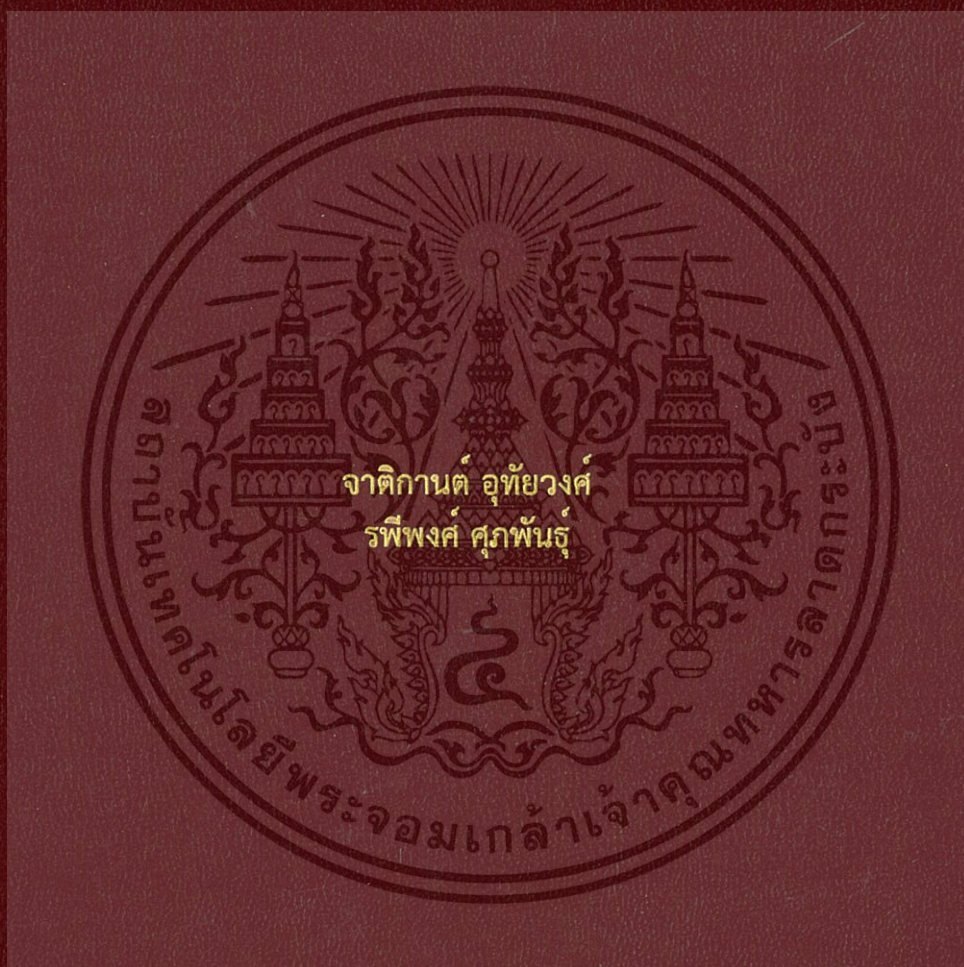


การเขียนโปรแกรมแล็บวิวเพื่อพัฒนาระบบการทดสอบ  
ชุดควบคุมรางกระจกรถยนต์

LABVIEW PROGRAMMING FOR WINDOW REGULATOR TESTING  
DEVELOPMENT



รายงานสหกิจศึกษาเป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต  
วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

การเขียนโปรแกรมแล็บวิวเพื่อพัฒนาระบบการทดสอบ  
ชุดควบคุมรางกระจกรถยนต์

LABVIEW PROGRAMMING FOR WINDOW REGULATOR TESTING  
DEVELOPMENT



T147898



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน **147898**  
ในเดือนปี **๓๑ ๓๑ ๒๕๖๐**

b.12862629  
.....

รายงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต  
วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LABVIEW PROGRAMMING FOR WINDOW REGULATOR TESTING  
DEVELOPMENT



A CO-OPERATIVE REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN MANUFACTURING SYSTEM ENGINEERING  
COLLEGE OF ADVANCED MANUFACTURING INNOVATION  
KING MOUNGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ **ACADEMIC YEAR 2016** ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30 พฤศจิกายน 2559

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมระบบการผลิต (ผศ. ดร. ชานนท์ วรรณสาร)

ตามที่ข้าพเจ้า นายรพีพงศ์ ศุภพันธุ์ และ นายจาดิกานต์ อุทัยวงศ์ นักศึกษาภาควิชา วิศวกรรมระบบการผลิต วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการข้อมูล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา (12026603) ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม 2559 ถึง วันที่ 30 พฤศจิกายน 2559 ในตำแหน่งนักศึกษาฝึกงาน (Programmer Engineer) แผนก Laboratory ณ ไทยสตีลเคเบิล จำกัด (มหาชน) และได้รับมอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษา (supervisor) ให้นักศึกษาทำรายงาน เรื่อง เขียนโปรแกรมแล็บวิวเพื่อพัฒนาระบบการทดสอบชุดควบคุมรางกระจัดรถยนต์ (Labview programming for window regulator testing development)

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว ข้าพเจ้าจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมนี้ จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(นายรพีพงศ์ ศุภพันธุ์ และ นายจาดิกานต์ อุทัยวงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หัวข้อสหกิจศึกษา	การเขียนโปรแกรมแล็บVIEWเพื่อพัฒนาระบบการทดสอบชุดควบคุม รางกระดาษรถยนต์
ชื่อนักศึกษา	นาย จาติกานต์ อุทัยวงศ์ รหัสนักศึกษา 56120007 นาย รพีพงศ์ ศุภพันธุ์ รหัสนักศึกษา 56120029
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมระบบการผลิต
คณะ	วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร. ชานนท์ วริสาร

### บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษานี้เป็นการนำความรู้ในเรื่องการเขียนโปรแกรมแล็บVIEW ( LABVIEW ) ทดสอบเสียงของการทดสอบชุดควบคุมรางกระดาษหน้าต่างรถยนต์เพื่อหาค่า sound pressure, high frequency และ sound pressure fluctuation เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้าจากเดิมที่สามารถวัดได้เพียง sound pressure

การดำเนินการเขียนโปรแกรมและทดสอบเสียงเริ่มต้นจากการศึกษาทฤษฎีของเสียงและศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมแล็บVIEW Sound and vibration โดยใช้ไมโครโฟนต่อเข้ากับอุปกรณ์เชื่อมต่อ ( DAQ ) เพื่อนำสัญญาณที่ได้มาประมวลผลในโปรแกรมแล็บVIEWโดยสามารถหาค่า sound pressure ที่มีความใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงที่มาจากการวัดค่าจากเครื่อง sound level ซึ่งให้ค่าความแม่นยำมากกว่า 95 % ยิ่งไปกว่านั้นแล้วยังสามารถหา high frequency ในรูปของ octave 1/3 และ sound pressure fluctuation ได้สำเร็จอีกด้วย

คำสำคัญ : แล็บVIEW, ทดสอบเสียง, sound pressure

**Thesis Title** LABVIEW PROGRAMMING FOR WINDOW REGULATOR TESTING DEVELOPMENT

**Student** Mr. Jatikan Uthaiwong Student ID 56120007  
Mr. Rapepong Supaphan Student ID 56120029

**Degree** Bachelor of Engineering

**Department** Manufacturing System Engineering

**Faculty** College of Advanced Manufacturing Innovation

**University** King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)

**Year** 2016

**Advisor** Asst. Prof. Dr. Chanon Warisarn

### ABSTRACT

In co-operative education, we have studied to utilize the LabVIEW program for window regulator testing. To satisfy the customer specification; therefore, there are many parameters that will be investigated in this work i.e., sound pressure, high frequency, and sound pressure fluctuation, which differ from the old testing system that can show only the sound pressure.

First we start with how to use the sound pressure function in LabVIEW program and also study the sound theory in the same time. The properly microphones and DAQ devices were also chose for using in signal processing of LabVIEW program. We expect that the accuracy of our proposed tester is higher than 95% compared with the sound level meter. Moreover, the high frequency is the octave 1/3 form and sound pressure fluctuation will be also demonstrated in this work.

**Keywords** : LabVIEW , Test, Sound pressure

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำรายงานสหกิจนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อพี่ๆ  
ห้องปฏิบัติการที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนต่างๆ

นอกจากนี้ทางผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บริษัท ไทยสตีลเคเบิล จำกัด (มหาชน) ที่ให้  
ความกรุณาผู้จัดทำได้เข้าไปศึกษากระบวนการทดสอบ ทำการเก็บข้อมูลการทดสอบ รวมถึงข้อมูล  
อันมีประโยชน์ด้านต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการจัดทำรายงานฉบับนี้

ท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ และเจ้าหน้าที่รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องใน  
บริษัท ไทยสตีลเคเบิล จำกัด (มหาชน) ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือแก่ทางผู้จัดทำรายงานด้วยดีเสมอ  
มา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากโครงการนี้ ล้วนเป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่าน ผู้จัดทำรู้สึก  
ซาบซึ้งเป็นอย่างดี จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

จาติกาน อุทัยวงศ์  
รพีพงศ์ ศุภพันธุ์

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขต	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>4</b>
2.1 โปรแกรม LabVIEW	4
2.2 ความหมายของเสียง	21
2.3 หลักการทำงานของไมโครโฟน	26
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	37
3.1 หลักการและแนวคิด	37
3.2 ออกแบบการดำเนินงาน	37
3.3 ไมโครโฟน	38
3.4 ชุดแปลงสัญญาณ	39
3.5 โปรแกรม LabVIEW	41
3.6 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม	48
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย	51
4.1 องค์ประกอบ	52
4.2 ผลการทดสอบ	58
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	69
5.1 สรุปผลการวิจัย	69
5.1 ข้อเสนอแนะ	70
เอกสารอ้างอิง	71

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงแผนการดำเนินโครงการ	3
2.1 ตารางค่ามาตรฐานของตัวไมโครโฟน GRAS 40 AF	35
3.1 องค์ประกอบหลักของโปรแกรม	42
3.2 ขอบเขตกำหนดของลูกค้ำ	45
3.3 ข้อกำหนดของลูกค้ำทางด้านความถี่	46
4.1 ผลการทดลองจากไมโครโฟน Onosokki (ชุดควบคุมรางจักรถยนต์รุ่น 2SV)	60
4.2 ผลการทดลองจากไมโครโฟน Onosokki (ชุดควบคุมรางจักรถยนต์ของรุ่น 2xp)	61
4.3 ผลการทดลองจากไมโครโฟน NI 40PH (ชุดควบคุมรางจักรถยนต์รุ่น 2SV)	63
4.4 ผลการทดลองจากไมโครโฟน NI 40PH (ชุดควบคุมรางจักรถยนต์รุ่น 2xp)	64
4.5 ตารางแสดงผลการทดลองที่ความถี่ 3,120	66
4.6 ตารางแสดงผลการทดลองที่ความถี่ 5,000	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างเครื่องมือวัดที่สร้างจาก LabVIEW	4
2.2 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม LabVIEW 2015	5
2.3 Block Diagram เครื่องมือวัดที่สร้างจาก LabVIEW	6
2.4 VI ในการหาค่า Sound Pressure ของตัวโครงงาน	6
2.5 VI รับค่าอินพุตมาจากตัวไมโครโฟน	7
2.6 VI แปลงค่า V เป็น EU	7
2.7 VI ปรับช่วงน้ำหนัของเสียง	7
2.8 VI หาค่าความดันเสียง (Sound Pressure)	8
2.9 VI เลือกช่วงของกราฟ	8
2.10 VI แปลงค่าจาก Sound Pressure เป็น Fluctuation	8
2.11 VI ประมวลผลเป็น Octave 1/3	9
2.12 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผล Octave 1/3 ของโปรแกรม	9
2.13 VI ปรับค่าน้ำหนักของเสียงใน Octave 1/3	9
2.14 VI แสดงผลเป็นตาราง	10
2.15 ตารางแสดงผลค่าของ Octave 1/3	10
2.16 การทำงานของระบบ DAQ บนพีซี	10
2.17 Grounded source	11
2.18 Floating source	12
2.19 Sampling	13
2.20 Sampling rate 10Hz ถึง 25 Hz	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ VII ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.21 Sampling rate 10 Hz ถึง 100 Hz	15
2.22 Sampling rate 10 Hz ถึง 11Hz	15
2.23 กราฟสัญญาณโดยใช้ ADC 3 บิต	16
2.24 กราฟสัญญาณโดยใช้ ADC 16 บิต	16
2.25 กราฟสัญญาณ	17
2.26 Multiplexed Sampling Architecture	18
2.27 Simultaneous Sampling Architecture	19
2.28 Differential	19
2.29 Referenced Single – Ended	20
2.30 On – Referenced Single – Ended	20
2.31 อัตราน้ำหนัก ( Weighing ) ของ Sound Pressure	23
2.32 ลักษณะของสัญญาณความถี่ สูง – ต่ำ	24
2.33 การแบ่งช่วงของอ็อกเทฟแบบ 1/3	24
2.34 กราฟของอ็อกเทฟในตัวโปรแกรม	25
2.35 ไมโครโฟนชนิดไดนามิก	27
2.36 หลักการทำงานของไมโครโฟนชนิดไดนามิก	27
2.37 ไมโครโฟนชนิดคอนเดนเซอร์	28
2.38 หลักการทำงานของไมโครโฟนชนิดคอนเดนเซอร์	29
2.39 การทำงานของไมโครโฟนชนิดคลิสตอล	29
2.40 หลักการทำงานของไมโครโฟนชนิดคาร์บอน	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา แ VIII อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.41 ไมโครโฟนชนิดเซรามิก	31
2.42 แสดงการรับคลื่นเสียงของไมโครโฟนแบบรอบทิศทาง (Omni Direction)	32
2.43 แสดงการรับคลื่นเสียงของไมโครโฟนแบบรับเสียงด้านหน้า (Cardioid Direction)	32
2.44 Super Cardioid & Hyper Cardioid	33
2.45 Bidirectional Pattern	34
2.46 ตำแหน่งเครื่องกำเนิดเสียงและไมโครโฟนภายในห้อง	35
2.47 ค่าความแตกต่างระหว่าง 2 อุปกรณ์	36
3.1 หลักการของระบบที่ใช้ในการทดสอบ	38
3.2 ไมโครโฟน G.R.A.R รุ่น 40PH	38
3.3 ไมโครโฟน Onosokki รุ่น LA-3560	39
3.4 NI cDAQ 9234	40
3.5 NI cDAQ 9171	40
3.6 เครื่อง Onosokki รุ่น DS-2000	41
3.7 โปรแกรมส่วนรับสัญญาณจากไมโครโฟน Onosokki	43
3.8 โปรแกรมส่วนรับสัญญาณจากไมโครโฟน NI 40PH	43
3.9 โปรแกรมกรองสัญญาณชนิด FIR	43
3.10 ส่วนของโปรแกรมเลือกช่วงของสัญญาณและหา fluctuation	44
3.11 การเลือกช่วงที่ต้องการของกราฟสัญญาณ	44
3.12 โปรแกรมวัดความดังของเสียง Sound Pressure	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ X ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปรภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.13 โปรแกรมประมวลผลอีกเทฟ 1/3 และ ความถี่สูง	45
3.14 ส่วนโปรแกรมหา Fluctuation	46
3.15 โค้ดโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียง	47
3.16 หน้าตาของโปรแกรมที่ออกแบบและสร้างขึ้นจากงานวิจัย	47
3.17 หน้าต่างโปรแกรมของ DS – 2000	48
3.18 หน้าต่างโปรแกรม DS – 2000 ในขณะทดลอง	49
3.19 ภาพขณะทดสอบ	49
3.20 ภาพหน้าจอไมโครโฟน Onosokki รุ่น LA-3560	50
4.1 องค์ประกอบของการดำเนินงาน	51
4.2 หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม	52
4.3 แสดงการติดตั้งไมโครโฟน NI 40PH	52
4.4 แสดงการติดตั้งไมโครโฟน NI 40PH	53
4.5 แสดงระยะในการติดตั้งไมโครโฟน	53
4.6 แสดงการเลือกช่องสัญญาณของ Onosokki	54
4.7 แสดงการเลือกช่องสัญญาณของ DAQ card	54
4.8 แสดงช่องทางส่งสัญญาณของ DAQ card	54
4.9 อุปกรณ์โดยรวมของการทดลอง	55
4.10 ช่องเลือกแบบของไมโครโฟนและช่องสัญญาณของอุปกรณ์เชื่อมต่อ	55
4.11 ช่องกำหนดค่าการชั่งตัวอย่างและเวลาในการบันทึกสัญญาณ	56
4.12 การตั้งค่ามาตรฐานของไมโครโฟน	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปร่างภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 แสดงสัญญาณของก่อนนำไปวิเคราะห์	57
4.14 แสดงค่าของสัญญาณในเชิงความถี่ในรูปแบบ Octave	57
4.15 ผลลัพธ์ของสัญญาณ	58
4.16 แสดงค่าของสัญญาณเสียงในแต่ละช่วงความถี่	58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และXต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทดสอบชิ้นงานมีผลต่อความเชื่อมั่นของลูกค้าจึงทำให้มีการพัฒนาการทดสอบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเพื่อให้ทราบถึงสาเหตุและข้อผิดพลาดต่างๆที่อาจเกิดขึ้นได้ การทดสอบจึงเป็นการสร้างความมั่นใจเพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้น ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการทดสอบ ทำให้ประสิทธิภาพในการทดสอบมีความแม่นยำและความถูกต้องมากยิ่งขึ้น หนึ่งในนั้นคือการทดสอบโดยใช้เสียงซึ่งในปัจจุบันมีบริษัทมากมายใช้เสียงในการทดสอบเครื่องจักรเพื่อทราบถึงการทำงานที่ผิดพลาด โดยสามารถทราบได้ว่าเกิดจากส่วนประกอบใดของเครื่องจักร ว่ามีความถี่เท่าใดเพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาดที่จะเกิดในอนาคตซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการแก้ไขที่มากกว่าเดิม

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้เราได้ทำการศึกษาเสียงของชุดควบคุมรางกระจกไฟฟ้าซึ่งมีการทดสอบเสียงตามความข้อกำหนดของลูกค้าโดยที่มี 3 หัวข้อ 1.sound pressure 2.high frequency และ 3.sound pressure fluctuation โดยในปัจจุบันสามารถหา sound pressure ได้แต่ไม่สามารถหาค่าในหัวข้อที่ 2 และ 3 ได้จึงทำการเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบชุดควบคุมรางกระจกไฟฟ้า

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) ศึกษาการเขียนโปรแกรมแล็บวิวเพื่อสร้างชุดทดสอบชุดควบคุมรางกระจกไฟฟ้า
- 2) เพื่อศึกษาและพัฒนาการทดสอบชุดควบคุมรางกระจกไฟฟ้า
- 3) เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทดสอบชุดควบคุมรางกระจกไฟฟ้า

### 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

รายงานนี้เป็นการนำโปรแกรมแล็บวิวัฒนาการมาพัฒนาเพื่อรับค่าเสียงจากไมค์ก่อนการแปลงเป็น sound pressure, high frequency และ sound pressure fluctuation โดยพิจารณาภายใต้ขอบเขตดังนี้

1. พิจารณาภายใต้ขอบเขตของห้องปฏิบัติการโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์
2. ดำเนินการระบบภายในส่วนของการทดสอบชุดควบคุมรางกระแสไฟฟ้า
3. ศึกษาเฉพาะชุดรางกระแสไฟฟ้ารถยนต์ รุ่น 2SV

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถหา high frequency & sound pressure fluctuation ได้
2. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทดสอบชุดควบคุมรางกระแสจกรถยนต์
3. เป็นแนวทางในการนำความรู้ไปใช้ในการปรับปรุงเครื่องจักรชนิดอื่นต่อไป

### 1.3 แผนการดำเนินงาน

1. มอบหมายงาน และวางแผนดำเนินงาน
2. ศึกษาข้อมูลเรื่องเสียง
3. ศึกษาโปรแกรม LabVIEW Sound and Vibration
4. เขียนโปรแกรม Sound pressure
5. เขียนโปรแกรม High frequency
6. เขียนโปรแกรม Sound pressure fluctuation
7. ทดสอบการทำงานของโปรแกรม
8. แก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรม
9. ทำ WI ของโปรแกรม
10. เขียนรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แสดงแผนการดำเนินโครงการ

ลำดับ	หัวข้องาน	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
1.	มอบหมายงาน และวางแผน ดำเนินงาน	■			
2.	ศึกษาข้อมูลเรื่องเสียง		■		
3.	ศึกษาโปรแกรม LabVIEW Sound and Vibration		■		
4.	เขียนโปรแกรม Sound pressure			■	
5.	เขียนโปรแกรม High frequency			■	
6.	เขียนโปรแกรม Sound pressure fluctuation			■	
7.	ทดสอบการทำงานของโปรแกรม				■
8.	แก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรม				■
9.	ทำ WI ของโปรแกรม				■
10.	เขียนรายงานการปฏิบัติงานสหกิจ ศึกษา				■

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

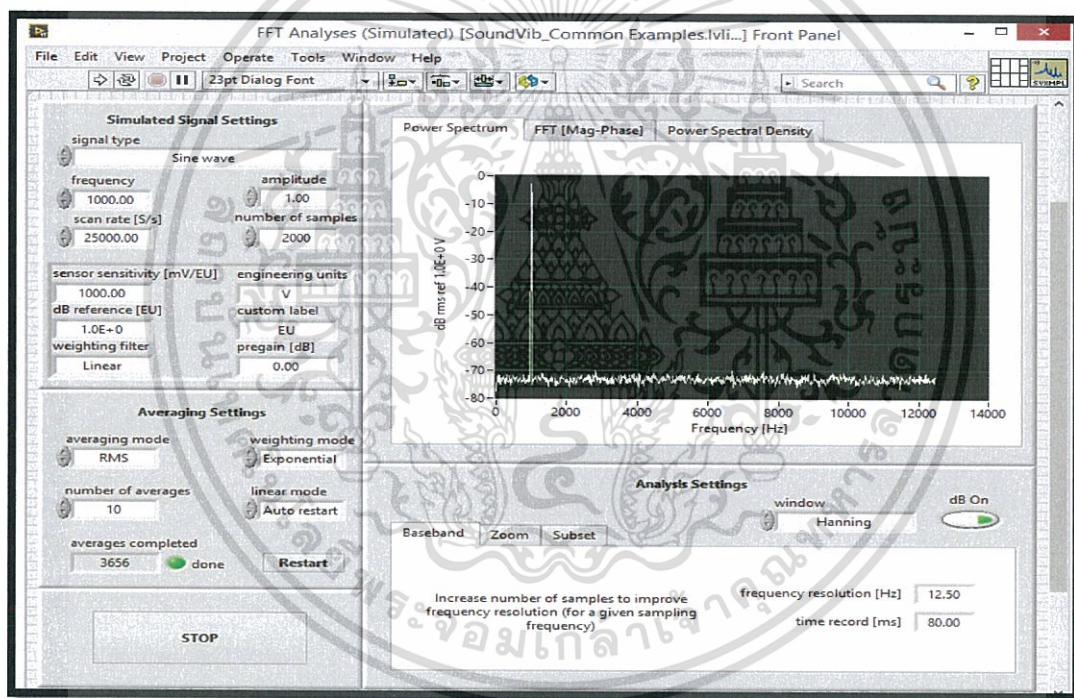
## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยกล่าวถึงโปรแกรมที่ใช้งานโดยจะอธิบายเพียงส่วนที่จำเป็นต่อโครงงานเท่านั้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้

#### 2.1 โปรแกรม LabVIEW

LabVIEW ซึ่งย่อมาจากภาษาอังกฤษว่า Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ LabVIEW จะเรียกว่า Virtual Instrument หรือเรียกสั้น ๆ ว่า VI ซึ่งหมายถึงเครื่องมือวัดเสมือน ดังตัวอย่างรูปที่ 2.1

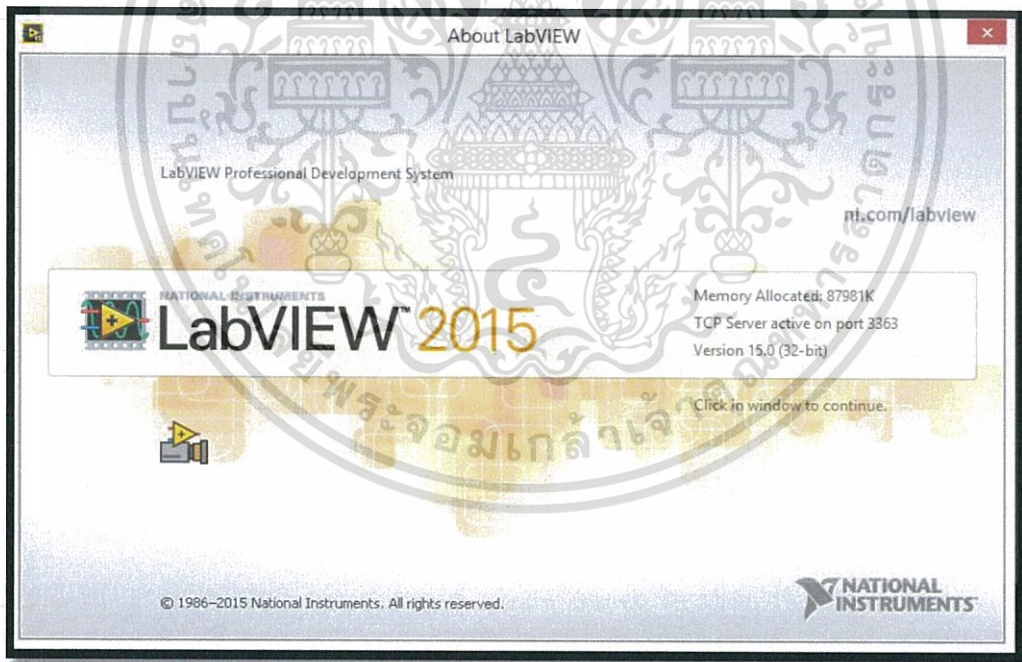


รูปที่ 2.1 ตัวอย่างเครื่องมือวัดที่สร้างจาก LabVIEW

LabVIEW มีจุดกำเนิดขึ้นในปี 1983 โดยทางบริษัท National Instrument ได้เริ่มการค้นคว้าเพื่อจะหาวิธีการที่จะลดเวลาในการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในทางด้านระบบเครื่องมือวัด ซึ่งเป็นจุดเริ่มของแนวความคิดการสร้าง LabVIEW หลังจากการใช้เวลาวิจัยอยู่ 3 ปี ในปี 1986 บริษัทได้เผยแพร่ LabVIEW Version 1 สู่ตลาดเพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ Macintosh เท่านั้น เพราะแม้ว่าเครื่อง Macintosh จะไม่เป็นที่ใช้อย่างกว้างขวางในทางด้านวิศวกรรม แต่ด้วยลักษณะการแสดงผลแบบกราฟฟิกของเครื่อง Macintosh ทำให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้กับ LabVIEW สำหรับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปฏิบัติการอื่นที่ไม่ใช่ GUI นั้นยังไม่มีความสะดวกที่จะใช้กับ LabVIEW ดังนั้นสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) ทาง NI ต้องรอจนกระทั่งระบบปฏิบัติการ Windows เกิดขึ้นเสียก่อน

ในปี 1990 ทาง NI ได้ประสบผลสำเร็จในการนำ LabVIEW version 2 ออกสู่ตลาด โดยได้ปรับแก้และเขียนระบบควบคุมใหม่ทั้งหมด ตามคำแนะนำของผู้ใช้งาน โดยเฉพาะการเขียน Compiler ที่ทำให้เวลาการทำงานของโปรแกรมรวดเร็วขึ้น ทัดเทียมกับการเขียนด้วยภาษาขั้นพื้นฐาน เช่น C และต่อมาเมื่อเทคโนโลยีด้านระบบปฏิบัติการของ PC มีความพร้อมที่จะใช้งานกับ GUI ทางบริษัทจึงได้ผลิต LabVIEW for Windows และ LabVIEW for SUN เข้าสู่ตลาดในปี 1992 หลังจากนั้นบริษัทก็ได้พัฒนาโปรแกรมให้เหมาะสมกับเทคโนโลยียิ่งขึ้น ตามรูปแบบปฏิบัติการที่เปลี่ยนแปลงไปเช่น LabVIEW สำหรับ Windows NT, Windows 95 รวมถึงการสร้าง Version ใหม่เพื่อจัดระบบและการเขียนโปรแกรมให้สะดวกมากขึ้น ตลอดจนสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ มากขึ้น พร้อมทั้งสร้างฟังก์ชันต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้นนอกจากนี้ยังสร้างโปรแกรมที่สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการอื่นที่ไม่ได้เขียนบนระบบปฏิบัติการนั้นได้ โดยเริ่มจาก LabVIEW 3 ในปี ค.ศ. 1993, LabVIEW 4 ในปี ค.ศ. 1996 และล่าสุด LabVIEW 2015 ในปี ค.ศ. 2015 ซึ่งเป็นโปรแกรมล่าสุด ดังรูปที่ 2.2 เป็นหน้าต่างโปรแกรมในปัจจุบัน



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม LabVIEW 2015

LabVIEW อาศัยหลักการทำงานของเครื่องมือวัดหรือการวัดคุมทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบตามที่คุณต้องการ หลักการดังกล่าว แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ดังนี้

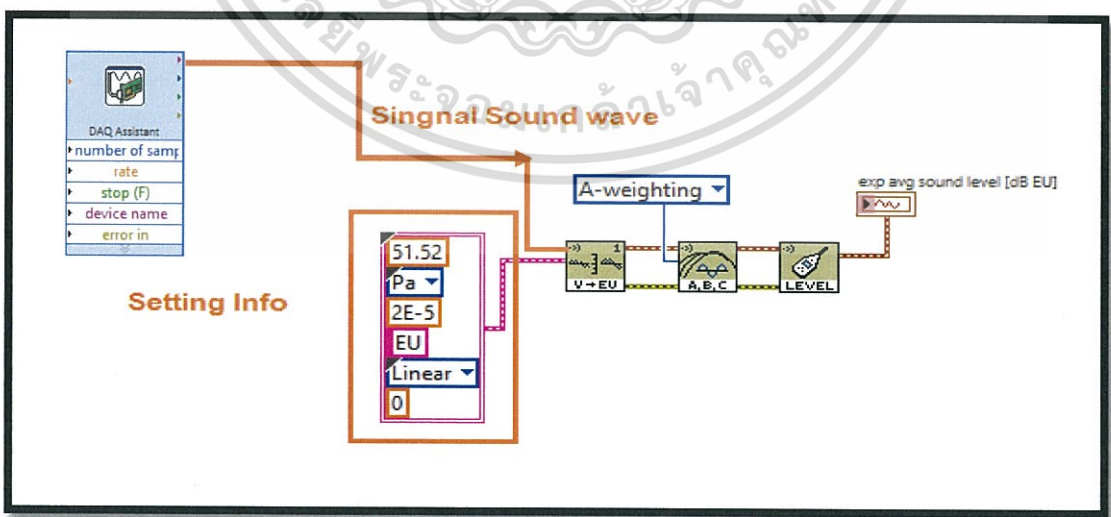
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 Block Diagram เครื่องมือวัดที่สร้างจาก LabVIEW

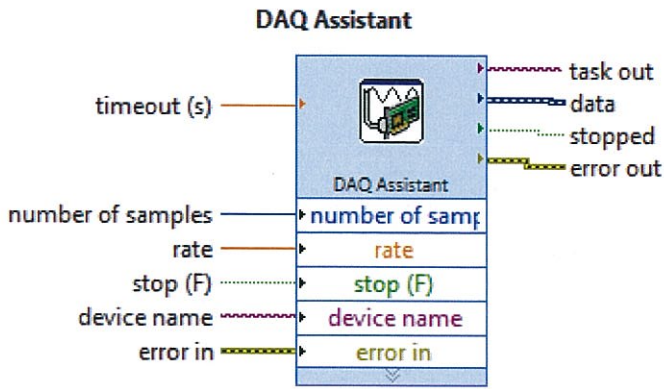
- 1) Acquisition ซึ่งเป็นส่วนที่รับข้อมูล (Input) จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่ระบบในที่นี้คือ คอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลที่เข้าสู่ระบบนี้อาจมาจากการ์ด DAQ (สำหรับสัญญาณทางไฟฟ้า)
- 2) Analysis หลังจากที่รับข้อมูลแล้วอาจจะผ่านฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะแสดงผล ในรูปที่สื่อความหมายในสิ่งที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปแสดงแทนสื่อที่วัดได้และใช้งานได้
- 3) Presentation คือ การแสดงผลในรูปแบบที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน โดยอาจแสดงบนหน้า จอคอมพิวเตอร์ เช่น DMM (Digital Multimeter) แสดงผลเฉพาะที่วัดได้โดยไม่จำเป็นต้องรู้ ความสำคัญกับเวลา หรือ Spectrum Analysis จะแสดงสัญญาณในรูปแบบความถี่หรือการพิมพ์ออกมา เป็นรายงานหรือเก็บข้อมูลในฮาร์ดดิสก์

ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม LabVIEW เพื่อหา Sound Pressure โดยการใช่วิธีของ Sound and Vibration ได้ดังรูปที่ 2.4



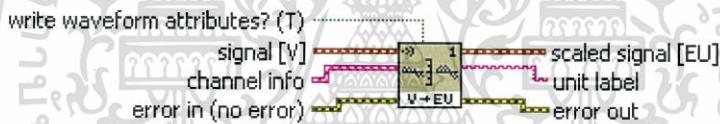
รูปที่ 2.4 VI ในการหาค่า Sound Pressure ของตัวโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



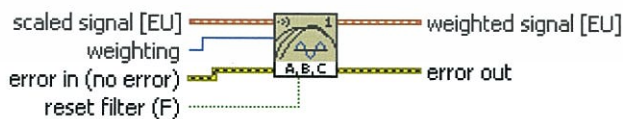
รูปที่ 2.5 VI รับค่าอินพุตมาจากตัวไมโครโฟน

รูปที่ 2.5 คือ VI สำหรับรับค่าอินพุตและเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ DAQ โดยสามารถปรับลิมิตค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดที่ต้องการที่จะรับได้ซึ่งทำให้เห็นรายละเอียดของสัญญาณได้ชัดเจนยิ่งขึ้นและสามารถปรับ RATE และ Number of Samples ของสัญญาณได้อีกด้วย



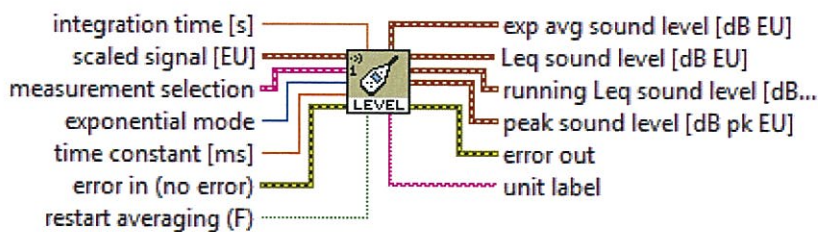
รูปที่ 2.6 VI แปลงค่า V เป็น EU

รูปที่ 2.6 คือ VI สำหรับแปลงค่าที่รับมาจากไมโครโฟนซึ่งไมโครโฟนจะส่งค่าออกมาในรูปแบบความต่างศักย์ (Voltage) มาแปลงเป็นหน่วย EU ที่เลือกโดยในที่นี้เราจะเลือกเป็นหน่วยปาสคาล (Pa)



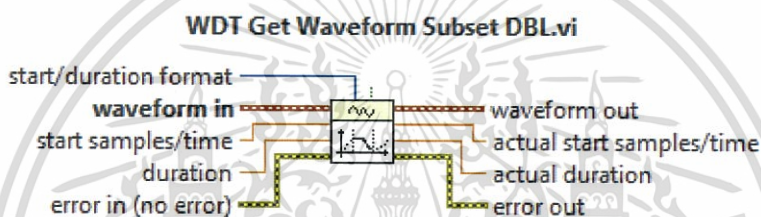
รูปที่ 2.7 VI ปรับช่วงน้ำหนักของเสียง

รูปที่ 2.7 คือ VI ในการวัดเสียงนั้นจะมีน้ำหนักของเสียงอยู่ 3 แบบ คือ น้ำหนัก A น้ำหนัก B และน้ำหนัก C หรือ Z โดยสามารถเลือกน้ำหนักได้



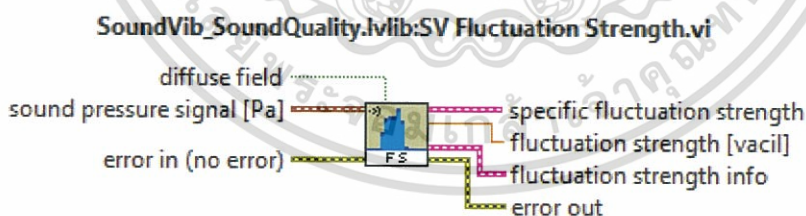
รูปที่ 2.8 VI หาค่าความดันเสียง (Sound Pressure)

รูปที่ 2.8 คือ VI หาค่าความดันเสียงโดยสามารถปรับค่า พารามิเตอร์ต่างๆ ให้เป็นไปตามรูปแบบที่ต้องการโดยค่าที่ออกมาจะเป็นหน่วยเดซิเบล (decibels; dB)



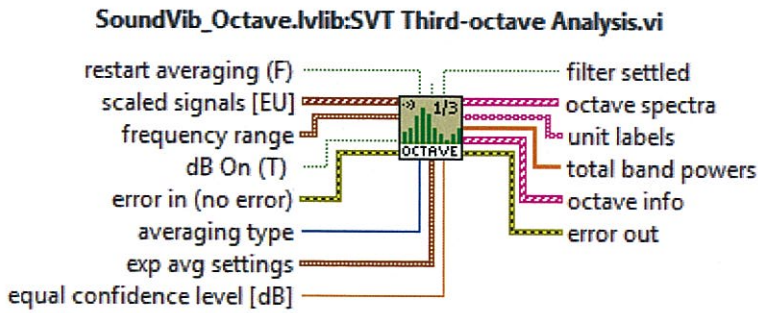
รูปที่ 2.9 VI เลือกช่วงของกราฟ

รูปที่ 2.9 คือ VI ที่ดึงข้อมูลมาจากกราฟแสดงผลเพื่อนำค่าเริ่มต้นที่เลือกและค่าสุดท้ายที่เลือกมาหักลบกันเพื่อนำช่วงที่ต้องการไปประมวลผลต่อไป



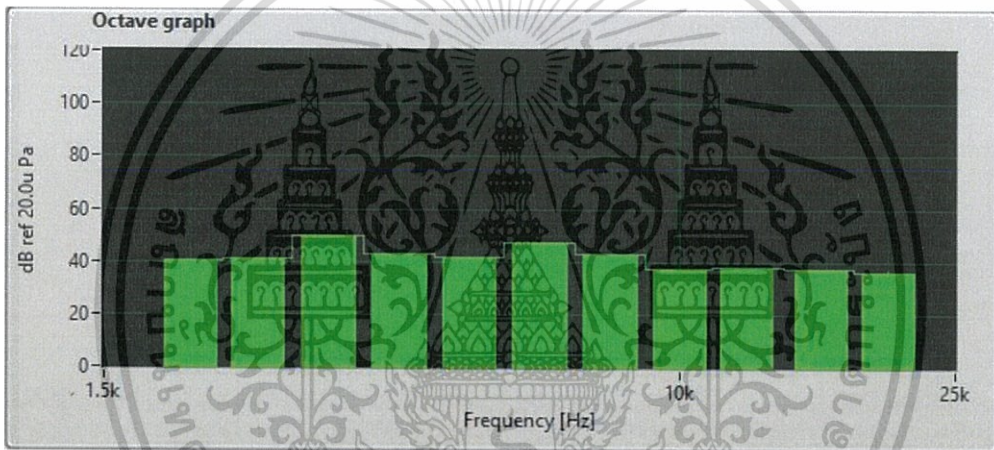
รูปที่ 2.10 VI แปลงค่าจาก Sound Pressure เป็น Fluctuation

รูปที่ 2.10 คือ VI แปลงค่าจากแรงดันเสียงเป็นความผันผวนของเสียงโดยออกมาเป็นหน่วยของ Vacil โดยที่  $1 \text{ Vacil} = 60 \text{ dB}$

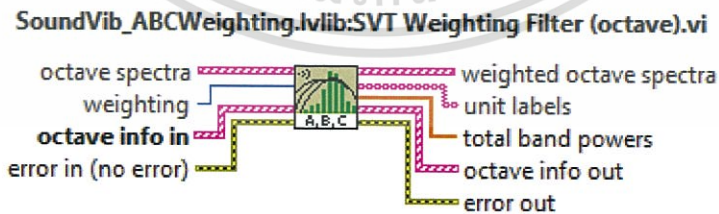


รูปที่ 2.11 VI ประมวลผลเป็น Octave 1/3

รูปที่ 2.11 คือ VI ที่ประมวลผลจากสัญญาณที่รับมาเป็น Octave ในช่วงความถี่ที่กำหนดใน  
 ที่นี้กำหนดให้เป็น 2000 – 20000 Hz โดยตัวอย่างการหาค่าจาก octave 1/3 แสดงได้ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผล Octave 1/3 ของโปรแกรม

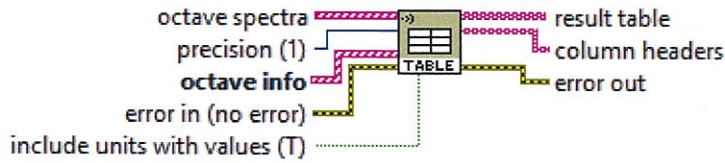


รูปที่ 2.13 VI ปรับค่าน้ำหนักของเสียงใน Octave 1/3

รูปที่ 2.13 คือ VI ปรับค่าน้ำหนักของช่วงเสียงเพื่อแสดงผลตามค่าน้ำหนักที่ต้องการโดยจะ  
 เป็นตัวลดเสียงรบกวนในช่วงความถี่ต่ำเนื่องจากเราไม่สนใจช่วงต่ำกว่า 2000 จึงเลือกใช้ A –

Weighting  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### SoundVib\_Octave.lvlib:SVT Build Result Table.vi



รูปที่ 2.14 VI แสดงผลเป็นตาราง

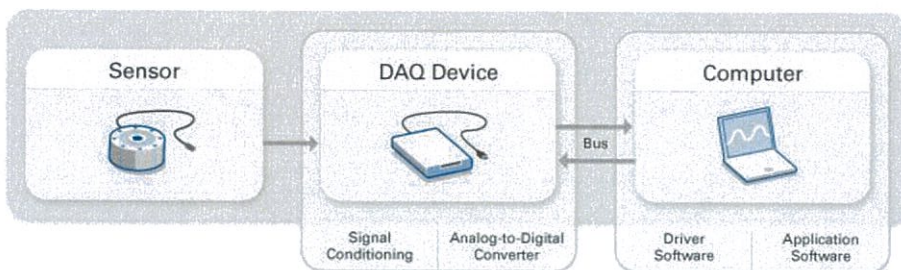
รูปที่ 2.14 คือ VI ที่ไว้ใช้ดึงค่าเพื่อต้องการแสดงผลเป็นตารางในโปรแกรมนี้จะดึงค่าจาก Octave 1/3 มาโชว์ให้เห็นของแต่ละความถี่เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไปได้ แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.15

2000 Hz	40.7	dB ref 20.0u Pa
2500 Hz	41.2	dB ref 20.0u Pa
3150 Hz	49.5	dB ref 20.0u Pa
4000 Hz	42.7	dB ref 20.0u Pa
5000 Hz	41.6	dB ref 20.0u Pa
6300 Hz	47.4	dB ref 20.0u Pa
8000 Hz	42.9	dB ref 20.0u Pa
10000 Hz	37.5	dB ref 20.0u Pa
12500 Hz	38.0	dB ref 20.0u Pa
16000 Hz	37.1	dB ref 20.0u Pa
20000 Hz	36.1	dB ref 20.0u Pa

รูปที่ 2.15 ตารางแสดงผลค่าของ Octave 1/3

### Data Acquisition (DAQ)

ระบบ DAQ บนพีซี คือ กระบวนการในการอ่านค่าสัญญาณทางไฟฟ้าแล้วนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำบนพีซีเพื่อการวัด วิเคราะห์ จัดเก็บ หรือแสดงผลต่อไป ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของแต่ละแอปพลิเคชัน ซึ่งระบบ DAQ บนพีซีจะมีส่วนประกอบหลัก ๆ อยู่ 3 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนของแหล่งสัญญาณไฟฟ้า, ส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ DAQ, และพีซี ดังภาพที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การทำงานของระบบ DAQ บนพีซี

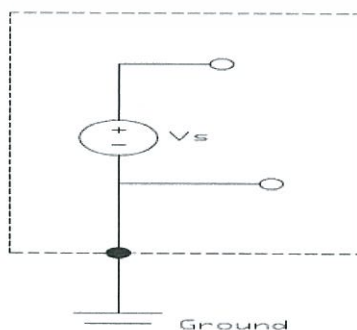
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่เราวัด อาจเป็นสัญญาณแอนะล็อก ( $\pm 10\text{V}$  หรือ  $4\sim 20\text{mA}$ ) หรือสัญญาณดิจิทัล หรือ อาจจะมาจกเซ็นเซอร์ ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะถูกต่อสายเข้าไปที่ฮาร์ดแวร์ DAQ ซึ่งภายในอุปกรณ์ DAQ บางรุ่นก็จะมีส่วนอิเล็กทรอนิกส์เสริมเรียกว่า Signal Conditioning ซึ่งทำหน้าที่ในการปรับปรุงสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะส่งต่อเข้าวงจร Analog-to-digital converter (ADC) ต่อไปเช่นถ้ามีสัญญาณมีขนาดเล็กเกินไป ก็จะต้องปรับปรุงโดยการขยายสัญญาณให้ใหญ่ขึ้นหรือถ้าสัญญาณใหญ่เกินไปก็ต้องลดทอนให้สัญญาณเล็กลง เป็นต้น (ถ้าสัญญาณเหมาะสมแล้วเราไม่จำเป็นต้องมี Signal Conditioning มาใช้ทุกครั้งเสมอไป) สำหรับ DAQ ที่ไม่มี Signal Conditioning ก็จะสามารถวัดสัญญาณแรงดันไปฟายอยู่ในช่วง  $\pm 10\text{V}$  เท่านั้นโดยฮาร์ดแวร์ DAQ นี้จะถูกติดตั้งบนพีซีผ่านช่องทางที่เรียกว่าบัส เช่น USB, PCIe, Ethernet เป็นต้นโดยที่มีการติดตั้งไดรเวอร์สำหรับฮาร์ดแวร์และมีการใช้งานประยุกต์ที่เขียนด้วยซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาระบบ เช่น LabVIEW

## แหล่งสัญญาณทางไฟฟ้า

สัญญาณทางไฟฟ้ามีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งแหล่งกำเนิดของมันอาจมาจากตัวส่งสัญญาณ หรือ เซ็นเซอร์ ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะเป็นตัวแสดงถึงปริมาณทางกายภาพของสิ่งที่เราจะวัด เช่น การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิล หรือ RTD, การวัดแรงด้วยโหลดเซลล์, การวัดแสงด้วยโฟโตเซ็นเซอร์, การวัดเสียงด้วย ไมโครโฟน เป็นต้น โดยในที่สุดแล้วสัญญาณแอนะล็อกจะต้องถูกแปลงไปเป็นแรงดันไฟฟ้าอุปกรณ์ Signal conditioning ก่อนที่จะถูกอ่านค่าด้วยอุปกรณ์ DAQ โดยเราจะเรียกแหล่งกำเนิดสัญญาณประเภทแรงดันไฟฟ้าว่า Voltage Source ซึ่งเป็นความต่างศักย์ระหว่างสายสองเส้น Voltage Source จึงเป็นตัวแทนของแหล่งสัญญาณที่พร้อมที่จะถูกวัดด้วยอุปกรณ์ DAQ ซึ่งแบ่งออกเป็นสองชนิด ได้แก่ แหล่งสัญญาณแบบต่อกราวด์ (grounded Source) และแบบไม่ต่อกราวด์หรือแบบลอย (floating source)

1. Grounded Source คือ สัญญาณที่ขาลบถูกอ้างอิงกับระบบกราวด์ เช่น กราวด์ของอาคาร ตัวอย่าง ของสัญญาณประเภทนี้ เช่น สัญญาณที่มาจากอุปกรณ์ ที่มีการต่อกราวด์ มีสัญลักษณ์ดังรูปที่ 2.17

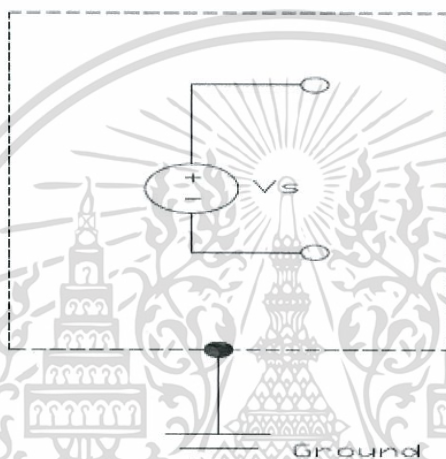


รูปที่ 2.17 Grounded source

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรู๊ปเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติศักย์ไฟฟ้าของกราวด์ในแต่ละระบบจะมีค่าไม่เท่ากันความต่างนี้เป็นไปได้ตั้งแต่ 1 mv. จนถึง 200 mv. การต่อกราวด์ของสัญญาณเข้ากับกราวด์ของเครื่องมือวัด อาจจะทำให้เกิดกระแสรั่วระหว่างสองกราวด์เนื่องจากความต่างศักย์เราเรียกสิ่งนี้ว่ากราวด์ลูปซึ่งจะส่งผลทำให้ค่าที่วัดคลาดเคลื่อนได้

2. Floating source คือสัญญาณที่ไม่ได้ถูกอ้างอิงกับระบบกราวด์ใดๆ ยกตัวอย่างเช่นเทอร์โมคัปเปิ้ล, แบตเตอรี่, สัญญาณขาออกจาก isolation amplifier เป็นต้น โดยสัญลักษณ์ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 Floating source

## Signal conditioning

Signal conditioning คือ อุปกรณ์เสริมที่ทำหน้าที่ปรับสัญญาณให้เหมาะสมก่อนการวัดด้วยอุปกรณ์ DAQ เพื่อให้ได้ผลการวัดที่เที่ยงตรงและปลอดภัยมากขึ้น ทั้งนี้เราอาจสร้างวงจรแปลงสัญญาณขึ้นมาเอง หรือใช้อุปกรณ์สำเร็จรูปที่มีคุณภาพสูงเพื่อความแม่นยำมากขึ้นก็ได้ ซึ่งอุปกรณ์ Signal condition มีหลากหลายรูปแบบให้เลือก ทั้งแบบติดตั้งแยกจาก DAQ และแบบที่รวมเป็นชิ้นเดียวกันกับ DAQ และแต่ละแบบก็ยังแยกตามชนิดของสัญญาณ ตัวอย่าง Signal Conditioning ที่พบได้ทั่วไปมีดังนี้

1. Amplification คือ การขยายสัญญาณที่เล็กเกินไปให้มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้อุปกรณ์ DAQ สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณได้ละเอียดมากขึ้น เช่น สัญญาณจากเทอร์โมคัปเปิ้ล ซึ่งจะอยู่ในระดับ มิลลิโวลต์

2. Excitation คือ การจ่ายไฟกระตุ้น เนื่องจากเซ็นเซอร์บางชนิด เช่น โหลดเซลล์ จำเป็นต้องมีการจ่ายแรงดันไปเลี้ยง หรือ RTD ก็ต้องจ่ายกระแสไฟไปเลี้ยง, Signal conditioning จะทำการจ่ายไฟเลี้ยงให้ในรูปแบบและขนาดที่เหมาะสม

3. Bridge Configuration คือ การต่อตัวต้านทานเพิ่มให้ครบสี่ตัวเป็นวงจรแบบบริดจ์ ซึ่งใช้กับการวัดด้วย สเตรนเกจ (Strain gauge)

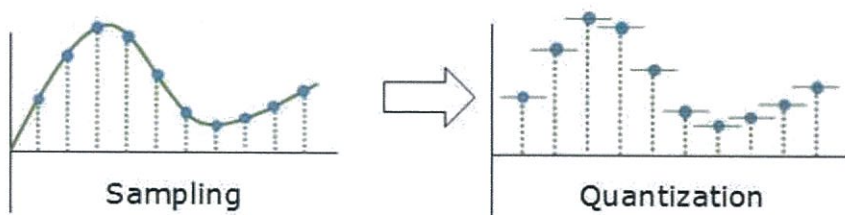
4. Filtering คือ การกรองสัญญาณในย่านความถี่ที่ไม่ต้องการออก เช่น ถ้าสัญญาณที่เราต้องการมีความถี่ต่ำ แต่ในระบบมีสัญญาณรบกวนความถี่สูงปะปนเข้ามาด้วย เราสามารถใช้ Low-pass filter เพื่อตัดสัญญาณรบกวนย่านความถี่สูงออก หรือในกระบวนการสุ่มสัญญาณเราสามารถใช้อ Anti-aliasing filter เพื่อตัดสัญญาณที่เราไม่ต้องการอ่านออกไปจากระบบเพื่อให้สัญญาณมีคุณภาพดีขึ้น

5. Isolasion คือ การแยกตัวนำไฟฟ้าของระบบวัดสัญญาณสองส่วนออกจากกัน เพื่อความปลอดภัยในกรณีที่มี ทรานเซียนขนาดใหญ่วิ่งเข้ามาในระบบ และยังสามารถแก้ปัญหาเรื่องกราวด์ ลูบที่กล่าวไว้ตอนต้นได้อีกด้วย

## ขั้นตอนการแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

ในอุปกรณ์ DAQ ทั่วไปจะมีช่องสำหรับวัดสัญญาณแอนะล็อก เรียกว่าช่อง Analog input ซึ่งจะวัดสัญญาณในช่วง + หรือ - 10V ได้ (แล้วแต่รุ่น) การนำสัญญาณแอนะล็อกนี้เข้ามาอยู่ใน PC ซึ่งเป็นฟอร์แมตแบบดิจิทัลจะต้องผ่านอุปกรณ์แปลงสัญญาณที่เรียกว่า Analog-to-digital converter ( ADC ) ซึ่งเป็นกระบวนการในการนำค่าทางดิจิทัล (ซึ่งมีจำนวนจำกัด) มาเลียนแบบค่าแอนะล็อก (ซึ่งมีจำนวนไม่จำกัด) โดยกระบวนการนี้มีขั้นตอนบางอย่างที่เราควรทราบเพื่อนำไปปรับแต่งค่าอุปกรณ์ในการดึงสัญญาณดังนี้

1. Sampling เนื่องจาก PC ของเรานั้นจะเก็บและประมวลผลข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลเท่านั้น กระบวนการนี้จึงเป็นการเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกที่เป็นเส้นกราฟต่อเนื่องให้กลายเป็นจุดของข้อมูลดิจิทัลที่ไม่ต่อเนื่องด้วยวิธีการสุ่มเนื่องสัญญาณ หรือ เรียกว่า Sampling ด้วยอัตราเร็วที่คงที่ ดังภาพ 2.19 ฝั่งซ้ายคือรูปสัญญาณแอนะล็อกต้นฉบับและฝั่งขวา คือสัญญาณที่ถูกสุ่ม

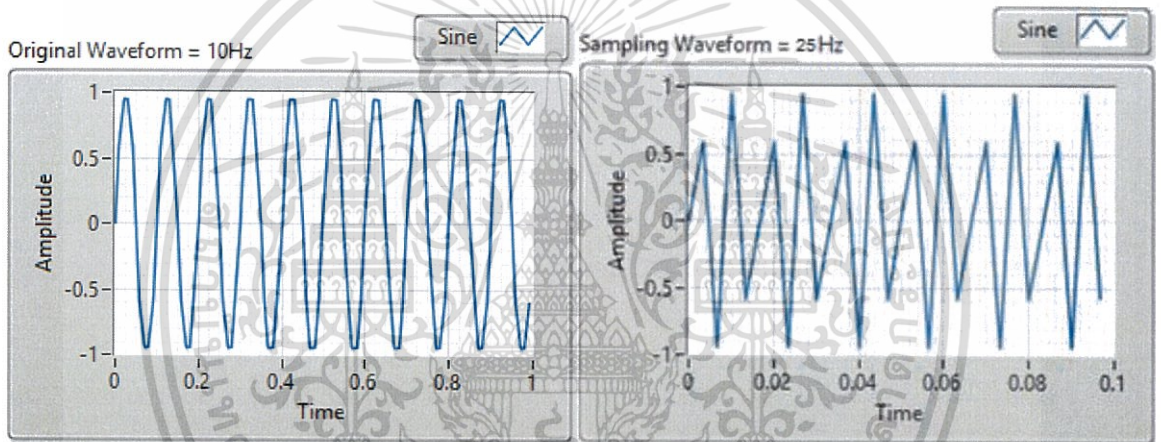


รูปที่ 2.19 Sampling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

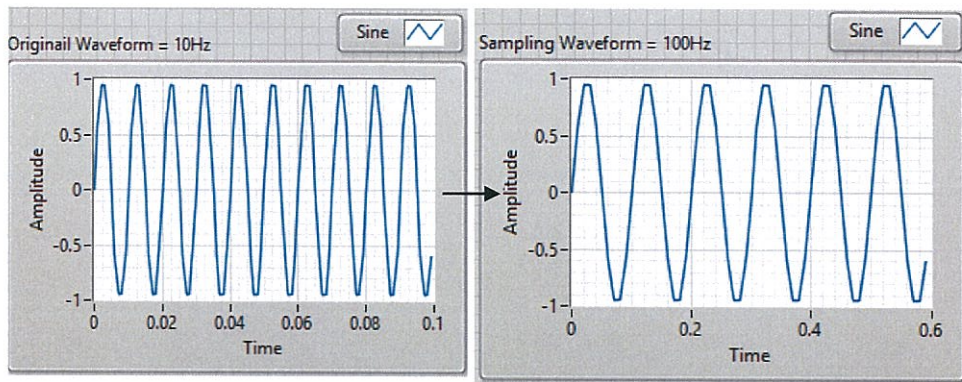
จะสังเกตได้ว่าถ้าหากเรายิ่งสุ่มสัญญาณเร็ว จุดที่ได้จากการสุ่มก็จะหนาแน่น มากขึ้น ก็จะต้องเก็บความละเอียดของเส้นกราฟได้ใกล้เคียงต้นฉบับมากขึ้น ความเร็วในการสุ่มสัญญาณนี้เรียกว่า Sampling rate มีหน่วยเป็นจุดต่อวินาที (Sample/s) หรือ Hz แต่ความเร็วในการสุ่มจะมีข้อจำกัดอยู่ที่ Sample clock ของอุปกรณ์ว่าจะสามารถสุ่มได้เร็วสูงสุดเท่าไร แต่การสุ่มข้อมูลด้วยความเร็วมากเกินไปก็ไม่ใช่ว่าสิ่งที่ดี เพราะจะทำให้สิ้นเปลืองหน่วยความจำและพื้นที่เก็บข้อมูล เราสามารถกำหนด Sampling rate ในการแปลงสัญญาณที่เหมาะสมได้เอง โดยยึดตามหลักการแปลงสัญญาณที่เรียกว่า ทฤษฎี Nyquist

ทฤษฎี Nyquist กล่าวไว้ว่า สัญญาณจะต้องถูกสุ่มด้วยความเร็วอย่างน้อยสองเท่าของความถี่สูงสุดที่มีอยู่ในสัญญาณ เพื่อให้สามารถนำจุดข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างเป็นเวฟฟอร์มกลับให้เหมือนกับสัญญาณต้นฉบับได้ ยกตัวอย่าง เช่น เราต้องการดึงสัญญาณแอนะล็อกขายน์เวฟที่มีความถี่ 10 Hz เราจะต้องตั้ง Sampling rate ที่สูงกว่า 20 Hz เช่น ถ้าเราตั้งเป็น 25 Hz จะได้ผลดังรูปที่ 2.20



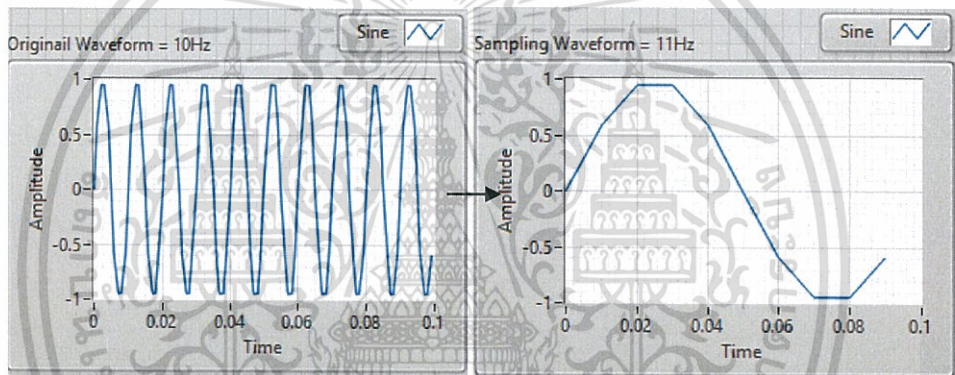
รูปที่ 2.20 Sampling rate 10Hz ถึง 25 Hz

จะพบว่าเราสามารถนำจุดข้อมูลที่เกิดจาก Sampling ที่ 25 Hz มาสร้างเป็นเวฟฟอร์มที่มีความถี่ 10 Hz ได้เหมือนเดิม (โดยการลากเส้นเชื่อมจุดต่อระหว่างจุด) แต่รูปร่างของกราฟจะผิดเพี้ยนไปมาก ถ้าเราใช้ Sampling Rate ที่สองเท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณพอดี เราอาจได้ข้อมูลทางความถี่ของสัญญาณที่ต้องการ แต่จะไม่สามารถเก็บรายละเอียดของรูปทรงของกราฟได้ ทั้งหมด เพราะฉะนั้นในทางปฏิบัติ เราควรใช้ Sampling rate ที่ประมาณ 5 เท่าถึง 10 เท่า ของความถี่สูงของสัญญาณ เพื่อให้ได้รูปทรงของกราฟที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้นจากตัวอย่างเดิม ถ้าเราเพิ่ม Sampling rate ให้สูงขึ้นเป็นสิบเท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณ คือ 100 Hz จะพบว่าเราได้กราฟที่มีความถี่และรูปทรงเหมือนของต้นฉบับมากขึ้นดังรูป 2.21



รูปที่ 2.21 Sampling rate 10 Hz ถึง 100 Hz

แต่กรณีที่เราตั้ง Sampling rate ช้ากว่าที่ใน ทฤษฎี Nyquist กำหนดไว้ เช่น ถ้าเราตั้งเป็น 11 Hz เราจะได้ข้อมูลที่มีความถี่ผิดไปจากต้นฉบับ คือจะต่ำกว่าเดิม เหตุการณ์แบบนี้เรียกว่า Aliasing error ดังตัวอย่างรูปที่ 2.22



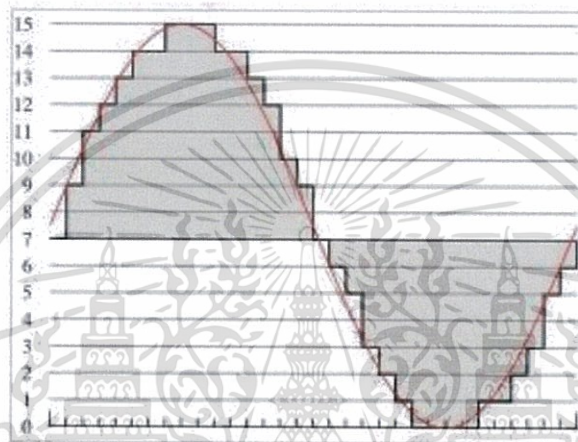
รูปที่ 2.22 Sampling rate 10 Hz ถึง 11Hz

เราจึงควรทราบลักษณะของสัญญาณที่เราจะตั้งก่อนที่จะตั้งค่า Sampling rate เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด aliasing error เข้ามาปะปนกับสัญญาณที่เราต้องการในกรณีที่ไม่สามารถเลี่ยงได้ เช่น ระบบที่มี Noise ความถี่สูง เราสามารถเลือกใช้ Signal conditioning รุ่นที่มี Anti-aliasing filter เพื่อกรองเอาเฉพาะความถี่ในช่วงที่ต่ำกว่าครึ่งของ Sampling rate เข้ามาใน ADC สำหรับสัญญาณที่เราไม่สนใจ ความถี่ หรือไม่มีค่า เช่น สัญญาณอุณหภูมิ, ระดับของเหลวในถัง, ค่า PH และสัญญาณต่าง ๆ ที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วให้เราใช้ Sampling rate ตามความเหมาะสม เช่น เราอาจสนใจข้อมูลทุกวินาที หรือทุกสิบวินาที หรือ อาจจะได้ทุกหนึ่งนาทีกี่แล้วแต่ความต้องการ

## Resolution

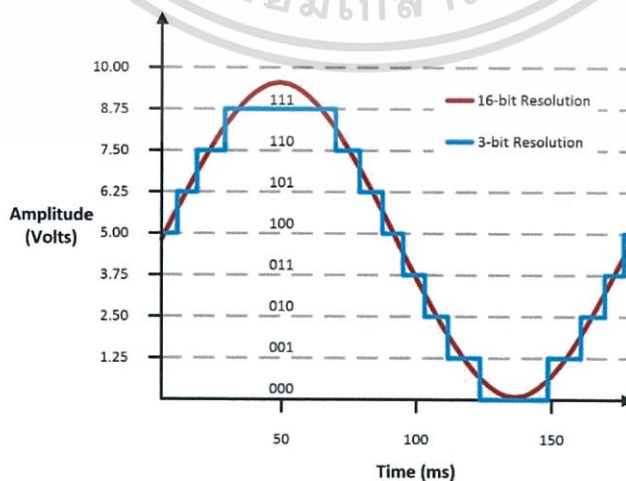
ขั้นตอนการ Sampling คือ การสุ่มสัญญาณทางแกนเวลา (แกนแนวนอน) แต่สำหรับแกนแนวตั้งซึ่งเป็นค่าของสัญญาณก็จะต้องทำการสุ่มเช่นกันเพื่อเปลี่ยนให้เป็นค่าทางดิจิทัลด้วยวิธีการปิดค่าทศนิยมขึ้นหรือลง เราเรียนขั้นตอนนี้ว่า Quantization หรือ Digitization ขั้นตอนนี้จะคล้ายการเอกลำดับเป็นเลขฐานสิบหรือการแปลงเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสองเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อคุณดูเห็นในโปรแกรมการคำนวณค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับการวัดความยาวไม้บรรทัด โดยไม้บรรทัดทั่วไปจะมีขีดที่ละเอียดที่สุดช่องละ 1 mm เพราะฉะนั้นค่าที่วัดออกมาได้จะต้องถูกปัดให้อยู่ในช่วง 1 mm ไม่เล็กไปกว่านี้ แต่ถ้าหากไม้บรรทัดนั้นมีขีดแบ่งที่ละเอียดกว่าก็จะสามารถวัดได้ละเอียดมากขึ้น ความละเอียดของการทำ Digitization ขึ้นอยู่กับความละเอียดของ ADC ถ้ายังมีความละเอียดมากก็จะยังสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณอนาล็อกได้ละเอียดยิ่งขึ้น ซึ่งความละเอียดของ ADC เราจะนับกันเป็นจำนวนบิต ยกตัวอย่างเช่น ADC ที่มีความละเอียด 3 บิตจะสามารถแสดงระดับสัญญาณได้แปดระดับ ( $2^3 = 8$ ) โดยเริ่มนับจากรหัสเลขฐานสอง 000 ไปจนถึง 111 ดังภาพที่ 2.23 จะเป็นการ Digitize สัญญาณโดยใช้ ADC 3 บิต



รูปที่ 2.23 กราฟสัญญาณโดยใช้ ADC 3 บิต

ซึ่งจะเห็นได้ว่าการสัญญาณที่ได้จะไม่ค่อยเหมือนต้นฉบับนัก เพราะถูกปัดค่าตุนไปมาก จนมองเห็นเป็นรูปขั้นบันได แต่ถ้าเราใช้ความละเอียดที่มากขึ้นก็จะได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับต้นฉบับมากขึ้น เช่น การใช้ ADC ความละเอียด 16 บิต ก็จะสามารถแสดงระดับสัญญาณได้ถึง 65536 ค่าดังแสดงในรูปที่ 2.24



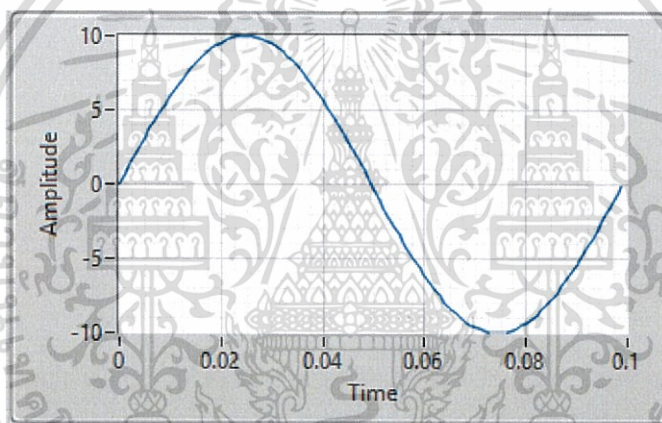
รูปที่ 2.24 กราฟสัญญาณโดยใช้ ADC 16 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจึงต้องพิจารณาเลือกอุปกรณ์รุ่นที่เหมาะสมกับสัญญาณที่เราต้องการวัด โดยในอุปกรณ์ DAQ จะมีให้เลือกตั้งแต่รุ่น 12 บิต (4096 ระดับ) ไปจนถึง 24 บิต (มากกว่า 16 ล้านระดับ)

## Range

ความละเอียดของ ADC ในอุปกรณ์แต่ละรุ่นจะถูกกำหนดตายตัวมาจากผู้ผลิต ซึ่งเราไม่สามารถแก้ไขได้แต่เราสามารถเลือก Range ในการวัดให้เหมาะสมได้ เพื่อให้เราสามารถใช้ประโยชน์สูงสุดจากความละเอียดของ ADC ที่มีอยู่ Range คือการกำหนดความกว้างในขั้นตอนการทำ Digitization เช่น ถ้าเรามี ADC ความละเอียด 3 บิตและตั้ง Range การวัดในช่วงกว้างที่สุดคือ -10 V ถึง +10 V (peak-to-peak = 20 V) แต่สัญญาณที่จะวัดกลับเล็กกว่านั้นมาก จะทำให้เราได้ผลลัพธ์ที่หยابกว่าปกติ โดยจะวัดได้ระดับละ 2.5 V คำนวณได้จาก Range หารด้วยจำนวนระดับของ ADC,  $(20/8=2.5)$  ดังในรูป 2.25



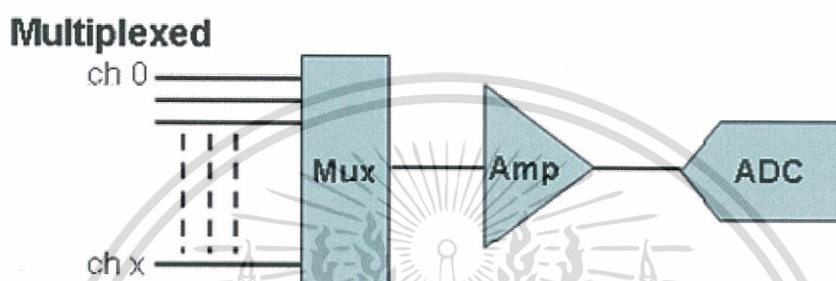
รูปที่ 2.25 กราฟสัญญาณ

แต่ในกรณีเดิม ถ้าเราตั้ง Range ให้แคบลงใกล้เคียงกับระดับสัญญาณเหลือ -2.5 V ถึง +2.5 V (peak-to-peak= 5 V) เราสามารถ Digitize สัญญาณได้ดีขึ้น โดยวัดได้ระดับละ 0.625 V ดังในรูป ทั้งนี้ควรเข้าใจว่าการตั้ง Range ที่แคบจะสามารถตรวจวัดสัญญาณขนาดเล็กได้ดี แต่จะไม่สามารถตรวจวัดสัญญาณที่เกินระดับ Range ที่ตั้งไว้ได้ อุปกรณ์ DAQ อนุญาตให้เราตั้ง Range ได้จำกัดเฉพาะเพียงบางช่วง และ บางอุปกรณ์ก็ไม่สามารถตั้ง Range อื่นได้เลยนอกจากมาตรฐาน เช่น + หรือ -10 V เราจึงควรศึกษาข้อจำกัดเหล่านี้จากคู่มือของอุปกรณ์แต่ละรุ่น

## Sampling Architecture

อุปกรณ์DAQ ทั่วไปจะมีช่องสำหรับ analog input จำนวนหลายช่องเพื่อให้สามารถวัดสัญญาณอนาล็อกได้หลายๆ ช่องพร้อมกัน ซึ่งในทางออกแบบฮาร์ดแวร์หรือ architecture จะมีสองวิธีให้เราเลือก ได้แก่

Multiplexed Sampling Architecture คือการใช้ Multiplexer (MUX) เข้ามาช่วยในการสวิตช์สัญญาณทีละช่องเข้ามาใน Instrumentation amplifier (AMP) ซึ่งเป็นการสวิตช์แบบกลับไปมาที่รวดเร็วมากก่อนจะเข้าถึง ADC ดังภาพที่ 2.26



รูปที่ 2.26 Multiplexed Sampling Architecture

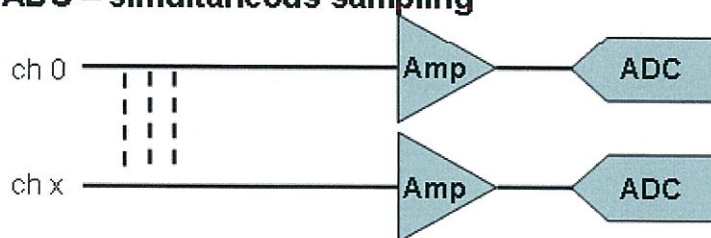
ข้อดีของอุปกรณ์แบบนี้คือ มีต้นทุนที่ต่ำกว่า เพราะใช้ ADC เพียงตัวเดียวก็สามารถวัดสัญญาณหลายๆช่องได้ในคราวเดียวกัน

ข้อเสีย คือ Sampling rate สูงสุดที่เราสามารถใช้ได้จะต้องถูกหารด้วยจำนวนช่องที่ใช้ เช่น ถ้า Sampling rate สูงสุด ของอุปกรณ์คือ 100k Sample/s แล้วเราต้องการวัดพร้อมกันสิบช่อง กรณีนี้ Sampling rate จะเหลือให้ใช้สูงสุดเพียงช่องละ 10k Sample /s เท่านั้น ข้อเสียอีกประการคือ การเกิด phase shift error เนื่องจากวิธีการนี้จะเป็นการวัดสัญญาณด้วยการสแกนสัญญาณเข้า ADC ทีละช่อง ไม่ได้สุ่มสัญญาณพร้อมกันจริงๆ จึงทำให้สัญญาณที่อ่านได้แต่ละช่องมีเฟสคลาดเคลื่อนออกไป ซึ่งจะเห็นชัดเจนมากขึ้นในกรณีที่สัญญาณมีความถี่สูงอุปกรณ์ที่ใช้วิธีการ Sampling แบบนี้จึงใช้ได้กับสัญญาณที่เฟสในแต่ละช่องไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน

## Simultaneous Sampling Architecture

วิธีการนี้จะติดตั้ง ADC ประจำอยู่ในแต่ละช่องสัญญาณ เพื่อให้สามารถใช้ Sampling rate ได้อย่างเต็มที่ และยังสามารถสุ่มสัญญาณได้พร้อมกันอย่างแท้จริงเพื่อรักษาความสัมพันธ์ทางเฟสของสัญญาณในแต่ละช่อง ดังภาพที่ 2.27

### Multi-ADC – simultaneous sampling



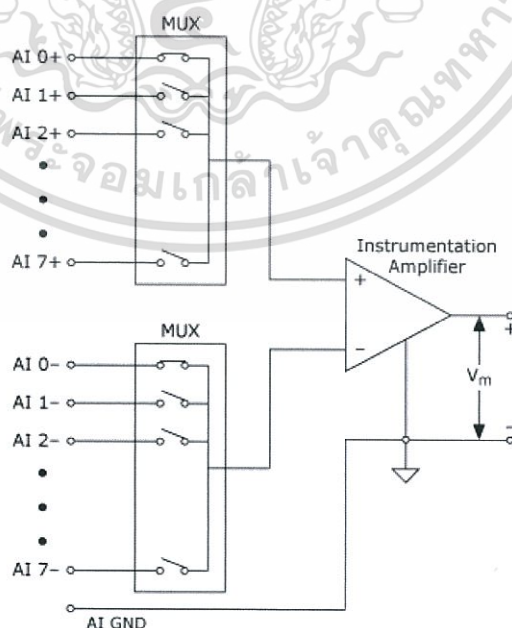
รูปที่ 2.27 Simultaneous Sampling Architecture

ซึ่งจะเหมาะกับการอ่านข้อมูลทีเฟสในแต่ละช่องมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์สัญญาณ เช่น การวิเคราะห์เสียงและความสั่นสะเทือน การวิเคราะห์แรงเครียดแบบไดนามิกสปีโนโครงสร้าง, การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้า เป็นต้น แต่ราคาก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย

### ประเภทของระบบการวัดสัญญาณ

เนื่องจากแหล่งสัญญาณมีสองประเภทที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ Floating Source กับ Grounded Source เราจึงมีวิธีการต่อสายเข้ากับอุปกรณ์ DAQ ที่แตกต่างกันตามความเหมาะสมด้วย ในกรณีที่อุปกรณ์ DAQ ไม่ได้มีส่วน Isolation มาให้

1. Differential หรือ DIFF คือการวัดสัญญาณที่ขาบวกและขาลบของแหล่งสัญญาณไม่ได้ต่อกับจุดอ้างอิงใดๆ เช่นกราวด์ ดังในรูป โดยเราจะต่อขาบวกของสัญญาณไปที่ช่อง CHX+ และขาลบไปที่ช่อง CHX- โดยที่ AIGND (analog input ground) คือกราวด์ของระบบการวัด

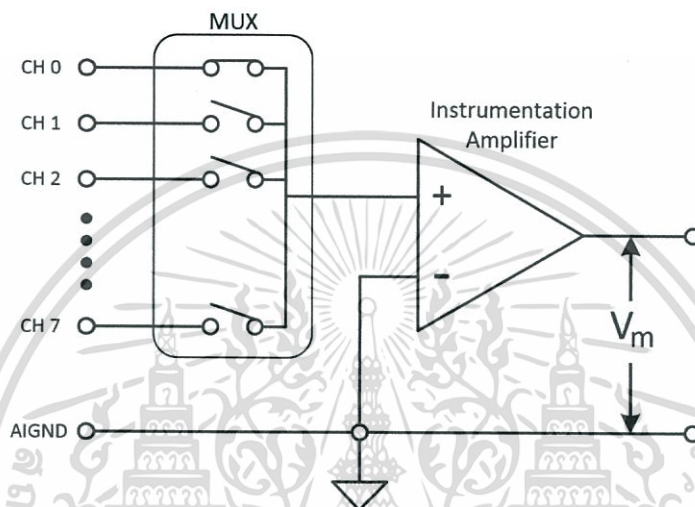


รูปที่ 2.28 Differential

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

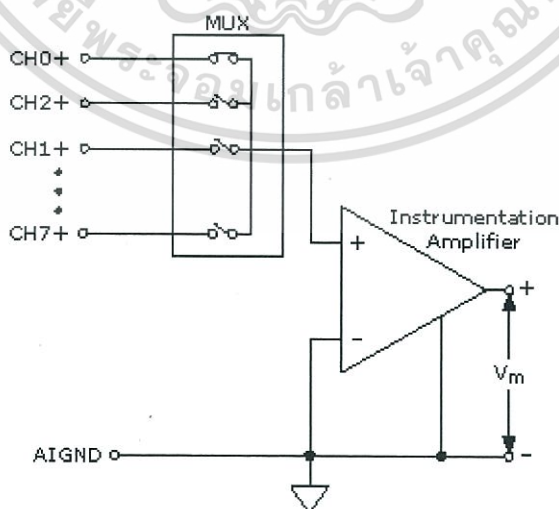
ในรูปที่ 2.28 เป็นอุปกรณ์ที่มี Analog input 16 ช่อง การต่อสัญญาณแบบ DIFF จะทำให้เหลือจำนวนช่องที่สามารถใช้ได้เพียงครึ่งหนึ่ง คือ 8 ช่อง

2. Referenced Single- Ended หรือ (RSE) คือการวัดสัญญาณที่มีการเทียบกับ AIGND ซึ่งใช้เป็นจุดอ้างอิง โดยเราจะต่อขาบวกของสัญญาณไปที่ช่อง CHX และต่อขาลบของทุกช่องรวมกันที่ AIGND



รูปที่ 2.29 Referenced Single - Ended

3. On-Referenced Single-Single-Ended หรือ NRSE เป็นระบบที่คล้ายกับ RSE แต่จะใช้จุดอ้างอิงเป็น AISEN (analog input sense) แทน ซึ่งศักย์ไฟฟ้าที่จุดนี้จะแตกต่างกับ AIGND



รูปที่ 2.30 On - Referenced Single - Ended

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสรุปแล้วเรามีวิธี การต่อสัญญาณทั้งหมดหก รูปแบบดังภาพ แต่จะมีบางแบบที่ไม่แนะนำ ซึ่งได้กล่าวไปแล้ว และบางแบบที่ไม่มีกราวด์อ้างอิงก็จำเป็นต้องต่อตัวต้านทานลง AIGND เพื่อเป็นไบแอสโดยตัวต้านทานนี้สามารถใช้ขนาด 100k ohm จนถึง 1M ohm

## 2.2 ความหมายของเสียง

เสียงเป็นคลื่นเชิงกลที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุเมื่อวัตถุสั่นสะเทือนก็จะทำให้เกิดการอัดตัวและขยายตัวของคลื่นเสียง และถูกส่งผ่านตัวกลาง เช่น อากาศ ไปยังหู เสียงสามารถเดินทางผ่านสสารในสถานะก๊าซ ของเหลว และของแข็งก็ได้ แต่ไม่สามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้ คลื่นเสียงเกิดจาก การสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุเกิดการสั่นสะเทือน จะเกิดการถ่ายโอนพลังงานให้กับอนุภาคของตัวกลาง ทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่น แล้วถ่ายโอนไปยังอนุภาคอื่น ๆ ที่อยู่ข้างเคียงให้สั่นตาม เป็นอย่างนี้ต่อเนื่องไปเรื่อยจนกระทั่งถึงอนุภาคตัวกลางที่อยู่ติดกับเยื่อแก้วหู อนุภาคเหล่านี้สั่นไปกระทบเยื่อแก้วหู ทำให้เยื่อแก้วหูสั่นตาม จึงทำให้เราได้ยินเสียง

คลื่นเสียงจัดเป็นคลื่นกล ถ้าเราทำการทดลองโดยใช้กระดิ่งไฟฟ้าที่ส่งเสียงดังตลอดเวลาใส่ไว้ในครอบแก้วจากนั้นจึงค่อย ๆ สูบอากาศภายในครอบแก้วออกเราจะได้ยินเสียงจากกระดิ่งไฟฟ้าค่อยลงเรื่อยจนในที่สุดจะไม่ได้ยินเสียงจากกระดิ่งไฟฟ้านี้ เมื่อในครอบแก้วเป็นสุญญากาศ แสดงว่าเสียงจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ดังนั้น “เสียงจึงจัดเป็นคลื่นกล”

คลื่นเสียงจัดเป็นคลื่นความยาวเมื่อวัตถุสั่นวัตถุก็จะไปกระทบตัวกลางทำให้อนุภาคตัวกลางสั่นกลับไปกลับมาแบบซิมเปิลฮาร์โมนิกโดยทิศทางการสั่นของอนุภาคตัวกลางจะสั่นในทิศขนานกับการเคลื่อนที่ของคลื่น ดังนั้น “เสียงจึงจัดเป็นคลื่นตามยาว” คุณลักษณะเฉพาะของเสียง ได้แก่ ความยาวช่วงคลื่น แอมพลิจูด และความเร็ว เสียงแต่ละเสียงมีความแตกต่างกัน เสียงสูง-เสียงต่ำ, เสียงดัง-เสียงเบา, หรือคุณภาพของเสียงลักษณะต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดเสียง และจำนวนรอบต่อวินาทีของการสั่นสะเทือน

### บีตส์ (Beats)

บีตส์เกิดจากการแทรกสอดของเสียงจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่งที่มีความถี่ต่างกันเพียงเล็กน้อย เสียงที่ได้ยินเป็นเสียงเดี่ยวแต่ดังและค่อยสลับกัน จำนวนครั้งของเสียงดัง (หรือจำนวนครั้งของเสียงค่อย) ใน 1 วินาที เรียกว่า ความถี่ของบีตส์ ข้อควรจำ

จากการวิเคราะห์ปรากฏการณ์บีตส์ พบว่า

1. ปรากฏการณ์บีตส์จะสังเกตเห็นได้ชัดเจนนั้น คือ ผลต่างของความถี่ของคลื่นสองขบวนต้องน้อยกว่าเมื่อเทียบกับความถี่ของคลื่นลัพธ์ หรือ เทียบกับความถี่ของคลื่นแต่ละขบวนที่มาวมกัน
2. ความถี่บีตส์ต้องไม่มากนักไม่ควรเกิน 7 Hz ถ้าสูงกว่านี้จะได้ยินการเกิดบีตส์
3. แอมพลิจูดของคลื่นทั้งสองขบวนต้องมีขนาดใกล้เคียงกัน มิฉะนั้นเสียงดังและค่อยจะไม่แตกต่างกัน อาจฟังไม่ชัดเจน ทำให้ไม่รู้สึกว่าได้ยินการเกิดบีตส์

ประโยชน์ของบีตส์

1. ใช้วัดความถี่ของส้อมเสียงเมื่อทราบความถี่มาตรฐานและความถี่ของบีตส์
2. ใช้เทียบเสียงของเครื่องดนตรี เช่น การเทียบเสียงของสายกีตาร์โดยมีเครื่องเทียบเสียงมาตรฐานเปรียบเทียบไม่ว่าจะเป็นไวโอลิน หรือกีตาร์ ใช้หลักว่า เมื่อเสียงเท่ากันแล้วจะไม่เกิดบีตส์ ถ้ายังเกิดบีตส์อยู่แสดงว่าเสียงยังไม่เท่ากันต้องปรับจนเสียงทั้งสองไม่ทำให้เกิดบีตส์การเกิดบีตส์นั้นหูบางคนอาจจะไวรับเสียงได้แต่บางคนก็รับไม่ได้

คุณลักษณะของเสียงคลื่นเสียง คือ คลื่นตามยาวซึ่งหูของพวกเราสามารถได้ยินเสียงได้โดยคลื่นนี้มีความถี่ตั้งแต่ประมาณ 20 Hz ถึง 20,000 Hz ความถี่เสียงในช่วงนี้เรียกว่า audio frequency เสียงที่พวกเราสามารถได้ยินแต่ละเสียงอาจเหมือนกันหรือแตกต่างกันขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของเสียงซึ่งมีอยู่ 3 ข้อ คือ

1. ความดัง (Loudness) หมายถึง ความรู้สึกได้ยินของมวลมนุษย์ว่าดังมากดังน้อย ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่อาจวัดด้วยเครื่องมือใด ๆ ได้โดยตรงความดังเพิ่มขึ้นตามความเข้มเสียงความรู้สึกเกี่ยวกับความดังจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับความเข้มเสียงโดยถ้า  $I$  แทนความเข้มเสียง ความดังของเสียงจะแปรผันโดยตรงกับ  $\log I$  หรือ อาจกล่าวได้ว่าความดังก็คือระดับความเข้มเสียงนั่นเองหูของคนสามารถรับเสียงที่มีความดังน้อยที่สุดคือ 0 dB และมากที่สุดคือ 120 dB

2. คุณภาพของเสียง (Quality) หมายถึง คุณลักษณะของเสียงที่เราได้ยินเมื่อเราฟังเพลงจากวงดนตรีวงหนึ่งนั้น เครื่องดนตรี ทุกชนิดจะเล่นเพลงเดียวกัน แต่เราสามารถแยกได้ว่า เสียงที่ได้ยินนั้นมาจากดนตรีประเภทใด เช่น มาจากไวโอลิน หรือเปียโน เป็นต้นการที่เราสามารถแยกลักษณะของเสียงได้นั้นเพราะว่าคลื่นเสียงทั้งสองมีคุณภาพของเสียงต่างกัน คุณภาพของเสียงนี้ขึ้นอยู่กับ จำนวนโอเวอร์โทนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงนั้น ๆ และแสดงออกมาเด่นจึงไพเราะต่างกันนอกจากนี้ คุณภาพของเสียงยังขึ้นกับ ความเข้มของเสียงอีกด้วย

3. ระดับเสียง (Pitch) หมายถึง เสียงที่มีความยาวคลื่นและความถี่ต่างกัน โดยเสียงที่มีความถี่สูงจะมีระดับเสียงสูงส่วนเสียงที่มีความถี่ต่ำจะมีระดับเสียงต่ำ

## 2.2.1 ความดันเสียง (Sound Pressure)

Sound Pressure คือ ค่าความดันของคลื่นเสียงที่เปลี่ยนแปลงไปจากความดันบรรยากาศปกติ ซึ่งค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือ ค่าความสูงคลื่นหรือแอมพลิจูด การตอบสนองของหูต่อความดันเสียงไม่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่มีความสัมพันธ์ลักษณะของลอการิทึม (logarithm)

$$SPL = 10 \log_{10} \left( \frac{p}{p_0} \right)^2 \quad (2.1)$$

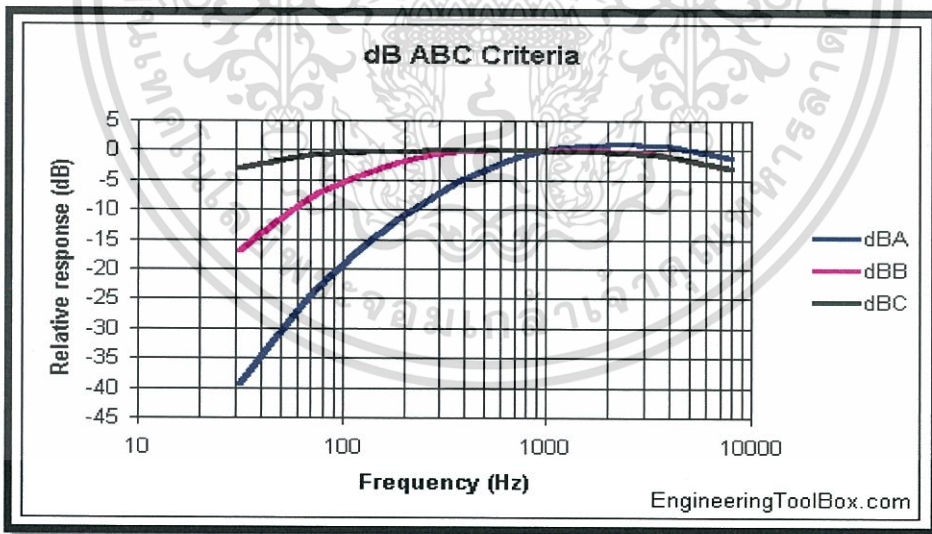
โดย

$SPL$  = ความดันเสียง

$p$  = ความเสียง ณ เวลานั้น

$p_0$  = ค่ามาตรฐานอ้างอิงอยู่ที่ 20 ไมโครปาสคาล

เดซิเบล (เอ) ; dB(A) เป็นหน่วยวัดความดังเสียงที่ใกล้เคียงกับการตอบสนองต่อเสียงของมนุษย์ดังรูปที่ 2.31

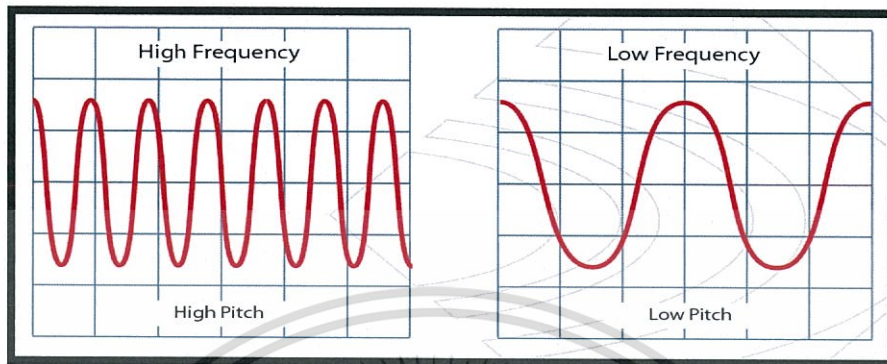


รูปที่ 2.31 อัตราน้ำหนัก ( Weighing ) ของ Sound Pressure

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 เสียงความถี่สูง (High Frequency)

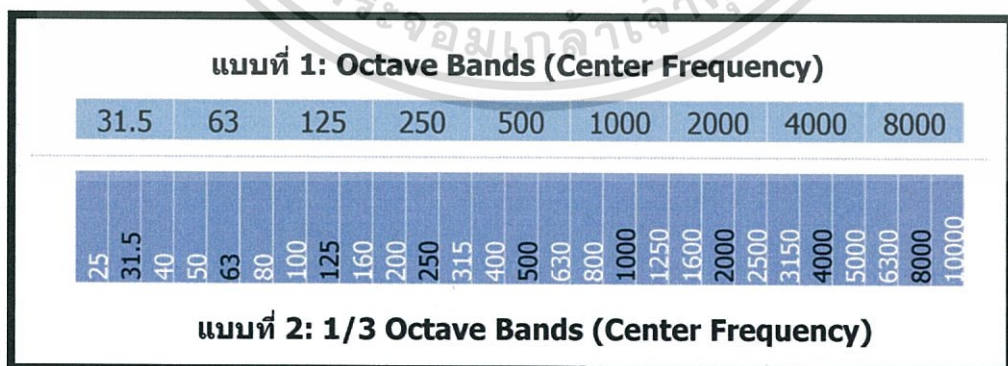
จำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศ ตามการอัดและขยายของโมเลกุลอากาศในหนึ่งวินาที หน่วยวัด คือ รอบต่อวินาที หรือ เฮิร์ตซ์ (Hertz; Hz) ดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 ลักษณะของสัญญาณความถี่ สูง - ต่ำ

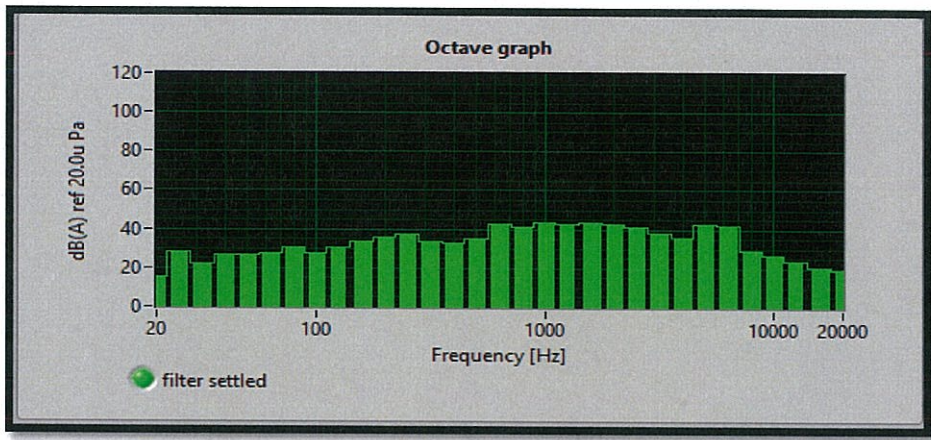
เสียงที่มนุษย์ได้ยินอยู่ในช่วง 20 -20,000 Hz ดังนั้น จึงมีการคิดค้นการแบ่งช่วงความถี่ขึ้น โดยวิธีการแบ่งที่เรียกว่า Octave Band Octave Band 1 ช่วง ความถี่เสียงเพิ่มเป็น 2 เท่า ถ้าเป็นโน้ตดนตรี โน้ตตัว C D E F G A B - C D E F G A B - C D E... C ตัวแรก กับ C ตัวที่ 2 ห่างกัน 1 Octave Band และความถี่ของ C ตัวที่ 2 มากเป็น 2 เท่าของตัวแรก

ในทางอะคูสติกส์ การแบ่ง Octave Band ที่นิยมใช้ มี 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เริ่มตั้งแต่ 31.5 Hz เพิ่มไป 2 เท่า เรื่อย ๆ คือ 31.5, 63, 125, 250, 500 ไปเรื่อย ๆ หรือ แบบที่ 2 คือ แบ่งช่วงเล็กๆ เป็น ช่วงละ 3 ความถี่ตามรูปที่ 2.33 และ 2.34



รูปที่ 2.33 การแบ่งช่วงของอ็อกเทฟแบบ 1/3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.34 กราฟของอ็อกเทฟในตัวโปรแกรม

### 2.2.3 ความผันผวนของเสียง (Sound Pressure Fluctuation)

คือเสียงที่เกิดขึ้นในช่วงความถี่ต่ำโดยใช้หลักการของความไม่เรียบของเสียงในทางเวลาเพื่อนำมาวิเคราะห์ ความผันผวนของเสียงจะวัดค่าพลังงานใน หน่วย Barks ซึ่งสามารถแทนค่าด้วยสมการดังนี้

$$F = \frac{0.008 \int_0^{-24brak} [4 \log_{10} (N'_{max} / N'_{min}) dB (dB / brak) dz]}{\frac{f_{mod} + 4Hz}{4Hz} + f_{mod}} \tag{2.2}$$

โดย

$F$  = ความผันผวนของเสียง หน่วย Vacil (1 Vacil = 60 dB)

$f_{mod}$  = ค่าความถี่ที่ปรับเปลี่ยนได้ 0-100 Hz

$N'_{max}$  = ตัวอย่างข้อมูลที่มีค่ามากที่สุด

$N'_{min}$  = ตัวอย่างข้อมูลที่มีค่าน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 หลักการทำงานของไมโครโฟน

ไมโครโฟน Microphone หรือ เรียกกันแบบย่อว่า ไมค์ (Mic.) คือ อุปกรณ์ แปลงพลังคลื่นเสียง ให้กลายเป็นคลื่นสัญญาณไฟฟ้า โดยมีจุดกำเนิดจากการคิดวิธีส่งสัญญาณโทรศัพท์

ไมโครโฟนได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ต่างๆมากมาย ทั้งด้านการสื่อสาร, การบันทึกเสียง, ระบบคาราโอเกะ, เครื่องช่วยฟัง, อุตสาหกรรมภาพยนตร์, การแสดงสดและการบันทึกเสียง หรืองานของวิศวกรด้านเสียง(Audio Engineering), โทรโข่ง, งานกระจายเสียงและแพร่ภาพทางวิทยุและโทรทัศน์, งานมัลติมีเดีย บน คอมพิวเตอร์, การรับคำสั่งเสียงในอุปกรณ์ IT, การส่งสัญญาณเสียงบนสื่ออินเทอร์เน็ต (VoIP) หรือ งานเสียงที่อยู่นอกเหนือการได้ยิน เช่น การตรวจสอบด้วยอัลตราซาวด์ หรือ การตรวจจับการสั่นสะเทือน

ไมโครโฟนมีการออกแบบหลากหลายตามการใช้งาน โดยส่วนใหญ่ที่ใช้งานในปัจจุบัน จะเป็นแบบทำงานด้วยการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือไดนามิก ไมโครโฟน (Dynamic microphone)แบบการเปลี่ยนแปลงค่าประจุไฟฟ้า หรือ คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนนอกจากนั้นยังมีแบบ Piezoelectric generation หรือ light modulation

โดยทุกแบบล้วนมีจุดประสงค์เพื่อสร้างสัญญาณเสียง ตามการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า (electrical voltage signal) จากการสั่นสะเทือนเชิงกล (Mechanical vibration) ซึ่งมาจากพลังเสียงที่ไมค์ได้รับเข้าไปนั่นเอง

ความหมายของไมโครโฟน ไมโครโฟน คือ อุปกรณ์ที่เปลี่ยนเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า การออกแบบไมโครโฟนที่ดี จะต้องสามารถเปลี่ยนพลังเสียงได้ดี ตลอดย่านความถี่เสียง ซึ่งมีความจำกัดมาก จึงมีเทคโนโลยีหลายอย่างเกิดขึ้นเพื่อให้ได้สัญญาณเสียง ที่ดีเหมือนต้นกำเนิดเสียง ดังนั้น จึงมีไมโครโฟนหลายชนิดที่มีคุณลักษณะไม่เหมือนกัน

### ชนิดของไมโครโฟน

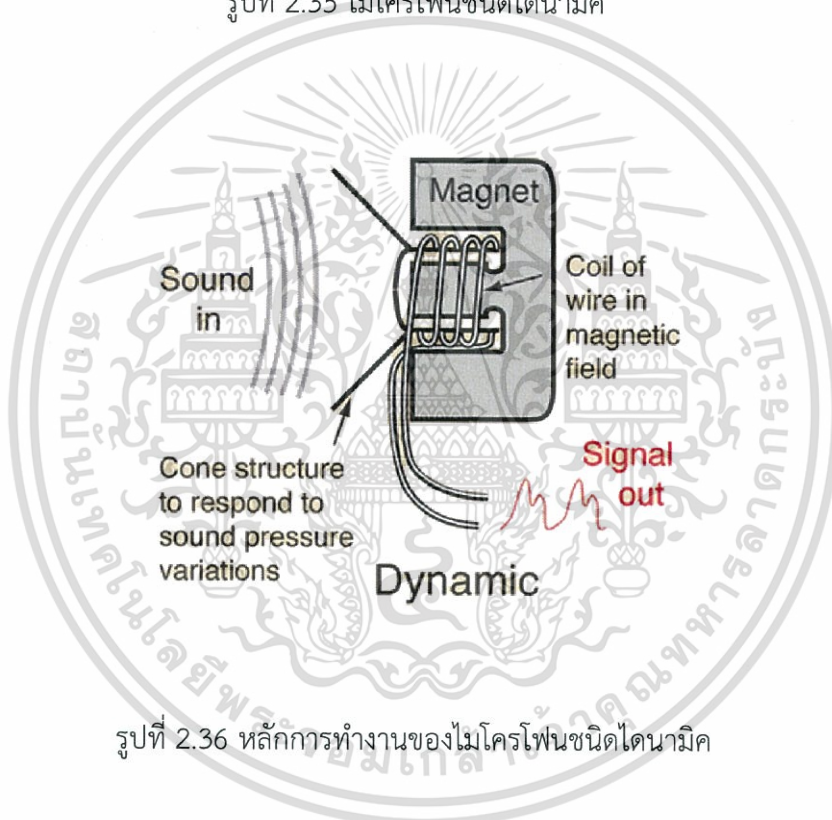
ไมโครโฟนแบ่งตามชนิดของการใช้วัสดุอุปกรณ์นำมาสร้างได้ 5 ชนิด คือ

#### 1. ไมค์ไดนามิก (Dynamic Microphone)

มีโครงสร้างประกอบด้วย ดังนี้ แม่เหล็กถาวร (magnet) ไดอะแฟรม (Diaphragm) ขดลวด (Coil) ดังรูปที่ 2.35 และ 2.36



รูปที่ 2.35 ไมโครโฟนชนิดไดนามิก



รูปที่ 2.36 หลักการทำงานของไมโครโฟนชนิดไดนามิก

หลักการทำงาน ดังนี้ คือ เมื่อเสียงมากระทบที่แผ่นไดอะแฟรมบางๆ จะเกิดการสั่นขึ้นผลจากการสั่นเพียงเล็กน้อยทำให้ขดลวดขยับ เกิดการเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็กทำให้ขดลวดเกิดกระแสไฟฟ้า ( Current ) ขึ้นตามผลการสั่นของไดอะแฟรม แต่สัญญาณที่ได้จากไมโครโฟนเป็นขนาดความแรงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงต้องมีการขยายขึ้นเป็นพิเศษที่เครื่องขยายเสียง โดยวงจรขยายสัญญาณไมโครโฟนเท่านั้น เรียกว่า ปริไมโครโฟน ( Pre Microphone ) ไมโครโฟนชนิดนี้ มีอิมพีแดนซ์ 600 โอห์มมีความไวในทิศทางด้านหน้าและในรัศมีสั้นๆ ประมาณ 4 เซนติเมตร จนบางที่เรียกว่าไมค์ร็อง เหมาะสำหรับการแสดงการขับร้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

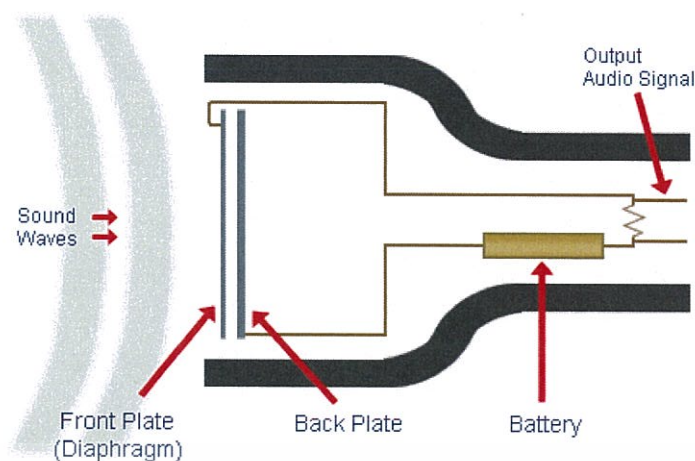
## 2. ไมค์คอนเดนเซอร์ (Condenser Microphone)

มีโครงสร้างประกอบด้วย ดังนี้ แบตเตอรี่ (Battery) ไดอะแฟรม (Diaphragm) Back plate วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier) ดังรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 ไมโครโฟนชนิดคอนเดนเซอร์

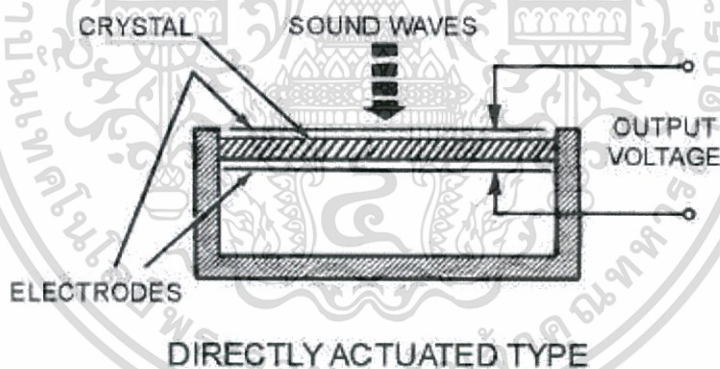
คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนนี้ต้องมีไฟฟ้า DC เลี้ยงจึงจะทำงาน แรงดันตั้งแต่ 1.5 ถึง 48 โวลต์ ไมค์คอนเดนเซอร์ใช้หลักการค่าความจุของคาปาซิเตอร์เปลี่ยนแปลงโดยเมื่อมีเสียงปะทะที่ไดอะแฟรม จึงจะทำให้เกิดการสั่นไหว ทำให้มีการขยับตัวของระยะห่างของแผ่นเพลทที่เป็นไดอะแฟรมกับแผ่นเพลทแผ่นหลัง ทำให้ค่าความจุมีการเปลี่ยนแปลงตามแรงปะทะจากคลื่นเสียง ทำให้เกิดสัญญาณไฟฟ้าของเสียงนั้นส่งมาที่ Amplifier ทำการขยายสัญญาณเสียงเป็นกระแสไฟฟ้าที่แรงส่งออกไปตามสายนำสัญญาณ ดังนั้น ไมโครโฟนชนิดนี้จึงมีความไวมาก มีอิมพีแดนซ์ต่ำมาก เมื่อยังไม่มีการออกแบบพิเศษ ความถี่ตอบสนองได้ดีที่ความถี่ปานกลางขึ้นไปและทิศทางการรับรอบทิศทาง ดังรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 หลักการทำงานของไมโครโฟนชนิดคอนเดนเซอร์

### 3. ไมค์คริสตอล (Crystal microphone)

มีโครงสร้างประกอบด้วย ดั้งนี้ Diaphragm รับเสียง, แร่ Crystal กำเนิดไฟฟ้าแผ่น Back plate รองรับประกบด้านหลัง, สายต่อนำกระแสไฟฟ้าสัญญาณเสียงดังรูปที่ 2.39



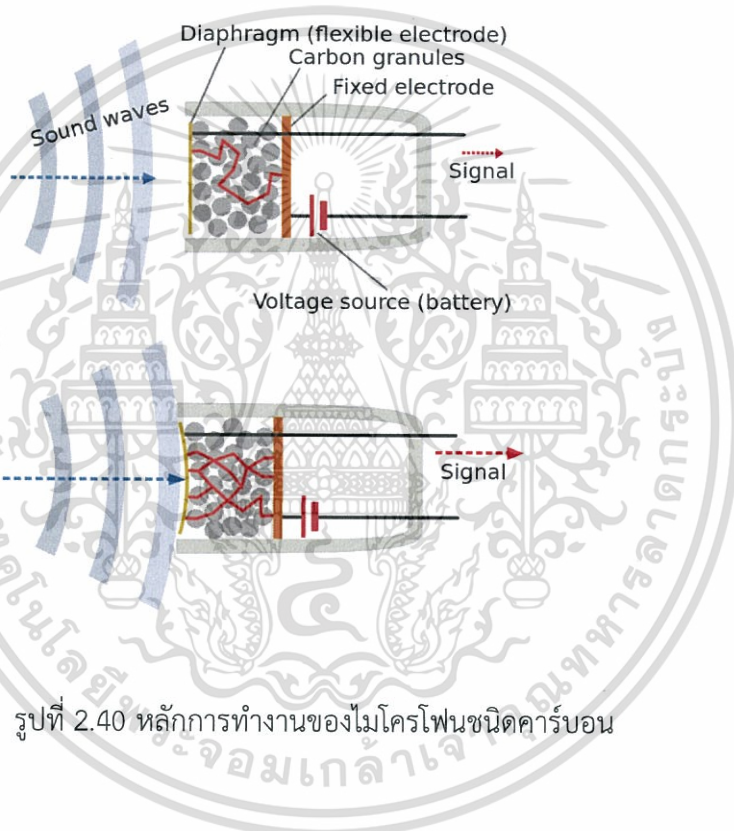
รูปที่ 2.39 การทำงานของไมโครโฟนชนิดคริสตอล

ไมโครโฟนชนิดนี้มีแร่คริสตอลเป็นตัวกำเนิดกระแสไฟฟ้า โดยจะรับแรงสั่นจากคลื่นอากาศของเสียงทางไดอะแฟรม ไฟฟ้าที่ได้แรงดันสูงกว่า ไมโครโฟนชนิดอื่นๆ จึงมีค่าอิมพีแดนซ์สูงถึง 10 กิโลโอห์ม เป็นชนิดที่นิยมใช้กับ เครื่องขยายเสียง รุ่นหลอด เมื่อยังไม่มีการออกแบบพิเศษความตอบสนองได้ดีที่ความถี่เสียงกลาง ปัจจุบันไม่ปรากฏเห็น ในการใช้งานทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. ไมค์คาร์บอน (Carbon Microphone)

ไมค์คาร์บอน เป็นไมโครโฟนสมัยแรกแห่งวงการเครื่องเสียง อาศัยหลักการความต้านทานของคาร์บอนเปลี่ยนค่าได้ คือ เมื่อคาร์บอนมีความหนาแน่นมากจะมีความต้านทานน้อย ทำให้กระแสไหลมาก และถ้าความหนาแน่นน้อย จะเกิดความต้านทานมาก ทำให้กระแสไหลน้อย เมื่อนำมายึดติดกับไดอะแฟรม จะทำให้เกิดการสั่นไหวเมื่อมีคลื่นอากาศเสียง ทำให้ความต้านทานเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามคลื่นเสียง ถ้ามีการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไป จะทำให้ได้สัญญาณเสียงออกมา เป็นกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามความต้านทาน คุณภาพเสียงที่ได้จะอยู่ในช่วงความถี่ต่ำ ปัจจุบันไม่พบเห็นในการใช้งานหลักการทำงานของไมค์คาร์บอนดังรูปที่ 2.40



รูปที่ 2.40 หลักการทำงานของไมโครโฟนชนิดคาร์บอน

#### 5. ไมค์เซอร์รามิค (Ceramic Microphone)

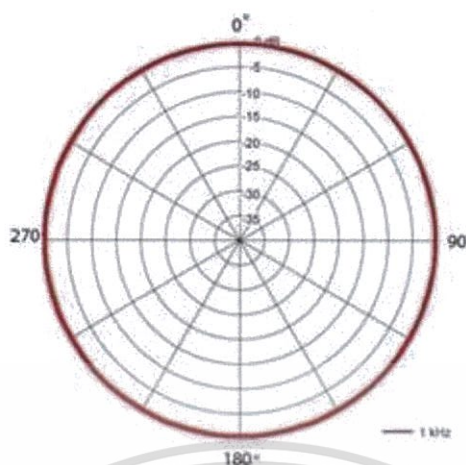
ปัจจุบันไม่พบเห็นใช้งานแล้ว มีลักษณะเหมือนกับคาร์บอนแต่วัสดุที่ใช้ต่างกัน คือ โครงสร้างประกอบด้วย ดังนี้ Diaphragm รับเสียง Ceramic กำเนิดไฟฟ้าแผ่น Back plate รองรับประกบด้านหลังสายต่อนำกระแสไฟฟ้าสัญญาณเสียงไมค์เซอร์รามิคดังรูปที่ 2.41 รูปตัวอย่างไมค์เซรามิค



รูปที่ 2.41 ไมโครโฟนชนิดเซรามิก

ปกติไมโครโฟนจะมีหลายราคาตามคุณภาพ มีราคาถูกๆ จนถึงหลักหมื่นบาท โดยแตกต่างกันที่ คุณภาพการตอบสนองความถี่เสียง และความไวในการรับ นอกจากนี้การเลือกใช้อีกยังพิจารณาถึงขนาดความเหมาะสมและวัสดุที่ใช้ทำด้วย เช่นในงานบรรยาย ที่ต้องการความคล่องตัว อาจใช้ไมโครโฟนแบบไร้สาย หรือไมโครโฟนที่มีน้ำหนักเบา งานแสดงสดบนเวทีและงานบันทึกเสียง อาจต้องการไมโครโฟนที่มีคุณภาพเสียงที่ดี แต่หากใช้ในงานสนามที่ไม่ต้องการคุณภาพเสียงมากเท่าไร เราก็สามารถเลือกใช้ไมโครโฟนราคาถูกได้ นอกจากนี้ในกรณีของไมโครโฟนแบบไดนามิก ยังพิจารณาถึงขนาดอิมพีแดนซ์ของไมโครโฟนด้วย ถ้าใช้สายต่อยาวมาก ๆ ควรใช้ไมโครโฟนที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ เพราะสามารถลดสัญญาณรบกวนได้ดีกว่าไมโครโฟนอิมพีแดนซ์สูง และถ้าเป็นไมโครโฟนที่มีคุณภาพเรายังพิจารณาถึง รูปแบบการรับคลื่นเสียงจากข้อมูลรายละเอียดคุณสมบัติต่างๆ ส่วนใหญ่มีด้วยกัน 2 รูปแบบคือ

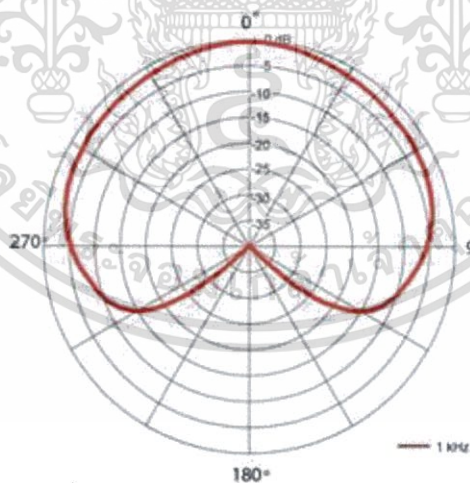
## 1. แบบรับเสียงรอบทิศทาง (Omni Direction)



รูปที่ 2.42 แสดงการรับคลื่นเสียงของไมโครโฟนแบบรอบทิศทาง (Omni Direction)

ไมโครโฟนแบบรอบทิศทาง (Omni Direction) มักจะเป็นรูปแบบของไมโครโฟนที่ใช้กันทั่วไป โดยเฉพาะไมโครโฟนคอนเดนเซอร์ โดยแบบนี้จะเหมาะสำหรับการบันทึกเสียง เพราะมีการตอบสนองความถี่กว้าง แต่มีโอกาที่จะเกิดเสียงหอนได้ง่าย การติดตั้งจึงควรพิจารณาเป็นพิเศษ และการใช้งานไม่ควรพูดห่างไมโครโฟนมากนัก

## 2. แบบรับเสียงเฉพาะด้านหน้าไมโครโฟน (Cardioid Direction)

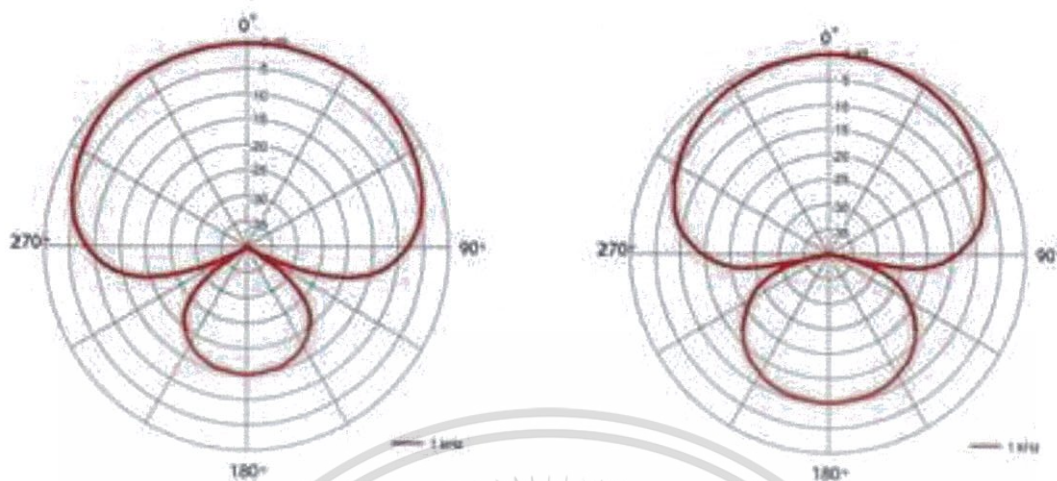


รูปที่ 2.43 แสดงการรับคลื่นเสียงของไมโครโฟนแบบรับเสียงด้านหน้า (Cardioid Direction)

ไมโครโฟนที่มีรูปแบบการรับเสียงแบบ Cardioid สามารถรับเสียงจากทางด้านหน้า ( $0^\circ$ ) ได้ดีที่สุด แต่รับเสียงที่มาจากทางด้านหลัง ( $180^\circ$ ) ได้น้อยมากๆ หรือ ไม่ได้เลย เป็นไมโครโฟนที่ออกแบบมาเป็นพิเศษ สามารถรับเสียงที่ห่างไมโครโฟน โดยไม่มีปัญหาเสียงรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

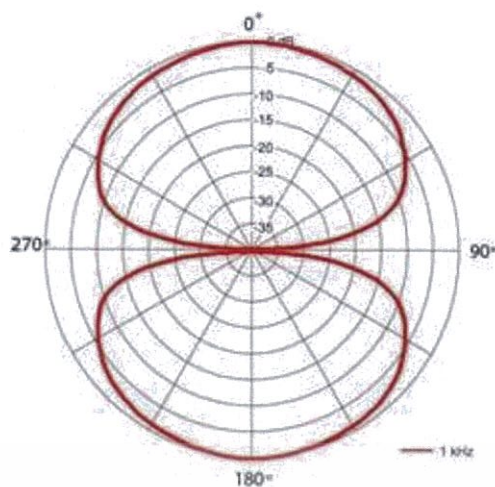
3. แบบรับเสียงทั้งด้านหน้าไมโครโฟนและด้านหลังไมโครโฟน แต่รับเสียงด้านหน้าได้มากกว่า (Super Cardioid Pattern & Hyper Cardioid)



รูปที่ 2.44 Super Cardioid & Hyper Cardioid

ทั้งสองแบบนี้ถูกออกแบบมาให้มี มุม หรือ องศา ของการรับเสียงที่แคบกว่าแบบ cardioid แต่สิ่งที่เพิ่มเข้ามา คือ การรับเสียงจากด้านหลัง และหากจะเปรียบเทียบกันระหว่าง super cardioid และ hyper cardioid แล้ว super cardioid จะมีมุมรับเสียงทางด้านหน้าที่กว้างกว่า แต่การรับเสียงจากด้านหลังจะไม่มากนัก ส่วน hyper cardioid ถึงแม้จะรับเสียงด้านหน้าจะแคบกว่า แต่การรับเสียงจากทางด้านหลังกลับมากกว่า ซึ่งกลายเป็นข้อดีข้อเสียกันคนละอย่างรูปแบบการรับเสียงทั้งสองรูปแบบนี้ ได้มาจากการรวมกันของ cardioid ขั้วบวก (+) กับ cardioid ขั้วลบ (-) ที่ถูกลดระดับสัญญาณลงในแง่ของการใช้งานแล้ว หากเป็นการใช้เพื่อบันทึกเสียงใน studio สิ่งที่ต้องตระหนักอยู่เสมอ คือ วัตถุประสงค์ในการใช้งาน กล่าวคือ ไมโครโฟนทั้งสองแบบนี้สามารถรับเสียงจากทางด้านหลังได้ด้วย ดังนั้น นั่นหมายถึง สามารถรับเสียงที่สะท้อนมาจากทางด้านหลังได้มากกว่า ทำให้อัตราส่วนของความแตกต่างระหว่าง direct sound กับ reflected sound นั้นน้อยกว่าแบบ cardioid (จึงอาจทำให้เสียงที่บันทึกออกมาฟังดูมีความก้องมากกว่าแบบ cardioid) ดังนั้นการใช้ไมโครโฟนทั้งสองแบบนี้ จึงต้องพิจารณาควบคู่กันไปกับปัจจัยอื่น ๆ อาทิ เช่น ค่าความก้องของห้อง, ระยะห่างระหว่างแหล่งเสียงกับไมค์, ระยะห่างและทิศทางของผนังห้องกับไมค์, ระยะห่างและทิศทางของแหล่งเสียงอื่นๆ เป็นต้น

4. แบบรับเสียงทั้งด้านหน้าไมโครโฟนและด้านหลังไมโครโฟน โดยที่ความสามารถในการรับเสียงเท่ากัน (Bidirectional Pattern)



รูปที่ 2.45 Bidirectional Pattern

มีมุมการรับเสียงทางด้านหน้าที่แคบกว่าแบบ hyper cardioid แต่ก็มีมุมการรับเสียงจากทางด้านหลังที่กว้างกว่าตามไปด้วย ซึ่งหากพิจารณาอย่างละเอียดจะเห็นว่ามุมการรับเสียงด้านหน้าและด้านหลังจะมีขนาดที่เท่ากันคือ กว้าง  $90^\circ$  เหมือนกัน ส่วนมุมที่ไม่รับเสียงหรือรับได้น้อย (ทั้งทางด้านซ้ายและทางด้านขวา) ก็จะมีขนาดความกว้าง  $90^\circ$  เช่นเดียวกัน (อย่าสับสนระหว่างความกว้างของมุม กับ ตำแหน่งของมุม) Condenser microphone ในหลายๆ รุ่น ก็มีรูปแบบการรับเสียงแบบ Bidirection ให้เลือกเหมือนกัน แต่เกิดขึ้นจากการรวมกันของ cardioid ที่มีขั้วเป็นบวก (+) กับ cardioid ที่มีขั้วเป็นลบ (-)

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากเครื่องวัดความดังเสียงมีราคาสูงดังนั้นจึงมีการคิดค้นหาอุปกรณ์ที่มาทดแทนเครื่องวัดเสียงในการวัดหลายๆอย่างไม่จำเป็นต้องมีค่าความถูกต้องที่สูงในบางครั้งเราต้องการแค่ความแม่นยำที่เพียงพอ

เครื่องวัดเสียงนั้นประกอบไปด้วย ไมโครโฟน , ตัววิเคราะห์สัญญาณและจอแสดงผล ในงานวิจัยนี้เป็นการพยายามสร้างเครื่องวัดเสียงโดยใช้ไมโครโฟนและการวัดเสียงโดยเชื่อมต่อกับตัวแปลงสัญญาณ (DAQ card) ที่มีราคาต่ำ

ส่วนประกอบสุดท้ายคือไมโครโฟน หากใช้ไมโครโฟนที่มีราคาต่ำจะไม่มีใบรับรองมาตรฐาน แต่ในการทดสอบจำเป็นต้องใช้ไมโครโฟนที่มีใบรับรองมาตรฐานในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ไมโครโฟน GRAS 40AF ด้วยตัวขยายสัญญาณ GRAS รุ่น 12AA

ตารางที่ 2.1 ตารางค่ามาตรฐานของตัวไมโครโฟน GRAS 40 AF

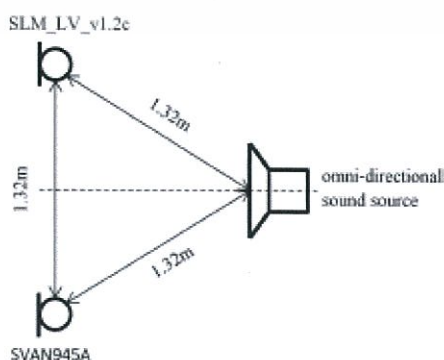
Frequency and time weighting at 1 kHz

Characteristic	A			C	LIN
	Fast	Slow	-	Fast	Fast
Result	SPL	SPL	LEQ	SPL	SPL
Level [dB]	93.98	93.98	93.98	93.99	94
Error ( $L_{...} - L_{A,F}$ ) [dB]	-	0	0	0.01	0.02
Pec 1,2 [dB]	±0.3			±0.4	±0.4

Toneburst response

Duration time [ms]	Time-weighted	$L$	$L_i$	$L_i - L$	$\delta_{ref}$	$((L_i - L) - \delta_{ref})$	Pec 1,2
200	$F_{max}$	117.0	117.0	0.0	-1.0	1.0	±0.8
	$S_{max}$	117.0	110.4	-6.6	-7.4	0.8	
	$L_{AE}$	117.0	110.0	-7.0	-7.0	0.0	
2	$F_{max}$	117.0	99.4	-17.6	-18.0	0.4	+1.3 ; -1.8
	$S_{max}$	117.0	90.4	-26.6	-27.0	0.4	+1.3 ; -3.3
	$L_{AE}$	117.0	90.0	-27.0	-27.0	0.0	+1.3 ; -1.8
0.25	$F_{max}$	117.0	90.2	-26.8	-27.0	0.2	+1.3 ; -3.3
	$L_{AE}$	117.0	80.8	-36.2	-36.0	-0.2	

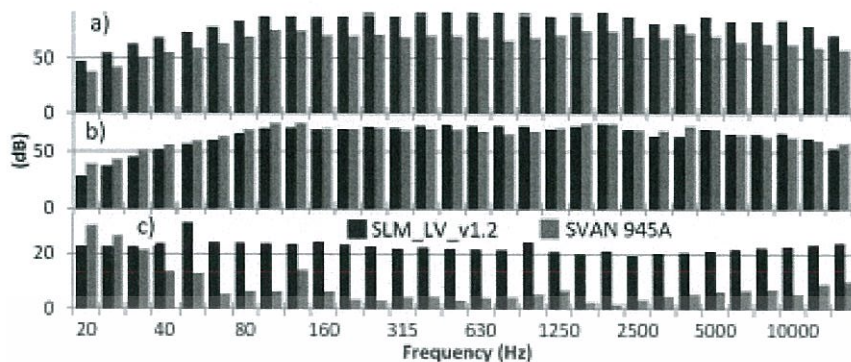
งานวิจัยนี้ได้ใช้แหล่งกำเนิดเสียง 2 ตัว คือ แหล่งกำเนิดเสียงรบกวน (PINK noise) และตัวกำเนิดเสียงแบบรอบทิศทางในการวัดจะมีแค่ตัวไมโครโฟนกับตัวแหล่งกำเนิดเท่านั้นที่อยู่ภายในห้อง คอมพิวเตอร์จะมีโปรแกรม SLM\_LV\_v1.2c และ SVAN945A เป็นตัววิเคราะห์ที่อยู่ภายนอกห้องทดสอบดังรูปที่ 2.46



รูปที่ 2.46 ตำแหน่งเครื่องกำเนิดเสียงและไมโครโฟนภายในห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขั้นต้นจำเป็นต้องสอบเทียบเครื่องมือวัดทั้ง 2 ตัวคือ SLM\_LV\_v1.2c และ SVAN945A จะมีการเกิดค่าความแตกต่างของ 2 ตัว ดังรูปที่ 2.47



รูปที่ 2.47 ค่าความแตกต่างระหว่าง 2 อุปกรณ์

- คือความแตกต่างของค่าระดับเสียงทั้งหมด ( $L_{eq}$ ) ระหว่าง SVAN945A และ SLM\_LV\_v1.2c เกินกว่า 12.0 dB
- ตัวอย่างการวัดหลังจากมีการสอบเทียบ โดยใช้ SVAN 945A เป็นตัวมาตรฐาน
- ตัวอย่างค่าสเปกตรัมของเสียงพื้นหลังภายในห้องอัด

## บทที่ 3

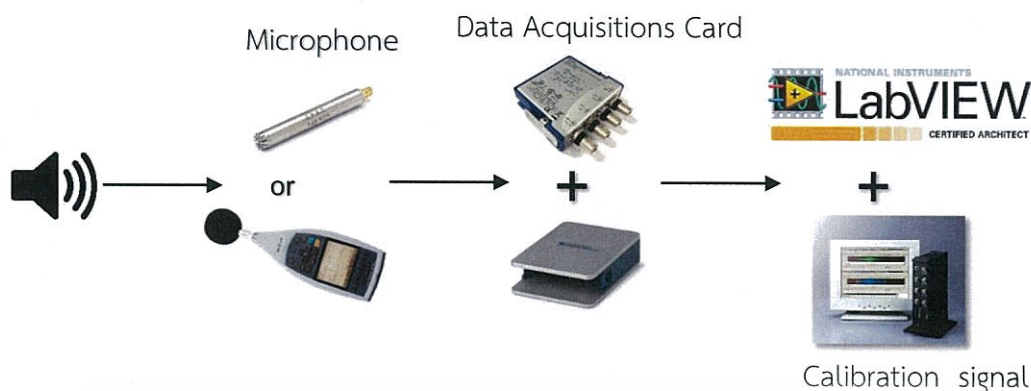
### วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 หลักการและแนวคิด

การดำเนินโครงการสหกิจนี้ได้เริ่มจากความต้องการพัฒนาและเพิ่มขีดความสามารถให้กับเครื่องมือที่ทาง บริษัท ไทยสตีลเคเบิล จำกัด มหาชน ที่มีอยู่เพื่อเพิ่มขีดความสามารถและประสิทธิภาพในการใช้การทำงานและสามารถรองรับงานที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ เราได้ทำการพัฒนาโปรแกรม LabVIEW ให้สามารถใช้งานกับอุปกรณ์วัดเสียง (Sound Level Meter) และสามารถนำสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์วัดเสียงมาวิเคราะห์หาค่า 1. ความดันเสียง (Sound Pressure) 2. ความถี่สูงสุดของความดันเสียง (High Frequency of Sound Pressure) และ 3. ความผันผวนของความดันเสียง (Fluctuation of Sound Pressure)

#### 3.2 ออกแบบการดำเนินงาน

การทดสอบนี้เป็นการประมวลผลสัญญาณเสียงของชุดควบคุมรางจักรรถยนต์จากไมโครโฟนของ Onosokki รุ่น LA-3560 และ G.R.A.S รุ่น 40PH โดยนำสัญญาณเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ ผ่านชุดแปลงสัญญาณ Data Acquisitions Card (DAQ Card) การออกแบบและพัฒนา Software สำหรับช่วยในการวิเคราะห์สัญญาณสำหรับโครงการสหกิจนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม LabVIEW ซึ่งเป็น Graphic programming ที่ง่ายต่อการใช้ใช้งานและต่อยอดในอนาคตและมีการตอบสนองการทำงานแบบ Real Time จึงเป็นโปรแกรมที่เหมาะสมในการทำงานทางด้านเครื่องมือวัดและระบบควบคุม



รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของระบบที่ใช้ในการทดสอบ

จากรูปที่ 3.1 Microphone จะเป็นตัวรับสัญญาณของเสียง โดยส่งสัญญาณในรูปแบบของแรงดันอากาศจาก ชุดควบคุมแรงจerkจรถยนต์ และเมื่อได้รับสัญญาณของแรงดันอากาศมาจะส่งผ่านไปยังชุดแปลงสัญญาณ Data Acquisitions Card (DAQ Card) ในรูปแบบ Analog Signal เพื่อใช้ในการประมวลผลสัญญาณในลักษณะสัญญาณ Digital Signal Processing โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ในการประมวลผลและวิเคราะห์ค่าของสัญญาณที่ได้รับมาและนำค่าที่ได้จากเครื่อง DS-2000 มาเปรียบเทียบเพื่อความถูกต้องของข้อมูล

### 3.3 ไมโครโฟน

ไมโครโฟนนั้นมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน การใช้ไมโครโฟนมารับเสียงของชุดควบคุมแรงจerkจรถยนต์ ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติย่านความถี่ให้ครอบคลุมย่านความถี่ของเสียงของการทำงาน โดยการทดสอบนี้กำหนดไว้ว่าช่วงความถี่ที่ใช้ในการทดสอบคือ ช่วง 20 Hz – 20k Hz ซึ่งตรงกับคุณสมบัติของไมโครโฟน Onosokki รุ่น LA-3560 และ G.R.A.S รุ่น 40PH ที่จะใช้ทำการทดลอง ไมโครโฟนทั้ง 2 บรมีลักษณะดังรูปที่ 3.2 และ 3.3



รูปที่ 3.2 ไมโครโฟน G.R.A.R รุ่น 40PH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ไมโครโฟน Onosokki รุ่น LA-3560

### 3.4 ชุดแปลงสัญญาณ

ชุดแปลงสัญญาณที่นำมาใช้คือ Data Acquisitions Card (DAQ Card) ที่นำมาใช้เพราะง่ายต่อการใช้งาน รองรับกับไมโครโฟนและโปรแกรม LabVIEW ซึ่งระบบ DAQ (Data acquisition) เป็นการเก็บรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลจริงในงานวิจัยทดลองวิทยาศาสตร์และทดสอบงานทางด้านวิศวกรรมเชิงคุณภาพและประสิทธิภาพผ่านคอมพิวเตอร์ โดยมีความแตกต่างจากงานระบบคอมพิวเตอร์ทั่วไปตรงที่มี Hardware พิเศษเพื่อตรวจจับสัญญาณทางกายภาพทางวิทยาศาสตร์ อาทิ เช่น อุณหภูมิ ความดันอากาศ ก๊าซ อัตราการไหล เป็นต้น แปลงเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์เป็นรูปแบบในลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้า เข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ผ่าน Software ประยุกต์ที่พัฒนาตามคุณลักษณะของงานวิจัยทดลองนั้น ๆ ในลักษณะเวลาจริง (Real Time) ซึ่งในอดีตมักใช้เป็นระบบเฉพาะเจาะจงลงไปตามประเภทงาน ไม่สามารถใช้งานร่วมกับงานวิจัยอื่นได้ ทั้งยังมีราคาที่สูงมาก ทว่าด้วยความสามารถของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในปัจจุบัน ประกอบกับการใช้งานที่ง่ายขึ้นของ Software ระบบปฏิบัติการในลักษณะที่เป็นวินโดว์หรือการฟลิก ทำให้การประยุกต์เพื่อนำคอมพิวเตอร์มาใช้งานด้าน Data Acquisition นี้มีความเป็นไปได้โดยไม่ยุ่งยาก และให้ความครองตัวกับนักวิทยาศาสตร์ นักวิจัยทดลองและวิศวกร เพื่อพัฒนาระบบงานดังกล่าวได้เองจาก Hardware และ Software งานด้าน Data Acquisition ที่มีให้เลือกมากมายหลากหลายผู้ผลิต และสามารถใช้งานร่วมกันได้โดยส่วนใหญ่ ทำให้ราคากระบบโดยรวมมีราคาไม่สูง และให้ประสิทธิผลในการพัฒนาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศเชิงเทคโนโลยีได้ดีกว่า ซึ่ง Data Acquisitions Card (DAQ Card) ที่ใช้จะมีทั้งหมด 2 รุ่นคือ NI cDAQ รุ่น 9234 ซึ่งจะมีช่อง Input ที่สามารถรองรับการใช้งานกับไมโครโฟน ซึ่งจะใช้ร่วมกับตัว NI cDAQ รุ่น 9171 ดังรูปที่ 3.4 และ 3.5



รูปที่ 3.4 NI cDAQ 9234



รูปที่ 3.5 NI cDAQ 9171

ชุดแปลงสัญญาณอีกชุดหนึ่งคือ Onosokki รุ่น DS-2000 เป็นตัววิเคราะห์สัญญาณโดยแสดงผลออกเป็นในรูปฮอกรัฟมีความแม่นยำ ด้วยการแปลงสัญญาณแบบ 24 บิต สามารถรองรับความดังเสียงได้มากกว่า 100 เดซิเบล พร้อมโปรแกรมวิเคราะห์เสียงและการสันสะท้อนโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยที่สามารถอัดเสียงและวิเคราะห์เพื่อให้การวัดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพดังรูปที่ 3.6 ภาพเครื่อง Onosokki รุ่น DS-2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

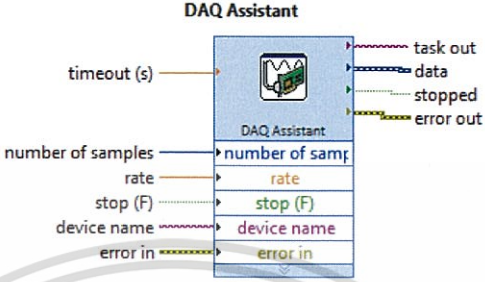
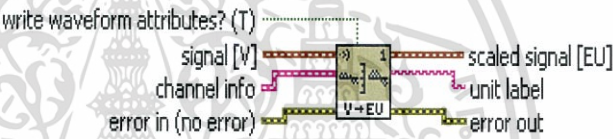
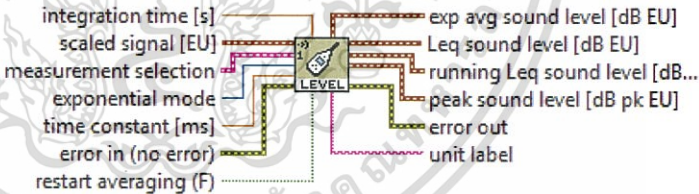


รูปที่ 3.6 เครื่อง Onosokki รุ่น DS-2000

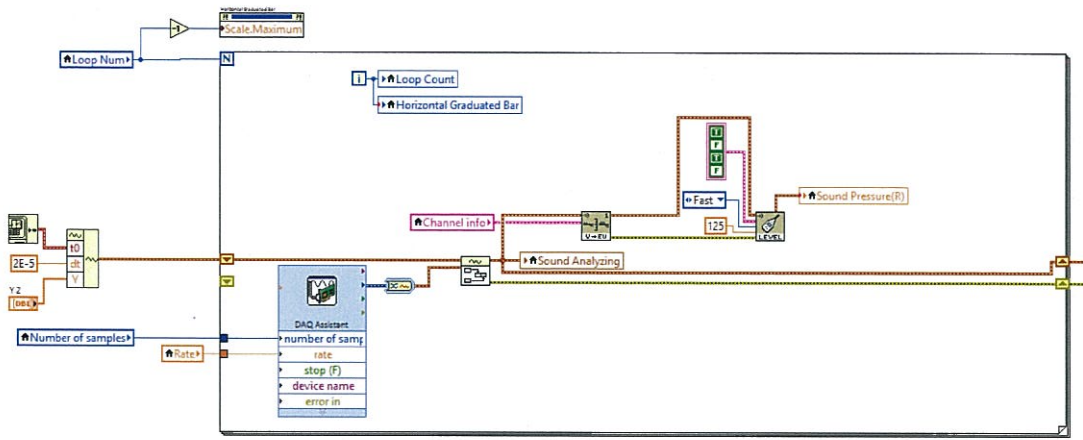
### 3.5 โปรแกรม LabVIEW

3.5.1 ส่วนรับสัญญาณจากไมโครโฟน โดยผ่านทาง DAQ การออกแบบโปรแกรมดังรูปที่ 3.6 องค์ประกอบหลักของโปรแกรมดังแสดงในตารางที่ 3.1

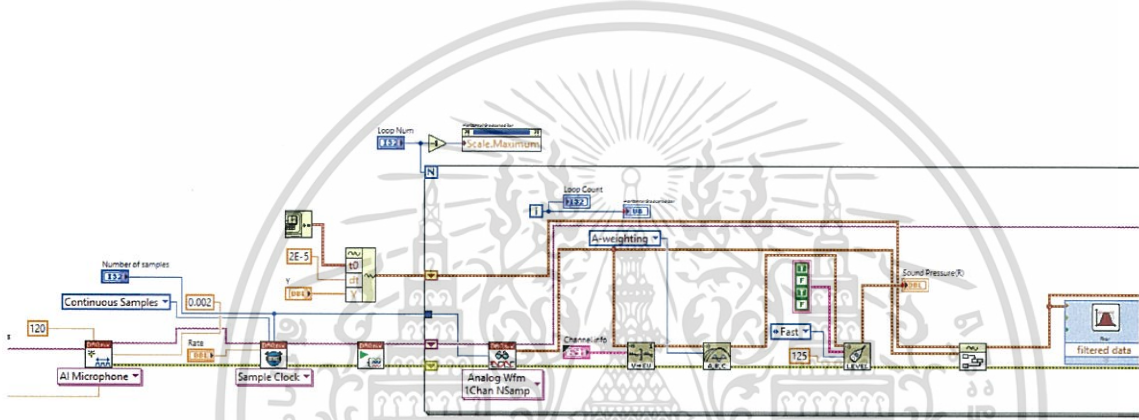
ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบหลักของโปรแกรม

ชื่อโปรแกรมย่อย	ไอคอนที่แสดง
DAQ Assistant : เป็นส่วนที่รับ Input มาจากตัวไมโครโฟน	 <p>The DAQ Assistant icon is a blue rectangular box with a microphone icon in the top left corner. It has several input and output ports on its right side, each with a colored arrow pointing to or from the box. The inputs are: 'timeout (s)' (orange arrow), 'number of samples' (blue arrow), 'rate' (orange arrow), 'stop (F)' (dotted arrow), 'device name' (dotted arrow), and 'error in' (dotted arrow). The outputs are: 'task out' (red dashed arrow), 'data' (blue dashed arrow), 'stopped' (green dashed arrow), and 'error out' (yellow dashed arrow). The text 'DAQ Assistant' is written inside the box.</p>
V to EU : เป็น VI ใช้สำหรับแปลงค่า Input ที่เป็นหน่วยแรงดันไฟฟ้า V เป็นหน่วยทางวิศวกรรม Engineer Unit (EU)	 <p>The V to EU icon is a green rectangular box with a waveform icon in the top left corner. It has several input and output ports on its right side. The inputs are: 'write waveform attributes? (T)' (dotted arrow), 'signal [V]' (red arrow), 'channel info' (red arrow), and 'error in (no error)' (dotted arrow). The outputs are: 'scaled signal [EU]' (red arrow), 'unit label' (red arrow), and 'error out' (dotted arrow). The text 'V to EU' is written inside the box.</p>
Sound Level : เป็นตัวรับสัญญาณที่เป็นหน่วย EU เพื่อเข้าสมการแปลงเป็น Sound level หน่วย dB	 <p>The Sound Level icon is a green rectangular box with a waveform icon in the top left corner. It has several input and output ports on its right side. The inputs are: 'integration time [s]' (orange arrow), 'scaled signal [EU]' (red arrow), 'measurement selection' (red arrow), 'exponential mode' (red arrow), 'time constant [ms]' (red arrow), 'error in (no error)' (dotted arrow), and 'restart averaging (F)' (dotted arrow). The outputs are: 'exp avg sound level [dB EU]' (red arrow), 'Leq sound level [dB EU]' (red arrow), 'running Leq sound level [dB...]' (red arrow), 'peak sound level [dB pk EU]' (red arrow), 'error out' (dotted arrow), and 'unit label' (red arrow). The text 'LEVEL' is written inside the box.</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

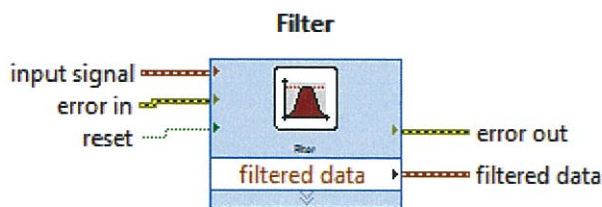


รูปที่ 3.7 โปรแกรมส่วนรับสัญญาณจากไมโครโฟน Onosokki



รูปที่ 3.8 โปรแกรมส่วนรับสัญญาณจากไมโครโฟน NI 40PH

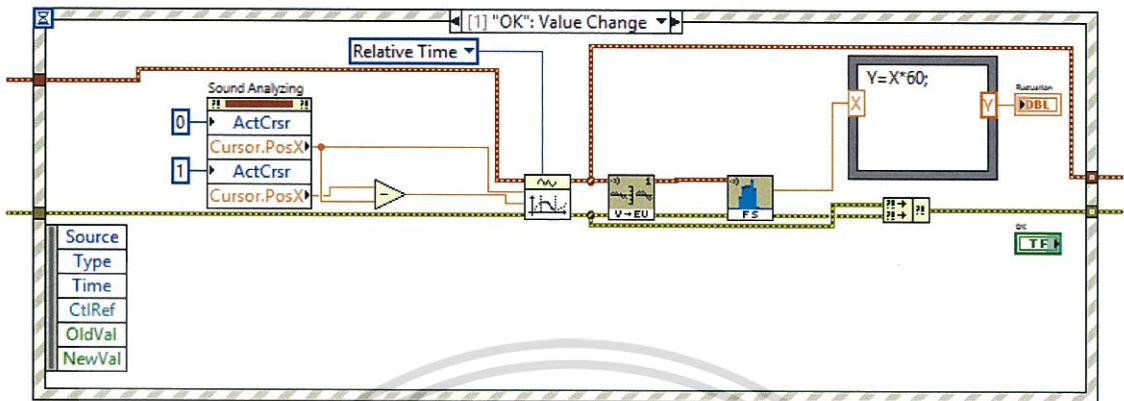
3.5.2 Finite impulse response Filter (FIR) ใช้ในการรับสัญญาณจากไมโครโฟน NI 40PH เพื่อแยกสัญญาณให้ชัดเจนทำให้ช่วงเลือกสัญญาณมีความแม่นยำมากขึ้นทำให้เลือกช่วงเสียงที่เราสนใจจริงๆ โดยใช้ High pass ที่ 2 k โดยใช้ VI ดังรูป 3.9



รูปที่ 3.9 โปรแกรมกรองสัญญาณชนิด FIR

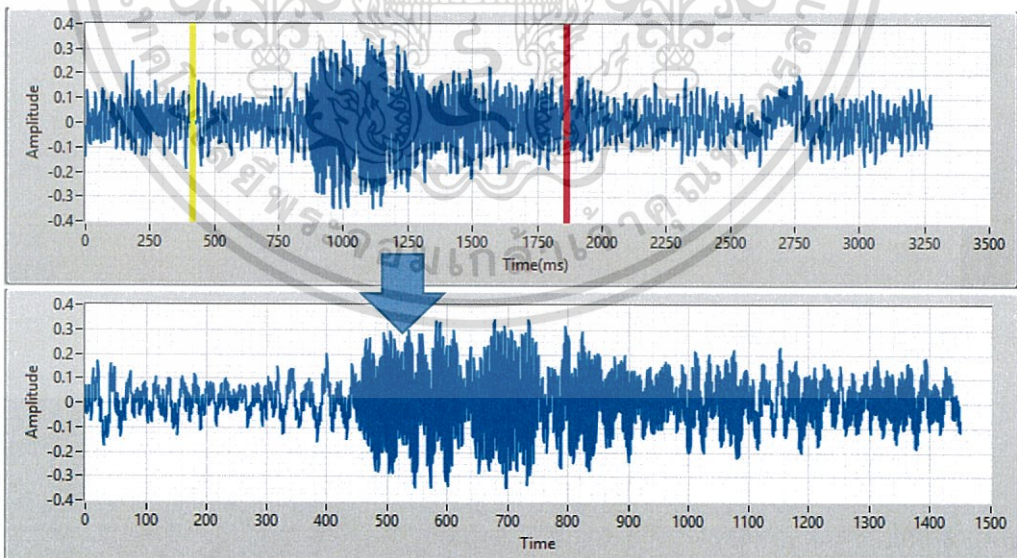
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.3 โปรแกรมส่วนเลือกช่วงสัญญาณที่สนใจ



รูปที่ 3.10 ส่วนของโปรแกรมเลือกช่วงของสัญญาณและหา fluctuation

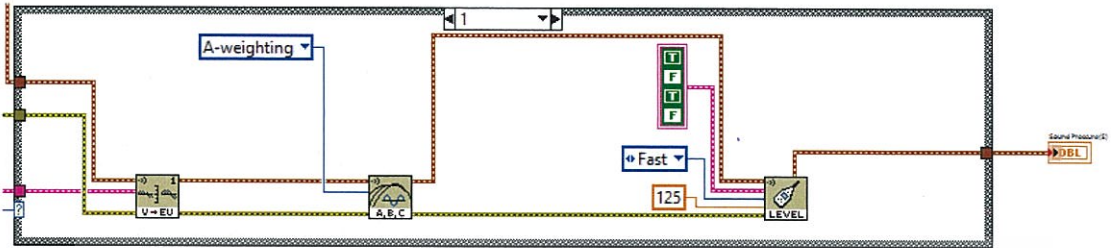
เป็นรูปของโปรแกรมเพื่อที่จะรอการกดปุ่ม OK เพื่อดึงข้อมูลมาจากกราฟที่เราใช้โดยจะนำเคอร์เซอร์เริ่มและเคอร์เซอร์จบมาหักลบกันเพื่อนำช่วงที่หักลบกันมาเป็นข้อมูลให้ผ่านไปหลักการทำงานคือเมื่อกดปุ่ม OK จะเป็นการสั่งให้โปรแกรมเริ่มทำลูป โดยดึงข้อมูลจากกราฟโดยอ้างอิงจากเคอร์เซอร์ส่งข้อมูลต่อไป ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การเลือกช่วงที่ต้องการของกราฟสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 โปรแกรมวัดความดันเสียง (Sound Pressure) คือตัวที่รับค่าจากไมโครโฟนมาแปลงเป็นความดังของเสียงในหน่วย เดซิเบล ซึ่งต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ของตัวไมโครโฟนที่ได้มาจากการสอบเทียบของตัวไมโครโฟน โดยความดังเสียงมีขอบเขตตามที่ลูกค้ากำหนด ดังตารางที่ 3.2

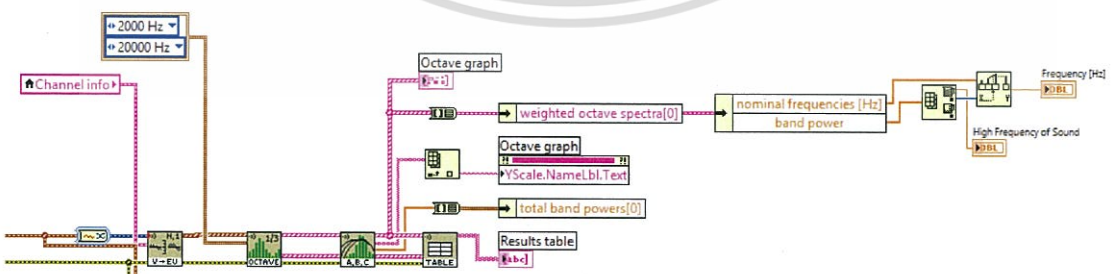


รูปที่ 3.12 โปรแกรมวัดความดังของเสียง Sound Pressure

ตารางที่ 3.2 ขอบเขตกำหนดของลูกค้า

Sound pressure	50 ~ 64 dB (A) max.
High frequency sound	45 ~ 56 dB (A) max.
Sound pressure fluctuation	10 dB (A) max.

3.5.5 โปรแกรมวัดความถี่เสียงและอ็อกเทฟ 1/3 (High Frequency and Octave band 1/3) ทำหน้าที่รับเสียงที่ถูกเลือกจากส่วนเลือกช่วงสัญญาณมาประมวลผลหาช่วงอ็อกเทฟ 1/3 โดยมีการกรองความถี่ใช้ชนิด Band pass filter ความถี่ low cutoff frequency 2000 Hz และ high cutoff frequency 20000 ซึ่งจะโชว์ความถี่ และค่าเดซิเบลของความดังเสียงว่าความถี่ใดมาค่าความดังมากที่สุด ดังข้อกำหนดของลูกค้าดังตารางที่ 3.2 และ 3.3



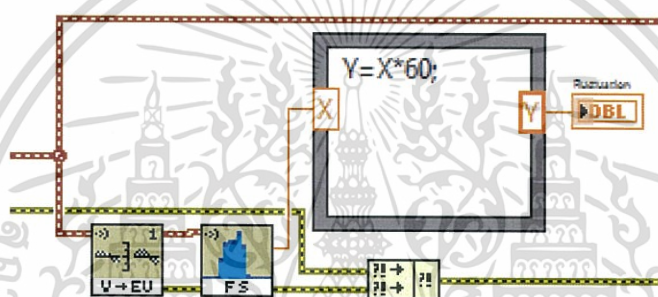
รูปที่ 3.13 โปรแกรมประมวลผลอ็อกเทฟ 1/3 และ ความถี่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ข้อกำหนดของลูกค้ำทางด้านความถี่

Item	Frequency
Sound Pressure	0 – 20 kHz
High Frequency sound	POA of 2k to 20 kHz

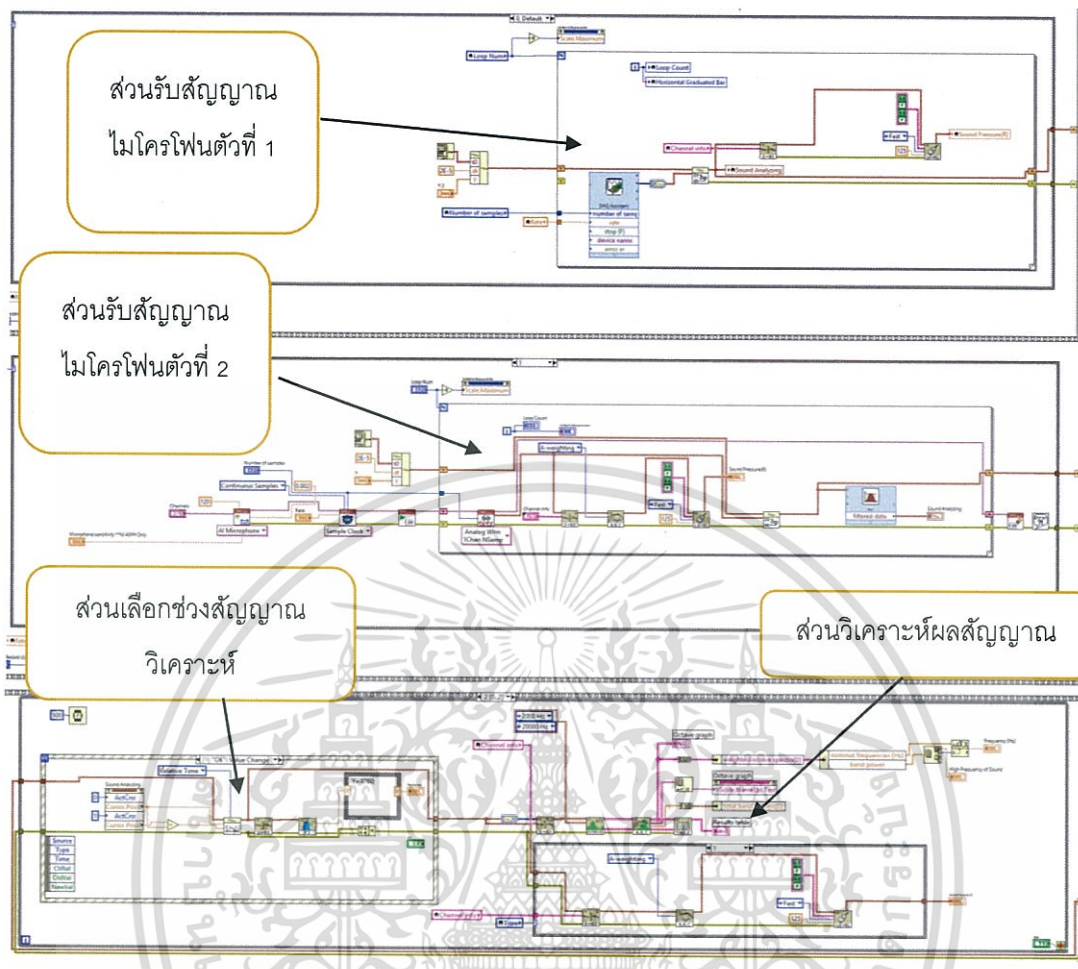
3.5.6 Fluctuation Sound Pressure โดยใช้ VI ที่ค่าออกมาเป็น Fluctuation Strength ที่มีหน่วยเป็น civil โดยเข้าสมการทางคณิตศาสตร์แล้วนำค่าที่ได้มาแปลงเป็นเดซิเบล ดังรูปที่ 3.14



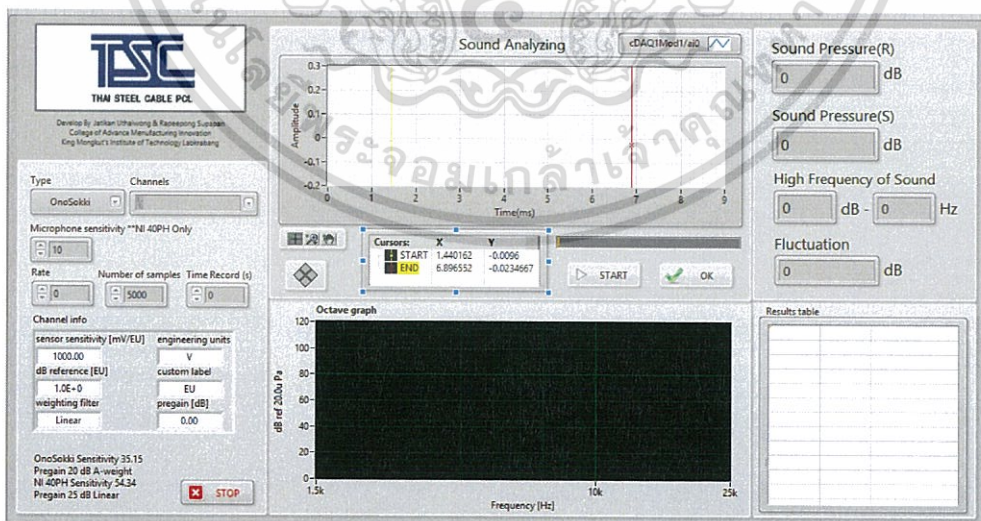
รูปที่ 3.14 ส่วนโปรแกรมหา Fluctuation

รวมโปรแกรมทั้งหมดเข้าด้วยกันแสดงดังรูปที่ 3.15 และหน้าต่างอินเตอร์เฟสแสดงได้ดังรูปที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 โค้ดโปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณเสียง



รูปที่ 3.16 หน้าตาของโปรแกรมที่ออกแบบและสร้างขึ้นจากงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมจึงจำเป็นต้องมีตัวเปรียบเทียบที่มีความน่าเชื่อถือ ในที่นี้จะใช้อุปกรณ์ของห้องปฏิบัติการที่มีอยู่แล้วและได้ทำการส่งสอบเทียบเป็นประจำมาเป็นค่าอ้างอิงโดยมีขั้นตอนดังนี้

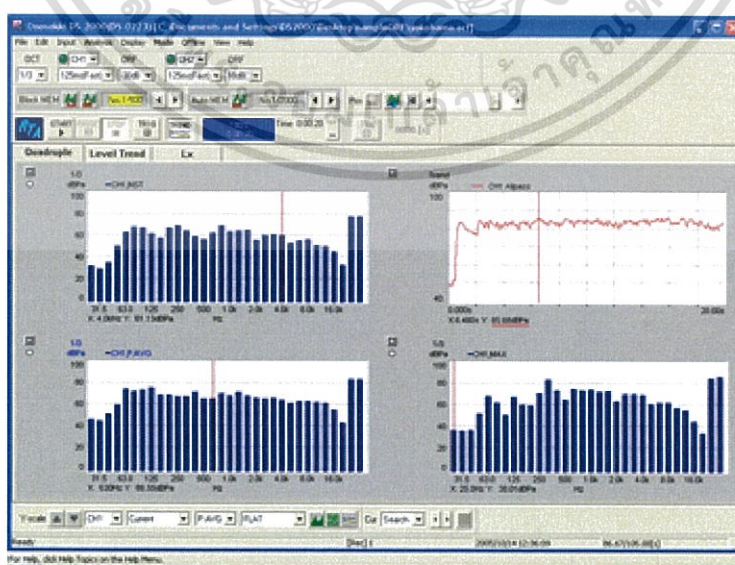
#### 1. High frequency

- 1.1. ทำการเชื่อมต่อไมโครโฟน Onosokki เข้ากับ DS-2000 และ DAQ
- 1.2. ทำการรันตัวชุดควบคุมรางกระจกรถยนต์
- 1.3. ทำทั้ง DS-2000 และ LabVIEW
- 1.4. ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากโปรแกรม
- 1.5. ทำซ้ำอย่างน้อย 30 ครั้ง

#### 2. Sound pressure

- 2.1. เชื่อมต่อไมโครโฟน Onosokki รุ่น LA-3560 เข้ากับ DAQ
- 2.2. ทำการรันตัวชุดควบคุมรางกระจกรถยนต์
- 2.3. อ่านค่าที่หน้าจอไมโครโฟน Onosokki รุ่น LA-3560 โดยใช้ค่ามากที่สุด+ค่าน้อยสุดแล้วหารเฉลี่ย
- 2.4. ทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรม
- 2.5. ทำซ้ำอย่างน้อย 30 ครั้ง

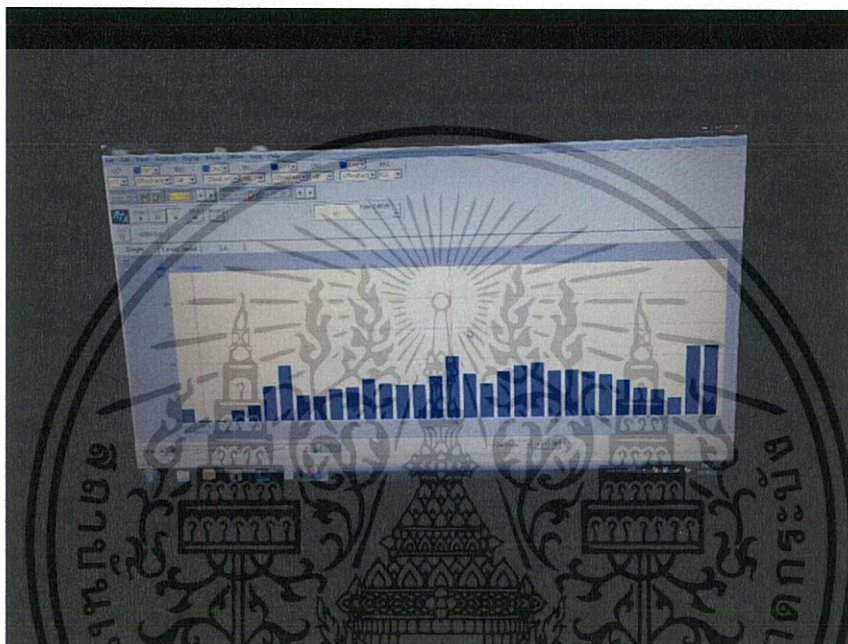
ทำการรันโปรแกรม DS-2000 เพื่อทำการวัดโดยกราฟจะออกมาในรูปของอีกเทพ 1/3 เช่นเดียวกับตัวโปรแกรมแล็บวิวดังรูปที่ 3.17



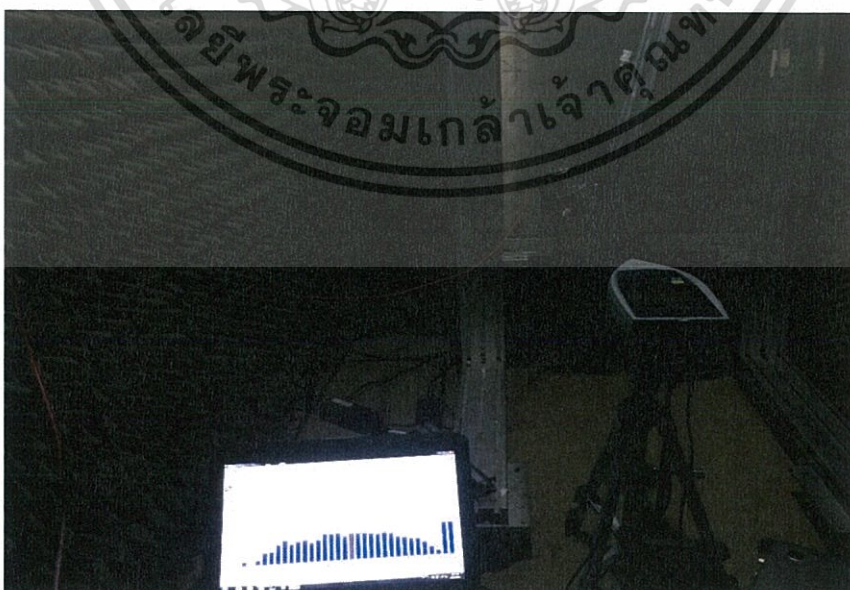
รูปที่ 3.17 หน้าต่างโปรแกรมของ DS – 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของกราฟนั้นจะสามารถดูค่าตัวเลขของแต่ละความถี่ได้โดยตรงทำให้สามารถนำค่าไปใช้งานได้ทันทีจากรูปที่ 3.18 ด้านขวามือมีกราฟ 2 แห่งคือ กราฟ Overall เป็นค่าความดังของเสียงที่เกิดขึ้นซึ่งนำค่าไปเปรียบเทียบกับ sound pressure ของแเล็บวิวและจะสามารถสังเกตได้ว่าความถี่ที่มีความดังมากที่สุดจึงสามารถนำไปเปรียบเทียบกับโปรแกรมแเล็บวิวเพื่อเช็คค่า high frequency ว่าความถี่ที่ได้นั้นตรงกันหรือไม่

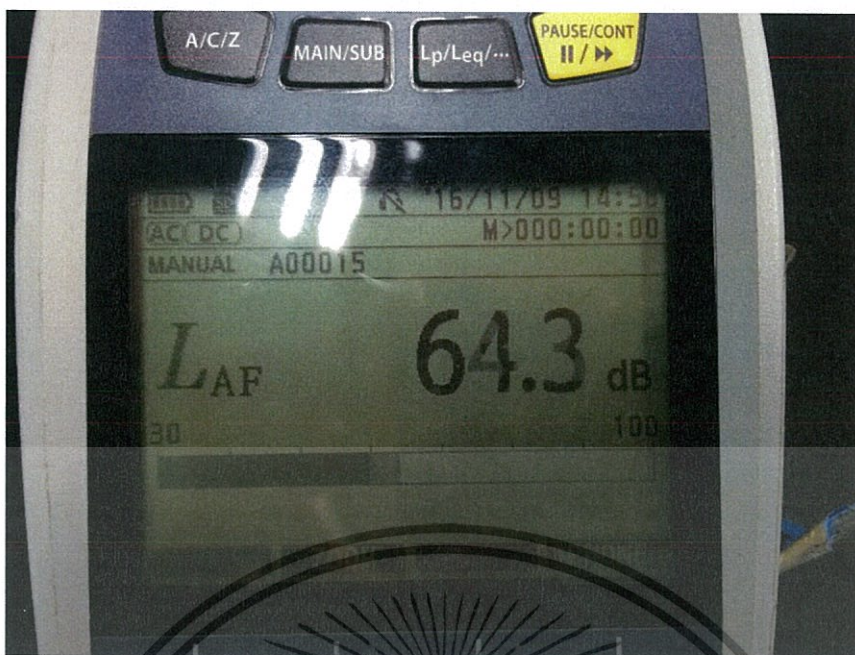


รูปที่ 3.18 หน้าต่างโปรแกรม DS - 2000 ในขณะที่ทดลอง



รูปที่ 3.19 ภาพขณะทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 ภาพหน้าจอไมโครโฟน Onosokki รุ่น LA-3560



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

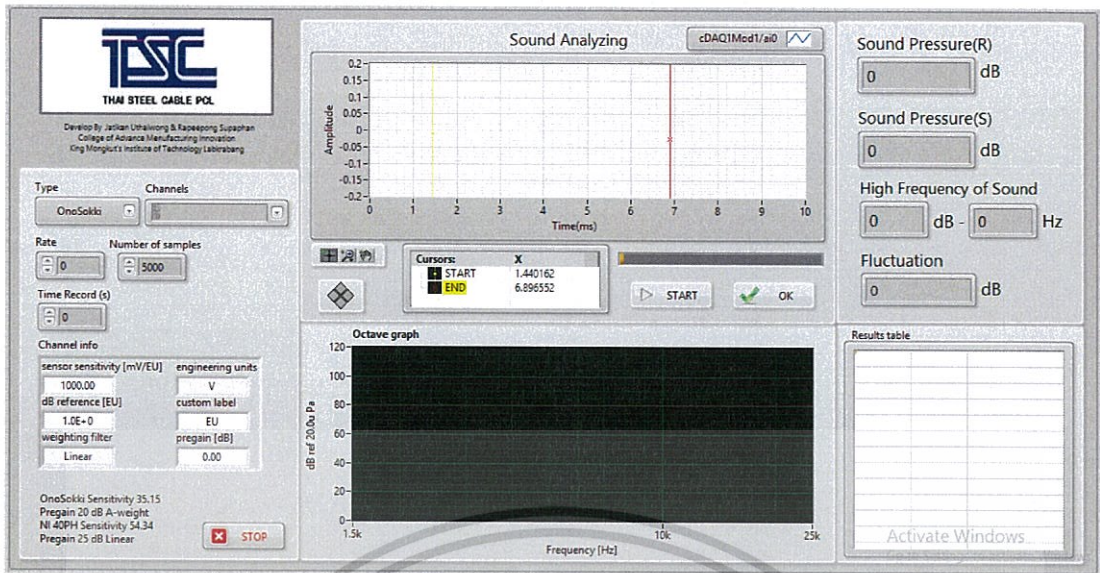
จากการออกแบบวิธีการดำเนินการวิจัยเบื้องต้นนั้นสามารถนำค่าสัญญาณของเสียงมอเตอร์ของชุดควบคุมรางกระจกรถยนต์มาวิเคราะห์หาค่า 1. ความดันเสียง (Sound Pressure) 2. ค่าความถี่สูงสุดของความดันเสียง (High Frequency Sound) และ 3. ค่าความผันผวนของความดันเสียง (Sound Pressure fluctuation) สามารถวิเคราะห์หาค่าดังกล่าวได้ตามวัตถุประสงค์ ท้ายที่สุดจะหาค่าทั้งหมดนี้ออกมาในหน่วยของเดซิเบล (dB) ระบบการทำงานทั้งหมดประกอบด้วยไมโครโฟน NI รุ่น 40PH และ ไมโครโฟน Onosokki รุ่น LA-3560 เป็นตัวรับค่าสัญญาณเสียงมอเตอร์ของชุดควบคุมรางกระจกรถยนต์ ส่งสัญญาณเข้าสู่อุปกรณ์เชื่อมต่อ (DAQ card) เพื่อแปลงสัญญาณดังกล่าวให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อนำสัญญาณเข้าสู่การประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 องค์ประกอบของการดำเนินงาน

การประมวลผลสัญญาณและการนำสัญญาณของเสียงมาวิเคราะห์หาค่าที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นนั้นได้เลือกใช้โปรแกรม LabVIEW เพื่อพัฒนาโปรแกรมเนื่องจากเป็นโปรแกรมที่เหมาะสมในด้านการทำงานลักษณะใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือวัด (Computerized Instrument) ได้เป็นอย่างดีและเป็นโปรแกรมที่พัฒนาในรูปแบบ Graphic Programming ที่ทำให้ผู้ที่จะนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาต่อยอดสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย ดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 หน้าต่างการทำงานของโปรแกรม

#### 4.1 องค์ประกอบ

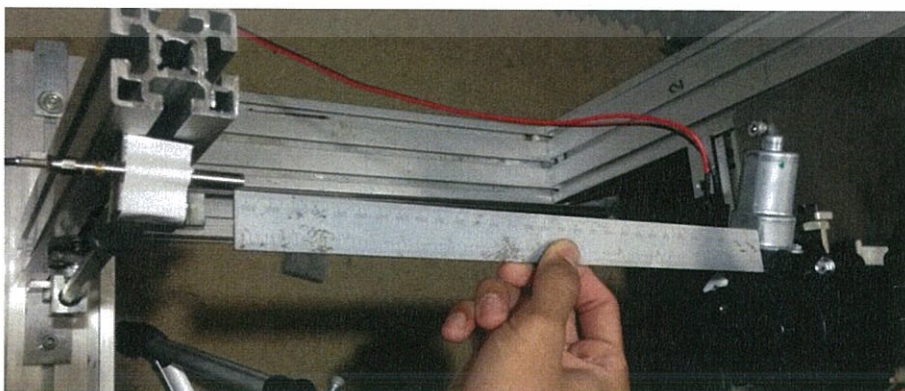
องค์ประกอบของการทดสอบแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1. การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ
2. การตั้งค่าภายในโปรแกรม

##### 4.1.1 การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ

1. การติดตั้งไมโครโฟน

การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดสอบนั้นจะทำการติดตั้งตามข้อกำหนดโดยให้ส่วนการติดตั้งไมโครโฟนคือกำหนดให้ปลายของไมโครโฟนห่างจากจุดกึ่งกลางมอเตอร์ของชุดความคุมรางกระจกรยนต์เป็นระยะ 30 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.3 – 4.5



รูปที่ 4.3 แสดงการติดตั้งไมโครโฟน NI 40PH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่ผูกมัดให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงการติดตั้งไมโครโฟน NI 40PH

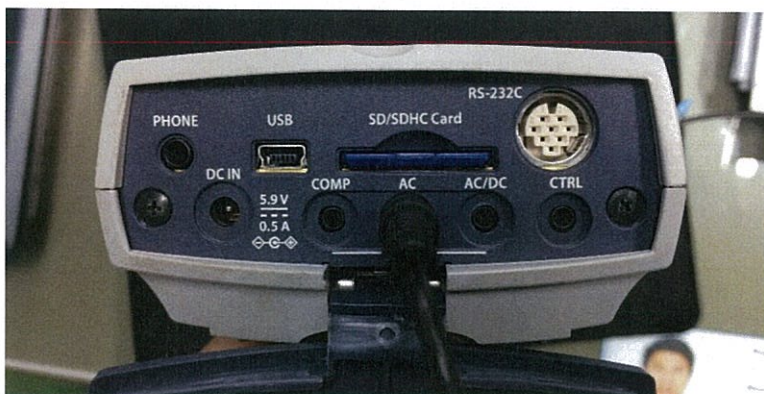


รูปที่ 4.5 แสดงระยะในการติดตั้งไมโครโฟน

## 2. การเชื่อมต่ออุปกรณ์แปลงสัญญาณ DAQ card

การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แปลงสัญญาณ DAQ card ในการทดลองนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนตามชนิดของไมโครโฟนที่ใช้ทำการทดลองคือ 1. ไมโครโฟน Onosokki จะเชื่อมต่อเข้ากับ DAQ card ใช้ช่องรับสัญญาณหมายเลข 1 โดยรับสัญญาณจากช่องสัญญาณของ Onosokki ในช่องสัญญาณ AC ดังรูปที่ 4.6 – 4.7 และ 2. ไมโครโฟน NI 40PH จะเชื่อมต่อเข้า DAQ card ใช้ช่องสัญญาณหมายเลข 0 ดังแสดงในรูป 4.7 โดยสัญญาณของอุปกรณ์แปลงสัญญาณ DAQ card ที่นำไปประมวลผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์จะส่งผ่านสัญญาณในช่องทางของ “USB” ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงการเลือกช่องสัญญาณของ Onosokki

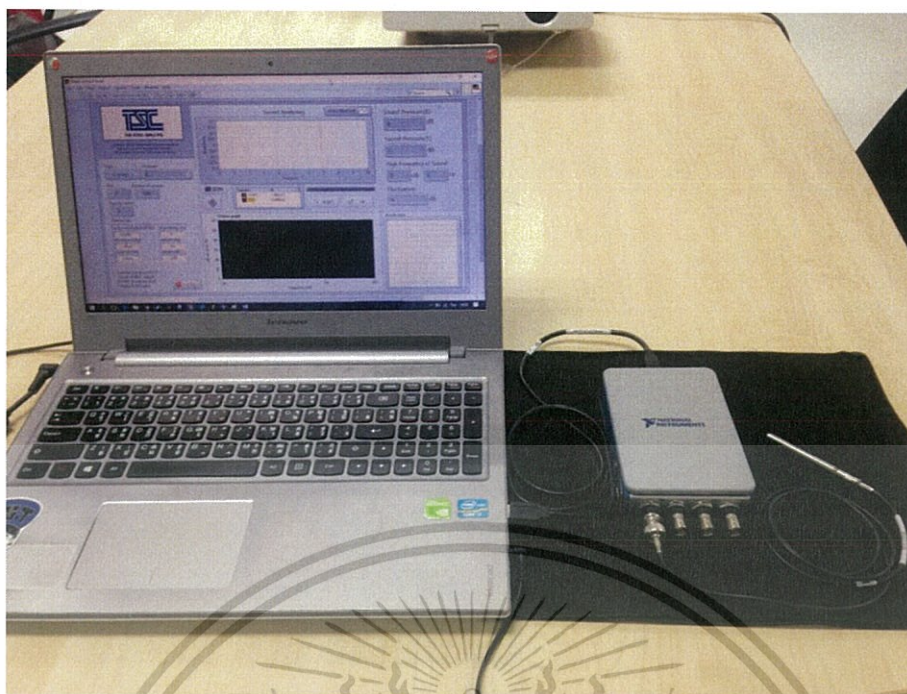


รูปที่ 4.7 แสดงการเลือกช่องสัญญาณของ DAQ card



รูปที่ 4.8 แสดงช่องทางส่งสัญญาณของ DAQ card

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 อุปกรณ์โดยรวมของการทดลอง

#### 4.1.2 การตั้งค่าภายในโปรแกรม

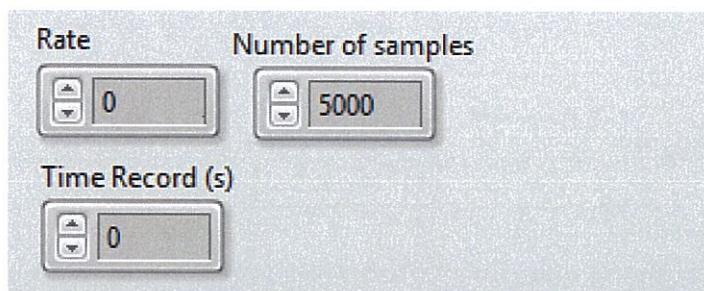
ในส่วนของการตั้งค่าสำหรับการใช้งานภายในโปรแกรม สามารถเลือกแบบของไมโครโฟนที่ใช้ในการทดลองและเลือกช่องสัญญาณของอุปกรณ์เชื่อมต่อ (DAQ card) ของไมโครโฟนที่นำมาใช้ในการรับค่าสัญญาณของเสียงได้ ในขั้นตอนนี้สามารถเลือกแบบได้คือแบบ NI 40PH และ Onosokki โดยในช่องของ “Type” เป็นช่องเลือกแบบของไมโครโฟน และช่อง “Channels” เป็นช่องเลือกช่องสัญญาณของอุปกรณ์เชื่อมต่อ ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ช่องเลือกแบบของไมโครโฟนและช่องสัญญาณของอุปกรณ์เชื่อมต่อ

ในส่วนต่อมาสามารถกำหนดค่าการชักตัวอย่างของสัญญาณที่จะนำมาแสดง และสามารถกำหนดช่วงเวลาในการบันทึกค่าของสัญญาณเสียงที่รับจากไมโครโฟนในหน่วยของวินาที ดังรูปที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

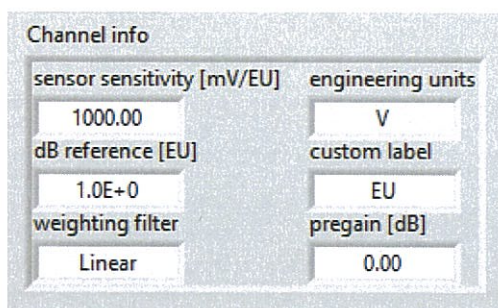


รูปที่ 4.11 ช่องกำหนดค่าการซิงตัวอย่างและเวลาในการบันทึกสัญญาณ

ส่วนสุดท้ายคือการตั้งค่ามาตรฐานของไมโครโดยจะใช้ข้อมูลจากใบสอบเทียบของไมโครโฟนนั้นๆที่นำมาใช้ในการทดลอง ซึ่งจะสามารถกำหนดได้ดังนี้คือ

1. กำหนดค่าความไวของสัญญาณในช่อง “sensor sensitivity”
2. กำหนดหน่วยทางวิศวกรรมในช่อง “engineering unit” ซึ่งหน่วยมาตรฐานที่ใช้คือแรงดันไฟฟ้า “V” (Voltage)
3. กำหนดค่าอ้างอิงของสัญญาณเสียงในหน่วยเดซิเบล (dB) ในช่อง “dB reference”
4. กำหนดหน่วยของสัญญาณที่ต้องการแปลงในช่อง “custom label” ซึ่งค่ามาตรฐานของโปรแกรมที่ใช้คือ “EU”
5. กำหนดค่าตัวกรองสัญญาณซึ่งเป็นตัวกรองเป็นตัวกรองสัญญาณเพื่อกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการออก โดยสามารถเลือกย่านความถี่ของสัญญาณชนิดต่างๆได้ เช่น Linear, A-weighting, B-weighting และ C-weighting เป็นต้น สามารถเลือกได้ในช่อง “weighting filter” และ
6. กำหนดค่าขยายสัญญาณในขั้นต้นในหน่วยของเดซิเบล(dB) ในช่อง “pregain”

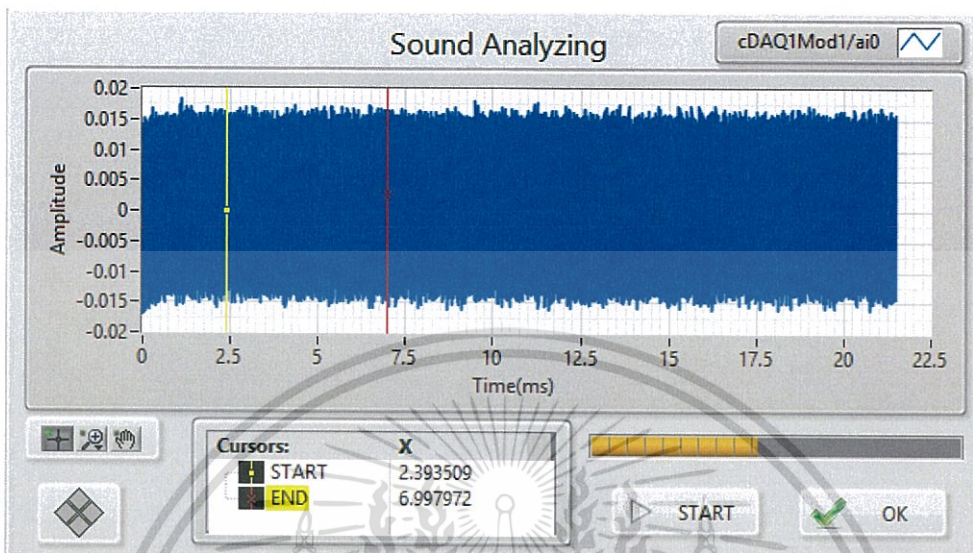
ดังรูปที่ 4.12 ซึ่งในส่วนการตั้งค่ามาตรฐานของไมโครโฟนจะเป็นส่วนที่สามารถใช้รองรับไมโครโฟนแบบอื่นๆที่จะนำมาใช้ในการทดลองในอนาคต



รูปที่ 4.12 การตั้งค่ามาตรฐานของไมโครโฟน

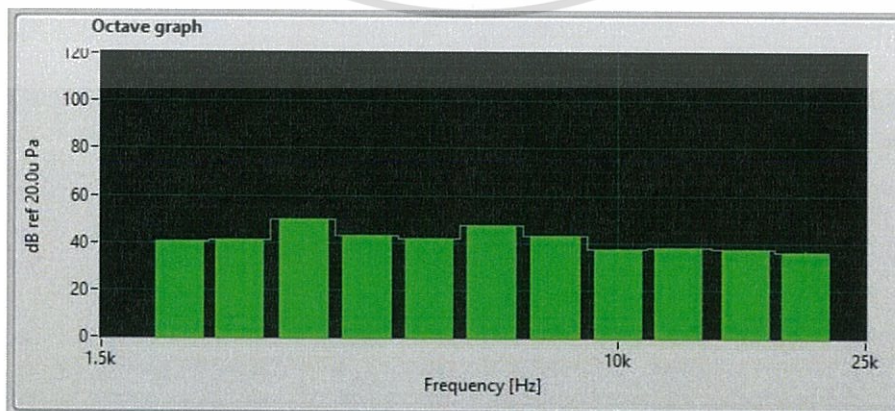
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนแสดงผลสัญญาณของเสียง สามารถแสดงค่าของสัญญาณเสียงที่ได้รับผ่านไมโครโฟนโดยที่ยังไม่ได้นำสัญญาณนั้นมาวิเคราะห์โดยจะออกมาในค่าของแรงดันไฟฟ้า (Voltage) โดยต้องกดที่ปุ่ม “START” เพื่อทำการบันทึกสัญญาณตามเวลาที่กำหนด ดังรูปที่ 4.13



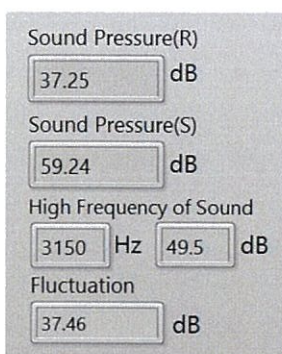
รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณของก่อนนำไปวิเคราะห์

โดยสามารถเลือกช่วงของสัญญาณที่สนใจและนำสัญญาณนั้นมาวิเคราะห์โดยใช้เส้นสีเหลืองเป็นจุดกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของช่วงสัญญาณที่สนใจและใช้เส้นสีแดงเป็นตำแหน่งสุดท้ายของสัญญาณที่สนใจจากนั้นกดที่ปุ่ม “OK” เพื่อนำสัญญาณของช่วงที่เลือกไปวิเคราะห์ ดังรูปที่ 4.13 โดยผลที่ได้จะแสดงออกมาในรูปแบบของเชิงความถี่ (Frequency Domain) โดยจะแสดงค่าออกมาในรูปแบบของ Octave ดังรูปที่ 4.14 เพื่อวิเคราะห์สัญญาณที่ทำการตรวจวัดเพื่อแสดงผลลัพธ์ของสัญญาณในค่าของ 1. ค่าความดันเสียง (Sound Pressure) ของเวลาจริงในขณะนั้น (R) และช่วงที่สนใจ (S) 2. ค่าความถี่สูงสุดของความดันเสียง (High Frequency Sound) และ 3. ค่าความผันผวนของความดันเสียง (Sound Pressure fluctuation) ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.14 แสดงค่าของสัญญาณในเชิงความถี่ในรูปแบบ Octave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ผลลัพธ์ของสัญญาณ

ส่วนสุดท้ายคือแสดงผลค่าของสัญญาณเสียงในหน่วยของเดซิเบลในแต่ละช่วงความถี่ซึ่งจะเป็นตารางที่ใช้ตรวจสอบกับค่าของความถี่สูงสุดของความถี่เสียง (High Frequency Sound) ดังรูปที่ 4.16

Results table		
2000 Hz	40.7	dB ref 20.0u Pa
2500 Hz	41.2	dB ref 20.0u Pa
3150 Hz	49.5	dB ref 20.0u Pa
4000 Hz	42.7	dB ref 20.0u Pa
5000 Hz	41.6	dB ref 20.0u Pa
6300 Hz	47.4	dB ref 20.0u Pa
8000 Hz	42.9	dB ref 20.0u Pa
10000 Hz	37.5	dB ref 20.0u Pa
12500 Hz	38.0	dB ref 20.0u Pa
16000 Hz	37.1	dB ref 20.0u Pa
20000 Hz	36.1	dB ref 20.0u Pa

รูปที่ 4.16 แสดงค่าของสัญญาณเสียงในแต่ละช่วงความถี่

## 4.2 ผลการทดสอบ

เนื่องจากโปรแกรม LabVIEW ที่ได้ทำการพัฒนาสามารถหาค่า 1. ความดันเสียง (Sound Pressure) 2. ค่าความถี่สูงสุดของความถี่เสียง (High Frequency Sound) และ 3. ค่าความผันผวนของความถี่เสียง (Sound Pressure Fluctuation) ออกมาได้แต่ไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าค่าที่ได้มีความถูกต้อง แม่นยำและน่าเชื่อถือหรือไม่

ในขั้นต้นจะนำผลที่ได้จากการทดลองใช้โปรแกรมเพื่อหาค่าที่ได้จากการวิเคราะห์สัญญาณเสียงของชุดควบคุมรางกระจกรถยนต์โดยจะนำค่าความถี่เสียงหรือค่าระดับเสียงของโปรแกรมที่ได้ทำการพัฒนาหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนโดยจะเปรียบเทียบกับค่าระดับเสียงของอุปกรณ์วัดระดับเสียง (Sound Level Meter) ที่เป็นมาตรฐานซึ่งค่าความถี่เสียงและค่าระดับเสียงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์วัดระดับเสียงเป็นข้อมูลชนิดเดียวกัน โดยผลของการทดลองจะแบ่งเป็น 2 การทดลองคือค่าความดันเสียงจากไมโครโฟน Onosokki เปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดระดับเสียง และ ค่าความดันเสียงจากไมโครโฟน NI 40PH เปรียบเทียบกับกับอุปกรณ์วัดระดับเสียงในส่วนของการตรวจสอบค่า High Frequency ของโปรแกรมว่าได้ค่าที่ความถี่ถูกต้องหรือไม่ โดยจะมีแหล่งกำเนิดคลื่นความถี่ปล่อยสัญญาณคลื่นความถี่จากนั้นทำการเปรียบเทียบความถูกต้องค่าความถี่ที่ได้จากโปรแกรมเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดความถี่ โดยจะทำการทดลองโดยใช้ชุดควบคุมรางจักรถยนต์ 2 รุ่นคือ 1.รุ่น 2SV และ 2.รุ่น 2XP

#### 4.2.1 ทดสอบความถูกต้องของค่า Sound Pressure

##### 1. ผลการทดลองจากไมโครโฟน Onosokki

ในขั้นตอนนี้จะทำการวัดระดับเสียงของไมโครโฟน Onosokki เปรียบเทียบ กับ อุปกรณ์วัดระดับเสียง (Sound Level Meter) เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของโปรแกรม จำนวน 30 ครั้ง ดังตารางที่ 4.1

โดยคำนวณหาความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมโดยใช้ข้อมูลจากการใช้ไมโครโฟน Onosokki เป็นตัวรับสัญญาณเสียง เปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดระดับเสียง (Sound Level Meter) คำนวณโดยสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่ามาตรฐาน} - \text{ค่าจากผลการทดลอง}|}{\text{ค่ามาตรฐาน}} \times 100\%$$

ตัวอย่างการคำนวณ ใช้ข้อมูลของการทดลองครั้งที่ 1 จากตารางที่ 4.1 ได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{|56.5 - 57.24|}{56.5} \times 100\%$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = 1.31 \%$$

ทำการคำนวณหาความคลาดเคลื่อนให้ทุกค่าของครั้งที่ทำการทดลองจากนั้นจะนำค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ของผลการทดลองทั้งหมด 30 ครั้ง จากตารางที่ 4.1 มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการทดลองซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยคือ 1.18 % โดยตารางที่ 4.1 จะเป็นข้อมูลโดยที่ได้จากชุดควบคุมรางจักรถยนต์รุ่น 2SV และ ตารางที่ 4.2 จะเป็นข้อมูลโดยที่ได้จากชุดควบคุมรางจักรถยนต์รุ่น 2XP

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองจากไมโครโฟน Onosokki (ชุดควบคุมรางกระจกรยนต์รุ่น 2SV)

จำนวนครั้ง	ระดับเสียง (dB)		ความคลาดเคลื่อน (%)
	Sound Level Meter	Onosokki	
1	56.5	57.24	1.31
2	55.2	56.22	1.85
3	56.3	57.78	2.63
4	54.9	55.32	0.77
5	55.4	56.29	1.61
6	55.0	56.74	3.16
7	56.7	56.85	0.26
8	56.8	54.21	4.56
9	56.7	55.45	2.20
10	56.7	57.35	1.15
11	57.4	57.33	0.12
12	54.6	54.96	0.66
13	55.8	55.88	0.14
14	57.1	56.89	0.37
15	57.5	57.23	0.47
16	57.5	57.36	0.24
17	57.5	57.91	0.71
18	57.2	57.27	0.12
19	57.3	26.92	0.67
20	57.2	55.51	0.56
21	54.4	56.25	0.40
22	56.3	56.97	1.20
23	57.5	57.58	0.14
24	56.3	57.07	1.37
25	56.7	55.34	2.40
26	55.7	55.60	0.18
27	56.3	55.36	1.67
28	56.7	55.34	2.35
29	56.4	55.49	0.16
30	56.4	55.31	1.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองจากไมโครโฟน Onosokki (ชุดควบคุมรางกระจกรถยนต์ของรุ่น 2xp)

จำนวนครั้ง	ระดับเสียง (dB)		ความคลาดเคลื่อน (%)
	Sound Level Meter	Onosokki	
1	56.7	54.5	3.88
2	55.9	54.2	3.04
3	56	56.6	1.07
4	56.9	57.5	1.05
5	54.7	56.9	4.02
6	55	55.8	1.45
7	56.2	55.6	1.07
8	55.6	55.8	0.36
9	54.8	56.6	3.28
10	55.1	56.4	2.36
11	55	55.1	0.18
12	55.9	55.4	0.89
13	57.7	57	1.21
14	55.7	55.9	0.36
15	55.9	55.9	0
16	55.8	55.8	0
17	55.8	55.5	0.54
18	55.1	54.6	0.91
19	55.7	54.3	2.51
20	55.6	55.8	0.36
21	55.2	55.8	1.09
22	55.5	56	0.90
23	55.8	55.7	0.18
24	55.5	55.4	0.18
25	56.1	56.4	0.53
26	56.6	56.3	0.53
27	56.1	56.8	1.25
28	56.5	56.5	0
29	56.4	56	0.71
30	56.3	56.2	0.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ผลการทดลองจากไมโครโฟน NI 40PH

ในขั้นตอนนี้จะทำการวัดระดับเสียงของไมโครโฟน NI 40PH เปรียบเทียบกับ อุปกรณ์วัดระดับเสียง (Sound Level Meter) เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของโปรแกรม จำนวน 30 ครั้ง ดังตารางที่ 4.3

โดยคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมโดยใช้ข้อมูลจากการใช้ไมโครโฟน NI 40PH เป็นตัวรับสัญญาณเสียง เปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดระดับเสียง (Sound Level Meter) คำนวณโดยสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่ามาตรฐาน} - \text{ค่าจากการทดลอง}|}{\text{ค่ามาตรฐาน}} \times 100 \%$$

ตัวอย่างการคำนวณ ใช้ข้อมูลของการทดลองครั้งที่ 1 จากตารางที่ 4.3 ได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{|54.2 - 54.36|}{54.2} \times 100 \%$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = 0.29 \%$$

ทำการคำนวณหาความคลาดเคลื่อนให้ทุกค่าของครั้งที่ทำการทดลองจากนั้นจะนำค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ของผลการทดลองทั้งหมด 30 ครั้งจากตารางที่ 4.3 มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการทดลองซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยคือ 0.94 % โดยตารางที่ 4.3 จะเป็นข้อมูลโดยที่ได้จากชุดควบคุมรางจักรถยนต์รุ่น 2SV และ ตารางที่ 4.4 จะเป็นข้อมูลโดยที่ได้จากชุดควบคุมรางจักรถยนต์รุ่น 2XP

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองจากไมโครโฟน NI 40PH (ชุดควบคุมรางจักรถยนต์รุ่น 2SV)

จำนวนครั้ง	ผลการทดลอง(dB)		ความคลาดเคลื่อน (%)
	Sound Level Meter	NI 40PH	
1	54.2	54.36	0.30
2	55.3	55.2	0.18
3	55.4	55.19	0.38
4	55.5	55.6	0.18
5	56.1	56.66	0.99
6	55.0	56.31	2.4
7	54.8	5.86	1.93
8	55.0	56.42	2.56
9	55.0	56.12	2.04
10	55.4	55.93	0.96
11	55.25	55.24	0.02
12	55.9	56.24	0.54
13	56.25	55.82	0.76
14	56.4	56.84	0.78
15	56.25	56.24	0.02
16	55.3	55.83	0.96
17	55.3	56.76	2.64
18	56.2	55.91	0.16
19	56.6	56.93	0.58
20	56.8	56.92	0.21
21	56.9	56.96	0.02
22	56.6	55.21	2.45
23	54.9	54.49	0.75
24	56.0	55.9	0.18
25	55.7	54.63	1.92
26	55.7	56.14	0.78
27	55.9	56.81	1.63
28	57.15	57.07	0.14
29	56.7	56.5	0.26
30	57.7	56.86	1.46

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองจากไมโครโฟน NI 40PH (ชุดควบคุมรางจักรถยนต์รุ่น 2xp)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนครั้ง	ผลการทดลอง(dB)		ความคลาดเคลื่อน (%)
	Sound Level Meter	NI 40PH	
1	58.2	56.9	2.23
2	58.6	58.1	0.85
3	56.9	56.3	1.05
4	57.7	56.27	2.48
5	56.2	56.2	0
6	57.7	56.3	2.43
7	57.7	56.1	2.77
8	58.5	58.6	0.17
9	57.2	56.9	0.52
10	58	57.6	0.69
11	55.3	55.3	0
12	55.7	56.3	1.08
13	55.4	56	1.08
14	55.1	56.2	1.99
15	54.7	55.8	2.01
16	55.9	56.8	1.61
17	56.2	57.6	2.49
18	55.7	56.6	1.62
19	55.5	56.1	1.08
20	54.3	56.5	4.05
21	54.76	55.7	1.72
22	55	56.1	2
23	55	56.1	2
24	55.2	55.4	0.36
25	55	55.6	1.09
26	54.4	56.3	3.49
27	54.2	56.5	4.24
28	54.4	55.3	1.65
29	54.54	55.9	2.49
30	54.4	55.4	1.84

#### 4.2.2 ทดสอบความถูกต้องของค่า High Frequency Sound

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องไม่มีเครื่องมือที่เครื่องมือว่าค่าความถี่ที่เป็นมาตรฐาน จึงทำให้ไม่สามารถตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมได้ จึงได้ทำการเปรียบเทียบความถูกต้องของโปรแกรมโดยปล่อยค่าสัญญาณความถี่ที่ค่าความถี่ๆ ค่าหนึ่งและนำค่าที่ได้มาที่ได้จากโปรแกรมมาเปรียบเทียบกับความถี่ของแหล่งจ่ายเพื่อหาความถูกต้องของโปรแกรม ได้ทำการทดสอบที่ความถี่ 3,120 และ 5,000 เฮิร์ต จำนวนความถี่ละ 30 ครั้ง โดยตารางที่ 4.5 จะเป็นผลการทดลองที่ความถี่ 3,120 เฮิร์ต และ ตารางที่ 4.6 จะเป็นผลการทดลองที่ความถี่ 5,000 เฮิร์ต ดังตารางที่ 4.5 และ 4.6 โดยจากตารางที่ 4.5 และ 4.6 เมื่อนำค่าความถี่ที่ได้จากโปรแกรม LabVIEW ที่ได้ทำการพัฒนาเปรียบเทียบกับค่าความถี่ของแหล่งกำเนิดความถี่พบว่าได้ค่าความถี่ที่ได้จากโปรแกรมตรงกับค่าความถี่จากแหล่งกำเนิดความถี่ โดยมีค่าเท่ากันทุกครั้งที่ทำทำการทดลอง



เอกสารที่ 4.5 ตารางแสดงผลการทดลองที่ความถี่ 3,120 เฮิร์ต นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนครั้ง	ความถี่ (Hz)	ค่าความถี่จากโปรแกรม (Hz)	
		ไมโครโฟน Onosokki	ไมโครโฟน NI 40PH
1	3,120	3,120	3,120
2	3,120	3,120	3,120
3	3,120	3,120	3,120
4	3,120	3,120	3,120
5	3,120	3,120	3,120
6	3,120	3,120	3,120
7	3,120	3,120	3,120
8	3,120	3,120	3,120
9	3,120	3,120	3,120
10	3,120	3,120	3,120
11	3,120	3,120	3,120
12	3,120	3,120	3,120
13	3,120	3,120	3,120
14	3,120	3,120	3,120
15	3,120	3,120	3,120
16	3,120	3,120	3,120
17	3,120	3,120	3,120
18	3,120	3,120	3,120
19	3,120	3,120	3,120
20	3,120	3,120	3,120
21	3,120	3,120	3,120
22	3,120	3,120	3,120
23	3,120	3,120	3,120
24	3,120	3,120	3,120
25	3,120	3,120	3,120
26	3,120	3,120	3,120
27	3,120	3,120	3,120
28	3,120	3,120	3,120
29	3,120	3,120	3,120
30	3,120	3,120	3,120

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลการทดลองที่ความถี่ 5,000  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนครั้ง	ความถี่ (Hz)	ค่าความถี่จากโปรแกรม (Hz)	
		ไมโครโฟน Onosokki	ไมโครโฟน NI 40PH
1	5,000	5,000	5,000
2	5,000	5,000	5,000
3	5,000	5,000	5,000
4	5,000	5,000	5,000
5	5,000	5,000	5,000
6	5,000	5,000	5,000
7	5,000	5,000	5,000
8	5,000	5,000	5,000
9	5,000	5,000	5,000
10	5,000	5,000	5,000
11	5,000	5,000	5,000
12	5,000	5,000	5,000
13	5,000	5,000	5,000
14	5,000	5,000	5,000
15	5,000	5,000	5,000
16	5,000	5,000	5,000
17	5,000	5,000	5,000
18	5,000	5,000	5,000
19	5,000	5,000	5,000
20	5,000	5,000	5,000
21	5,000	5,000	5,000
22	5,000	5,000	5,000
23	5,000	5,000	5,000
24	5,000	5,000	5,000
25	5,000	5,000	5,000
26	5,000	5,000	5,000
27	5,000	5,000	5,000
28	5,000	5,000	5,000
29	5,000	5,000	5,000
30	5,000	5,000	5,000

#### 4.2.3 ทดสอบความถูกต้องของค่า Sound Pressure Fluctuation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความผันผวนของความดันเสียง (Sound Pressure Fluctuation) ไม่มีอุปกรณ์ที่สามารถนำมาทดสอบความถูกต้องได้ แต่จากการพัฒนาโปรแกรม LabVIEW การคำนวณหาค่าความผันผวนของความดันเสียง (Sound Pressure Fluctuation) จะเป็นการคำนวณภายในโปรแกรม LabVIEW โดยใช้ฟังก์ชัน “SV Fluctuation Stength” มาใช้ในการคำนวณโดยในการทำงานจะนำค่าของความดันเสียง (Sound Pressure) มาใช้ในการคำนวณซึ่งความถูกต้องจะขึ้นอยู่กับความถูกต้องของค่าความดันเสียง (Sound Pressure)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องวัดเพื่อวิเคราะห์และประมวลผลสัญญาณเสียงมอเตอร์ของชุดควบคุมรางกระจกรถยนต์ สามารถวัดสัญญาณเสียงมอเตอร์ของชุดควบคุมรางกระจกรถยนต์แล้วแสดงผลในรูปแบบของ กราฟ สามารถเลือกช่วงของสัญญาณเสียงมอเตอร์ของชุดควบคุมรางกระจกรถยนต์มาวิเคราะห์ได้ ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้จะวิเคราะห์สัญญาณเสียงโดยใช้โปรแกรม LabVIEW และ DAQ card ร่วมกับไมโครโฟน Onosokki และ NI 40PH ในการวิเคราะห์และประมวลผลสัญญาณ โดยงานวิจัยนี้มีแนวทางพัฒนาและเพิ่มขีดความสามารถของโปรแกรม และอุปกรณ์ภายใน บริษัท ไทยสตีลเคเบิล จำกัด มหาชน ให้มีความสามารถที่หลากหลายขึ้น ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามวัตถุประสงค์

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถวิเคราะห์สัญญาณเสียงมอเตอร์ของชุดควบคุมรางกระจกรถยนต์เพื่อวิเคราะห์หาค่าของ 1. ค่าความดันเสียง (Sound Pressure) 2. ค่าความถี่สูงสุดของความดันเสียง (High Frequency Sound) และ 3. ค่าความผันผวนของความดันเสียง (Sound Pressure fluctuation) ในหน่วยของเดซิเบล (dB) ได้ตามวัตถุประสงค์และตรงตามความต้องการของทางบริษัท ไทยสตีลเคเบิล จำกัด มหาชน

มีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ของโปรแกรม LabVIEW ที่ได้ทำการพัฒนาโดยการนำข้อมูลของค่าความดันเสียง (Sound Pressure) เปรียบเทียบกับค่าระดับเสียงของอุปกรณ์วัดระดับเสียง (Sound Level Meter) ที่ได้รับการสอบเทียบ เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลชนิดเดียวกัน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ของการเปรียบเทียบมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนคือ 1.18 % (ใช้ไมโครโฟน Onosokki รับสัญญาณเสียง) และ 0.94 % (ใช้ไมโครโฟน NI 40PH รับสัญญาณเสียง) ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์คือเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองต้องไม่เกิน 5 % และจากการทดลองเปรียบเทียบค่าความถี่เพื่อหาค่าค่าถี่สูงสุด (High frequency sound) โดยผลการทดลองพบว่าค่าความถี่ที่ได้จากโปรแกรม LabVIEW ที่ได้ทำการพัฒนาซึ่งผลการทดสอบค่าความถี่ของอุปกรณ์ดังกล่าวมีค่าเท่ากันทุกครั้งที่ทำกรทดลอง จึงสรุปได้ว่าค่า 1. ความดันเสียง (Sound Pressure) 2. ค่าความถี่สูงสุดของความดันเสียง (High Frequency of Sound Pressure) และ 3. ค่าความผันผวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของความดันเสียง(Fluctuation of Sound Pressure) ที่ได้จากการพัฒนาโปรแกรม LabVIEW มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ

จึงสรุปได้ว่าโปรแกรม LabVIEW ที่ได้ทำการพัฒนานี้จะใช้ทดแทนและเสริมการปฏิบัติงาน การทดลองด้านการวิเคราะห์สัญญาณเสียงของห้องปฏิบัติการ (Laboratory) ของบริษัท ไทยสตีล เคเบิล จำกัด มหาชน ให้มีการทำงานที่หลากหลาย มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและสามารถรองรับการทำงานในอนาคตได้ โดยมุ่งหวังว่าโปรแกรมที่ได้ทำการพัฒนาจะเป็นแนวทางต่อยอดสู่การพัฒนาไป ใช้ในงานการทดลองด้านอื่นๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ขณะรันโปรแกรมไม่ควรถอดสายสัญญาณออกทันทีควรกดปุ่ม Run Stop ก่อนที่จะเริ่มทำการทดลองครั้งต่อไป เนื่องจากทำให้เกิดการ Error ในการทดลองครั้งต่อไปได้
2. ควรระวังและตรวจสอบทุกครั้งว่า Port สัญญาณของไมโครโฟนที่เชื่อมต่อเข้ากับ DAQ card ตรงกันกับที่ต้องการนำไปใช้หรือไม่
3. ในการทำโครงการนี้ควรศึกษาโปรแกรม LabVIEW หรือมีผู้ให้คำปรึกษาและเชี่ยวชาญทางด้านนี้โดยตรง
4. ควรทำงานให้ตรงตามขั้นตอน เนื่องจากหากทำงานข้ามขั้นตอนอาจทำให้การทำงาน Error ได้

## เอกสารอ้างอิง

1. กิจไพบูลย์ ชิวพันธุ์ศรี, 2557, “การสร้างระบบอัตโนมัติด้วย LabVIEW ร่วมกับระบบ Data Acquisition และ Machine Vision สำหรับผู้เริ่มต้น”, ปีที่ 3, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น
2. ธรรมธร ไกรก่อกิจ, “ความถี่เสียง”, สืบค้นเมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน, 2559 เว็บไซต์ : <https://th.wikipedia.org>
3. บริษัท วินเนอร์ อินทิเกรเตอร์ จำกัด, “ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไมโครโฟน (Basic Microphone knowledge)”, สืบค้นเมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน, 2559, จาก winnerintegrator เว็บไซต์ : <http://www.winnerintegrator.com>
4. ประชา คิวเวทกุล, 2548, “คู่มือวิทยาศาสตร์คำนวณ.ต้น”, สำนักพิมพ์เดอะบุคส์, กรุงเทพฯ
5. McKeever Susa and Foote Martyn, 1993, “The Random House science encyclopedia Toronto Random house”, ISBN 0-39422341-1
6. National Instruments, “Sound Quality Algorithms”, สืบค้นเมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน, 2559, จาก National Instruments เว็บไซต์ : <http://www.ni.com/product-documentation/8169/en/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายจาทิกานต์ อุทัยวงศ์ รหัสนักศึกษา 56120007  
วัน เดือน ปีเกิด 3 มีนาคม พ.ศ.2538  
ที่อยู่ 175/2 ม.11 ต.ทุ่งควายกิน อ.แสลง จ.ระยอง 21110  
Email : jatican.uthaiwong@gmail.com  
Tel. 097-067-3971

ประวัติการศึกษา  
2559

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมระบบการผลิต  
คณะ วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน  
2559

นักศึกษาฝึกงานภาคฤดูร้อน / สหกิจศึกษา  
แผนก Laboratory  
บริษัท ไทยสตีล เคเบิล จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายรพีพงศ์ ศุภพันธุ์ รหัสนักศึกษา 56120029  
วัน เดือน ปีเกิด 17 ธันวาคม พ.ศ.2537  
ที่อยู่ 141/1 ลาดพร้าว1 แขวง จอมพล เขตจตุจักร  
กรุงเทพมหานคร 10900  
Email : punzii777@gmail.com  
Tel. 083-223-2226

ประวัติการศึกษา  
2559 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมระบบการผลิต  
คณะ วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน  
2559 นักศึกษาฝึกงานภาคฤดูร้อน / สหกิจศึกษา  
แผนก Laboratory  
บริษัท ไทยสตีล เคเบิล จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้