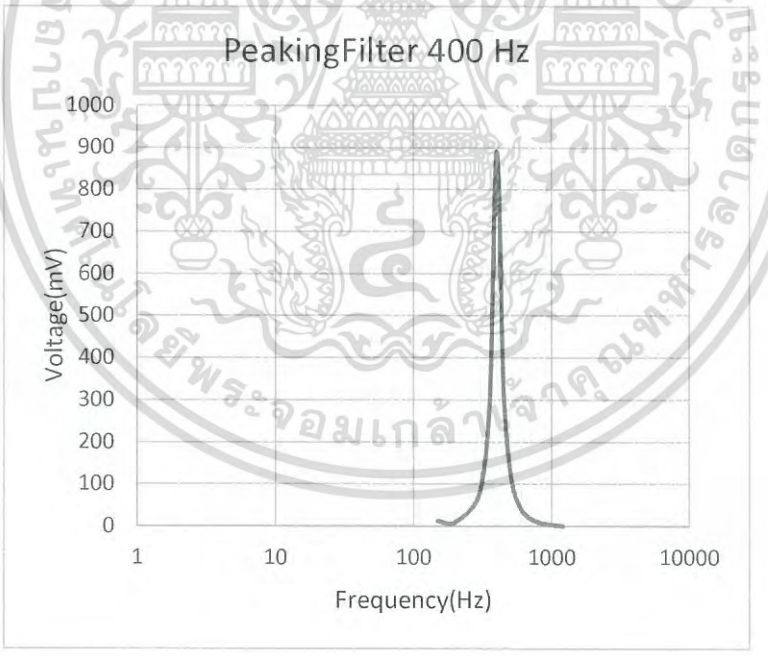


รูปที่ 4.17 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 315 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 400 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
150	380	367	13
200	410	400	10
300	490	410	80
355	720	416	304
400	1310	420	890
447	760	420	340
500	550	420	130
600	470	430	40
800	440	430	10
1200	430	430	0

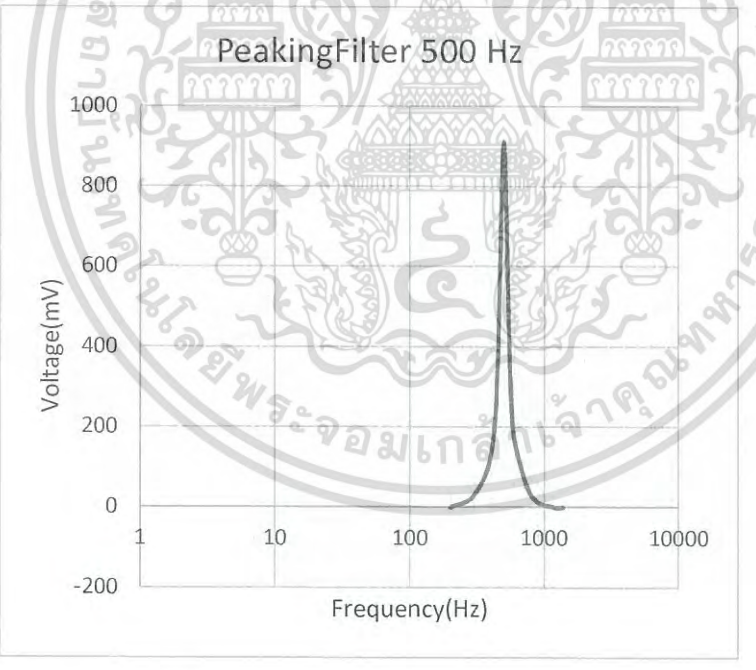


รูปที่ 4.18 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 400 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 500 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
200	400	400	0
300	440	410	30
400	550	420	130
447	750	420	330
500	1330	420	910
562	740	426	314
600	600	430	170
800	460	430	30
1200	430	430	0
1400	430	430	0

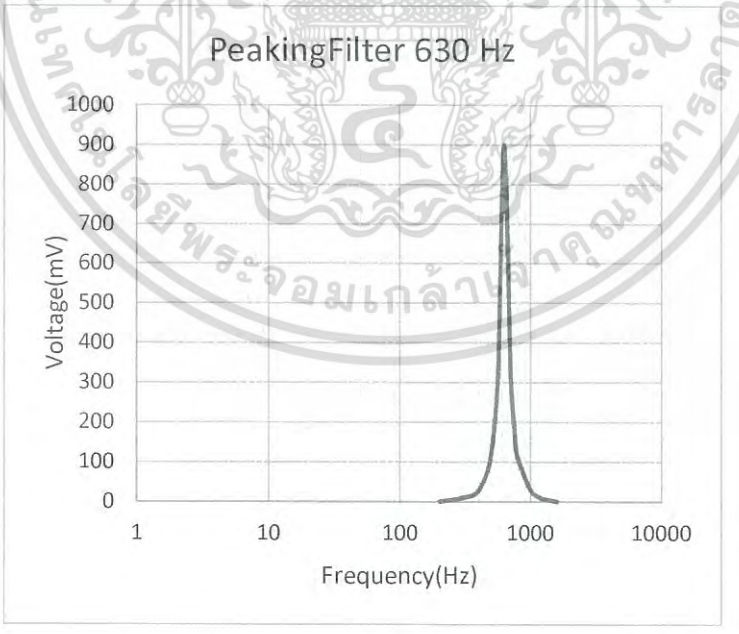


รูปที่ 4.19 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 500 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 630 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
200	400	400	0
300	420	410	10
400	450	420	30
500	540	420	120
562	750	426	324
630	1330	430	900
708	750	430	320
750	610	430	180
800	540	430	110
1000	460	430	30
1200	440	430	10
1600	430	430	0

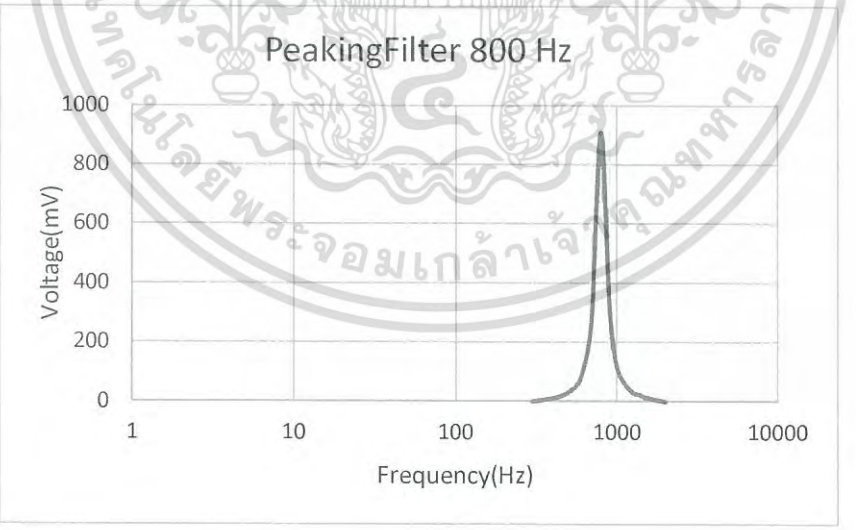


รูปที่ 4.20 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 630 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 800 Hz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
300	410	410	0
400	430	420	10
500	450	420	30
600	510	430	80
700	700	430	270
800	1340	430	910
900	750	430	320
1000	550	430	120
1200	470	430	40
1400	450	430	20
1600	440	430	10
1800	434	430	4
2000	430	430	0

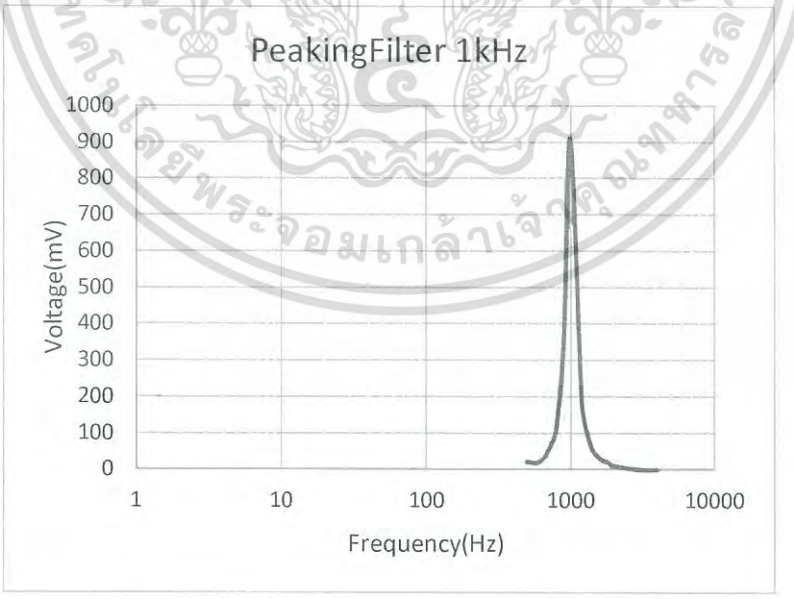


รูปที่ 4.21 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 800 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 1 kHz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
500	440	420	20
600	450	430	20
700	480	430	50
800	550	430	120
900	790	430	360
1000	1340	430	910
1200	610	430	180
1400	490	430	60
1600	460	430	30
1800	450	430	20
2000	440	430	10
3000	430	430	0
4000	430	430	0

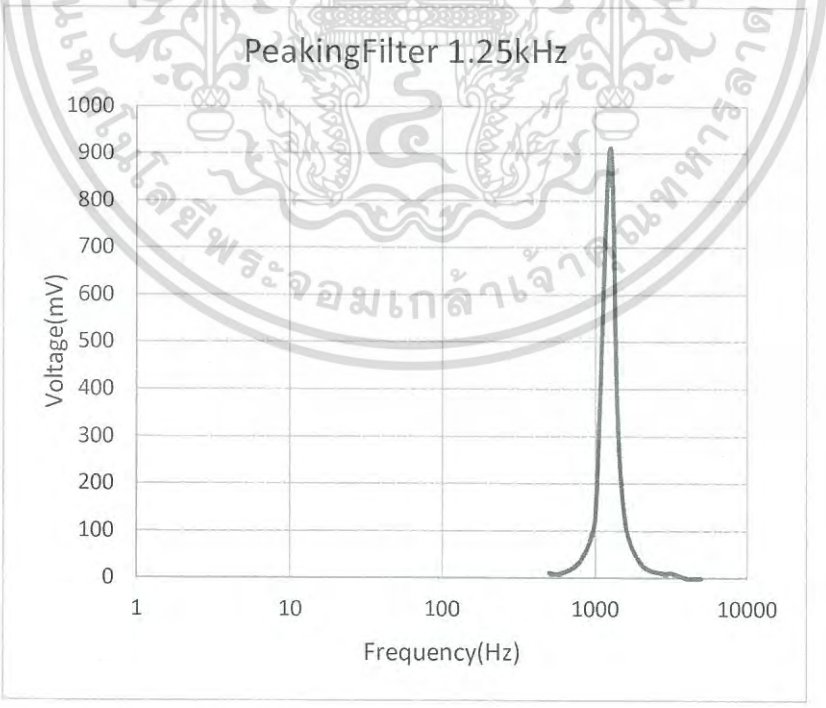


รูปที่ 4.22 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 1 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 1.25 kHz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
500	430	420	10
600	440	430	10
800	468	430	38
1000	560	430	130
1250	1340	430	910
1400	770	430	340
1600	540	430	110
2000	460	430	30
2800	440	430	10
3200	440	430	10
4000	430	430	0
5000	430	430	0

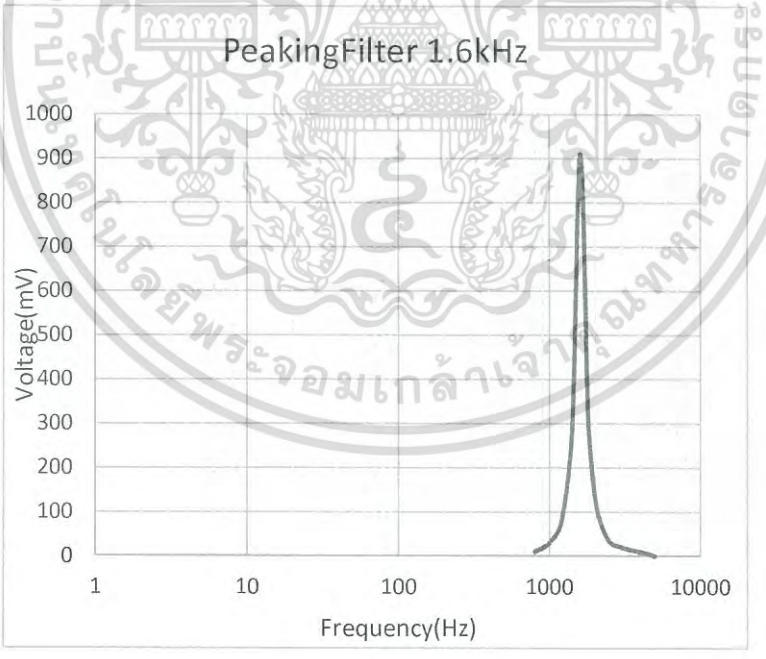


รูปที่ 4.23 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 1.25 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 1.6 kHz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
800	440	430	10
1000	460	430	30
1200	510	430	80
1400	710	430	280
1600	1340	430	910
1800	750	430	320
2000	560	430	130
2400	470	430	40
3000	450	430	20
4000	440	430	10
5000	430	430	0

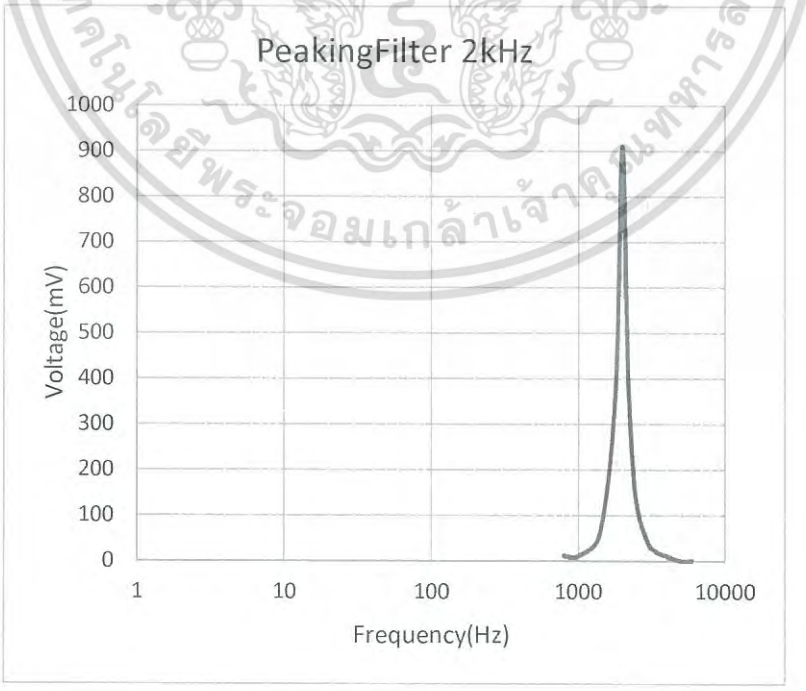


รูปที่ 4.24 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 1.6 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 2 kHz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
800	440	430	10
1000	440	430	10
1400	487	430	57
1800	800	430	370
2000	1340	430	910
2200	840	430	410
2400	610	430	180
2600	530	430	100
3000	470	430	40
3400	450	430	20
4000	440	430	10
5000	430	430	0
6000	430	430	0

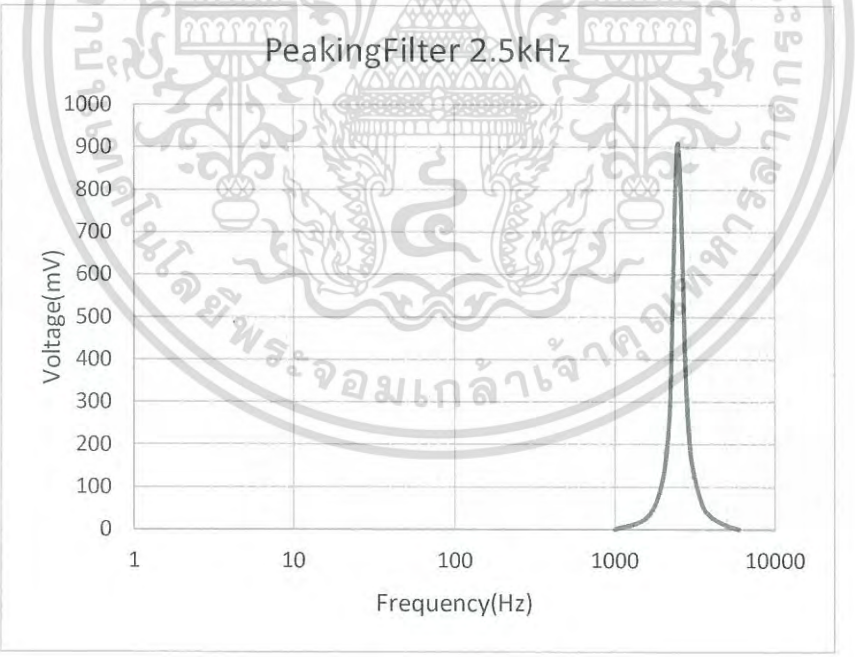


รูปที่ 4.25 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 2 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 2.5 kHz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า (mV)
1000	430	430	0
1600	460	430	30
2000	550	430	120
2200	710	430	280
2500	1340	430	910
2800	760	430	330
3000	600	430	170
3500	490	430	60
4000	460	430	30
5000	440	430	10
6000	430	430	0

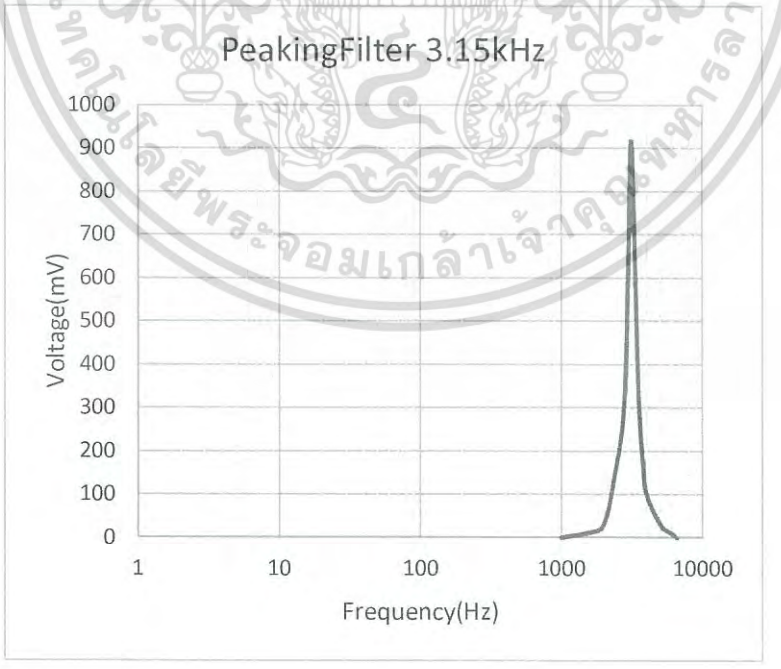


รูปที่ 4.26 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 2.5 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 3.15 kHz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
1000	430	430	0
1500	440	430	10
2000	460	430	30
2400	580	430	150
2800	740	430	310
3000	1090	430	660
3150	1340	430	910
3500	780	430	350
3800	590	430	160
4000	530	430	100
5000	460	430	30
6000	440	430	10
6600	430	430	0

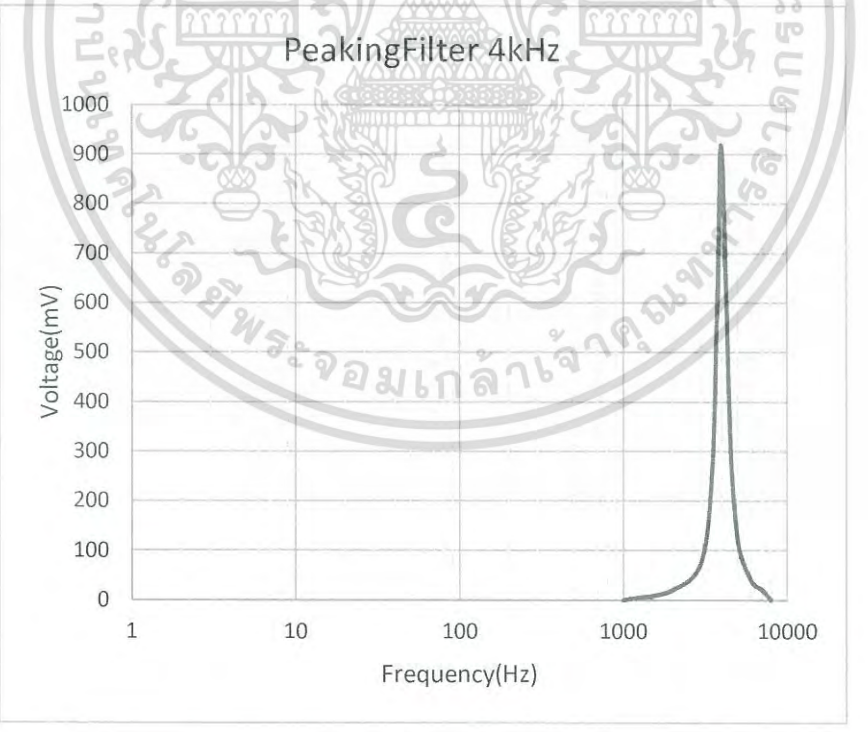


รูปที่ 4.27 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 3.15 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 4 kHz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
1000	430	430	0
2000	450	430	20
3000	510	430	80
3500	700	430	270
3800	1080	430	650
4000	1340	430	910
4500	740	430	310
5000	550	430	120
6000	470	430	40
7000	450	430	20
8000	430	430	0

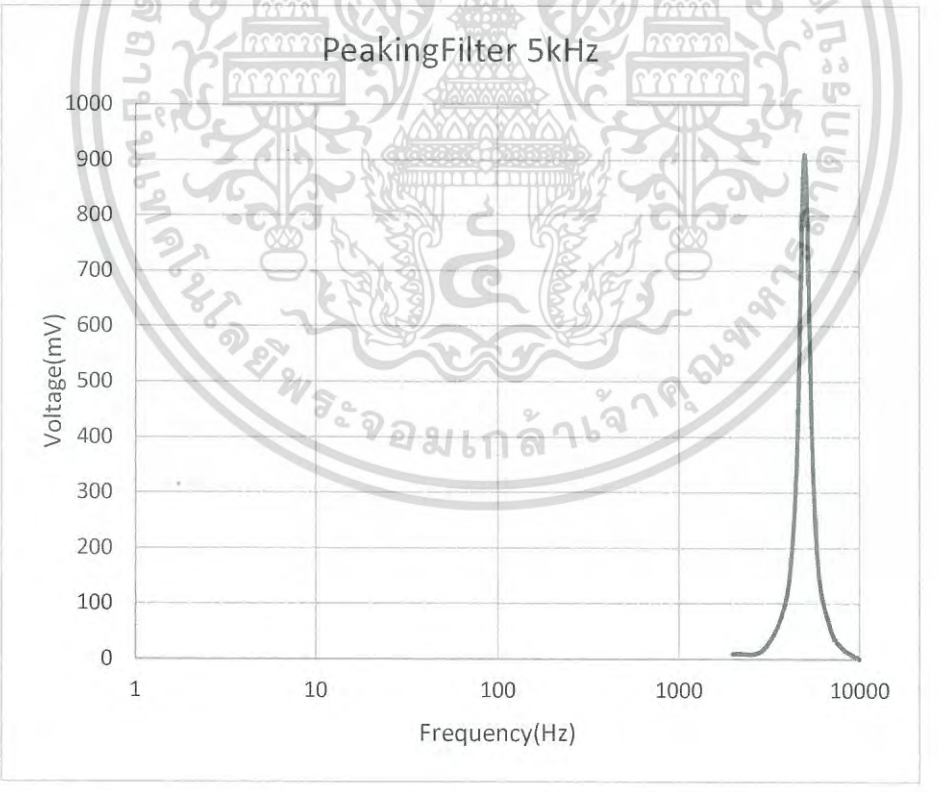


รูปที่ 4.28 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 4 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 5 kHz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า (mV)
2000	440	430	10
3000	450	430	20
4000	550	430	120
4500	770	430	340
5000	1340	430	910
5500	800	430	370
6000	580	430	150
7000	480	430	50
8000	450	430	20
10000	430	430	0

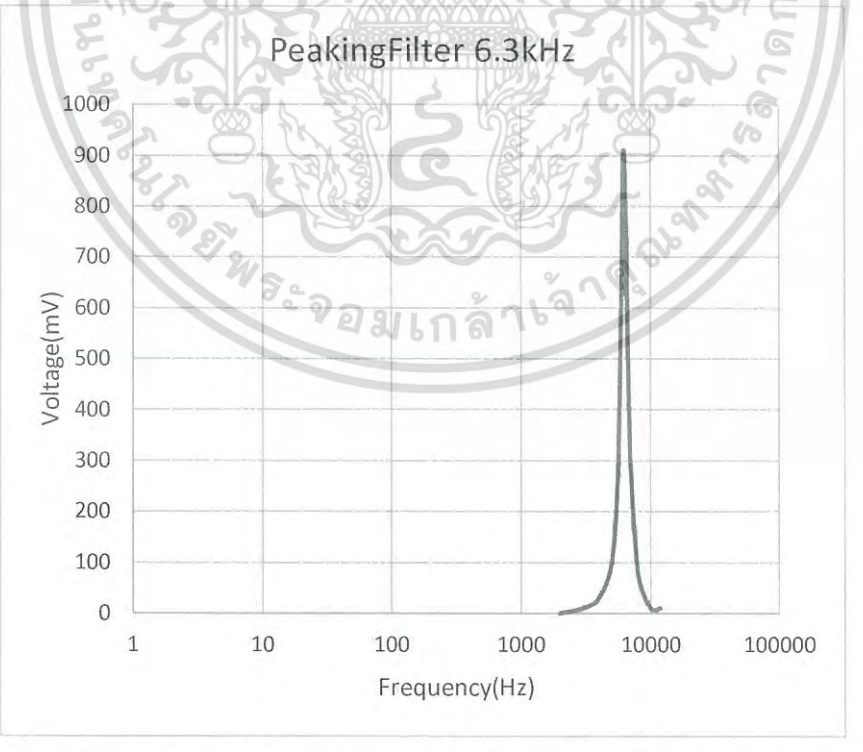


รูปที่ 4.29 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 5 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 6.3 kHz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
2000	430	430	0
3000	440	430	10
4000	460	430	30
5000	530	430	100
5600	710	430	280
6000	1070	430	640
6300	1340	430	910
6700	970	430	540
7000	740	430	310
8000	510	430	80
10000	440	430	10
12000	430	420	10

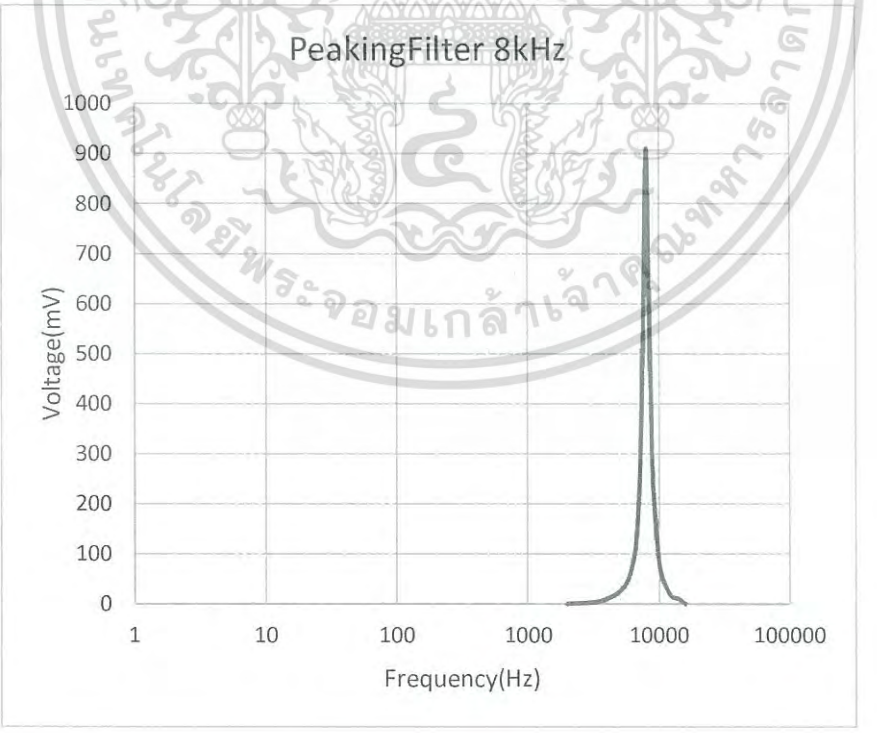


รูปที่ 4.30 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 6.3 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 8 kHz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
2000	430	430	0
4000	440	430	10
6000	490	430	60
7000	640	430	210
7500	920	430	490
8000	1340	430	910
8400	1030	430	600
8900	710	430	280
9000	670	430	240
10000	510	430	80
12000	440	420	20
14000	430	420	10
16000	410	410	0

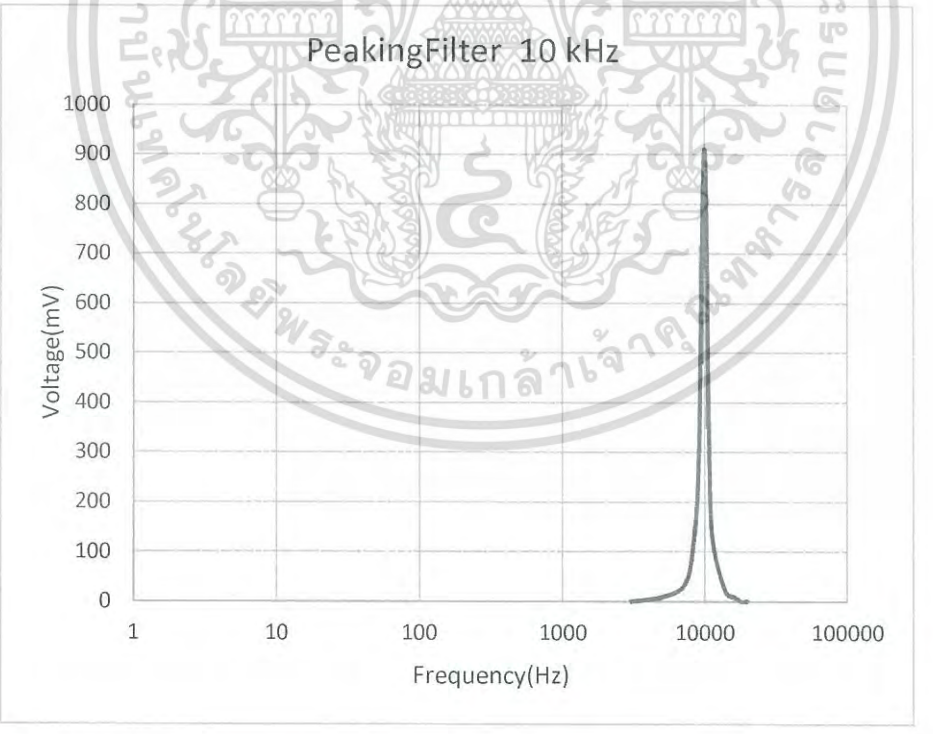


รูปที่ 4.31 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 8 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 10 kHz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
3000	430	430	0
5000	440	430	10
7000	460	430	30
8000	510	430	80
9000	680	430	250
10000	1340	430	910
11000	590	430	160
14000	440	420	20
16000	420	410	10
18000	410	410	0
20000	400	400	0

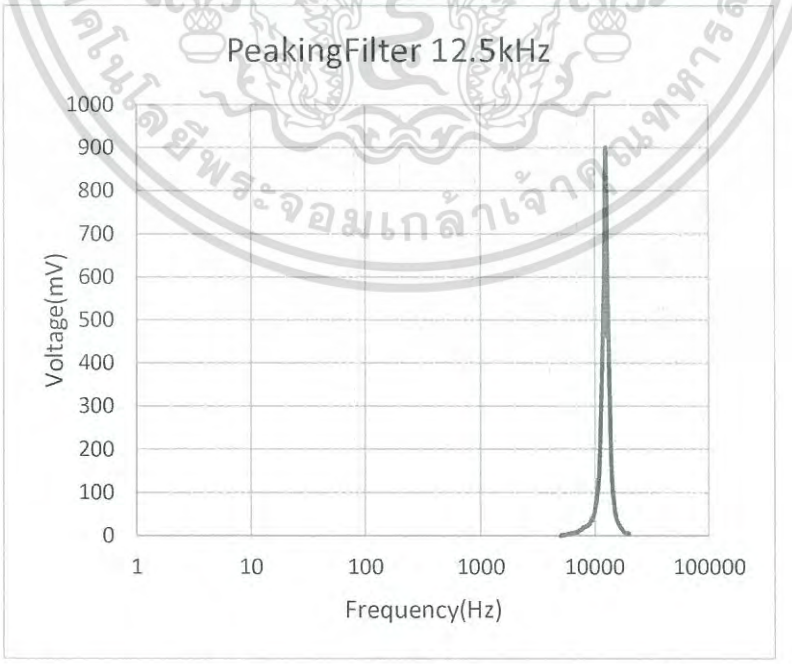


รูปที่ 4.32 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 10 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 12.5 kHz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
5000	430	430	0
7000	440	430	10
8000	450	430	20
9000	460	430	30
10000	490	430	60
11000	580	425	155
12000	970	420	550
12500	1320	420	900
13000	970	420	550
14000	570	420	150
15000	480	420	60
16000	440	410	30
18000	420	410	10
20000	405	400	5

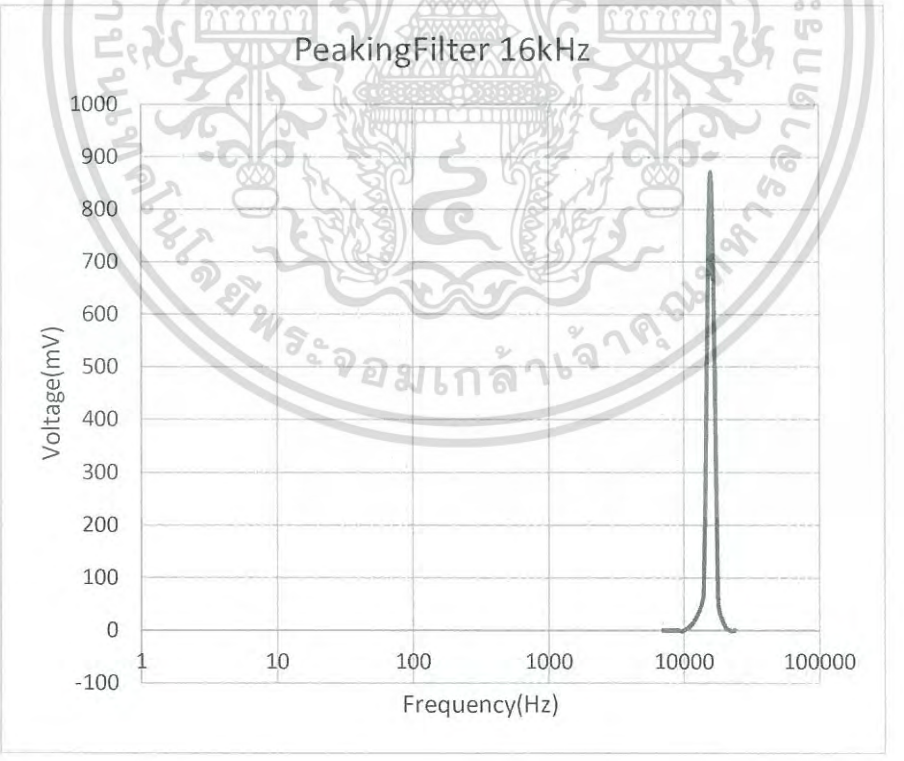


รูปที่ 4.33 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 12.5 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.30 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 16 kHz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
7000	430	430	0
8000	430	430	0
9000	430	430	0
10000	430	430	0
12000	440	420	20
14000	490	420	70
16000	1280	410	870
18000	460	410	50
20000	410	400	10
22000	380	380	0
24000	80	80	0

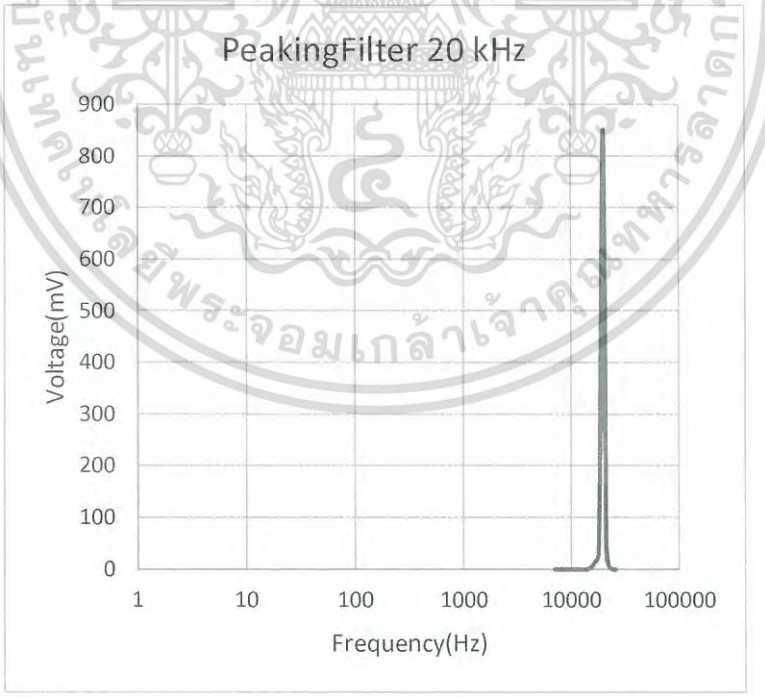


รูปที่ 4.34 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 16 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

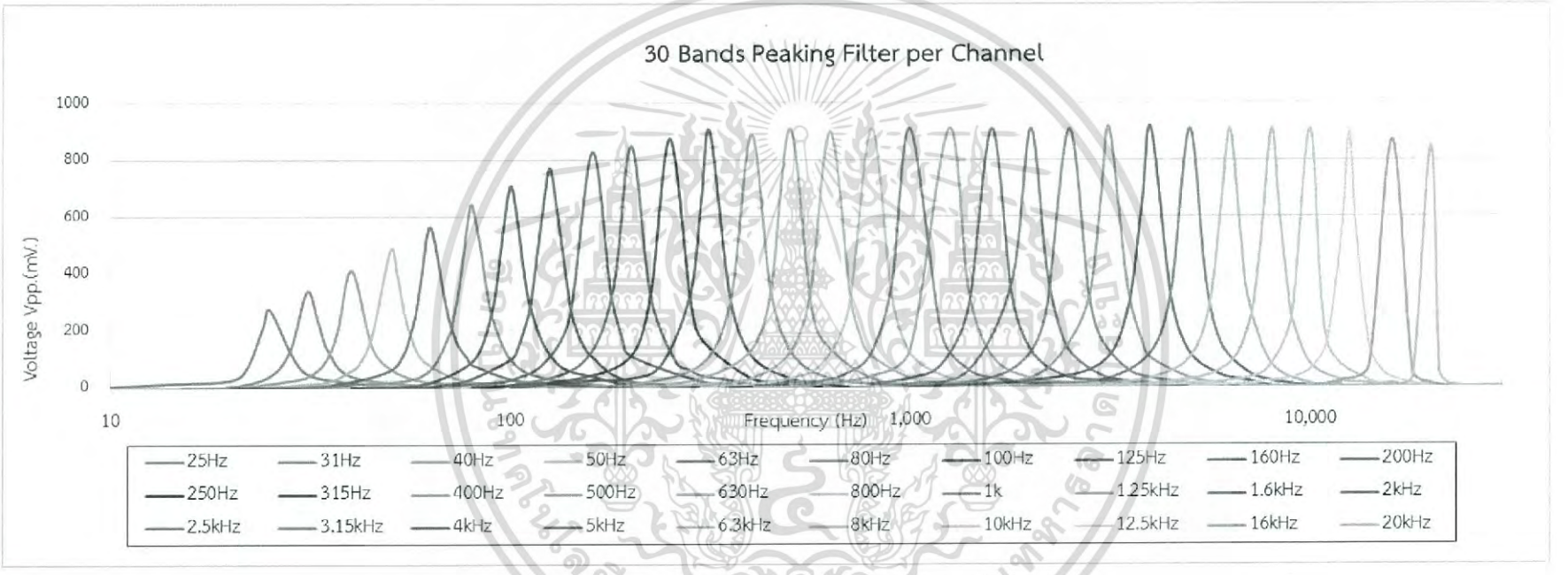
ตารางที่ 4.31 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 20 kHz

ความถี่(Hz)	แรงดันไฟฟ้าขยาย 10dB (mV)	แรงดันไฟฟ้าปกติ 0dB (mV)	ค่าความต่างแรงดันไฟฟ้า(mV)
7000	430	430	0
8000	430	430	0
10000	430	430	0
12000	420	420	0
14000	420	420	0
16000	420	410	10
18000	440	410	30
20000	1250	400	850
21000	450	400	50
22000	390	380	10
24000	80	80	0



รูปที่ 4.35 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ 20 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.36 แสดงการทำงานของวงจรกรองความถี่ที่กำลังขยาย 10 dB ที่ย่านความถี่ช่วง 20 Hz – 20 kHz

บทที่ 5
บทสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงงาน

การพัฒนาโครงงาน ระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบไร้สายโดยใช้ Aida DSP เนื่องจากได้เปลี่ยนการประมวลผลจากแบบแอนะล็อกเป็นแบบดิจิทัล ซึ่งมีข้อดีดังนี้

1. ระบบประมวลผลสัญญาณที่ความละเอียดสูง 28-/56- bit และทนต่อการถูกรบกวน
2. สัญญาณที่ผ่านการประมวลผลมีความถูกต้องแม่นยำสูง
3. ระบบประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก ง่ายต่อการพกพา
4. สามารถควบคุมระบบได้แบบไร้สาย เหมาะสมต่อการใช้งานมากขึ้น

จึงทำให้ระบบปรับแต่งย่านความถี่แบบไร้สายมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบแอนะล็อก สามารถนำระบบไปพัฒนาต่อยอดให้ทำงานได้แบบอัตโนมัติ และพัฒนาระบบประมวลเสียงในรูปแบบอื่นได้อีกมากมาย

ในส่วนของ Graphic User Interface ได้ออกแบบให้มีหน้าตาและขั้นตอนการทำงานคล้ายระบบแอนะล็อก(ระบบเดิม) ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานระบบได้โดยที่ไม่ต้องศึกษาการใช้งานใหม่

5.2 ปัญหาที่พบในโครงงานและข้อเสนอแนะ

ช่องสัญญาณขาเข้าและขาออกของบอร์ดไม่ตรงกัน ซึ่งเกิดจากความผิดพลาดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ แก้ไขได้โดยการสลับค่าซ้ายไปค่าขวา และสลับค่าขวามาค่าซ้าย ที่สัญญาณขาเข้า

ข้อเสนอแนะ ควรจะมีฟังก์ชั่นที่สามารถปรับค่าได้โดยอัตโนมัติตามค่าความถี่เสียงที่ได้รับมา ผ่านอุปกรณ์ที่สามารถรับค่าสัญญาณเสียงจากสภาพแวดล้อมนั้นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Arduino **"Arduino Due."** [Online] Available: https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardDue. 2016.

[2] Arduino **"Arduino Ethernet Shield."** [Online] Available: https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield. 2016.

[3] Aida DSP team **"Aida DSP Your next audio project."** [Online] Available: http://www.aidadsp.com. 2016.

[4] Arduino **"Web Server."** [Online] Available: https://www.arduino.cc/en/Tutorial/WebServer. 2016.

[5] MaxPayne86 **"AidaDSP."** [Online] Available: https://github.com/AidaDSP/AidaDSP/tree/master/Software/Examples. 2016.

[6] w3schools **"jQuery Tutorial."** [Online] Available: http://www.w3schools.com/jquery/

[7] Bootstrap team **"Bootstrap."** [Online] Available: http://getbootstrap.com. 2016.

[8] Boaz Porat. **A Course in Digital Signal Processing** New Jersey : John Wiley & Sons, Inc. 1997.

[9] Alec Nisbett. **The Sound Studio** Massachusetts: Focal Press. 2003.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
คู่มือการติดตั้งโปรแกรม

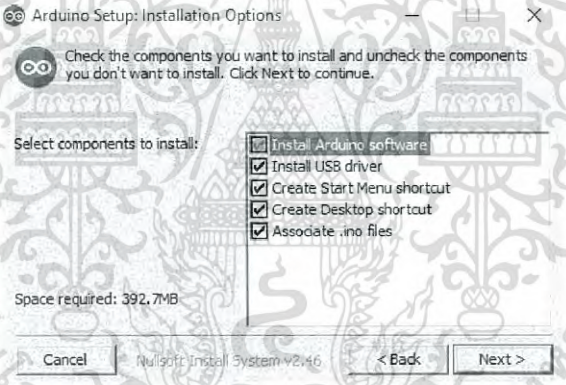
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งและตั้งค่าโปรแกรม Arduino IDE version 1.6.7

1. ดับเบิลคลิกไฟล์ arduino-1.6.7-windows.exe จากโฟลเดอร์ Programs ในแผ่นดิสก์ จะปรากฏหน้าต่างติดตั้ง ให้กด I Agree

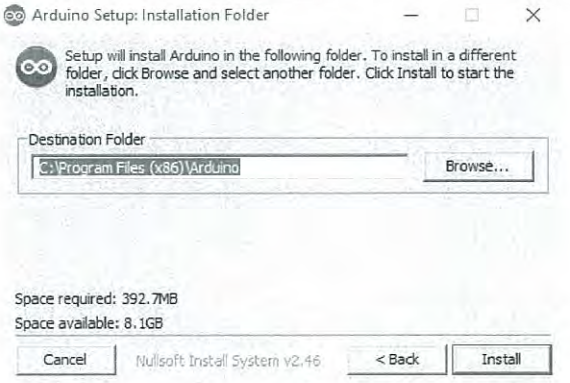
รูปที่ ก.1 หน้าต่างติดตั้งโปรแกรม Arduino

2. เลือกข้อมูลที่ต้องการติดตั้ง จากนั้นกด Next >



รูปที่ ก.2 หน้าต่างเลือกข้อมูลที่ต้องการติดตั้ง

3. เลือกพื้นที่ที่ต้องการติดตั้งโปรแกรมแล้วกด Install



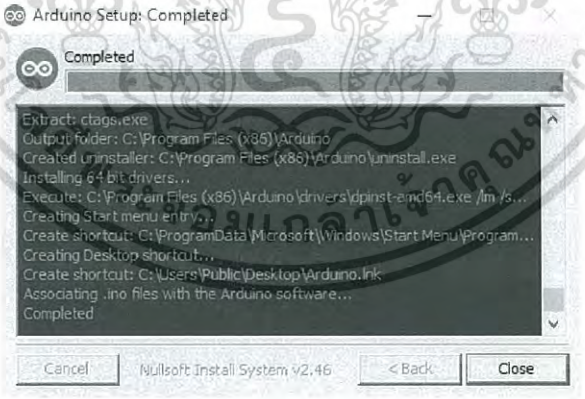
รูปที่ ก.3 หน้าต่างเลือกพื้นที่ที่ต้องการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รอจนกว่าจะติดตั้งโปรแกรม หน้าต่างติดตั้ง Arduino USB Driver ให้กด Install

รูปที่ ก.4 หน้าต่างติดตั้ง Arduino USB Driver

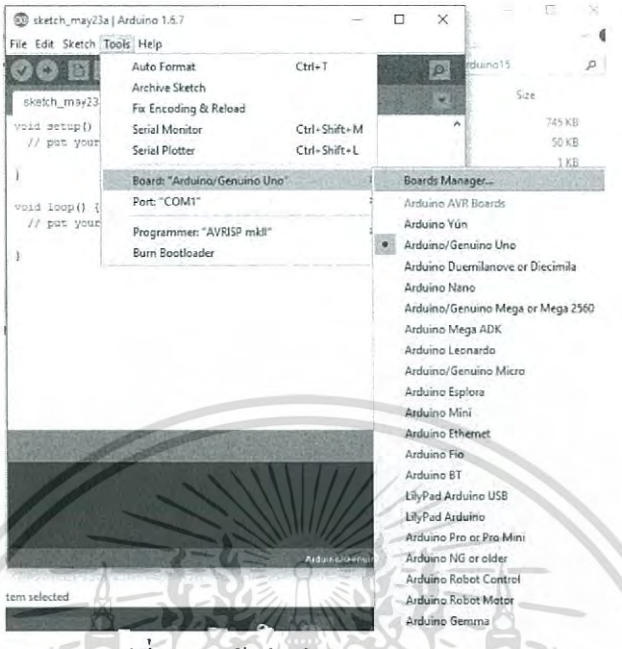
5. เมื่อติดตั้งโปรแกรมเสร็จแล้วจะขึ้นสถานะ Completed แล้วกด Close จะมี Shortcut โปรแกรมอยู่ที่หน้า Desktop



รูปที่ ก.5 หน้าต่างแสดงติดตั้งโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์

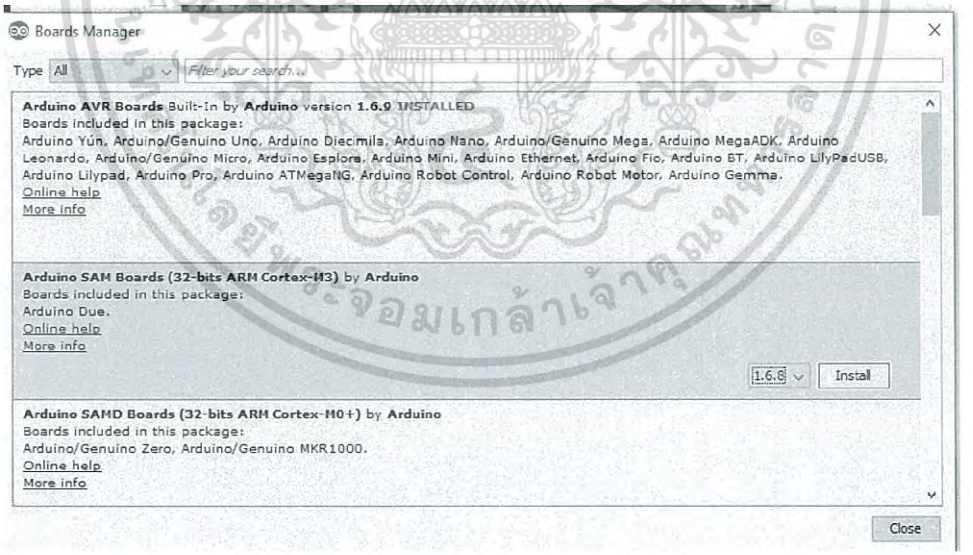
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เปิดโปรแกรม Arduino จากหน้า Desktop จะปรากฏหน้าจอโปรแกรม ให้เลือก Tools > Board > Board Manager…



รูปที่ ก.6 หน้าต่างโปรแกรม Arduino

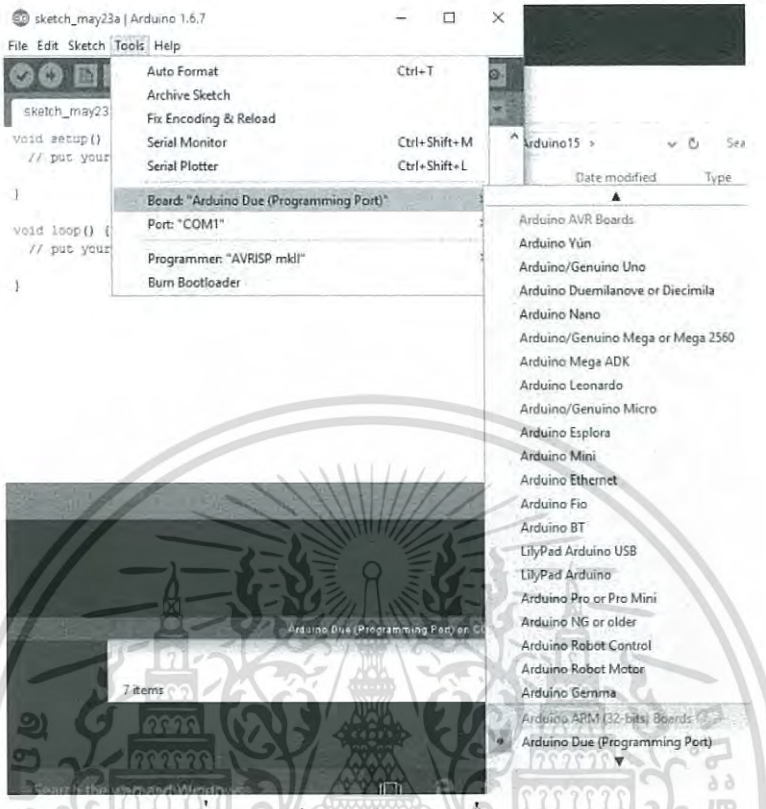
7. ในหน้า Boards Manager ทำการติดตั้ง Arduino SAM Boards (32-bits ARM Cortex-M3)



รูปที่ ก.7 หน้าต่าง Boards Manager

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เมื่อติดตั้งเสร็จให้เลือก Tools > Board > Arduino Due (Programing Port) และ Port: ให้ตรงกับที่เชื่อมต่อบอร์ด



รูปที่ ก.8 หน้าต่างเลือกการเชื่อมต่อ

ขั้นตอนการติดตั้ง Libraries บน Arduino IDE

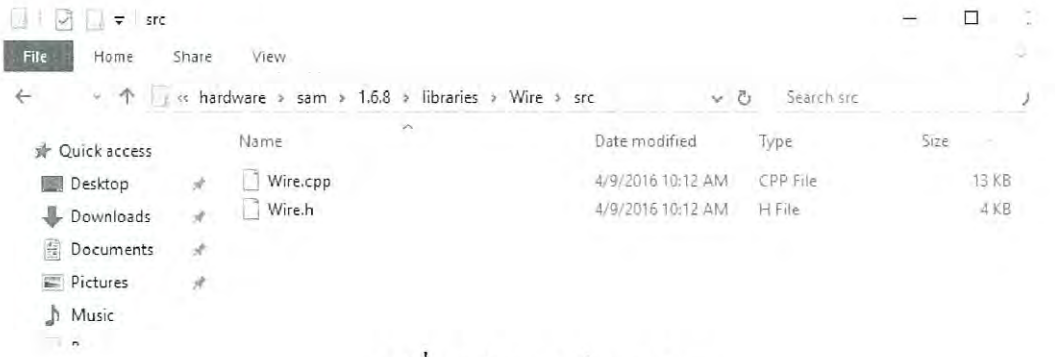
Libraries สำหรับใช้งาน Arduino ร่วมกับ Aida DSP Board ต้องใช้ 2 ตัวคือ Wire (ปรับแต่งสำหรับทำงานร่วมกับ Aida DSP) และ AidaDSP

1. AidaDSP Library ให้ทำการคัดลอกโฟลเดอร์ชื่อ Aida อยู่ในแผ่นดิสก์ โฟลเดอร์AidaDSP\Software\Libraries\Arduino ให้คัดลอกไปวางไว้ใน C:\Documents\Arduino\libraries

2. Wire ให้ทำการคัดลอกไฟล์จากโฟลเดอร์ WireMod โดยจะแบ่งเป็น 2 โฟลเดอร์ย่อย

   1) โฟลเดอร์ Arduino2 เป็น Wire ที่ใช้กับบอร์ด Arduino Due ให้คัดลอกไฟล์ทั้งหมดจากในโฟลเดอร์ไปวางที่ C:\Users\YourUser\AppData\Local\Arduino15\packages\arduino\hardware\sam\1.6.7\libraries\Wire\src

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.9 โฟลเดอร์ WireMod

2) โฟลเดอร์ ArduinoUnoMegaR3 เป็น Wire ที่ใช้กับบอร์ด Arduino Uno หรือ Arduino Megaให้คัดลอกไฟล์ทั้งหมดในโฟลเดอร์ไปวางที่ C:\Program Files(x86)\arduino\hardware\arduino\avr\libraries\Wire

รูปที่ ก.10 โฟลเดอร์ ArduinoUnoMegaR3

3. การทดลองใช้งานสามารถทำได้โดยการเปิดไฟล์ตัวอย่างจากแผ่นดิสก์ โฟลเดอร์AidaDSP\Software\Examples\Arduino

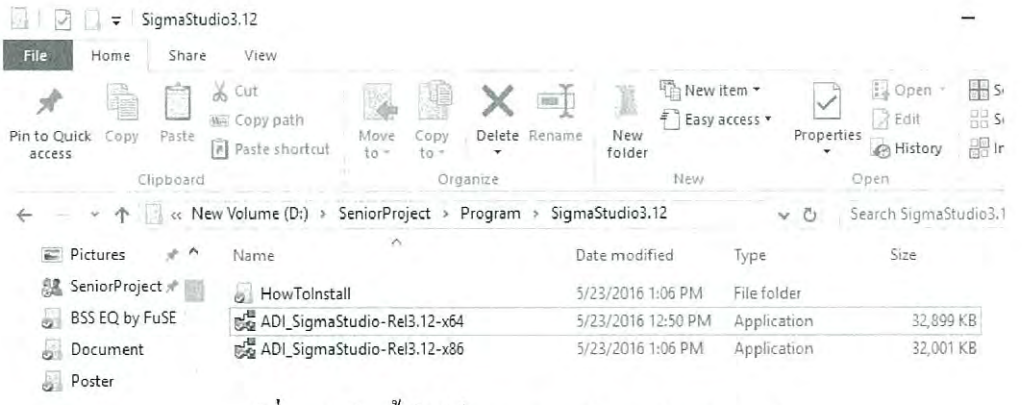
การติดตั้งโปรแกรม Sigma Studio version 3.12

1. เปิดโฟลเดอร์ในแผ่นดิสก์ ชื่อ Programs\SigmaStudio3.12 จะมีไฟล์ติดตั้ง 2 ไฟล์แบ่งตามระบบปฏิบัติการ

ถ้า Windows 32 bit ให้ติดตั้ง ADI_SigmaStudio-Rel3.12-x86.exe

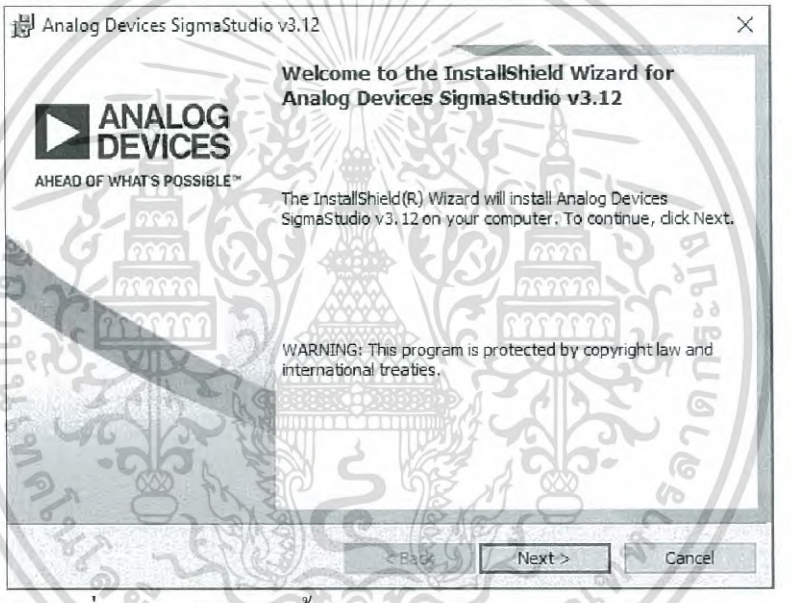
ถ้า Windows 64 bit ให่ติดตั้ง ADI_SigmaStudio-Rel3.12-x64.exe

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.11 ติดตั้งไฟล์ Programs\SigmaStudio3.12

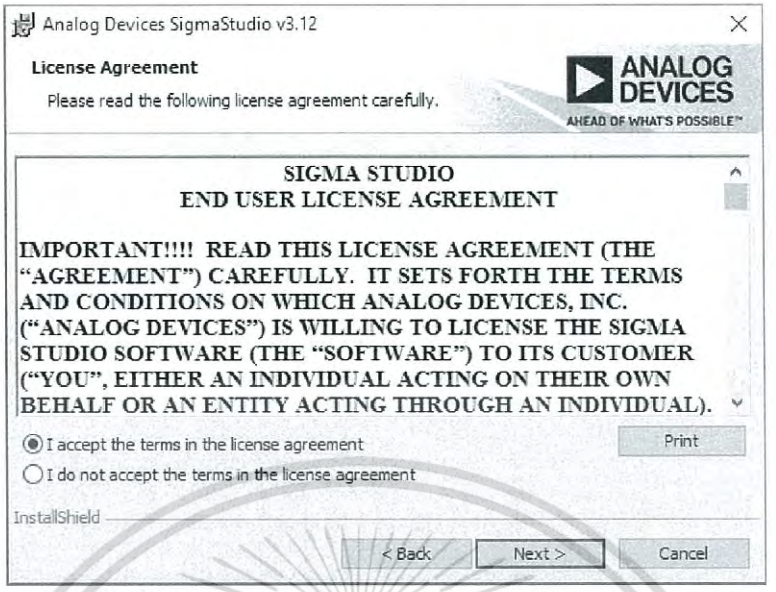
2. ดับเบิลคลิกไฟล์เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรมดังรูปให้กด Next >



รูปที่ ก.12 หน้าต่างติดตั้งโปรแกรม SigmaStudio3.12

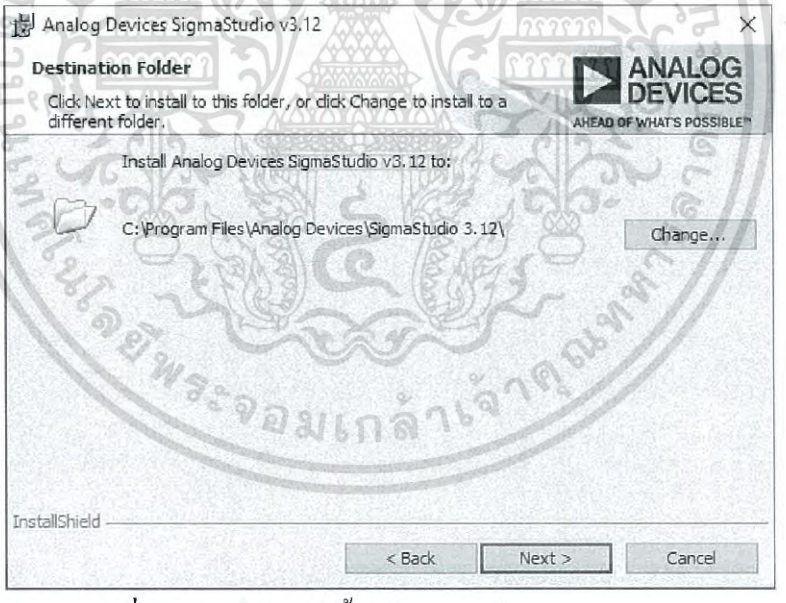
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เลือก I accept the terms in the license agreement แล้วกด Next >



รูปที่ ก.13 หน้าต่างติดตั้งโปรแกรมเลือก I accept...

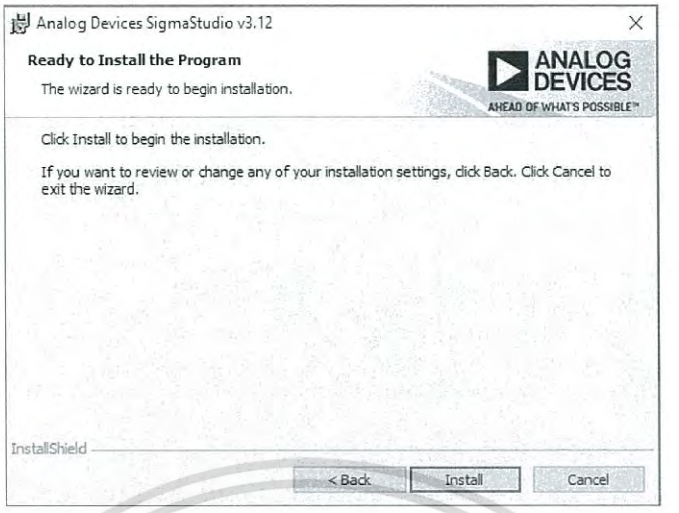
4. เลือก Destination ที่จะทำการติดตั้งแล้วกด Next >



รูปที่ ก.14 หน้าต่างติดตั้งโปรแกรมเลือก Next

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

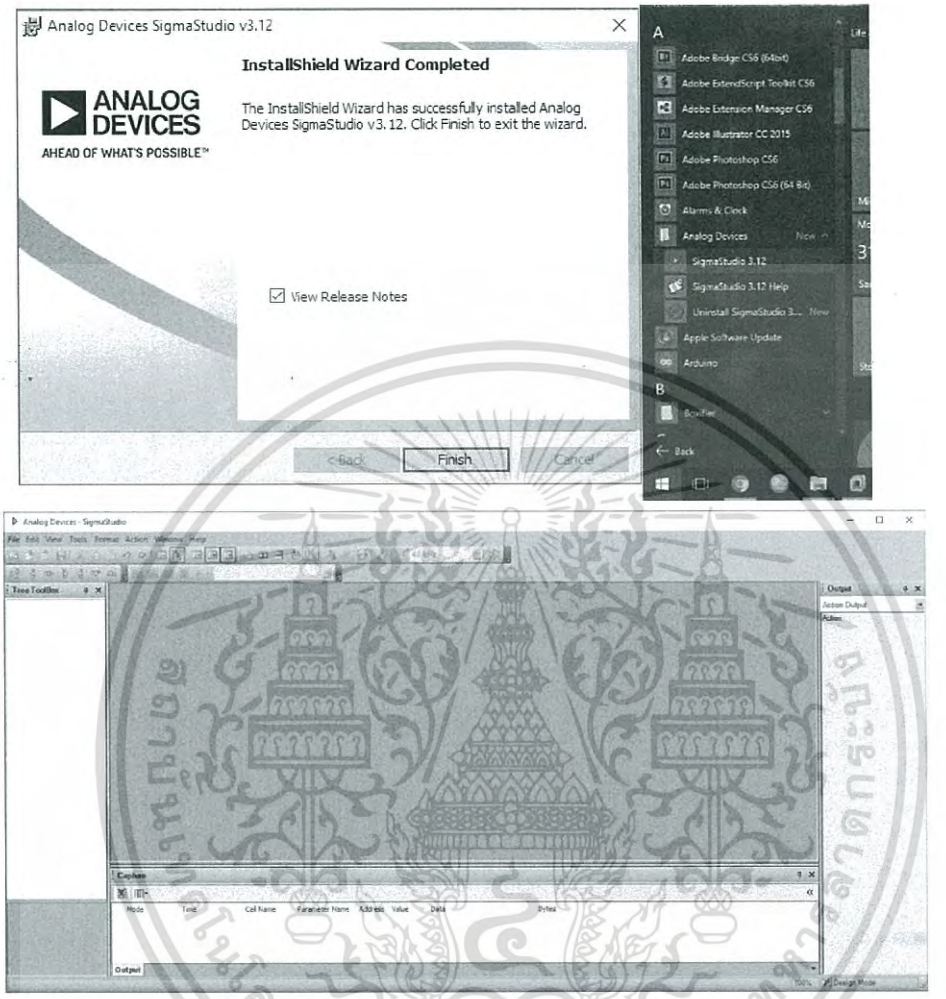
5. กด Install เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม



รูปที่ ก.15 หน้าต่างติดตั้งโปรแกรมเลือก Install

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการติดตั้งโปรแกรมเรียบร้อยแล้วกด Finish และเข้าใช้งานโปรแกรมโดยไปที่ Start > All apps > Analog Devices > Sigma Studio 3.12



รูปที่ ก.16 หน้าต่างเข้าใช้งานโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

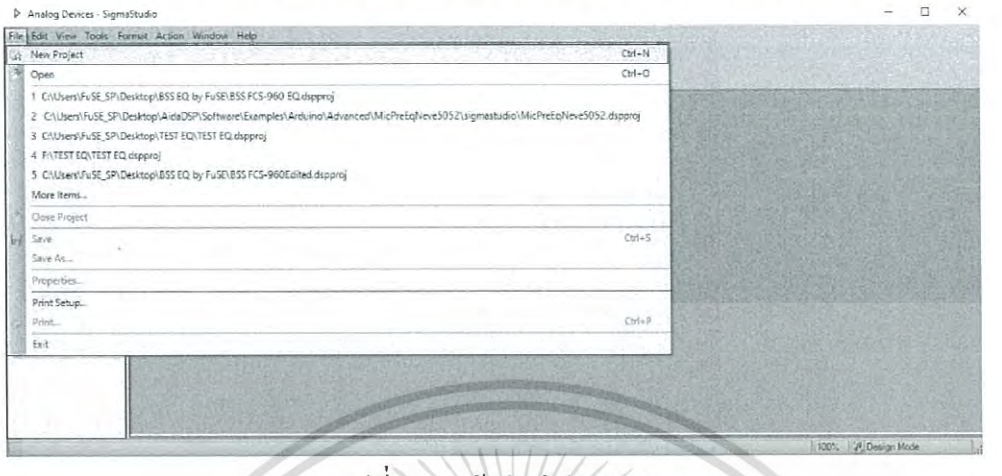
ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานโปรแกรม Sigma Studio ออกแบบวงจรใช้งานร่วมกับ Arduino

1. ทำการเปิดโปรแกรม Sigma Studio แล้วไปที่ File เลือก New Project เพื่อสร้างงานใหม่ตามภาพ

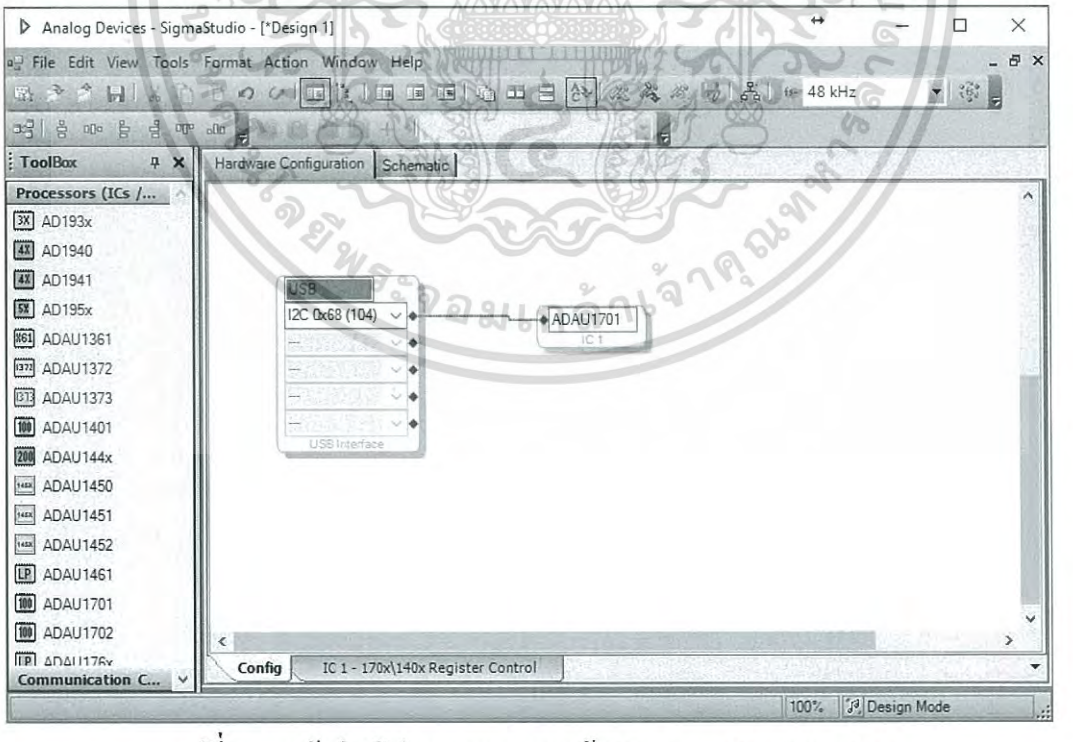


รูปที่ ข.1 หน้าต่างโปรแกรม

2. ในแถบ ToolBox ด้านซ้ายให้เลือก

- Processors : ADAU1701 ตามบอร์ดประมวลผลที่ใช้
- Communication : ให้เลือกเป็น USBi

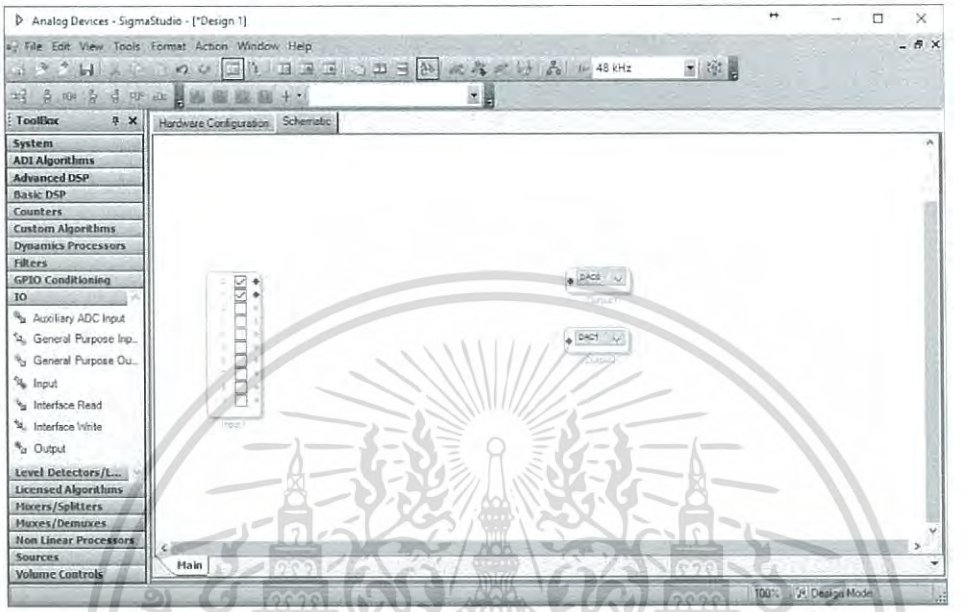
ลาก Objects ลงในหน้าต่าง Hardware Configuration แล้วลากสายเชื่อมกัน ดังรูป



รูปที่ ข.2 หน้าต่างโปรแกรมแสดงหน้า Hardware Configuration

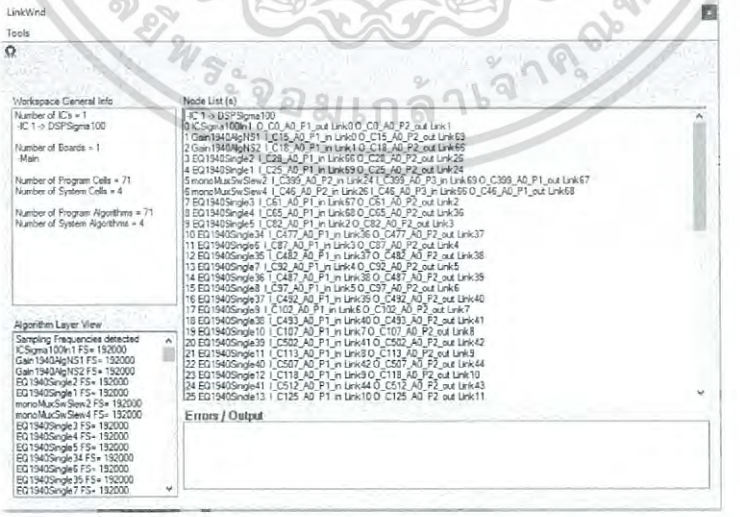
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ในหน้าต่างด้านขวาให้เลือกแถบ Schematic เพื่อทำการออกแบบวงจรภายใน DSP Processor เลือก Component ที่ใช้จากแถบ ToolBox ด้านซ้ายมือ เช่น ส่วนของ IO: Input, Output , ส่วนของ Basic DSP ใช้ Linear Gain, ส่วนของ Filters ในการทำวงจรกรองความถี่ , ส่วนของ Bypass switch ในหมวด Muxes/Demuxes และ T Connection ในหมวด System ในการแยกสัญญาณ



รูปที่ ข.3 หน้าต่างโปรแกรมหน้า Schematic

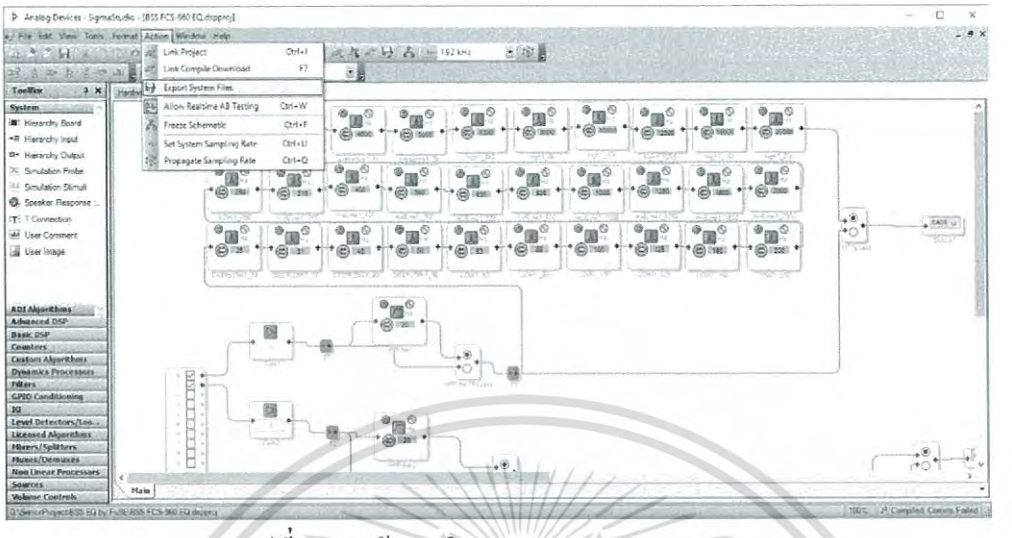
4. เมื่อออกแบบวงจรเสร็จเลือก Action ที่แถบด้านบน กด Link Project เพื่อตรวจสอบ Error, Algorithm, Node ที่ใช้ทั้งหมด



รูปที่ ข.4 หน้าต่างแสดงผลการเชื่อมต่อ และข้อผิดพลาด

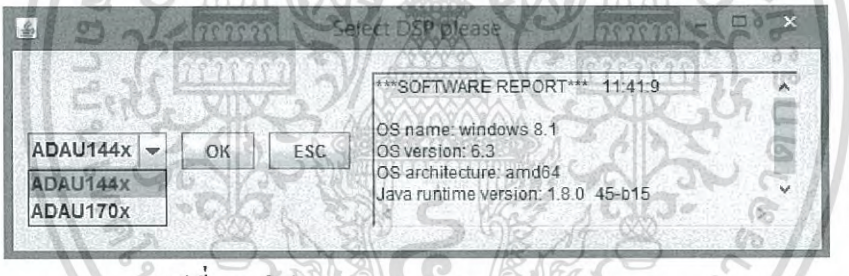
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ไปที่ Action > Link Compile Download จากนั้นไปที่ Action เลือก Export System Files จะได้ไฟล์ XML ออกมา



รูปที่ ข.5 หน้าเมนูในการ Export System Files

6. เปิดโปรแกรม AidaHeaderFileGenerator.jar ใน drop down list เลือก ADAU170x กด OK



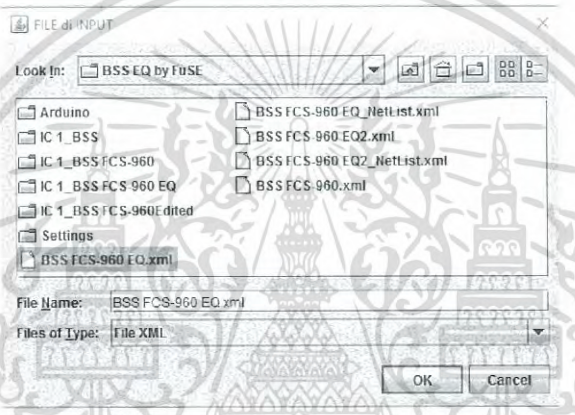
รูปที่ ข.6 โปรแกรม AidaHeaderFileGenerator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กำหนด Address ให้ตรงกับที่ตั้ง Dip Switch ไว้บน Aida DSP Board

รูปที่ ข.7 แสดงหน้า Address

8. เลือก File IN จะมีหน้าต่างให้เลือกไฟล์ XML กด OK แล้วกด MAKE จะได้ไฟล์ AidaFW.h เพื่อนำไปใช้กับ Arduino



รูปที่ ข.8 แสดงหน้าเลือกไฟล์ **XML**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายพงศ์ภัค โชติคุณาพาณิชย์
วัน เดือน ปีเกิด	6 สิงหาคม 2536 ที่จังหวัดราชบุรี
ที่อยู่	518/17 ถ.เกษมสุขุม ต.แม่กลอง อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม 75000
โทร	0970255587
อีเมล	fusesp@gmail.com
ประวัติการศึกษา	
2556	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวฟ้าวลัย ตันศยานนท์
วัน เดือน ปีเกิด	11 สิงหาคม 2536 ที่จังหวัดภูเก็ต
ที่อยู่	444/44 หมู่บ้านสัมมากรรามคำแหง ซอยรามคำแหง162/1 ถนนรามคำแหง แขวงสะพานสูง เขตสะพานสูง กรุงเทพมหานคร 10240
โทรศัพท์มือถือ	0869850084
อีเมล	f.tansayanon@gmail.com
ประวัติการศึกษา	
2556	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปรับแต่งช่วงความถี่เสียงแบบไร้สาย

โดยใช้ Aida DSP

พงศ์ภัค โชติคุณาพาณิชย์, ฟ้าวลัย ตันศยานนท์ และ ปานวิทย์ ธุวะนุติ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

Emails: fusesp@gmail.com , f.tansayanon@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับระบบเสียงทั้งทางด้านการบันทึก ปรับแต่ง และการแสดง มีการเปลี่ยนแปลงจากระบบแอนะล็อกมาเป็นรูปแบบของระบบดิจิทัลกันมากขึ้นโดยใช้คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์เฉพาะทางที่ออกแบบมาเพื่อการทำงานนี้ งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมย่านความถี่เสียง(Equalizer)แบบไร้สาย โดยใช้อุปกรณ์ Arduino และ Aida DSP Shield แผงวงจรประมวลผลดังกล่าวสามารถทำงานแบบเวลาจริง (real-time) จึงเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ระบบดังกล่าวจะช่วยเพิ่มความถูกต้องแม่นยำและความสะดวกสบายในการควบคุมย่านความถี่เสียงที่ใช้ในงานดนตรีหรือการแสดงกลางแจ้งในสภาพแวดล้อมต่างๆให้มีคุณภาพเสียงที่ดียิ่งขึ้น โดยมีการศึกษารูปแบบของสัญญาณหลักการและ เทคนิคในการปรับแต่งย่านความถี่เสียงทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการและสามารถควบคุมการทำงานแบบไร้สายได้

คำสำคัญ – Equalizer, Hi-pass filter, Aida DSP Shield, Arduino Web Server

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับเสียงทั้งบันทึกเสียงหรือการแสดงสดต่างๆมีการเปลี่ยนแปลงมาใช้งานในรูปแบบของระบบดิจิทัล ซึ่งจะมีการนำ สัญญานเสียงที่ได้มาประมวลผลโดยใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ แทนที่ระบบแอนะล็อก ซึ่งในการทำงานจะต้องผ่านวงจรอิเล็กทรอนิคส์ต่างๆเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ของเสียงตามที่ต้องการ ปัญหาของระบบแอนะล็อกคือสัญญาณที่ได้หลังการปรับแต่งเกิดค่าความเพี้ยน (THD) ของสัญญาณที่สูงกว่าแบบดิจิทัลส่งผลให้สัญญาณเสียงที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการปรับแต่งมีคุณภาพไม่ดี

เทคนิคการประมวลผลระบบเสียงในรูปแบบดิจิตอล คือการรับเอาสัญญาณเสียงแอนะล็อกเข้ามาแล้วทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบสัญญาณดิจิทัล (ADC) แล้วนำไปเข้ากระบวนการประมวลผล (Digital Signal Processing) ให้ได้ผลลัพธ์ของเสียงตามที่ต้องการ แล้วนำสัญญาณดิจิทัลนั้นแปลงกลับให้อยู่ใน รูปแบบสัญญาณแอนะล็อก (DAC) แล้วส่งออกไปโดยระบบดังกล่าวสามารถใช้ในการแก้ไขปัญหาที่กล่าวไปข้างต้นได้และให้ผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงมากกว่าแบบแอนะล็อก

จากความสำคัญของสัญญาณเสียงที่กล่าวมาในข้างต้น คณะผู้จัดทำจึงมีความประสงค์ที่จะพัฒนาระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียง (Equalizer with Arduino DSP) ซึ่งเป็นระบบที่ทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงต้นทางมาทำการประมวลผลภายใต้การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DSP - Digital Signal Processing) โดยสามารถจำแนกย่านความถี่เสียงของสัญญาณที่รับเข้ามาแล้วทำการปรับระดับเสียงในย่านความถี่ต่างๆได้แบบเวลาจริง (real-time) แล้วส่งสัญญาณเสียงที่ปรับแต่งออกมาในรูปสัญญาณแอนะล็อก การประมวลผลสัญญาณดังกล่าวจะให้ผลลัพธ์ของสัญญาณที่มีความถูกต้องแม่นยำให้คุณภาพดีกว่าการใช้งานผ่านวงจรฟิลเตอร์แอนะล็อกสำหรับการปรับแต่งย่านความถี่เสียง สามารถทำได้ในระบบเว็บแอพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้นให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงได้ผ่านอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อทางระบบเครือข่ายไร้สาย

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน

โดยปกติแล้วการปรับแต่งเสียงที่ใช้ในการแสดงดนตรีต่างๆ ถูกควบคุมโดยการใช้อุปกรณ์แอนะล็อกอีควอไลเซอร์ในการควบคุมย่านความถี่เสียงต่างๆในตัวของแอนะล็อกอีควอไลเซอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์จำนวนมาก ส่งผลให้มีค่าความเพี้ยนของสัญญาณสูงจากการถูกรบกวน และการแบ่งย่านความถี่มีความถูกต้องแม่นยำต่ำ

การนำอุปกรณ์ Arduino และ Aida DSP shield มาประยุกต์ใช้กับระบบเสียงจึงเป็นทางออกที่เหมาะสมในการสร้างระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงหรืออีควอไลเซอร์ด้วยคุณสมบัติความแม่นยำถูกต้องของระบบการประมวลผลสัญญาณแบบดิจิทัล มีการประมวลผลเสียงรายละเอียดที่สูงกว่า มีค่าความเพี้ยนของสัญญาณที่ต่ำ เพราะทนต่อการรบกวน และสามารถควบคุมปรับแต่งผ่านหน้าเว็บแอพพลิเคชั่นได้ทำให้เกิดความสะดวกสบายมาก การปรับแต่งมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพราะสามารถปรับจากจุดฟังเสียงได้เลย

3. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.1 ศึกษาระบบเดิม

ในส่วนของโครงสร้างระบบเดิมนั้นเครื่องอีควอไลเซอร์จะเป็นอุปกรณ์ที่สร้างจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากที่ถูกนำมาสร้างเป็นวงจรกรองย่านความถี่ต่างๆเพื่อใช้ในการปรับแต่งย่านความถี่ของเสียงจากต้นทางให้มีความสมดุลกันทุกย่านหรือตามความชอบในสภาพแวดล้อมที่ใช้งาน โดยจะต้องทำการปรับแต่งหน้าเครื่องอีควอไลเซอร์นั้น

3.2 ปัญหาที่พบในระบบเดิม

ปัญหาที่เกิดขึ้นคือสัญญาณเสียงที่ได้จะถูกลดทอนคุณภาพลงซึ่งเกิดจากการเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์คุณภาพต่ำในการประกอบวงจรกรองย่านความถี่ และการออกแบบวงจรกรองความถี่ซึ่งกรองความถี่ได้ไม่ละเอียดทำให้มีความแม่นยำต่ำ การปรับแต่งย่านความถี่ปรับโดยการปรับค่าความต้านทานของรีซิสเตอร์ปรับค่าได้ซึ่งผู้ปรับต้องปรับที่หน้าเครื่องอีควอไลเซอร์นั้น แต่ต้องฟังเสียงโดยรวมจากบริเวณจุดที่ฟัง

3.3 วิเคราะห์ระบบที่ต้องการออกแบบ

3.3.1. จุดประสงค์ของโครงงาน

ระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบดิจิทัลจะช่วยแก้ปัญหาต่างๆที่มีในระบบแบบแอนะล็อกได้ดังนี้

1. ทนต่อสัญญาณรบกวนต่างๆได้มากกว่าแบบแอนะล็อก
2. สัญญาณถูกประมวลผลในความละเอียดที่สูงขึ้นทำให้สัญญาณเสียงมีคุณภาพสูงขึ้น
3. ระบบมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น
4. เพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งาน

3.3.2 ทำไมถึงออกแบบระบบเช่นนี้

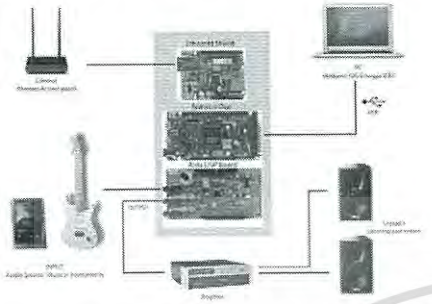
เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Due เพราะมีคุณสมบัติสูงกว่า Arduino รุ่นอื่นๆในการประมวลผลคำสั่ง ใช้ Arduino Ethernet Shield รุ่น R3 เชื่อมต่อกับ Access Point ทำหน้าที่เป็นตัวกระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายให้อุปกรณ์เชื่อมต่อเพื่อเข้ามาควบคุมการใช้งานได้ในระยะไกล แทนการใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ที่สามารถกระจายสัญญาณไร้สายได้ในตัวเอง เพราะการให้ Access Point ทำให้ได้ระยะในการกระจายสัญญาณไร้สายที่ไกลกว่า ซึ่งตรงต่อลักษณะการใช้งานของโครงงานนี้มากที่สุด คือการปรับแต่งย่านความถี่เสียงกลางแจ้งบริเวณกว้าง ในส่วนของบอร์ดประมวลผลสัญญาณเสียงเลือกใช้บอร์ด Aida DSP Shield เพราะตัวบอร์ดใช้ชิพประมวลผลสัญญาณเสียงประสิทธิภาพสูงของบริษัท Analog Devices เบอร์ ADAU1701 ชุดประมวลผล 28-/56-Bit สามารถประมวลผลคำสั่งได้ที่ 50 MIPS (50ล้านคำสั่งต่อวินาที) มีชุดแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล 2 ชุด และชุดแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อก 4 ชุดที่ Bit depth 24 bit/Sample rates up to 192 Khz การออกแบบการทำงานของชิพประมวลผลจะต้องออกแบบผ่านโปรแกรม Sigma Studio ซึ่งมีฟังก์ชันให้เลือกใช้งานได้มากมาย ทำให้สามารถนำไปใช้ต่อยอดได้ในอนาคต

3.4 ภาพรวมการทำงานของระบบ

Arduino Due จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลการปรับความถี่ให้กับ AidaDSP Board ในการประมวลผลสัญญาณ Audio Input ที่รับเข้ามา แล้วส่งออกไปยัง Audio Output

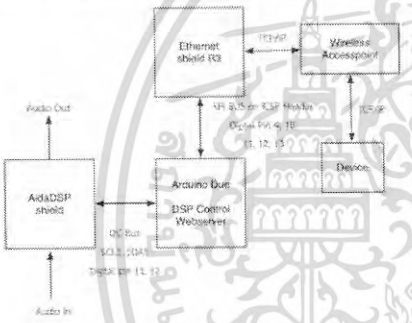
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทำหน้าที่ Web Server โดยการใช้ไฟล์เว็บเพจจาก SD Card ใน Ethernet Shield การควบคุมแบบไร้สายทำได้โดยการนำ Ethernet shield เชื่อมต่อกับ Wireless Access point เพื่อให้อุปกรณ์ไร้สายเชื่อมต่อเข้ามาใช้ Web Application เพื่อทำการควบคุม



รูปที่3.1 Block Diagram

3.5 Block Diagram



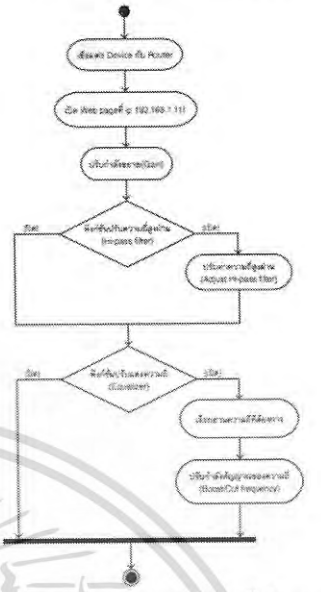
รูปที่3.2 Block Diagram

1. Arduino Due มีการติดต่อกับทั้ง W5100 และ SD card ใน Ethernet shield โดยใช้ SPI Bus ผ่านพอร์ต ICSP การทำงานใช้ Digital pin 4 ใช้สำหรับ SD card, pin 10 ใช้คุมการทำงานของชิพ W5100 หรือสัญญาณ SS, pin 11 สำหรับสัญญาณ MOSI, pin 12 สำหรับสัญญาณ MISO และ pin 13 สำหรับสัญญาณ SCK

2. Arduino Due มีการติดต่อกับ Aida DSP Board ผ่านโปรโตคอล I2C โดยใช้ pins SCL1, SDA1 และ Digital pin 2สำหรับ Encoder B, pin 3 สำหรับ Encoder A, pin 4 สำหรับ Encoder Push, pin 11 สำหรับ RESET, pin 12 สำหรับคำสั่ง SBOOT

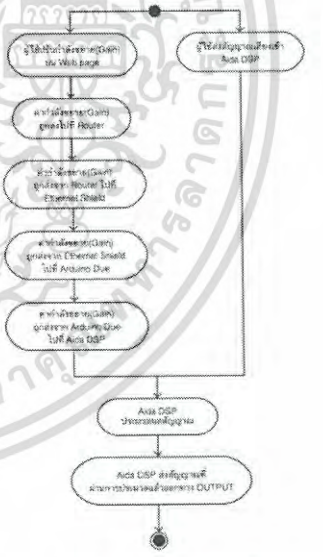
3.6 แผนภาพกิจกรรม(Activity Diagram)

3.6.1 แผนภาพกิจกรรมแสดงการใช้งานระบบของผู้ใช้งาน



รูปที่3.3 แผนภาพกิจกรรมแสดงการใช้งานระบบของผู้ใช้งาน

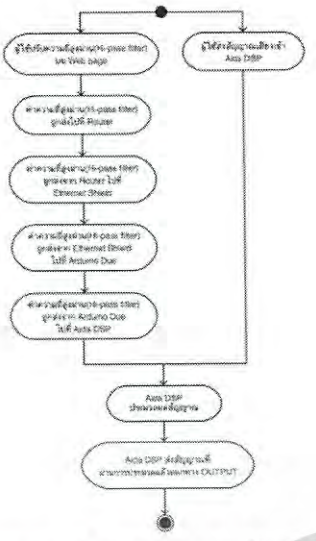
3.6.2 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลกำลังขยาย (Gain)



รูปที่3.4 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลกำลังขยาย

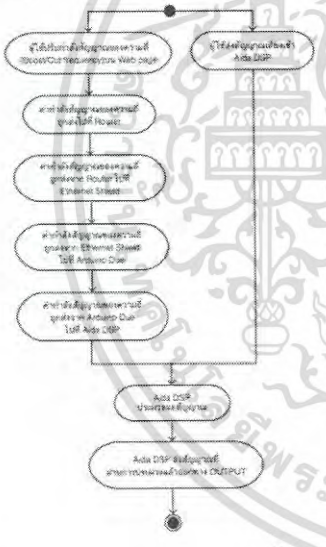
3.6.3 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลความถี่สูงผ่าน (Hi-pass filter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



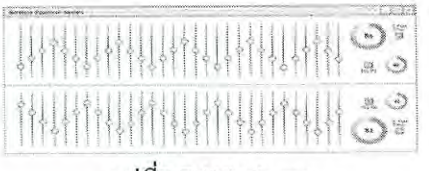
รูปที่3.5 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลความถี่สูงผ่าน

3.6.4 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลค่าความถี่ที่ถูกปรับแต่ง (Equalizer)



รูปที่3.6 แผนภาพกิจกรรมแสดงการไหลของข้อมูลค่าความถี่ที่ถูกปรับแต่ง

3.7 Wireframe ของเว็บเพจสำหรับปรับแต่ง Equalizer

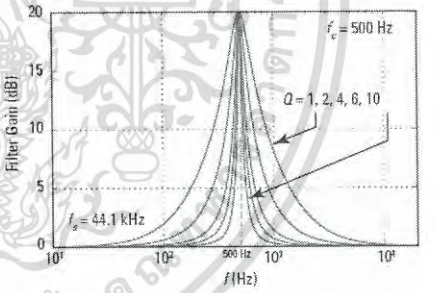


รูปที่3.7 Wireframe

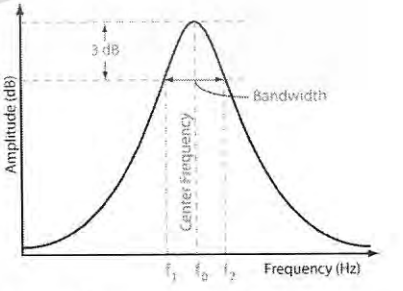
3.8 การออกแบบระบบปรับย่านความถี่

การออกแบบระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบไร้สายนี้ได้มีการอ้างอิงการทำงานจากเครื่องปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบแอนะล็อกที่ใช้ในงานการแสดงหรือในห้องบันทึกเสียงที่เลือกมาออกแบบเป็น Graphic equalizer โดยเริ่มศึกษาจากเครื่องที่ใช้จริงในการทำงาน พบว่าส่วนใหญ่ประกอบด้วยวงจรกรองความถี่ทั้งหมด 30 ย่านต่อหนึ่งช่องสัญญาณ, ฟังก์ชันกรองความถี่สูงผ่าน และสามารถเพิ่มกำลังขยายของสัญญาณต้นทางก่อนเข้าวงจรกรองย่านความถี่ไป

การออกแบบวงจรกรองความถี่เลือกใช้เป็นชนิด peaking filter แบบ second order ในย่านความถี่ 20 Hz - 20 kHz มีการแบ่งช่วงแบนด์วิธของสัญญาณเป็นแบบ ⅓ octave แบ่งย่านความถี่ที่ปรับทั้งหมด 30 ย่าน คือ 25Hz, 31Hz, 50Hz, 63Hz, 80Hz, 100Hz, 125Hz, 160Hz, 200Hz, 250Hz, 315Hz, 400Hz, 500Hz, 630Hz, 800Hz, 1kHz, 1.25KHz, 1.6kHz, 2kHz, 2.5kHz, 3.15kHz, 4kHz, 5kHz, 6.3kHz, 8kHz, 10kHz, 12.5kHz, 16kHz, 20kHz



รูปที่3.8 แสดงความสัมพันธ์ของค่าQ



รูปที่3.9 แสดงช่วงแบนด์วิธของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถกำหนดช่วงความกว้างของย่านความถี่หรือค่า Q ได้จาก สมการ

$$Q = \frac{\sqrt{2^N}}{2^N - 1}$$

$$N = Bandwidth\ in\ octaves$$

โดยใช้ค่า Q = 4.318 ในทุกย่านความถี่เป็นแบบ Constant-Q แต่ละย่านสามารถปรับ Boost/cut ความถี่ได้ -+10dB เมื่อทำการปรับเพิ่มหรือลดกำลังขยายจะมีความถี่ข้างเคียงที่จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงด้วย โดยสามารถคำนวณหาความถี่ Center Frequency, Lower Frequency และ Upper Frequency ได้จากสมการ

$$\text{Center Frequency} = f_0 \quad (1)$$
$$\text{Lower Frequency} = \frac{f_0}{2^{1/6}} \quad (2)$$
$$\text{Upper Frequency} = f_0 \cdot 2^{1/6} \quad (3)$$

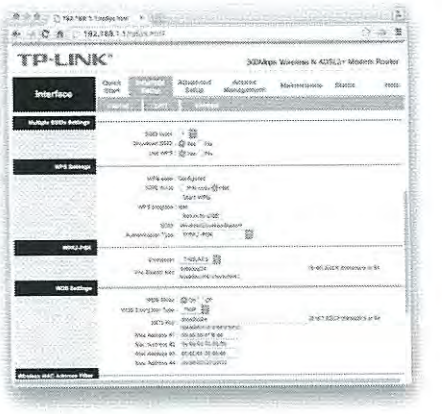
ตารางที่3.1 แสดงย่านความถี่ 30 ย่าน

Band	Lower Frequency	Center Frequency	Upper Frequency
1	22	25	28
2	28	31	35
3	36	40	45
4	45	50	56
5	56	63	71
6	71	80	90
7	89	100	112
8	111	125	140
9	143	160	180
10	178	200	224
11	223	250	281
12	281	315	354
13	356	400	449
14	445	500	561
15	561	630	707
16	713	800	898
17	891	1000	1122
18	1114	1250	1403
19	1425	1600	1796
20	1782	2000	2245
21	2227	2500	2806
22	2806	3150	3536
23	3564	4000	4490
24	4454	5000	5612
25	5613	6300	7072
26	7127	8000	8980
27	8909	10000	11225
28	11136	12500	14031
29	14254	16000	17959
30	17818	20000	22449

4. การทดลอง

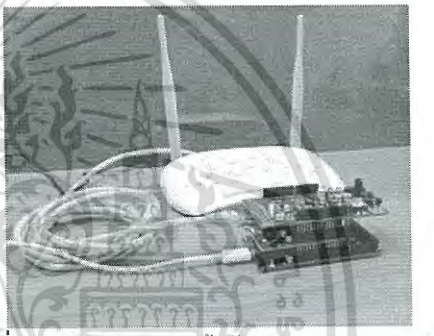
4.1 ตั้งค่า Access Point

ตั้ง Password สำหรับการเชื่อมต่อ Access Point เพื่อความปลอดภัยขณะใช้ระบบ(ป้องกันบุคคลอื่นเชื่อมต่อแล้วมาปรับค่า)



รูปที่4.1 แสดงการตั้งค่า Access Point

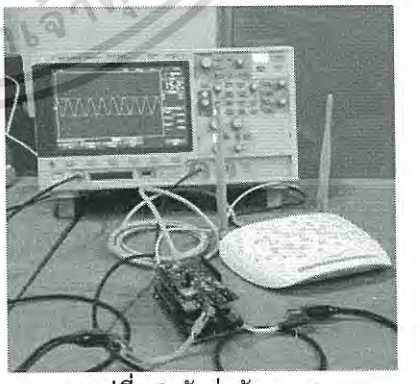
4.2 ติดตั้งอุปกรณ์



รูปที่4.2 เสียบสายแลนเข้ากับ Access Point และตัวบอร์ด

4.3 ป้อนสัญญาณรูปไซน์

ป้อนสัญญาณรูปไซน์ความถี่ 1.5Hz - 26kHz ที่ 1 Vpp. ที่ช่อง input ของ AidaDSP shield แล้ววัดค่าสัญญาณที่ได้จากช่อง output โดยใช้ออสซิโลสโคป



รูปที่4.3 วัดค่าสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ตารางแสดงการตอบสนองระดับแรงดันไฟฟ้าปกติที่ความถี่ต่างๆ

ความถี่ (Hz)	ระดับแรงดันไฟฟ้า (mV.)	ความถี่(Hz)	ระดับแรงดันไฟฟ้า (mV.)
1.5	10	2000	430
2	12	3000	430
3	17	4000	430
5	28	5000	430
8	44	6000	430
10	60	7000	430
20	110	8000	430
30	150	9000	430
40	190	10000	430
50	230	11000	426
60	260	12000	420
70	279	13000	420
80	300	14000	420
90	317	15000	420
100	332	16000	410
200	400	17000	410
300	410	18000	410

ตารางที่4.1 แสดงการตอบสนองระดับแรงดันไฟฟ้าปกติที่ความถี่ต่างๆ

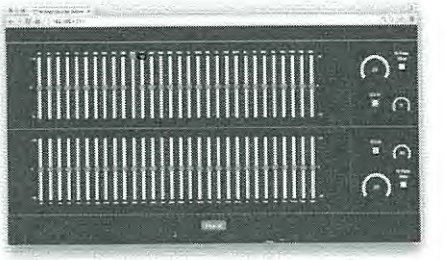
400	420	19000	410
500	430	20000	400
600	430	21000	400
700	430	22000	380
800	430	23000	330
900	430	24000	80
1000	430	26000	10

4.5 กราฟแสดงค่าการตอบสนองความถี่ของ Aida DSP shield

กราฟที่4.1 แสดงค่าการตอบสนองความถี่ของ Aida DSP

4.6 เปิดหน้าเว็บเพจ

โดยเข้าไปที่ 192.168.1.111 แล้วปรับเพิ่มกำลังขยายของความถี่ 25 Hz ไปที่ +10dB แล้วทำการป้อนสัญญาณไซน์ความถี่ใกล้เคียงกับย่านที่ปรับเพิ่มกำลัง ระดับแรงดัน 1 Vpp.



รูปที่4.4 หน้าเว็บเพจ

4.7 บันทึกค่าแรงดันในย่านความถี่ต่างๆ

ทำการบันทึกค่าแรงดันในย่านความถี่ต่างๆแล้วนำมาลบด้วยค่าการตอบสนองแรงดันไฟฟ้าที่ความถี่ต่างๆของ AidaDSP shield

4.8 นำค่าสร้างกราฟ

นำค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้มาสร้างกราฟแล้วปรับลดกำลังของขยายความถี่นั้นๆมาที่ 0dB

4.9 ทดลอง 30 ย่านความถี่

ทำการทดลองตามข้อ 4.4 - 4.6 กับความถี่อื่นๆทั้ง 30 ย่านความถี่

5. บทสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงงาน

การพัฒนาโครงงาน ระบบปรับแต่งย่านความถี่เสียงแบบไร้สายโดยใช้ Aida DSP เนื่องจากได้เปลี่ยนการประมวลผลจากแบบแอนะล็อกเป็นแบบดิจิทัล ซึ่งมีข้อดีดังนี้

1. ระบบประมวลผลสัญญาณที่ความละเอียดสูง 28-/56- bit และทนต่อการถูกรบกวน
2. สัญญาณที่ผ่านการประมวลผลมีความถูกต้องแม่นยำสูง
3. ระบบประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก ง่ายต่อการพกพา
4. สามารถควบคุมระบบได้แบบไร้สาย เหมาะสมต่อการใช้งานมากขึ้น

จึงทำให้ระบบปรับแต่งย่านความถี่แบบไร้สายมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบแอนะล็อก สามารถนำระบบไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาต่อยอดให้ทำงานได้แบบอัตโนมัติ และพัฒนาระบบประมวลเสียงในรูปแบบอื่นได้อีกมากมาย

ในส่วนของ Graphic User Interface ได้ออกแบบให้มีหน้าตาและขั้นตอนการทำงานคล้ายระบบแอนะล็อก (ระบบเดิม) ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานระบบได้โดยที่ไม่ต้องศึกษาการใช้งานใหม่

5.2 ปัญหาที่พบในโครงงานและข้อเสนอแนะ

ช่องสัญญาณขาเข้าและขาออกของบอร์ดไม่ตรงกัน ซึ่งเกิดจากความผิดพลาดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ แก้ไขได้โดยการสลับค่าซ้ายไปค่าขวา และสลับค่าขวามาค่าซ้าย ที่สัญญาณขาเข้า

ข้อเสนอแนะ ควรจะมีฟังก์ชั่นที่สามารถปรับค่าได้โดยอัตโนมัติตามค่าความถี่เสียงที่ได้รับมา ผ่านอุปกรณ์ที่สามารถรับค่าสัญญาณเสียงจากสภาพแวดล้อมนั้นๆได้

บรรณานุกรม

[1] Arduino **"Arduino Due."** [Online]
Available: https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardDue

[2] Arduino **"Arduino Ethernet Shield."** [Online]
Available: https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield

[3] Aida DSP team **"Aida DSP Your next audio project."** [Online]
Available: http://www.aidadsp.com

[4] Arduino **"Web Server."** [Online]
Available: https://www.arduino.cc/en/Tutorial/WebServer

[5] MaxPayne86 **"AidaDSP."** [Online]
Available: https://github.com/AidaDSP/AidaDSP/tree/master/Software/Examples

[6] w3schools **"jQuery Tutorial."** [Online]
Available: http://www.w3schools.com/jquery/

[7] Bootstrap team **"Bootstrap."** [Online]
Available: http://getbootstrap.com

[8] Boaz Porat. **A Course in Digital Signal Processing** New Jersey : John Wiley & Sons, Inc. 1997

[9] Alec Nisbett. **The Sound Studio** Massachusetts : Focal Press. 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้