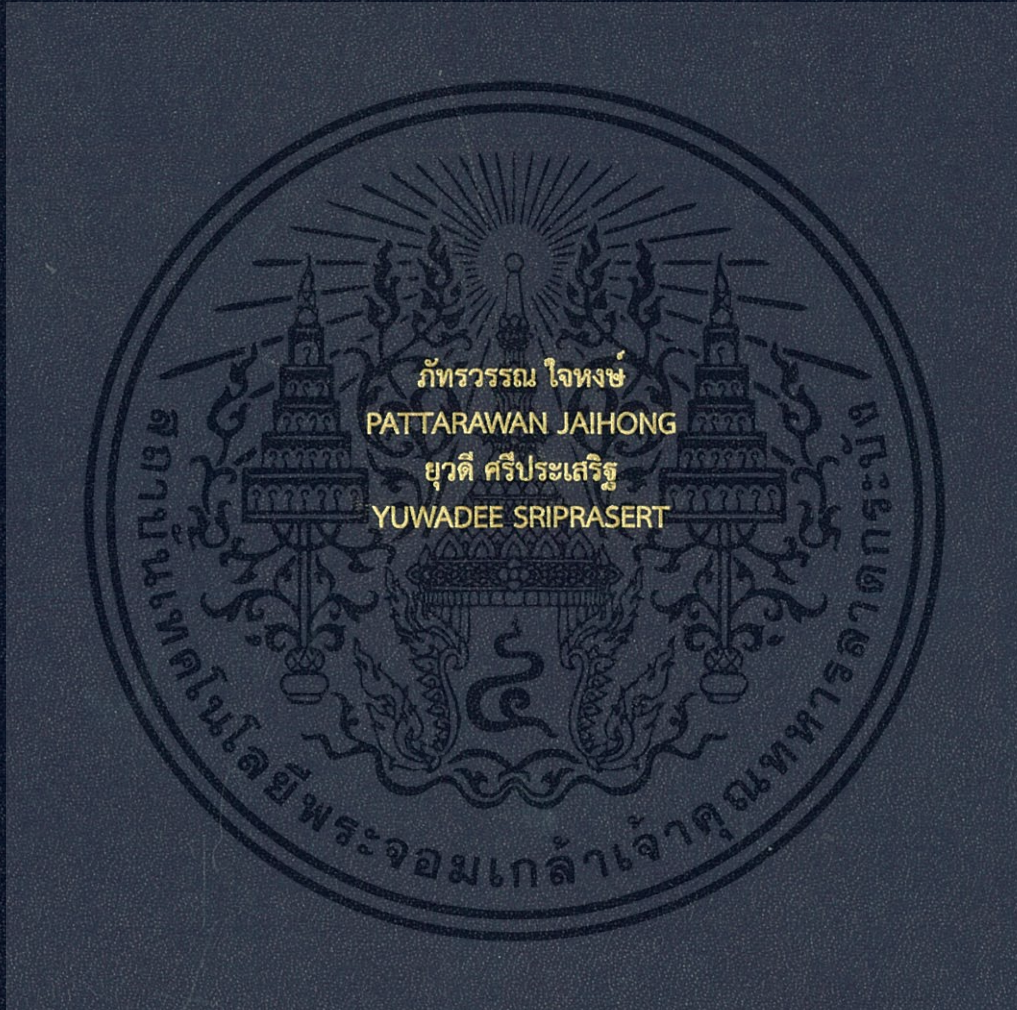


โครงข่ายไร้สายเพื่อตรวจวัดระดับความดังและปริมาณฝุ่นละออง

Wireless Sensor Network for Sound Pressure Level and Dust Measurement



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2559

โครงข่ายไร้สายเพื่อตรวจวัดระดับความดังและปริมาณฝุ่นละออง

Wireless Sensor Network for Sound Pressure Level and Dust Measurement



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงข่ายไร้สายเพื่อตรวจวัดระดับความดังและปริมาณฝุ่นละออง

Wireless Sensor Network for Sound Pressure Level and Dust Measurement



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2559  
สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะ วิศวกรรมศาสตร์  
เรื่อง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
โครงข่ายไร้สายเพื่อตรวจวัดระดับความดังและปริมาณฝุ่นละออง  
Wireless Sensors Network for Sound Pressure Level and Dust  
Measurement  
ผู้จัดทำ นางสาวภัทรวรรณ ใจหงษ์ รหัส 56010916  
นางสาวยุวดี ศรีประเสริฐ รหัส 56010990

รายงานนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



(ผศ.ดร. กสิน วิเชียรชม)  
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	โครงข่ายไร้สายเพื่อตรวจวัดระดับความดังและปริมาณฝุ่นละออง
นักศึกษา	นางสาวภัทรวรรณ ใจหงษ์ รหัสประจำตัว 56010916 นางสาวยุวดี ศรีประเสริฐ รหัสประจำตัว 56010990
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร. กสิน วิเชียรชม

### บทคัดย่อ

โครงงานฉบับนี้เป็นการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในการออกแบบโครงข่ายไร้สาย เพื่อตรวจวัดระดับความดังของเสียงและปริมาณฝุ่นละอองภายในอาคาร ระบบต้นแบบมีทั้งหมด 3 โหนด แต่ละโหนดประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ประมวลผลค่าที่ได้รับจากไมโครเสียง และเซ็นเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองโดยใช้ real time clock module เป็นตัวบอกเวลา ข้อมูลที่ได้จะถูกบันทึกไว้ในเมมโมรี่การ์ดและส่งผ่านโครงข่าย Wi-Fi ไปยัง server ตามเวลาที่กำหนดไว้ โดย server จะรวบรวมข้อมูลทั้ง 3 โหนดแสดงบนหน้า webpage นอกจากนี้เซิร์ฟเวอร์สามารถเข้าถึงด้วยอุปกรณ์ได้หลายประเภท

<b>Thesis Title</b>	Wireless Sensor Network for Sound Pressure Level and Dust Measurement		
<b>Student</b>	Miss. Pattarawan Jaihong	Student ID 56010916	
	Miss. Yuwadee Sriprasert	Student ID 56010990	
<b>Degree</b>	Bachelor of Engineering		
<b>Department</b>	Electronics Engineering		
<b>Year</b>	2559		
<b>Thesis Advisor</b>	Dr.Kasin Vichienchom Assistant Professor in Electronics Engineering		

### ABSTRACT

This project is the application of microcontroller to design wireless sensor network for sound pressure level and dust measurement inside the building. The prototype system has 3 nodes. Each node consists of a microcontroller, which processes data obtained from sound detector module and dust sensor by using the real time clock module as a timer. The data is saved on the memory card and sent via the Wi-Fi network to the server at a set time. The server collects all three nodes and shows it on webpage. In addition, the server can be accessed through variety of devices.

## กิตติกรรมประกาศ

การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ทำโครงข่ายไร้สายเพื่อการตรวจวัดระดับความดังและปริมาณฝุ่นละอองในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ ต้องขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กสิน วิเชียรชม อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้แนะนำและช่วยเหลือจนทำให้เกิด Project ขึ้นนี้ขึ้นมา ทำให้กลุ่มดิฉันได้ลองปฏิบัติในการให้คำสั่งผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ฝึกแก้ปัญหาในการทำงานจริง ขอขอบคุณอาจารย์ท่านอื่นๆและรุ่นพี่ที่ช่วยให้คำแนะนำในด้านการเขียนโปรแกรม และการเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงการเสียสละเวลามาดูแลการทำงานในแต่ละขั้นตอน ขอขอบคุณเพื่อนๆที่ช่วยกันแนะนำและแก้ไขปัญหาไปพร้อมกัน

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณในการช่วยเหลือของทุกคนที่ทำให้ Project ขึ้นนี้สำเร็จจนลุล่วงมาได้ หากผิดพลาดประการใด ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ภัทรวรรณ ใจหงษ์  
ยุวดี ศรีประเสริฐ



# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ .....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ .....	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน .....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 เสียง.....	3
2.1.1 การวัดความแรงของเสียง.....	3
2.1.2 ประเภทของเสียง .....	4
2.1.3 มาตรฐานของเสียงในสถานประกอบการ.....	5
2.2 ฟันละอองและผลต่อสุขภาพ.....	7
2.2.1 แหล่งที่มีปริมาณของฟันละอองที่สำคัญ.....	9
2.2.2 ผลกระทบของฟันละออง.....	10
2.2.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหา .....	11
2.3 เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network).....	11
2.3.1 ประโยชน์ของระบบเครือข่ายไร้สาย .....	12
2.4 Web Server .....	13
2.5 Cloud Service.....	14
2.5.1 ประโยชน์ของ Cloud Service .....	15
2.5.2 การเลือกใช้ Cloud Service.....	15

# สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบโครงข่าย .....	16
3.1 แผนภาพการทำงานของระบบ .....	16
3.2 ลักษณะการทำงานของวงจร .....	17
3.3 การออกแบบ.....	17
3.3.1 การออกแบบทางด้าน Hardware .....	17
3.3.2 การออกแบบ Server .....	24
3.3.3 การออกแบบทางด้าน Software.....	25
3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ .....	26
3.4.1 อาดูยโน่ (Arduino).....	26
3.4.2 โมดูลเสียง (Sound Microphone Sensor Module) .....	27
3.4.3 เครื่องตรวจจับเสียง (Sound Detector Module).....	27
3.4.4 เซ็นเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง (Dust Sensor).....	28
3.4.5 Wi-Fi Module (ESP8266).....	29
3.4.6 SD Card Module .....	29
3.4.7 Real Time Clock DS3231 Module.....	30
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	31
4.1 การทดลองจาก Dust Sensor และ Sound Microphone Sensor Module .....	31
4.1.1 ทำการวัดปริมาณฝุ่นละอองในสถานบันเทิงแบบปิด .....	31
4.1.2 ทดสอบวัดปริมาณฝุ่นละอองในห้องทำงานแบบปิด .....	32
4.1.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดและระดับความดังที่ความถี่ต่างๆ .....	33
4.1.4 เปรียบเทียบระดับความดังจากแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนและ SPL meter รวมไปถึงเปรียบเทียบระดับความดังจากแอปพลิเคชันเดียวกันในสมาร์ทโฟนรุ่นเดียวกัน.....	34
4.1.5 วัดค่าแอมพลิจูดสัญญาณเอาพุทที่ได้จาก Sound Microphone Sensors Module ที่ระดับความดังต่างๆ.....	35
4.2 การทดลองจาก Dust Sensor และ Sound Detector Module.....	36
4.2.1 วัดปริมาณฝุ่นจาก Dust Sensor และระดับความดังจาก Sound Detector Module ทั้ง 3 โหนดในสถานบันเทิงแบบปิดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยส่งค่ามายัง Server ทุกๆ 5 นาที ...	36
4.2.2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Voltage กับ dB(A).....	37
4.2.3 การเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง .....	40

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ .....	43
5.1 สรุปผลการทดลอง .....	43
5.1.1 การทดลองจาก Dust Sensor และ Sound Microphone Sensor Module.....	43
5.1.2 การทดลองจาก Dust Sensor และ Sound Detector Module .....	44
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	44
บรรณานุกรม.....	45
ภาคผนวก .....	47



# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ระดับเสียงที่ดังต่อเนื่องและดังเป็นระยะที่ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสได้ไม่เกินค่ากำหนดต่อวัน.....	5
2.2 มาตรฐานระยะเวลาที่อนุญาตให้สัมผัสกับเสียงดัง.....	6
2.3 แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป.....	8
2.4 แสดงขนาดอนุภาคและวิธีเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ.....	9
2.5 แสดงมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไปของประเทศไทย พ.ศ. 2535.....	10
4.1 ระดับความดังเสียงที่อ่านค่าได้จาก SPL meter กับค่าโวลต์ (V) .....	37
4.2 ค่า Digital ที่แปลงโดย ADC ของ Arduino กับค่าโวลต์ (V).....	39
4.3 ตารางแสดง % ความผิดพลาดของระดับความดังที่วัดได้กับ SPL meter.....	40



# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนภูมิแสดงการได้ยินเสียง.....	3
2.2 ขนาดฝุ่นละอองที่ลอยเข้าระบบทางเดินหายใจและมีผลต่อสุขภาพ.....	8
2.3 ระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Client/Server หรือ Infrastructure Mode.....	12
2.4 การรับส่งข้อมูลจาก Web Server ผ่านทาง Browser โดยใช้ Protocol HTTP.....	13
2.5 บริการ Cloud ที่สามารถเข้าถึงด้วยอุปกรณ์ที่หลากหลายประเภท.....	14
3.1 แผนภาพการทำงานในแต่ละโหมด.....	16
3.2 วงจรของระบบตรวจวัดระดับความดังและปริมาณฝุ่นละออง.....	18
3.3 ผังวงจรภายใน Sound Detector Module.....	19
3.4 วงจร Preamplifier.....	19
3.5 วงจร Preamplifier ที่ทำการออกแบบ.....	20
3.6 Frequency Response Curve.....	22
3.7 AC Transfer Characteristic .....	22
3.8 Open-Loop Gain of TLV2462.....	22
3.9 วงจร Peak Detector และวงจร Buffer Amplifier .....	23
3.10 วงจร Schmitt Triggers.....	23
3.11 การเชื่อมต่อไปยัง Server โดยใช้ Remote Desktop.....	24
3.12 System Block Diagram .....	26
3.13 Arduino UNO R3.....	26
3.14 Sound Microphone Sensor Module .....	27
3.15 Sound Detector Module .....	27
3.16 I/O Connector of Sound Detector Module.....	28
3.17 Dust Sensor.....	28
3.18 Wi-Fi Module ESP8266.....	29
3.19 SD Card Module.....	29
3.20 Real Time Clock Module.....	30
4.1 ทดลองวัดปริมาณฝุ่นละอองในสถานบันเทิงแบบปิด และบันทึกค่า ณ เวลา 22.00- 01.00 น. ....	31
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (วินาที) กับปริมาณฝุ่นละออง (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ในสถานบันเทิง.....	31
4.3 ทดลองวัดค่าปริมาณฝุ่นละอองในห้องทำงานแบบปิด ณ เวลา 16.00 -19.00 น.....	32
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (วินาที) กับปริมาณฝุ่นละออง (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ในห้องทำงานแบบปิด.....	32

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 NHC Tone Generator Program for Test.....	33
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ (Hz) กับแอมพลิจูด (V) ที่ระดับความดัง 85 dB.....	33
4.7 การเปรียบเทียบระดับความดังจากแอปพลิเคชันในสมาร์ตโฟนกับ SPL meter.....	34
4.8 การเปรียบเทียบระดับความดังจากแอปพลิเคชันเดียวกันในสมาร์ตโฟนรุ่นเดียวกัน.....	34
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดหลังผ่านวงจร Preamp (V) และแอมพลิจูดหลัง mic (V) กับความถี่ (Hz) ที่ระดับความดัง 75 dB(A).....	35
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดหลังผ่านวงจร Preamp (V) และแอมพลิจูดหลัง mic (V) กับความถี่ (Hz) ที่ระดับความดัง 80 dB(A).....	35
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดหลังผ่านวงจร Preamp (V) และแอมพลิจูดหลัง mic (V) กับความถี่ (Hz) ที่ระดับความดัง 85 dB(A) .....	36
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดังจาก Sound Detector Module ทั้ง 3 โหนดเทียบกับเวลา.....	36
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นจาก Dust Sensor ทั้ง 3 โหนดเทียบกับเวลา.....	37
4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดังเสียงที่อ่านค่าได้จาก SPL Meter กับค่าโวลต์ (V) .....	38
4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Digital ที่แปลงโดย ADC ของ Arduino กับค่าโวลต์.....	39
4.16 การดาวน์โหลดข้อมูลย้อนหลังของแต่ละโหนดจาก Webpage.....	41
4.17 ไฟล์ .csv ที่ได้จากการดาวน์โหลด.....	41
4.18 ข้อมูลย้อนหลังของแต่ละโหนดจาก SD Card.....	42

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การเพิ่มขึ้นของประชากรในขณะที่พื้นที่ของประเทศยังคงเท่าเดิม เกิดปัญหาที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมและเป็นพิษ ซึ่งสาเหตุของการเกิดมลพิษในสภาพแวดล้อมคือการใช้พาหนะเครื่องยนต์มากขึ้น คิวไฟจากโรงงานอุตสาหกรรมและจากการเผาป่า แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองต่างๆ รวมไปถึงเสียงจากเครื่องยนต์ เครื่องจักร และสถานบันเทิงต่างๆ ถ้ามีปริมาณที่มากเกินไปอาจจะส่งผลเสียต่อมนุษย์ทั้งร่างกาย จิตใจ การทำงาน การสื่อสารต่างๆ โดยในระยะยาวอาจจะทำให้เกิดโรคนจนถึงแก่ชีวิตได้

ดังนั้นเราควรหลีกเลี่ยงจากบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมเป็นพิษที่ส่งผลเสียต่อร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นมลพิษที่เกิดจากเสียงที่ดังมากเกินไป ฝุ่นควันที่เกิดจากควันรถหรือควันบุหรี่ที่มีปริมาณมากเกินไป เป็นต้น โดยปกติแล้วมนุษย์ไม่สามารถวัดค่ามลพิษนี้ได้ด้วยตาเปล่าหรือวัดปริมาณผ่านความรู้สึกได้ว่าบริเวณที่อยู่มีปริมาณมลพิษมากหรือน้อยเพียงใด สามารถก่อให้เกิดอันตรายได้หรือไม่ ระบบตรวจวัดระดับความดังและปริมาณฝุ่นละอองแบบไร้สายจึงเข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันเพื่อให้เราสามารถหลีกเลี่ยงจากบริเวณที่มีสภาวะมลพิษที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ได้ โดยระบบจะตรวจวัดค่าความดังและปริมาณฝุ่นละอองแสดงค่าเป็นตัวเลขในจุดต่างๆที่เราต้องการทราบ แล้วส่งข้อมูลความดังและปริมาณฝุ่นละอองในพื้นที่นั้นๆแสดงผ่านเว็บและสามารถดูข้อมูลย้อนหลังได้ จึงทำให้สะดวกและรวดเร็วในการดูข้อมูล อีกทั้งผู้ใช้งานระบบสามารถนำข้อมูลมลพิษที่วัดได้ไปทำการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาในจุดนั้นๆต่อไป

แนวคิดของโครงการคือ ระบบไร้สายเพื่อตรวจวัดระดับความดังและปริมาณฝุ่นละอองจะใช้โมดูลเสียงและเซ็นเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองมาประกอบกันตั้งแต่ 2 โหนดขึ้นไป และควบคุมโดยใช้คอนโทรลเลอร์ (Arduino UNO R3) แล้วส่งข้อมูลผ่าน Internet of Thing (Wi-Fi network) ไปยัง web server แล้วสามารถแสดงค่าที่วัดได้ใน webpage อีกทั้งยังสามารถดูข้อมูลย้อนหลังเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ถึงผลกระทบของความเสียงที่เกิดจากบริเวณที่มีความดังและปริมาณฝุ่นละอองที่มากเกินไป ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ เพื่อป้องกันหรือแก้ไขสิ่งที่เกิดขึ้นได้

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาการเขียนโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้สามารถทำงานได้ตามที่ตั้งเป้าหมายไว้
2. สร้างชิ้นงานที่สามารถรับค่าความดังและปริมาณฝุ่นละอองจากเซ็นเซอร์แล้วส่งข้อมูลผ่าน Wi-Fi network เป็นตัวเลขได้
3. ศึกษาหลักการการทำงานและการใช้งานของเซ็นเซอร์วัดฝุ่นละอองและโมดูลเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สามารถแสดงข้อมูลที่วัดได้จากเซ็นเซอร์แต่ละโหนดบน web server โดยแสดงผ่าน webpage ได้
5. เพื่อฝึกการทำงานอย่างมีระบบแบบแผน

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. พัฒนาโปรแกรมที่จะประมวลผลกับเซ็นเซอร์รวมทั้งบันทึกข้อมูลไว้ที่ memory card และสามารถสื่อสารกับ server ผ่านระบบ Wi-Fi
2. เขียนโปรแกรมควบคุมการสั่งงานให้มีการส่งข้อมูลหรืออัปเดตข้อมูลตามเวลาที่เราต้องการ
3. ระบบทำงานในสภาวะแวดล้อมแบบปิด (In door)
4. แสดงข้อมูลบน web server โดยแสดงผ่าน webpage สามารถดาวน์โหลดข้อมูลย้อนหลังจาก webpage ได้ รวมไปถึงสามารถดูจาก memory card ได้เช่นกัน

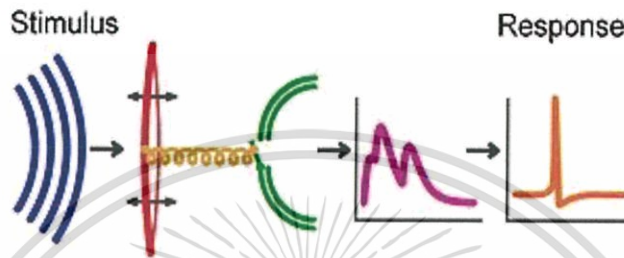
### 1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาการทำงานของโมดูลเสียงและเซ็นเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง
2. ศึกษาการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เหมาะสมกับความต้องการในการนำไปใช้งาน
3. ออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ
4. สร้างชิ้นงานและวิเคราะห์การทำงาน
5. ทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไขให้ได้ตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 เสียง

เสียงเป็นคลื่นเชิงกลที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุสั่นสะเทือนก็จะทำให้เกิดการอัดตัวและขยายตัวของคลื่นเสียง และถูกส่งผ่านตัวกลาง เช่น อากาศ ไปยังหู เสียงสามารถเดินทางผ่านสสารในสถานะก๊าซ ของเหลว และของแข็งก็ได้ แต่ไม่สามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้



รูปที่ 2.1 แผนภูมิแสดงการได้ยินเสียง (น้ำเงิน : คลื่นเสียง; แดง:แก้วหู; เหลือง: ค้อนเค็ลลีย์; เขียว: เซลล์รับรู้การได้ยิน; ม่วง : สเปกตรัมความถี่ ของการตอบสนองการได้ยิน; ส้ม:อิมพัลส์ประสาท) [1]

#### 2.1.1 การวัดความแรงของเสียง

ปริมาณที่ใช้แสดงความแรงของคลื่นเสียงในอากาศ คือ แอมพลิจูด ซึ่งสามารถวัดได้ ดังนี้

1. ความดันเสียงและระดับความดันเสียง (sound pressure and sound pressure level) คือ ค่าความดันของคลื่นเสียงที่เปลี่ยนไปจากความดันบรรยากาศปกติ หน่วยที่ใช้อาจเป็น นิวตัน/ตารางเมตร ( $N/m^2$ ) หรือ Pascal (Pa) ความดันเสียงต่ำสุดปกติสามารถได้ยินที่ความถี่ 1,000 เฮิรตซ์ คือ  $2 \times 10^{-5} N/m^2$  ค่าความดันอ้างอิงในการตรวจวัดระดับความดันเสียงซึ่งมีหน่วยในการวัดเสียงเป็นเดซิเบล

$$\text{ความดันเสียง } 2 \times 10^{-5} N/m^2 = 0 \text{ เดซิเบล}$$

$$\text{ระดับความดันเสียง (dB)} = 10 \log \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

$$\text{เมื่อ } P = \text{ความดันเสียง } N/m^2$$

$$P_0 = \text{ความดันเสียงอ้างอิง } (2 \times 10^{-5} N/m^2)$$

2. ความเข้มเสียง (sound intensity) คือ พลังงานเสียงเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ผ่านพื้นที่หนึ่งหน่วยตามทิศทางการกระจายตัวของเสียงมีหน่วยเป็นวัตต์/ตารางเมตร ( $W/m^2$ ) ระดับความเข้มเสียง (sound intensity level) เป็นค่าความเข้มของเสียงที่วัดได้เปรียบเทียบกับความเข้มของเสียงอ้างอิง ซึ่งมีค่า  $10^{-12} W/m^2$  ซึ่งเป็นความเข้มเสียงต่ำสุดที่หูคนสามารถได้ยิน เมื่อต้องการวัดความเข้ม

ของเสียงในรูประดับความเข้มของเสียงมีหน่วยเป็นเดซิเบล ใช้ระดับความเข้มอ้างอิง จะได้ว่าความเข้มเสียง

$$10^{-12} \text{ W/m}^2 = \text{ระดับความเข้มของเสียง } 0 \text{ เดซิเบล}$$

$$\text{ระดับความเข้ม (เดซิเบล)} = 10 \log \left( \frac{I}{I_{xf}} \right)^2 \quad (2)$$

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

$$I_{xf} = \text{ความดันเสียงอ้างอิง (} 10^{-12} \text{ W/m}^2\text{)}$$

3. สื่อและความเร็วเสียง (The medium and the speed of sound) โดยทั่วไปเสียงทุกความถี่จะเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่เท่ากันเสมอ ในสื่อชนิดหนึ่งๆ ความเร็วของเสียงจะแปรตามความอัด (compressibility) ความหนาแน่นของสื่อจะมีค่าคงที่ในอุณหภูมิที่กำหนดให้

4. มาตรฐานอ้างอิงกับการวัดเสียง มีดังนี้

1. dB SPL หมายถึง ระดับความดันเสียง ที่เปรียบเทียบกับความดันอ้างอิง  $0.00002 \text{ Pa}$  หรือ  $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$

2. dB IL หมายถึง ระดับความเข้มเสียง ที่เปรียบเทียบกับความเข้มอ้างอิง  $10^{-12} \text{ W/m}^2$

3. dB(A) หมายถึง ระดับความดันเสียงที่เป็นอันตราส่วนเปรียบเทียบกับค่าความดันทุกความถี่ที่วัดได้จากมาตรวัดระดับเสียง (sound level meter) ซึ่งใช้วงจรถ่วงน้ำหนัก A (A-weighting network) ประกอบเข้าในเครื่อง วงจรนี้สามารถตอบสนองและชดเชยความถี่ต่ำและความถี่สูงได้ดีเป็นพิเศษและเป็นที่ยอมรับใช้วัดระดับเสียงรบกวนและงานวิจัยด้านมลพิษของเสียง (noise pollution) เนื่องจากมีลักษณะการตอบสนองต่อเสียงใกล้เคียงกับหูมนุษย์มากที่สุด

4. dB SL หมายถึงระดับความดันเสียงที่เปรียบเทียบกับความดันเฉพาะความถี่ของเครื่องตรวจการได้ยิน (audiometer) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของขีดเริ่มของการได้ยินของผู้รับฟังนั้น

5. dB HL หมายถึงระดับความดันเสียงที่เปรียบเทียบกับความดันเฉพาะความถี่ของเครื่องตรวจการได้ยิน (audiometer) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของขีดเริ่มของการได้ยินของคนปกติ (absolute threshold) ที่ความถี่ต่างๆ

### 2.1.2 ประเภทของเสียง

1. เสียงบริสุทธิ์ (pure tone) คือเสียงที่มีความถี่คงที่เพียงความถี่เดียว เช่น เสียงจากข้อมเสียง เป็นต้น

2. เสียงผสม (complex tone) คือกลุ่มเสียงที่เกิดจากเสียงบริสุทธิ์หลายๆความถี่รวมกัน เช่น เสียงดนตรี เสียงพูด เสียงร้องเพลง เป็นต้น

### 2.1.3 มาตรฐานของเสียงในสถานประกอบการ

การทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีเสียงดัง ย่อมส่งผลให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงานได้ ที่สำคัญคืออาจทำให้เกิดประสาทหูเสื่อมจนถึงการสูญเสียการได้ยินแบบถาวรได้ด้วย เหตุผลดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดมาตรฐานของเสียงในสถานประกอบการขึ้นเพื่อประโยชน์ในการป้องกันอันตรายจากเสียงที่อาจเกิดขึ้นต่อผู้ปฏิบัติงานได้ สำหรับมาตรฐานเสียงที่กำหนดโดย American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) ซึ่งระบุเสียงที่ดังต่อเนื่องและที่ตั้งเป็นระยะๆ ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 ระดับเสียงที่ดังต่อเนื่องและตั้งเป็นระยะๆ ที่ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสได้ไม่เกินค่ากำหนดตลอดระยะเวลาการทำงานต่อวัน

ระยะเวลาที่รับเสียงต่อวัน(ชั่วโมง)	ระดับเสียง dB(A)
16	80
8	85
4	90
2	95
1	100
1/2	105
1/4	110
1/8	115

หมายเหตุ ทั้งเสียงชนิดที่ดังต่อเนื่องและตั้งเป็นระยะๆ จะดังเกินกว่า 115 dB(A) ไม่ได้ [2]

กฎหมายว่าด้วยสุขภาพและความปลอดภัยในการทำงานของสหรัฐอเมริกา (Occupational Safety and Health Act) ได้กำหนดมาตรฐานระยะเวลาที่อนุญาตให้สัมผัสกับเสียงดังหนึ่งๆ ดังตาราง 1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.2 มาตรฐานระยะเวลาที่อนุญาตให้สัมผัสกับเสียงดังหนึ่งๆ

ระยะเวลาที่อนุญาตให้สัมผัส (ชั่วโมง)	ระดับเสียง dB(A)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1.5	102
1	105
0.5	110
0.25 หรือน้อยกว่า	115

ที่มา : OSHA 29 CFR 1910.95 [2]

The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ได้แนะนำค่าขีดจำกัดของการสัมผัสเสียงดังตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง (Time Weighted Average, TWA) คือ 85 dB(A) โดยถ้าผู้ปฏิบัติงานสัมผัสเสียงที่ดังมากกว่านี้ถือว่าเป็นอันตราย

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) ได้กำหนดให้ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสเสียงได้ไม่เกิน 85 dB(A) ตลอดการทำงาน 8 ชั่วโมง เพื่อป้องกันภาวะประสาทหูเสื่อม

สำหรับประเทศไทยได้มีการกำหนดมาตรฐานของเสียงโดยกระทรวงมหาดไทย ซึ่งระบุไว้ในประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม อาศัยอำนาจตามข้อความในข้อ 2(7) แห่งประกาศของคณะปฏิวัติฉบับที่ 103 ลงวันที่ 16 มีนาคม 2015 กำหนดไว้ดังนี้คือ

ข้อ 13 ภายในสถานประกอบการที่ให้ลูกจ้างคนหนึ่งคนใดทำการต่อไป

- 1) ไม่เกินวันละ 7 ชั่วโมง ต้องมีระดับเสียงที่ให้ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 91 dB(A)
- 2) เกินกว่าวันละ 7 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 8 ชั่วโมง เสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 90 dB(A)
- 3) เกินกว่าวันละ 8 ชั่วโมง จะต้องมึระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 80 dB(A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

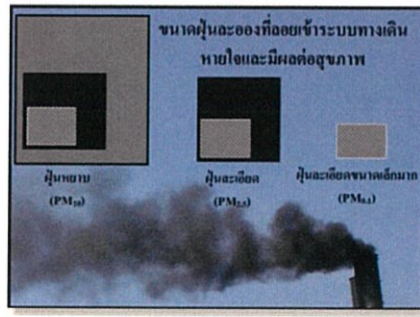
ข้อ 14 นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานในที่ที่มีระดับเสียงเกินกว่า 140 dB(A) มิได้ โดยสรุประดับเสียงที่นานาชาติยอมให้สัมผัสได้ตลอดระยะเวลาการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ก็คือ ไม่เกิน 85 dB(A) ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดของ Occupational Safety and Health Act, OSHA ที่กำหนดตามกฎหมายฉบับ HAC-38(Hearing Conservation Amendments, HCA) ไว้ว่า โครงการพิทักษ์การได้ยิน (Hearing Conservation Program) ควรเริ่มทำเมื่อระดับเสียงดังถึง 85 dB(A) ต่อการทำงานเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง (Time Weighted Average, TWA)

## 2.2 ฝุ่นละอองและผลต่อสุขภาพ

ฝุ่นละอองที่เราเห็นลอยฟุ้งอยู่ในอากาศนั้น มีชื่อเรียกเป็นทางการ นั่นคือ Particulate Matter (PM) ซึ่งอาจอยู่ในสภาพของเหลวหรือของแข็งขนาดเล็กที่กระจายอยู่ในอากาศ เช่น อนุภาคต่างๆ เชื้อโรค ฝุ่นละออง จนทำให้เรามองเห็นในภาพกว้างเป็นลักษณะหมอก หรือควัน อันตรายจากการสูดดมอนุภาคเหล่านี้ขึ้นอยู่กับขนาด ปริมาณ คุณสมบัติทางเคมี และความเป็นพิษของอนุภาคนั้นๆ

ปัจจุบันฝุ่นละอองเป็นมลพิษทางอากาศที่เป็นปัญหาหลักใหญ่กรุงเทพมหานครและชุมชนขนาดใหญ่ ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ ตัวเรา มีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน ซึ่งเป็นกลุ่มของโมเลกุล (มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ต้องใช้จุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน) ไปจนถึงขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ซึ่งเป็นฝุ่นทรายขนาดใหญ่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (ฝุ่นที่มองเห็นด้วยตาเปล่ามีขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอนขึ้นไป) ฝุ่นละอองเป็นสารที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพและองค์ประกอบ อาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลวฝุ่นละออง ที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นาน มักจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอน) เนื่องจาก มีความเร็วในการตกตัวต่ำ หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนของอากาศ กระแสลม เป็นต้น จะทำให้แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมากขึ้น ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 100 ไมครอน) อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เพียง 2-3 นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน อาจแขวนอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี

ฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายล่องลอยในอากาศมีทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว มีหลากหลายขนาด ตั้งแต่ฝุ่นละอองขนาดใหญ่ ขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน (Total Suspended Particulate Matter, TSP) ฝุ่นหยาบขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (Particulate Matter, PM10) จนถึงฝุ่นละเอียดขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) และฝุ่นละเอียดขนาดเล็กมาก ขนาดไม่เกิน 0.1 ไมครอน (PM0.1) ฝุ่นละอองขนาดใหญ่จะตกลงสู่พื้นด้วยแรงดึงดูดของโลก ส่วนฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน สามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานาน ปะปนในอากาศที่มนุษย์หายใจเข้าไปและส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย



รูปที่ 2.2 ขนาดฝุ่นละอองที่ลอยเข้าระบบทางเดินหายใจและมีผลต่อสุขภาพ [3]

โดยทั่วไปเราจะวัดน้ำหนักของฝุ่นละอองในอากาศที่ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง การกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปนี้ อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของ คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 2.3 แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

ขนาดของฝุ่นละอองในอากาศ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
≤ 100 ไมครอน (PM <sub>100</sub> )	24 ชั่วโมง	≤ 0.33
	1 ปี	≤ 0.10
≤ 10 ไมครอน (PM <sub>10</sub> )	24 ชั่วโมง	≤ 0.12
	1 ปี	≤ 0.05
≤ 2.5 ไมครอน (PM <sub>2.5</sub> )	24 ชั่วโมง	≤ 0.05
	1 ปี	≤ 0.025

หมายเหตุ: เทียบขนาด 1,000 ไมโครกรัม เท่ากับ 1 มิลลิกรัม; เทียบขนาด 10,000 ไมครอน (μm) มีเท่ากับ 1 เซนติเมตร หรือขนาดเส้นผมโดยปกติมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 ไมครอน; เทียบปริมาณฝุ่นละอองจากการสูบบุหรี่ 1 มวน มีปริมาณเท่ากับ 0.01 ถึง 0.04 มิลลิกรัม [4]

ระบบทางเดินหายใจแบ่งเป็นส่วนบนและส่วนล่าง ตั้งแต่โพรงจมูกและช่องปาก ผ่านช่องคอ กล่องเสียง หลอดลมใหญ่ หลอดลมฝอย ไปจนถึงถุงลมปอดซึ่งเป็นส่วนปลายสุดของทางเดินหายใจ อนุภาคในอากาศสามารถกระจายเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินหายใจได้ 4 วิธี คือ

1. Interception คือ การสัมผัสกับผิวเยื่อบุทางเดินหายใจโดยตรง ได้แก่อนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Impaction คือ การเคลื่อนที่ไปตามทิศทางของลมหายใจ ได้แก่อนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน
3. Sedimentation คือ การตกลงตามแรงโน้มถ่วง ได้แก่อนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.5 ไมครอน
4. Diffusion คือ การแพร่กระจาย สำหรับอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน

#### ตารางที่ 2.4 แสดงขนาดอนุภาคและวิธีเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ

ขนาดอนุภาค	ตำแหน่งของระบบทางเดินหายใจที่ได้รับอนุภาค	วิธีที่อนุภาคเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ	*ผลกระทบจากความเร็วของอากาศ
> 10 ไมครอน	โพรงจมูกและช่องคอ	Impaction, Interception	++++
0.003 – 5 ไมครอน	หลอดลมใหญ่จนถึงถุงลมปอด	Sedimentation	+
< 0.5 ไมครอน	ถุงลมปอด	Diffusion	0

หมายเหตุ: \* ++++ ต้องอาศัยความเร็วของอากาศในการเคลื่อนที่ในทางเดินหายใจมาก 0 ไม่ต้องอาศัยความเร็วของอากาศในการเคลื่อนที่ในทางเดินหายใจ [4]

ฝุ่นละอองในบรรยากาศอาจแยกได้เป็น 2 ประเภท ตามแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง คือ ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น และแพร่กระจายสู่บรรยากาศโดยตรงและฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายหลังโดยปฏิกิริยาต่าง ๆ ในบรรยากาศ เช่น การรวมตัวของฝุ่นละอองด้วยกันหรือรวมตัวกับก๊าซหรือรวมตัวกับของเหลวหรือรวมตัวกับของแข็ง ด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์หรือทางเคมีหรือทางเคมีแสง

2.2.1 แหล่งที่มีปริมาณของฝุ่นละอองที่สำคัญ แหล่งที่มีของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (natural particle) ได้แก่ ดิน ทราย หิน ละอองไอน้ำ เขม่าควันจากไฟป่า และฝุ่นเกลือจากทะเล เป็นต้น

2. ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น (man-made particle) ได้แก่ ฝุ่นจากการคมนาคมขนส่งและการจราจร เช่น ฝุ่นดินทรายที่ฟุ้งกระจายในถนน ขณะที่รถยนต์วิ่งผ่าน ฝุ่นดินทรายที่หล่นจากการบรรทุกขนส่ง การกองวัสดุสิ่งของบนทางเท้าหรือบนเส้นทางการจราจร

ฝุ่นจากการก่อสร้าง เช่น ฝุ่นจากการสร้างถนน/อาคาร การปรับปรุงผิวการจราจร การรื้อถอนอาคารและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ การก่อสร้างเพื่อติดตั้งหรือปรับปรุงระบบสาธารณูปโภค

ฝุ่นจากการประกอบการอุตสาหกรรม เช่น การทำปูนซีเมนต์ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ททราย หรือดิน สำหรับใช้ในการก่อสร้างอย่างใดอย่างหนึ่ง การโม่บดหรือย่อยหิน การร่อนหรือการคัดกรวดหรือทราย

ฝุ่นจากการประกอบกิจกรรม อื่น ๆ เช่น การทำความสะอาด การทำอาหาร การทาสี เป็นต้น

## ตารางที่ 2.5 แสดงมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไปของประเทศไทย พ.ศ. 2535

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มก./ลบ.ม)	ค่าเฉลี่ย 1 ปี (มก./ลบ.ม)
ฝุ่นรวม (TSP)	0.33	0.10
ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM-10)	0.12	0.05

หมายเหตุ : วัดหาค่าเฉลี่ยโดยวิธี Gravimetric-High Volume [5]

### 2.2.2 ผลกระทบของฝุ่นละออง

#### 1. ต่อสภาพบรรยากาศทั่วไป

ฝุ่นละอองจะลดความสามารถในการมองเห็น เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศทั้งที่เป็นของแข็ง และของเหลวสามารถดูดซับและหักเหแสงได้ ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นเสื่อมลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด ความหนาแน่น และองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้น

#### 2. ต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้าง

ฝุ่นละอองในบรรยากาศสามารถทำอันตรายต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้างได้ เช่น การสึกกร่อนของโลหะ การทำลายผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง การเสื่อมคุณภาพของผลงานทางศิลปะ ความสกปรก/เลอะเทอะของวัตถุ เป็นต้น

#### 3. ต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ก่อให้เกิดปัญหาหามลพิษหรือเหตุเดือดร้อนรำคาญ ส่วนฝุ่นละอองที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้เมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ จะเกาะตัวหรือตกตัวได้ในส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินหายใจ

### 2.2.3 แนวทางในการแก้ไขปัญห

1. การควบคุมฝุ่นละอองที่แหล่งกำเนิด โดยอาศัยเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น การควบคุมฝุ่นละอองจากโรงงานอุตสาหกรรมการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงให้ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

2. การป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากรถบรรทุกวัสดุก่อสร้าง หิน ดิน ทราย หรือฝุ่นละอองจากกิจกรรมการก่อสร้างอาคารและถนน โดยใช้ผ้าใบหรือวัสดุคลุมรถให้มิดชิดและทำความสะอาดล้อรถบรรทุก จำกัดเขตก่อสร้างให้ชัดเจนพร้อมทั้งมีวัสดุคลุมหรือกั้นบริเวณก่อสร้างให้เรียบร้อย

3. การปรับปรุงกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ มาตรฐานอากาศเสียจาก โรงงานอุตสาหกรรม มาตรฐานอากาศเสียจากยานพาหนะ การกวดขันตรวจจับยานพาหนะที่มีการระบายควันดำเกินมาตรฐาน ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนผู้เป็นเจ้าของและขับขี่ยานพาหนะ ให้มีการเอาใจใส่ดูแลรักษาและปรับแต่งเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพดี เป็นต้น

5. หลีกเลี่ยงการอยู่ในสถานที่ที่มีหมอกควันหรือฝุ่นละออง ถ้าจำเป็นควรใช้หน้ากากอนามัยชนิดกรอง 3 ชั้นปิดปากและจมูกและ ควรเปลี่ยนหน้ากากอนามัยทุกวัน ถ้าเป็นไปได้ควรใช้แบบครั้งเดียวทิ้ง เพื่อสุขลักษณะที่ดี

6. หากจำเป็นต้องอยู่ในสถานที่ที่มีฝุ่นละอองติดต่อกันยาวนาน เช่น เกินกว่าสัปดาห์หรือเดือน ควรเตรียมความพร้อมด้านการกรองอากาศในที่อยู่อาศัย เช่น ติดระบบกรองอากาศในบ้าน ซึ่งจะช่วยลดผลกระทบของฝุ่นต่อร่างกายได้ โดยเลือกใช้ระบบกรองอากาศที่เหมาะสม และสามารถถอดล้างได้

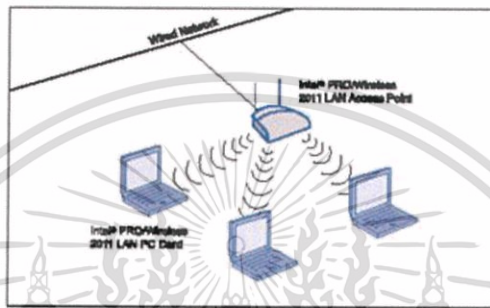
7. ในระยะยาว สำหรับบริเวณพื้นที่ว่างเปล่า ควรปลูกพืชคลุมหน้าดินไว้ เพื่อลดโอกาสที่ฝุ่นละอองจะลอยฟุ้งขึ้นมาในอากาศได้

8. สำหรับ ผู้ที่มีโรคประจำตัวเรื้อรัง เช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือด โรคความดัน โรคระบบทางเดินหายใจ โรคภูมิแพ้ โรคหอบหืด ควรเตรียมยาประจำตัวให้พร้อม และ พกติดตัว เพื่อป้องกันและใช้รักษาเมื่ออาการกำเริบ หากมีอาการผิดปกติ เช่น หายใจลำบาก แน่นหน้าอก ควรรีบพบแพทย์ที่โรงพยาบาล หรือสถานบริการสาธารณสุขใกล้บ้าน

## 2.3 เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network)

เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายประกอบด้วยอุปกรณ์ขนาดเล็กที่เรียกว่าโหนด (Node) เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะถูกใช้งานอยู่ในพื้นที่ที่ต้องการ ตัวโหนดเองนั้นจะมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ หน่วยประมวลผล โดยทั่วไปจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราวก่อนที่จะทำการส่งต่อไปยังเครื่องแม่ข่าย ตัวตรวจวัดหรือเรียกว่าเซนเซอร์ (Sensor) จะทำหน้าที่เก็บข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมที่สนใจ ภาครับส่งคลื่นวิทยุทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบไร้สาย และแหล่งจ่ายพลังงาน

ในที่นี้ใช้ระบบเครือข่ายไร้สายแบบ client/server หรือ infrastructure mode เป็นลักษณะการรับส่งข้อมูลโดยอาศัย Access Point (AP) หรือเรียกว่า “hot spot” ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างระบบเครือข่ายแบบใช้สายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (client) โดยจะกระจายสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อ รับ-ส่งข้อมูลเป็นรัศมีโดยรอบ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในรัศมีของ AP จะกลายเป็นเครือข่ายกลุ่มเดียวกันทันที โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ จะสามารถติดต่อกัน หรือติดต่อกับ server เพื่อแลกเปลี่ยนและค้นหาข้อมูลได้ โดยต้องติดต่อผ่าน AP เท่านั้น ซึ่ง AP 1 จุด สามารถให้บริการเครื่องลูกข่ายได้ถึง 15-50 อุปกรณ์ ของเครื่องลูกข่าย เหมาะสำหรับการนำไปขยายเครือข่ายหรือใช้ร่วมกับระบบเครือข่ายแบบใช้สายเดิมในออฟฟิศ, ห้องสมุดหรือในห้องประชุม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น



รูปที่ 2.3 ระบบเครือข่ายไร้สายแบบ client/server หรือ Infrastructure mode [6]

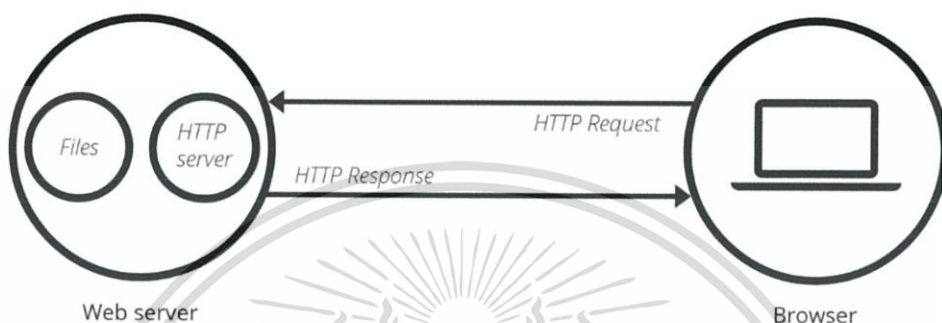
### 2.3.1 ประโยชน์ของระบบเครือข่ายไร้สาย

1. มีความคล่องตัวสูงดังนั้นไม่ว่าเราจะเคลื่อนที่ไปที่ไหน หรือเคลื่อนย้ายคอมพิวเตอร์ไปตำแหน่งใดก็ยังสามารถเชื่อมต่อ กับเครือข่ายตลอดเวลา トラバタイยังอยู่ในระยะการส่งข้อมูล
2. สามารถติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็ว เพราะไม่ต้องเสียเวลาติดตั้งสายเคเบิล และไม่รกรุงรัง
3. สามารถขยายระบบเครือข่ายได้ง่าย เพราะเพียงแค่มิ พืชการ์ดมาต่อเข้ากับเน็ตบูคหรือพีซี ก็เข้าสู่เครือข่ายได้ทันที
4. ลดค่าใช้จ่ายโดยรวม ที่ผู้ลงทุนต้องลงทุน ซึ่งมีราคาสูง เพราะในระยะยาวแล้ว ระบบเครือข่ายไร้สายไม่จำเป็นต้องเสียค่าบำรุงรักษาและการขยายเครือข่ายก็ลงทุนน้อยกว่าเดิมหลายเท่า เนื่องด้วยความสะดวกในการติดตั้ง
5. เครือข่ายไร้สายทำให้องค์กรสามารถปรับขนาดและความเหมาะสมได้ง่ายไม่ยุ่งยาก เพราะสามารถโยกย้ายตำแหน่งการใช้งานโดยเฉพาะระบบที่มีการเชื่อมระหว่างจุดต่อจุด เช่น ระหว่างตึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 Web Server

เซิร์ฟเวอร์ (server) คือเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ลงระบบปฏิบัติการสำหรับ server (ในที่นี้ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows และติดตั้งโปรแกรมเสริมสำหรับทำงานร่วมกับ web server คือ Apache web server ทำหน้าที่บริการและส่งข้อมูลให้กับ client ที่ทำการ request ข้อมูล และจะทำการ response เพื่อส่งผลลัพธ์ไปยัง client เรียกชมหน้าเว็บไซต์ได้โดยใช้โปรโตคอล HTTP (เป็นมาตรฐานในการร้องขอและการตอบรับระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่าย ซึ่งเครื่องลูกข่ายคือผู้ใช้ปลายทางและเครื่องแม่ข่ายคือเว็บไซต์) ผ่านทาง web browser



รูปที่ 2.4 การรับส่งข้อมูลจาก web server ผ่านทาง browser โดยใช้โปรโตคอล HTTP [7]

ระบบปฏิบัติการ คือโปรแกรมที่ต้องติดตั้งลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อนโปรแกรมประยุกต์และใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในปัจจุบันคือ WindowsXP, Windows7, Windows8, Ubuntu ฯลฯ แต่ระบบปฏิบัติการที่ใช้สำหรับสร้างเว็บไซต์ และติดตั้งบนเครื่อง server ก็ต้องเป็นระบบปฏิบัติการเฉพาะ เช่น Windows Server, Ubuntu Server เป็นต้น

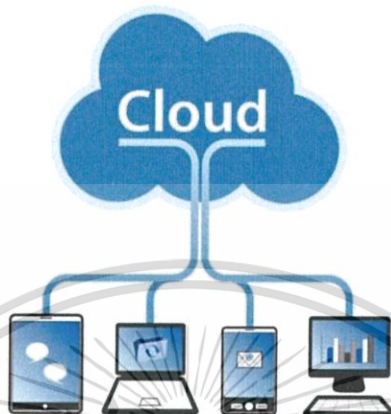
ระบบปฏิบัติการ Windows Server นั้นมีหลายเวอร์ชัน จากอดีตจนถึงปัจจุบันเช่น Windows Server 2003, Windows Server 2008, Windows Server 2012 เป็นต้น ระบบปฏิบัติการนี้ผลิตโดยบริษัท Microsoft ระบบปฏิบัติการนี้มีค่าใช้จ่ายที่เรียกว่าค่าลิขสิทธิ์ ข้อดีของระบบปฏิบัติการนี้คือใช้งานง่าย

ระบบปฏิบัติการ Linux Server ปัจจุบันนี้มีหลากหลาย เช่น Ubuntu, CentOS, Debian เป็นต้น ระบบปฏิบัติการนี้สามารถ download มาใช้งานได้ฟรี เพราะเป็นระบบปฏิบัติการ open source ข้อดีของระบบปฏิบัติการนี้คือไม่มีค่าใช้จ่าย

นอกจากโปรแกรมที่ทำหน้าที่เป็น web server แล้ว นี้ยังมีโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมฐานข้อมูลอื่น ๆ ร่วมด้วย

## 2.5 Cloud Service

Cloud Service คือบริการที่มาพร้อมกับอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ทั้งแบบใช้สาย (fiber optic) และไร้สาย (3G, 4G) บริการนี้ช่วยอำนวยความสะดวกบนอุปกรณ์ที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ (computer), สมาร์ทโฟน (smartphone) หรือแท็บเล็ต (tablet) โดยอุปกรณ์เหล่านี้สามารถทำงานร่วมกันโดยบริการที่เรียกว่า Cloud Service



รูปที่ 2.5 บริการ Cloud ที่สามารถเข้าถึงด้วยอุปกรณ์ที่หลากหลายประเภท [8]

Cloud Service แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

1. Cloud Storage คือบริการพื้นที่สำหรับเก็บไฟล์ ส่วนใหญ่จะให้พื้นที่สำหรับฝากไฟล์จำนวนหนึ่ง เช่น 2 GB, 5 GB, หรือ 15 GB เป็นต้น และสามารถซื้อพื้นที่เพิ่มเติมได้ (การซื้อในที่นี้เป็นลักษณะของการเช่าเป็นรายปี) โดยจะมีแพ็คเกจให้เลือก บริการ Cloud Storage จะเน้นในเรื่องของพื้นที่เป็นพิเศษ เพราะจุดมุ่งหมายของบริการนี้คือบริการพื้นที่สำหรับเก็บไฟล์จำนวนมาก โดยจะมีโปรแกรมสำหรับบริหารจัดการ หรือใช้ร่วมกับการบริหารพื้นที่เหล่านั้นในลักษณะของ Website, Application บนแท็บเล็ต และสมาร์ทโฟน

2. Cloud Application คือบริการซอฟต์แวร์ออนไลน์ ที่ใช้ได้บนหลากหลายอุปกรณ์ บริการนี้จะเป็นลักษณะของการเช่าซอฟต์แวร์ เพราะสามารถจ่ายค่าบริการเป็นรายปี หรือเป็นรายเดือนก็ได้ ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของผู้ให้บริการแต่ละราย ตัวอย่างของผู้ให้บริการประเภทนี้ได้แก่ Adobe Creative Cloud และ Office365 เป็นต้น บริการประเภทนี้จะเน้นที่การให้บริการซอฟต์แวร์เป็นหลัก แต่ก็จะมีพื้นที่เก็บข้อมูลให้ใช้บริการ

3. Cloud Computing คือบริการที่รวมเอา Cloud Storage และ Cloud Application เอาไว้ด้วยกัน แต่ส่วนใหญ่แล้ว Cloud Computing นั้นเหมาะกับองค์กรเป็นหลักไม่ว่าจะเป็นทางเลือกใช้ระบบปฏิบัติการ หรือ โปรแกรมประยุกต์ที่ใช้งานกับองค์กร บริการนี้จะช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของ Hardware ได้มาก และสิ่งสำคัญคือตอบโจทย์การทำงานที่หลากหลาย เพราะบุคลากรในองค์กรสามารถทำงานร่วมกันได้จากทุกที่ทุกเวลา (ที่มีอินเทอร์เน็ต) โดยสำนักงานนี้คือสำนักงานดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.1 ประโยชน์ของ Cloud Service

1. ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายด้าน Hardware เช่น เครื่อง server และอุปกรณ์ต่าง ๆ เพราะผู้ให้บริการเตรียมพร้อมให้แล้ว ที่สำคัญคือไม่ต้องเสียเวลาดูแลอุปกรณ์เหล่านั้นด้วย เนื่องจากผู้ให้บริการจะคอยดูแลแทน
2. สามารถทำงานที่ไหนก็ได้ที่มีอินเทอร์เน็ต โดยเฉพาะปัจจุบันนี้อินเทอร์เน็ตมีอยู่ทุกแห่ง และมีความเร็วพอที่จะสามารถใช้งาน Cloud Service ได้อย่างสบาย
3. ทำงานได้บนอุปกรณ์ที่มีความแตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นตัวเครื่อง หรือระบบปฏิบัติการ

### 2.5.2 การเลือกใช้ Cloud Service

การเลือก Cloud Service นั้นไม่แตกต่างจากการเลือกใช้บริการคอมพิวเตอร์แบบอื่น ๆ ทั้งนี้จะต้องพิจารณาความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน หรือแม้กระทั่งกับทรัพยากรที่มีอยู่ด้วย สิ่งสำคัญที่สุดคือค่าใช้จ่าย ต้องเลือกให้เหมาะสมมากที่สุด หากเป็นบุคคลธรรมดาควรเลือก Cloud Service ที่มีความสามารถตอบโจทย์การทำงานแบบบุคคลธรรมดา แต่หากเป็นองค์กรก็ต้องเลือกบริการที่มีความสามารถที่สูงขึ้น

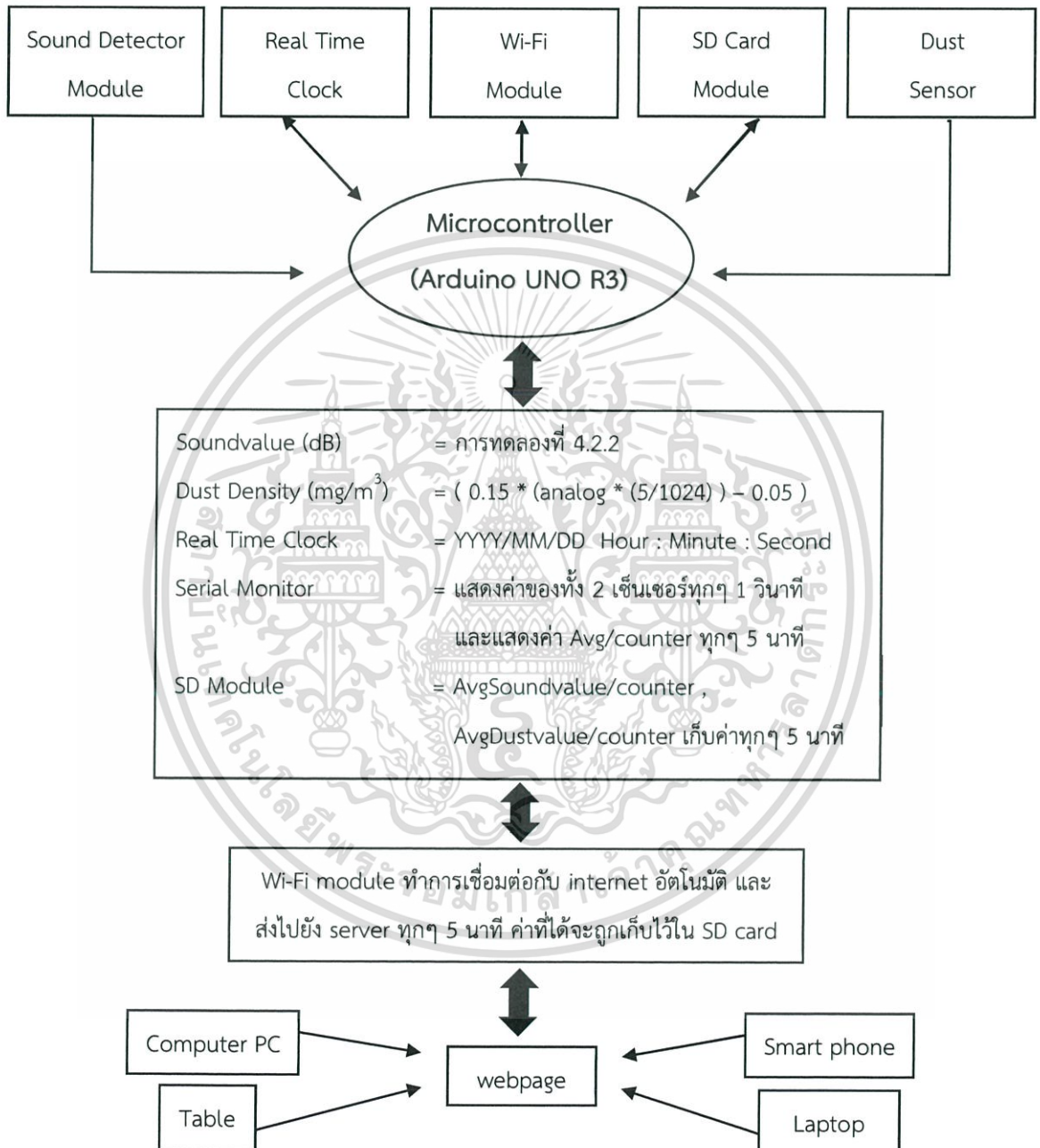


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## ออกแบบโครงข่าย

### 3.1 แผนภาพการทำงานของระบบ



รูปที่ 3.1 แผนภาพการทำงานในแต่ละโหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 แผนภาพการทำงานของระบบอธิบายได้ว่า อุปกรณ์ทุกตัวทำการเชื่อมต่ออยู่กับคอนโทรลเลอร์ได้แก่ Sound detector module, Real time clock module, Wi-Fi module, SD card module, และ Dust sensor ซึ่ง Sound detector module และ Dust sensor จะทำการส่งค่าสัญญาณที่เป็นอนาล็อกไปที่ตัวคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลหาค่า Sound valued (dB) และประมวลผลหาค่า Dust density (mg/m<sup>3</sup>) ตามสมการที่แสดงในรูปภาพ ในขณะที่ Real time clock จะทำการอ่านค่าเวลาเดียวกับเวลาปัจจุบันอัตโนมัติ โดยแสดงค่า ปี/เดือน/วัน ชั่วโมง:นาที:วินาที คอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านค่าที่ได้จากการประมวลผลทุกๆ 1 วินาทีพร้อมกับแสดงค่า ปี/เดือน/วัน ชั่วโมง:นาที:วินาที จนครบ 5 นาที คอนโทรลเลอร์จะทำการหาค่าเฉลี่ยของ Sound valued (dB) และค่าเฉลี่ยของ Dust density (mg/m<sup>3</sup>) ทุกๆ 5 นาที Wi-Fi module เชื่อมต่อ Wi-Fi อัตโนมัติ หลังจากนั้นทำการส่งข้อมูลไปยัง server แล้วจึงจะบันทึกค่าที่ส่งไปแล้ว SD card

ข้อมูลจะถูกแสดงผ่านทางหน้า webpage ที่ออกแบบไว้ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิดสามารถเข้าดูได้ยกตัวอย่างเช่น Computer PC, Smart phone, Laptop, Tablet เป็นต้น โดยข้อมูลจะถูกแสดงในรูปของกราฟและสามารถดูข้อมูลย้อนหลังได้

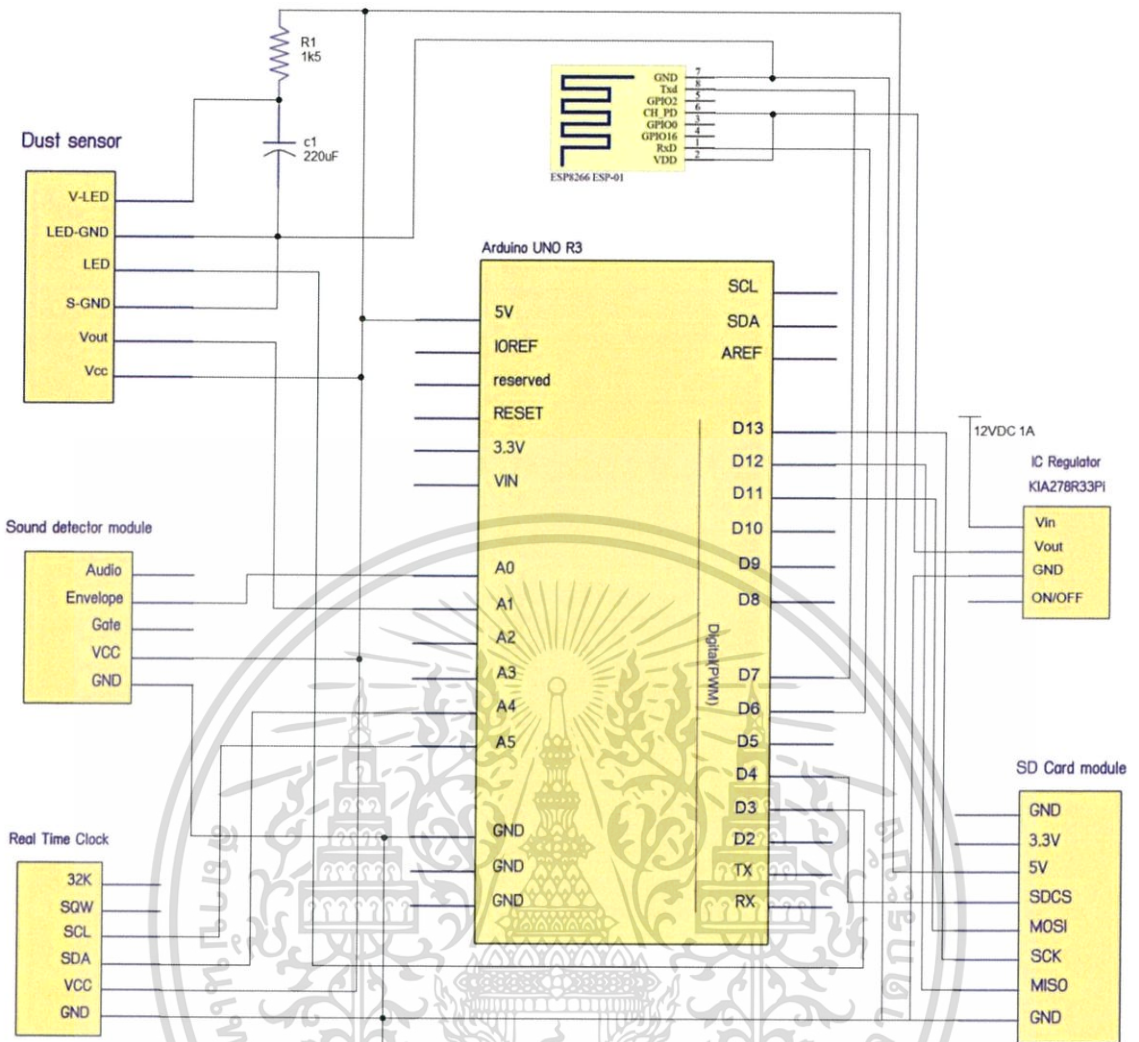
### 3.2 ลักษณะการทำงานของวงจร

ระบบโครงข่ายแบบไร้สายรับสัญญาณ input จาก Sound detector module และ Dust sensor มาที่ controller จากนั้นแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อบอกค่าที่วัดได้เป็นตัวเลข จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จาก controller ส่งข้อมูลผ่าน Wi-Fi module เพื่อแสดงข้อมูลบน webpage สามารถดูผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ทุกชนิด

### 3.3 การออกแบบ

การออกแบบวงจรนี้ แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ การออกแบบทางด้าน Hardware, การออกแบบ Server และการออกแบบทางด้าน Software

#### 3.3.1 การออกแบบทางด้าน Hardware

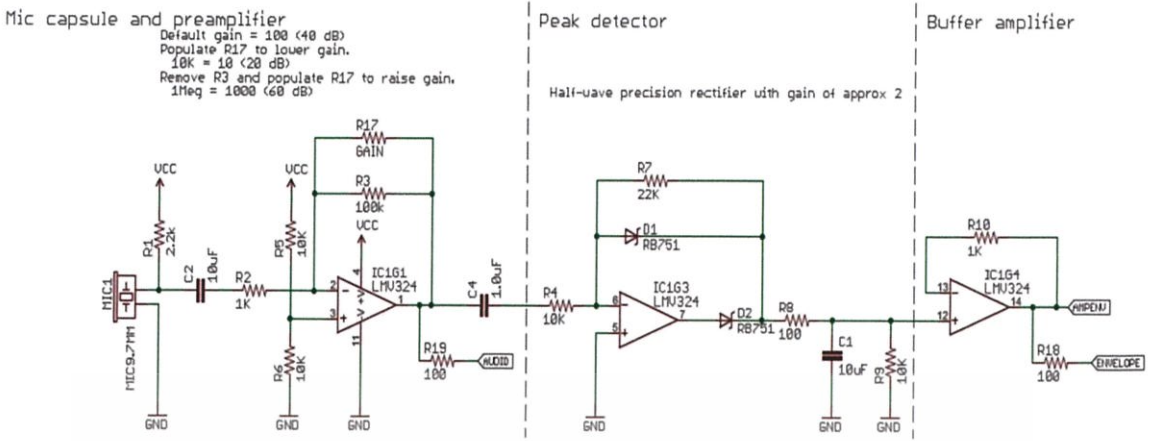


รูปที่ 3.2 วงจรของระบบตรวจวัดระดับความดังและปริมาณฝุ่นละออง

จากรูปที่ 3.2 แสดงพอร์ตการเชื่อมต่อของโมดูลต่างๆของระบบวัดระดับความดังและปริมาณฝุ่นละออง โดยโมดูลเกือบทุกตัวจะใช้ไฟเลี้ยง 5V จาก Power port ของ Arduino ยกเว้น Wi-Fi module จะใช้ไฟเลี้ยง 3.3V ทำให้ต้องมีวงจรแบ่งแรงดัน ในที่นี้เราใช้ IC regulator ในการลดแรงดันให้มีขนาด 3.3V สำหรับไฟเลี้ยง Arduino จะใช้ไฟเลี้ยงซึ่งถูกจ่ายเข้าทางช่อง power jack โดยใช้ adapter 12V 1A จ่ายกระแสและแรงดันให้กับ Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

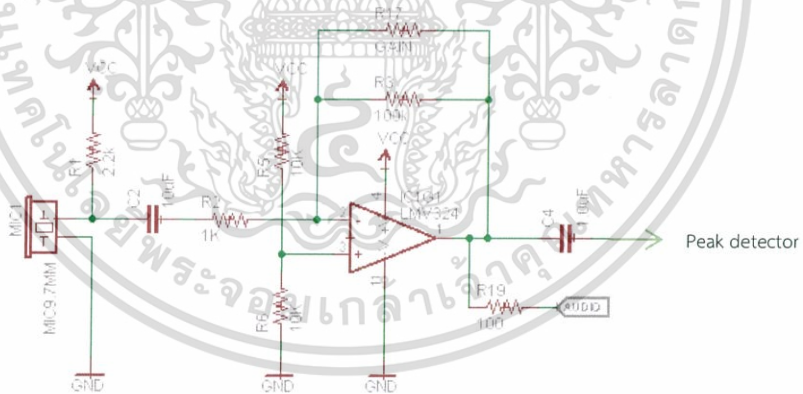
### วงจรภายในของ Sound Detector Module



รูปที่ 3.3 ผังวงจรภายใน Sound Detector Module [9]

จากรูปที่ 3.3 วงจรภายในของ Sound Detector Module ประกอบด้วย 3 ภาคส่วน คือ วงจรขยายแรงดันไฟฟ้า, วงจรตรวจจับยอด และ วงจรบัฟเฟอร์

#### วงจร Preamplifier



รูปที่ 3.4 วงจร Pre-amplifier [9]

จากรูปที่ 3.4 แสดงให้เห็นว่าไมโครโฟนถูกไบอัสด้วยแรงดันไฟฟ้าผ่านตัวต้านทาน R1 สัญญาณที่ออกจากไมโครโฟนเป็นแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กมาก สัญญาณจะถูกขยายโดย IC(LMV324) โดยมี อัตราขยายวงจรคือ 100 เท่า (20 dB) วงจรขยายแรงดันสามารถปรับค่าได้โดยการเพิ่ม R17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

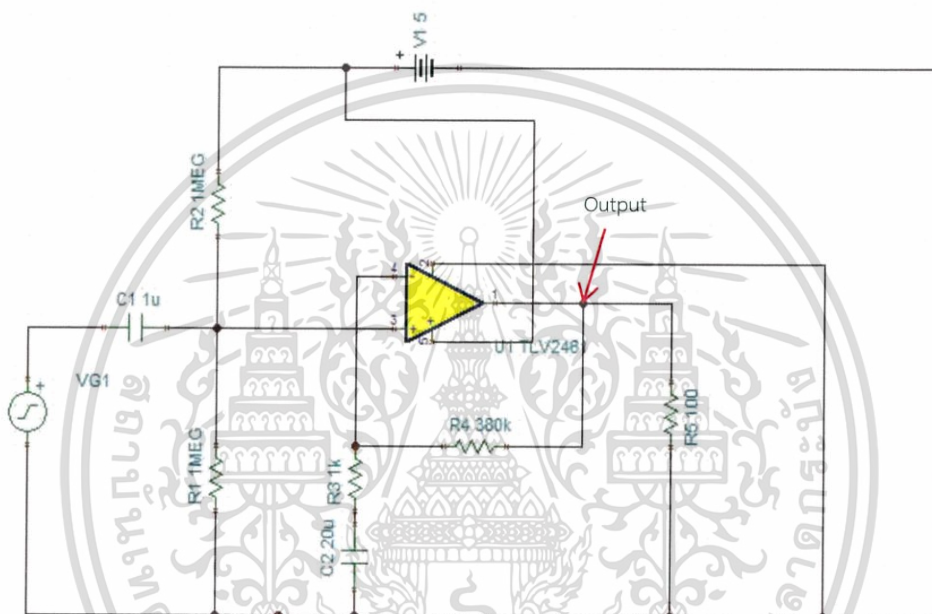
แรงดันไฟฟ้ากระแสกลับที่เอาท์พุทจะมีจุดอ้างอิงที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่ายไฟ Audio output pin สามารถเชื่อมต่อกับ ADC ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง

วงจรรขยายแบบกลับเฟสจะมีอัตราขยายเท่ากับ

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (3)$$

$$= -\frac{R_f}{R_{in}} = -\frac{100k}{1k} = -100$$

สำหรับวงจร Preamplifier ที่เราได้ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม Tina-TI



รูปที่ 3.5 วงจร Preamplifier ที่ทำการออกแบบ

จากรูปที่ 3.5 วงจร Preamplifier ที่ทำการออกแบบมีอัตราขยายของ Pass band ของฟิลเตอร์วงจรรคือ

$A_F$  = อัตราขยายของ Pass band ของฟิลเตอร์  $(1 + R_2/R_1)$

$$A_F = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (4)$$

$$= 1 + \frac{380k}{1k} = 381 \text{ เท่า}$$

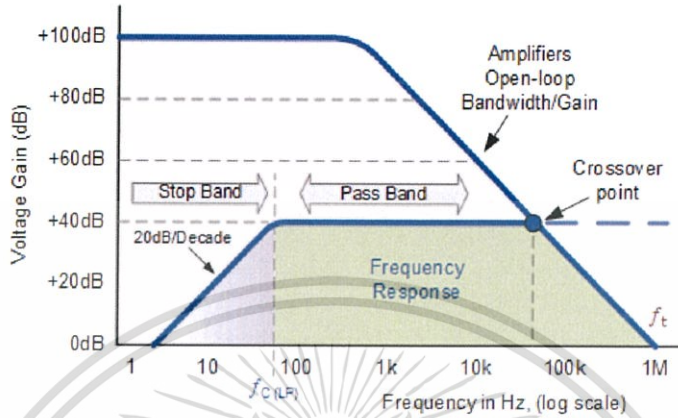
$$A_F(\text{dB}) = 20\log(A_F) = 20\log(381) = 52.063\text{dB}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความถี่คัทออฟ

$$F_c = \frac{1}{2\pi RC_1} \quad (5)$$

$$= \frac{1}{2\pi(1M\Omega)(1\mu F)} = 0.159\text{Hz}$$



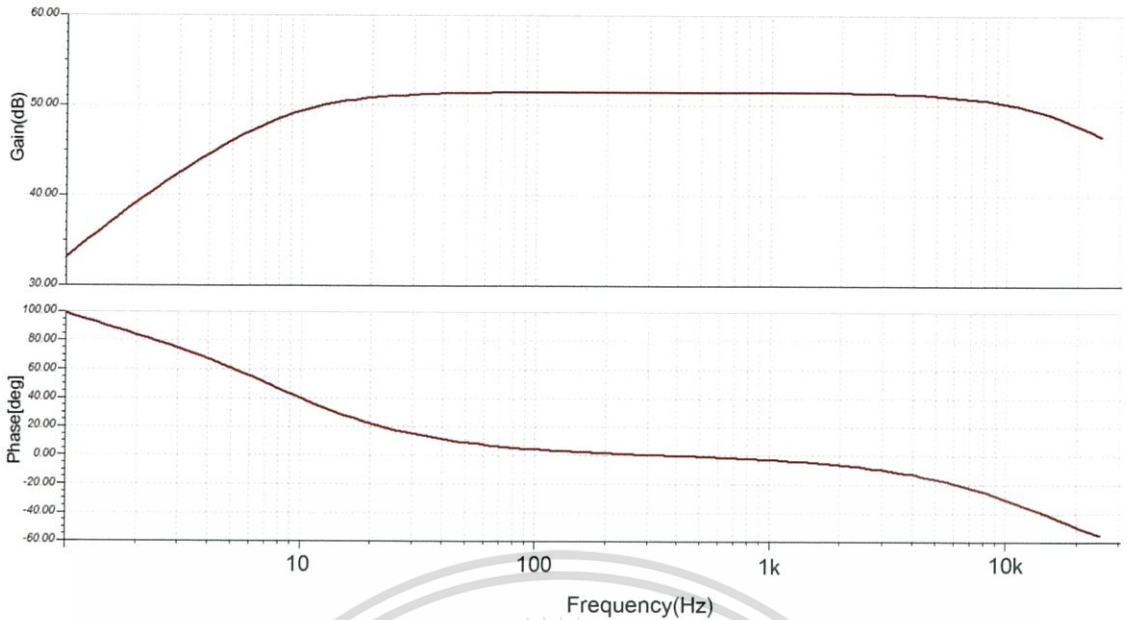
รูปที่ 3.6 Frequency Response Curve [10]

จากรูปที่ 3.6 Active High Pass Filter จะมี  $A_F$  ที่เพิ่มขึ้นจาก 0Hz ไปจนถึงจุดความถี่คัทออฟ ( $f_c$ ) ที่ 20dB/decade เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ที่ความถี่คัทออฟ ( $f_c$ ) ค่าที่ได้คือ  $0.707A_F$  และหลังจากความถี่  $f_c$  ทุกความถี่คือ pass band ดังนั้นฟิลเตอร์จึงมีอัตราขยายคงที่ ( $A_F$ ) โดยมีความถี่สูงสุดที่กำหนดโดยแบนด์วิดท์วงปิดของ op-amp ดังรูปภาพ

การทำงานของฟิลเตอร์ที่ผ่านการกรองความถี่สูงสามารถตรวจสอบได้จากสมการการรับความถี่สูงกว่าเช่น

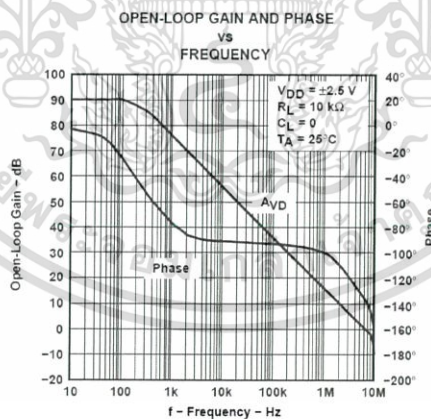
1. ที่ความถี่ต่ำๆ ,  $f < f_c$   $\frac{V_{out}}{V_{in}} < A_F$
2. ที่ความถี่คัทออฟ ,  $f = f_c$   $\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{A_F}{\sqrt{2}} = 0.707A_F$
3. ที่ความถี่สูงมากๆ ,  $f > f_c$   $\frac{V_{out}}{V_{in}} = A_F$

สำหรับตัวเก็บประจุ ( $C_2$ ) 20  $\mu F$  ที่นำมาต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน ( $R_3$ ) 1  $k\Omega$  จะทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณที่มีลักษณะเป็น DC ไม่ให้ถูกขยาย และมีผลต่อความถี่คัทออฟคือ ถ้าตัวเก็บประจุ มีค่ามาก จุดความถี่คัทออฟจะมากตามไปด้วย



รูปที่ 3.7 AC Transfer Characteristic

จากรูปที่ 3.7 สำหรับความถี่ที่ต้องการนำไปใช้งานคือช่วงความถี่ 100 Hz – 20 kHz จากภาพพบว่าที่ความถี่ 100 Hz อัตราขยายคงที่มีค่าเท่ากับ 51.46 dB และที่ความถี่ 20 kHz อัตราขยายมีค่าเท่ากับ 47.79 dB ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ 7% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ การเลือกใช้งานออปแอมป์ ควรเลือกใช้ op-amp ที่มีค่า Gain Bandwidth ที่มีค่ามาก และในช่วงความถี่ที่ใช้งาน อัตราขยายของ Pass band filter จะต้องมีความมากด้วย

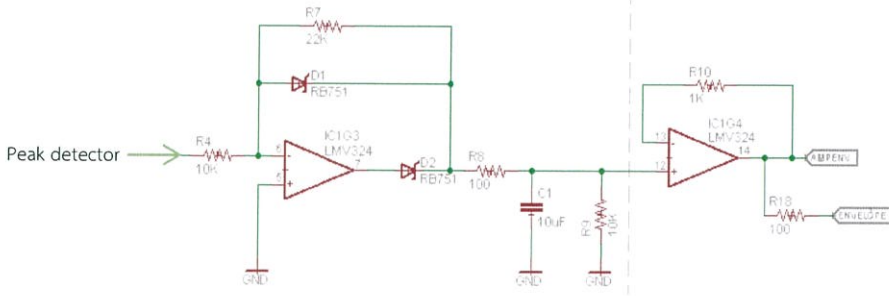


รูปที่ 3.8 Open-Loop Gain of TLV2462 [11]

จากรูปที่ 3.8 อัตราขยายแบบเปิดของออปแอมป์ TLV2463 ที่ความถี่ 20kHz มีค่าเท่ากับ 50 dB (316.23 เท่า) ซึ่งเป็นอัตราขยายที่มีค่ามากซึ่งเป็นข้อดีคือทำให้ลดจำนวนออปแอมป์ และวงจรทำงานไวขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วงจร Peak Detector และวงจร Buffer Amplifier

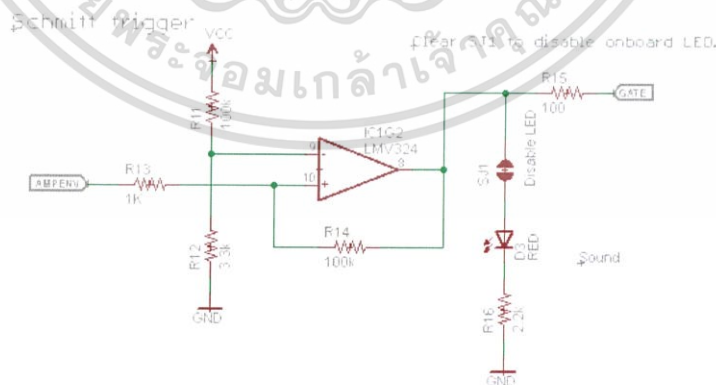


รูปที่ 3.9 วงจร Peak Detector และวงจร Buffer Amplifier [9]

จากรูปที่ 3.9 อัตราขยายของวงจรคือ 2.2 เท่าแบบกลับเฟส เมื่อสัญญาณสวิงขึ้นไดโอด D2 จะทำงาน และถูกชาร์จโดยตัวเก็บประจุ C1 หากไม่มีสัญญาณเอาต์พุตสวิงขึ้น ไดโอด D2 จะหยุดการทำงาน ตัวเก็บประจุ C1 จะถูกคายประจุออกมาผ่านตัวต้านทาน R9 ดังนั้นตัวเก็บประจุ C1 เป็นตัวติดตามสัญญาณอินพุต IC1G4 คือ buffer amplifier โหลดจากภายนอกเมื่อต่อเข้ากับ Envelope output pin จะไม่มีผลต่อการชาร์จประจุหรือคายประจุของตัวเก็บประจุ C1 และ Envelope output pin สามารถเชื่อมต่อกับ ADC ของไมโครคอนโทรลเลอร์

วงจรบัฟเฟอร์ เป็นวงจรที่ใช้เชื่อมวงจรสองวงจรเข้าด้วยกัน เช่นระบบไอซีที่ต่างตระกูลกันหรือทรานซิสเตอร์ที่ไม่แมทซ์ซึ่งอิมพีแดนซ์กัน คือวงจรที่จำเป็นต้องใช้บัฟเฟอร์เพราะคุณสมบัติของออปแอมป์ทางเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำ เมื่อเชื่อมต่อกับวงจรอื่นแล้วจะไม่ทำให้วงจรอื่นมีผลแตกต่างไปจากเดิม วงจรบัฟเฟอร์นั้นจะมีอัตราขยายเท่ากับ 1

### วงจรชmittริกเกอร์ (Schmitt Triggers)



รูปที่ 3.10 วงจร Schmitt Triggers [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.10 วงจรซิมิทริกเกอร์เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดันชนิดหนึ่งซึ่ง อาศัยหลักการป้อนแบบบวก โดยนำสัญญาณเอาต์พุตบางส่วนนำป้อนกลับมาเพื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตของวงจรอีกรอบ และจะทำให้เกิดค่าความแตกต่างขึ้นระหว่างสัญญาณเอาต์พุตทั้งสองสถานะ วงจรซิมิทริกเกอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบคือ วงจรซิมิทริกเกอร์ไม่กลับเฟส วงจรซิมิทริกเกอร์กลับเฟส และ วงจรซิมิทริกเกอร์แบบปรับค่าได้

### 3.3.2 การออกแบบ Server



รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่อไปยัง Server โดยการเปิดใช้งานเดสก์ท็อประยะไกล (Remote Desktop)

จากรูปที่ 3.11 หลังจากทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows (1 Core Memory 1 GBi) จะใช้โปรแกรม Microsoft Remote Desktop ในการเข้าถึงหรือควบคุมเครื่องคอมพิวเตอร์พีซีระยะไกล

Xamp เป็นโปรแกรมที่ประกอบด้วย Apache web server ที่เอาไว้ Run Apache web server

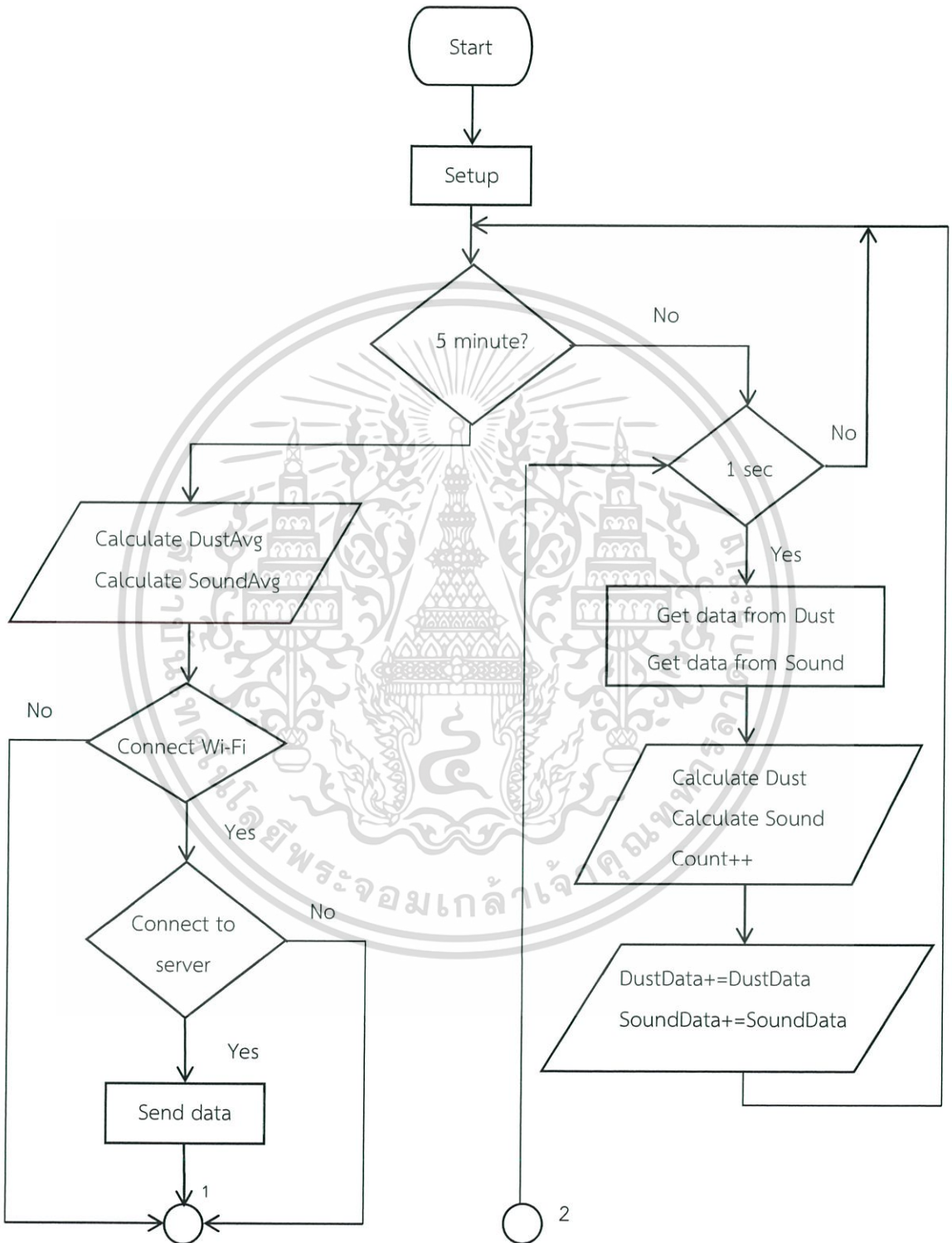
PHP (ภาษาสคริปต์ที่เขียนง่าย ใช้โค้ดสั้นๆ ไม่ซับซ้อน)

MySQL (โปรแกรมสำหรับจัดการฐานข้อมูล ที่มีขนาดเล็ก ความเร็วสูง)

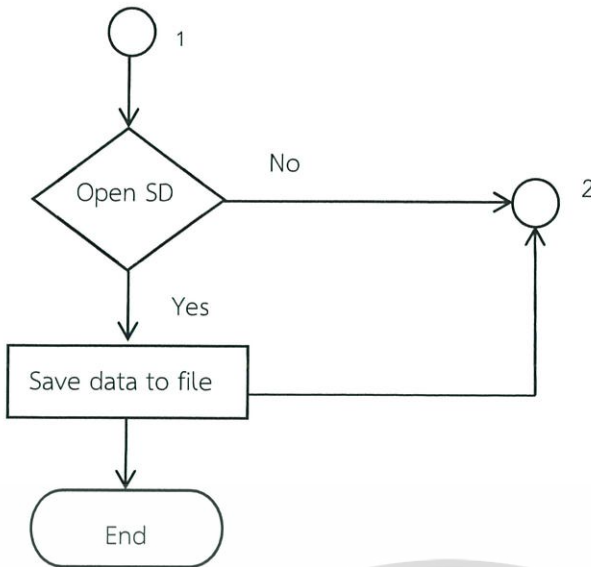
Laravel (เป็น PHP Web Application Framework ที่ถูกออกแบบ สำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วย PHP)

### 3.3.3 การออกแบบทางด้าน Software

ในการออกแบบด้าน software นี้เป็นการออกแบบระบบด้วยโปรแกรม Arduino โดยจะทำการออกแบบ code ซึ่งมีพื้นฐานมาจากภาษา C แล้วทำการ upload program ลงบอร์ด Arduino



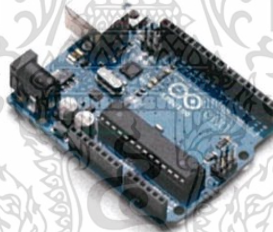
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 System block diagram

### 3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

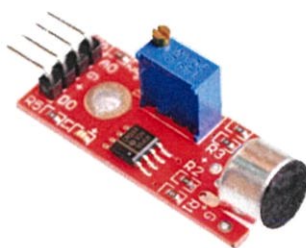
#### 3.4.1 อาดูยโน (Arduino)



รูปที่ 3.13 Arduino-UNO R3 [12]

จากรูปที่ 3.13 Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่ใช้ ATmega328 เป็น MCU หลัก มีการพัฒนาแบบ open source ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเลือกต่อกับบอร์ดเสริม ซึ่งตัวนี้จะมีขา digital 14 ขา อินพุท/เอาต์พุท (สามารถทำเป็น PWM ได้ถึง 6 ขา) และมีขา analog อินพุทได้อีก 6 ขา, รั้นที่ความถี่ 16 MHz มี USB connector และ power jack

### 3.4.2 โมดูลเสียง (Sound microphone sensor module)



รูปที่ 3.14 Sound microphone sensor module [13]

จากรูปที่ 3.14 High sensitivity sound microphone sensor detection module เป็นเซนเซอร์เสียงให้สัญญาณแบบ analog และ digital สามารถปรับความไวได้ ใช้แหล่งจ่ายไฟ 5V DC ข้อเสียของโมดูลคือหากต้องการนำสัญญาณแบบ analog ไปใช้งานจะต้องออกแบบวงจร preamplifier ขยายสัญญาณเพิ่ม ทำให้สัญญาณแบบ digital เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานมากกว่า

### 3.4.3 เครื่องตรวจจับเสียง (Sound detector module)

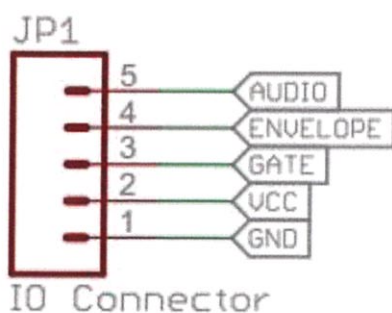


รูปที่ 3.15 Sound detector module [9]

จากรูปที่ 3.15 Sound detector module สามารถนำสัญญาณไปใช้งานได้ทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่ Audio, Envelope และ Gate ซึ่งแต่ละสัญญาณมีประโยชน์ที่แตกต่างกัน สัญญาณแบบ audio คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากไมโครโฟนและถูกขยายสัญญาณแล้ว ส่วนสัญญาณ Envelope คือสัญญาณอนาล็อกที่ถูกตรวจจับได้เฉพาะค่าแอมพลิจูดของเสียง ส่วนสัญญาณ Gate จะให้ output ที่มีลักษณะแค่ High กับ Low ซึ่งเหมาะสำหรับใช้เป็น comparator

Sound detector มีวงจรประกอบด้วย 4 ภาคส่วน ได้แก่ วงจร Preamplifier, วงจร Peak detector, วงจร Buffer amplifier, วงจร Schmitt trigger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 I/O Connector of sound detector module [9]

จากรูปที่ 3.16 Sound detector module มีเข้าที่พุดทั้งหมด 3 พิน ได้แก่ Audio pin, Envelope pin, Gate pin ซึ่งแต่ละพินจะให้ลักษณะสัญญาณเข้าที่พุดที่ต่างกััน

#### 3.4.4 เซ็นเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง (Dust Sensor)

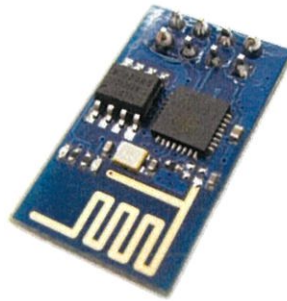


รูปที่ 3.17 Dust Sensor [14]

จากรูปที่ 3.17 ชาร์ป GP2Y1010AU0F เป็นเซ็นเซอร์ที่ออกแบบมาเพื่อรับฝุ่นละออง โดยไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดและ Phototransistor จะถูกจัดตามแนวทแยงลงในอุปกรณ์นี้เพื่อให้ไปตรวจสอบการสะท้อนแสงของฝุ่นละอองในอากาศ จะมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการตรวจจับอนุภาคขนาดเล็กมากเช่นควันบุหรี่และเป็นที่ยอมรับในระบบการฟอกอากาศ

เซ็นเซอร์ใช้กระแสที่ต่ำมาก (20mA สูงสุด 11mA ทั่วไป) ค่าที่ส่งออกของเซ็นเซอร์เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าแบบอนาล็อกและเป็นสัดส่วนกับความหนาแน่นของฝุ่นละอองที่วัดได้ มีความไว 0.5V / 0.1mg / m<sup>3</sup>

### 3.4.5 Wi-Fi module (ESP8266)



รูปที่ 3.18 Wi-Fi module ESP8266 [15]

จากรูปที่ 3.18 ESP8266 เป็นชื่อของชิปไอซีบนบอร์ดของโมดูล ซึ่งไอซีไม่มีพื้นที่โปรแกรม (flash memory) ในตัว ใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล SPI ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.3V - 3.6V กระแสที่โมดูลใช้งานสูงสุดคือ 200mA ความถี่คริสตอล 40MHz ทำให้เมื่อนำไปใช้งานอุปกรณ์ที่ทำงานรวดเร็วตามความถี่ โปรโตคอลที่ใช้รับส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต เช่น การเข้าเว็บไซต์ โดยพื้นฐานสามารถใช้โปรโตคอลได้ 2 ชนิด คือ TCP และ UDP

### 3.4.6 SD Card module

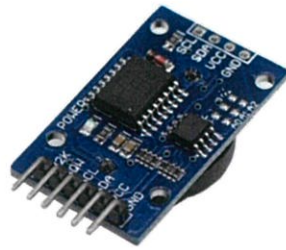


รูปที่ 3.19 SD Card module [16]

จากรูปที่ 3.19 SD card module โมดูลอ่าน / เขียน SD card ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลปริมาณมาก ที่ EEPROM ไม่สามารถเก็บไว้ได้หมด SD card เป็นอุปกรณ์ที่สื่อสารโดยใช้ Serial Peripheral Protocol (SPI) Board Arduino ทำหน้าที่เป็น Master และ SD card module จะเป็น Slave ทำงานที่แรงดัน 5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.7 Real Time Clock DS3231 Module



รูปที่ 3.20 Real Time Clock Module [17]

จากรูปที่ 3.20 Real time clock ระบบฐานเวลา ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์มี timer เพื่อใช้ในการจับเวลา หรือนำไปใช้เป็นหลักฐานเวลาจริงได้ แต่เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้เมื่อมีไฟเลี้ยง รุ่นนี้จะมีถ่านสำรอง ทำหน้าที่ในการบันทึกเวลาอย่างต่อเนื่องถึงแม้ว่าจะไม่มีไฟเลี้ยงมาที่ตัวบอร์ด ใช้การสื่อสารแบบ I2C หรือ Inter - Integrated Circuit ที่ใช้ SDA SCL VCC และ GND ทำงานที่แรงดัน 5V



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

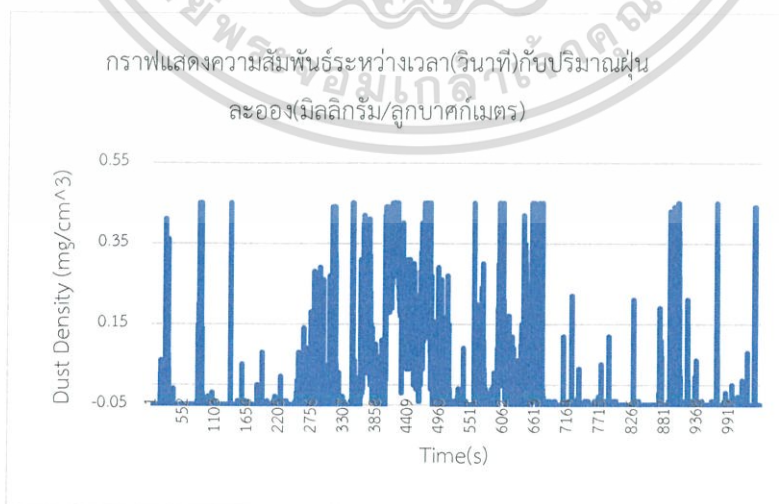
### ผลการทดลอง

#### 4.1 การทดลองจาก Dust sensor และ Sound microphone sensor module

4.1.1 ทำการวัดปริมาณฝุ่นละอองในสถานบันเทิงแบบปิดขนาด 40 ตารางเมตร จำนวนคน 70 คน (เป็นเวลา 3 ชั่วโมงช่วงที่ทำการเปิดเพลง) เพื่อทำการทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์ทดสอบโปรแกรมที่ใช้แปลงค่าจากเซ็นเซอร์โดยแสดงค่าผ่าน Serial monitor ในโปรแกรม Arduino IDE รวมไปถึงแนวโน้มของปริมาณฝุ่นละอองว่ามีมากน้อยเพียงใดและเป็นอันตรายหรือไม่



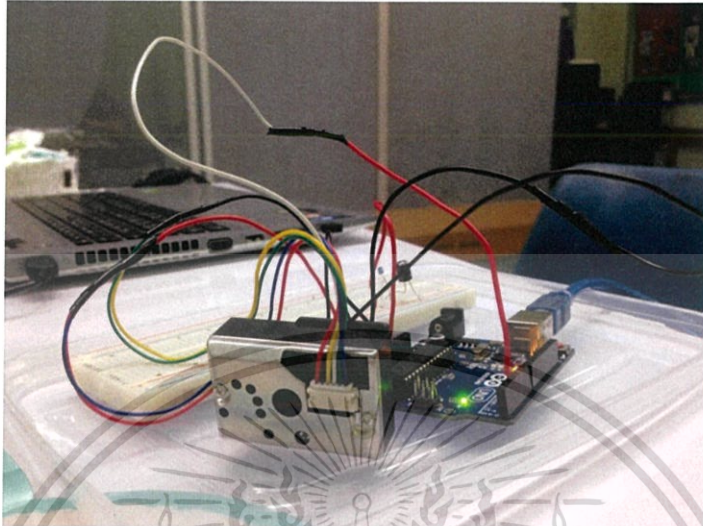
รูปที่ 4.1 ทดลองวัดปริมาณฝุ่นละอองในสถานบันเทิงแบบปิดและบันทึกค่า ณ เวลา 22.00 น. - 01.00 น.



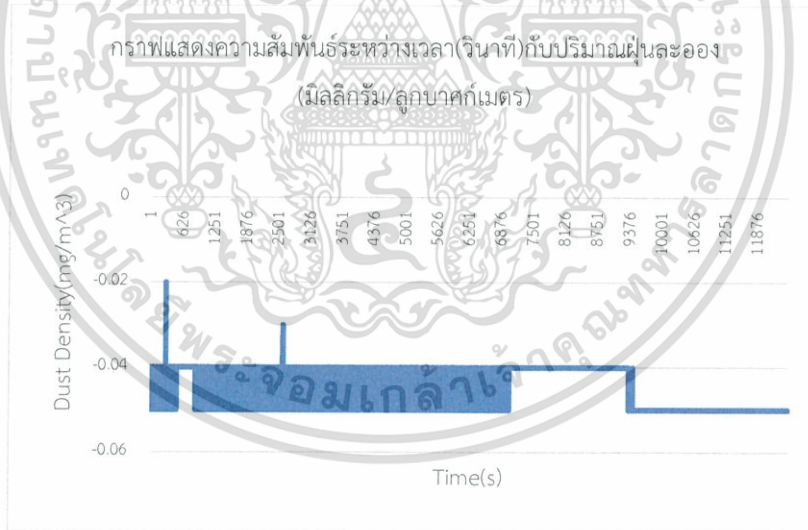
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที)กับปริมาณฝุ่นละออง (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ในสถานบันเทิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ทดสอบวัดปริมาณฝุ่นละอองในห้องทำงานแบบปิดแบบปิดขนาด 80 ตารางเมตร จำนวนคน 4 คน (ทำการวัดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง) เพื่อดูปริมาณฝุ่นละอองว่ามีมากน้อยเพียงใดและเป็นอันตรายหรือไม่



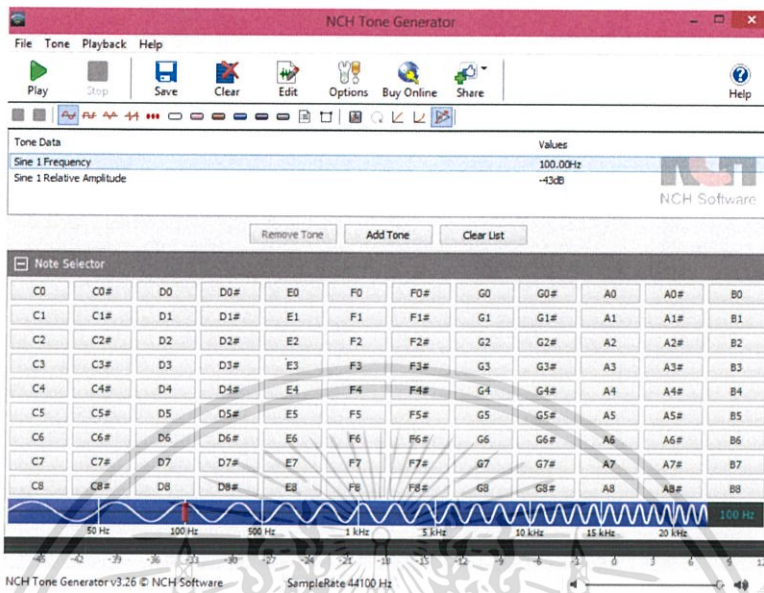
รูปที่ 4.3 ทดลองวัดค่าปริมาณฝุ่นละอองในห้องทำงานแบบปิด ณ เวลา 16.00 น. - 19.00 น.



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที)กับปริมาณฝุ่นละออง (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ในห้องทำงานแบบปิด

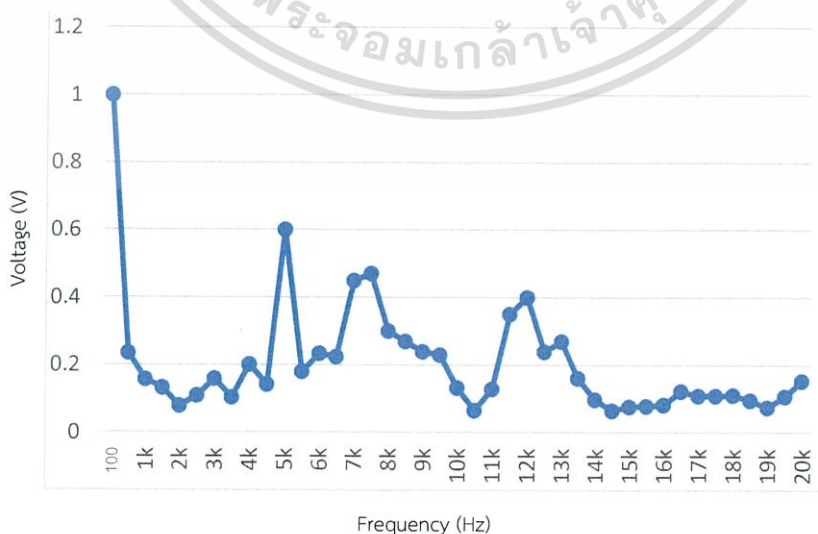
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดและระดับความดังของสัญญาณไซน์ที่ความถี่ต่างๆ(ที่ระดับความดัง 85 dB โดยให้แหล่งจ่ายสัญญาณและความถี่จากซอฟต์แวร์ในคอมพิวเตอร์ผ่านทางลำโพง)



รูปที่ 4.5 5 NHC Tone Generator Program for test

ซอฟต์แวร์ที่ใช้คือ NCH Tone Generator ค่า sample rate เท่ากับ 44100 Hz เป็นแหล่งจ่ายสัญญาณและความถี่ ทำการป้อนสัญญาณเป็นคลื่นรูปไซน์ค่าความถี่ต่างๆให้กับลำโพงโดยใช้สาย Audio เป็นสายสัญญาณ เริ่มทดลองที่ความถี่ 100 Hz และกำหนดค่า Relative Amplitude ต่างๆเพื่อให้แอปพลิเคชันวัดค่าระดับความดังได้เท่ากับ 85 dB(ระดับความดังที่เป็นอันตรายต่อหู) จากนั้นทำการวัดค่าแอมพลิจูดที่ได้โดยใช้ฮอสซิลอสโคปวัดที่ปลายสาย Audio แล้วบันทึกค่าได้ดังนี้

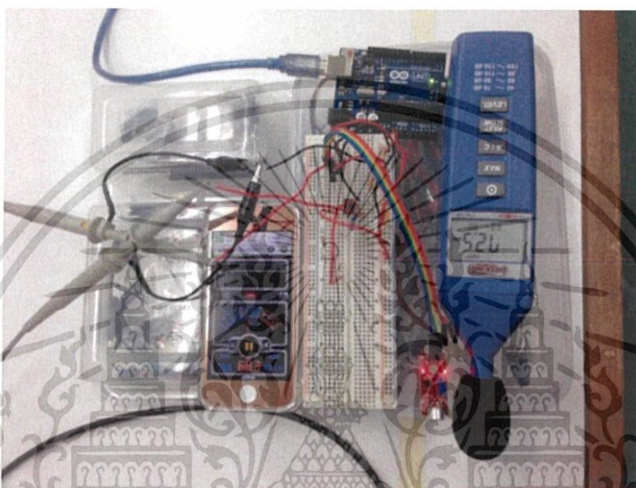


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่(Hz)กับแอมพลิจูด(V)ที่ระดับความดัง 85 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 เปรียบเทียบระดับความดังจากแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนและ SPL meter รวมไปถึงการเปรียบเทียบระดับความดังจากแอปพลิเคชันเดียวกันในสมาร์ทโฟนรุ่นเดียวกัน เพื่อทดสอบว่าแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนรุ่นเดียวกันวัดค่าระดับความดังได้เท่ากันหรือไม่

ในการทดลองนี้กำหนดให้แหล่งกำเนิดเสียงคือลำโพง และตั้งอยู่ห่างจากเครื่องมือวัดและแอปพลิเคชันเป็นระยะทาง 50 เซนติเมตร บ้อนสัญญาณไซน์ค่าความถี่และแอมพลิจูดต่างๆให้กับลำโพงในย่านความถี่ 100 Hz-20kHz เปรียบเทียบค่าในหน่วย dB(A) ที่อ่านได้จาก SPL meter และแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือได้ดังรูป



รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบระดับความดังจากแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนกับ SPL meter

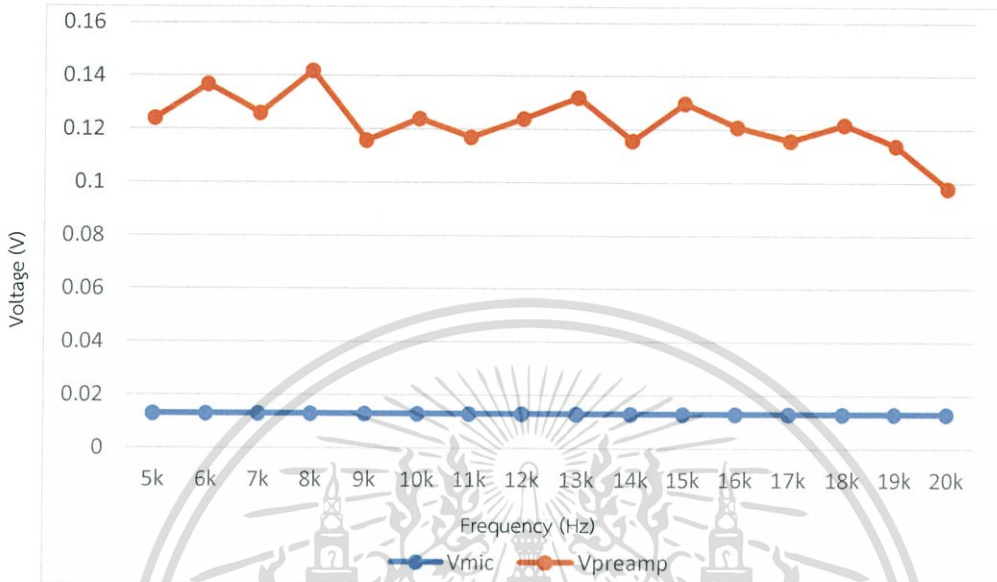


รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบระดับความดังจากแอปพลิเคชันเดียวกันในสมาร์ทโฟนรุ่นเดียวกัน

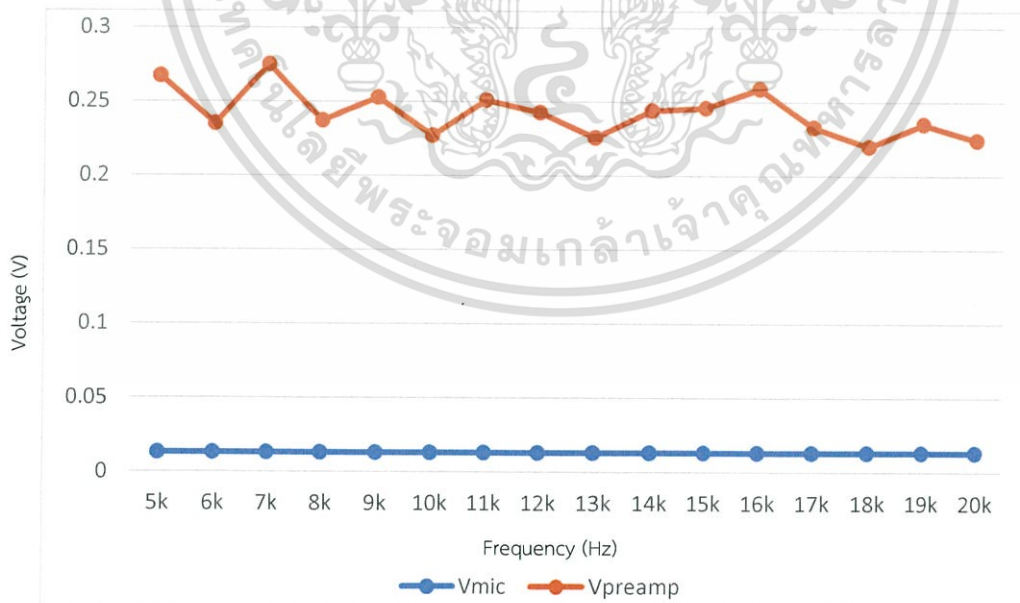
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 วัดค่าแอมพลิจูดสัญญาณเอาพุทที่ได้จาก sound microphone sensors module ที่ระดับความดังต่างๆ

โดยวางเซนเซอร์และเครื่องมือวัดมาตรฐานให้อยู่ในระดับเดียวกัน และอยู่ห่างจากลำโพงโดยแหล่งจ่ายสัญญาณคือฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์จากออสซิลโคปเป็นระยะทาง 50 เซนติเมตร

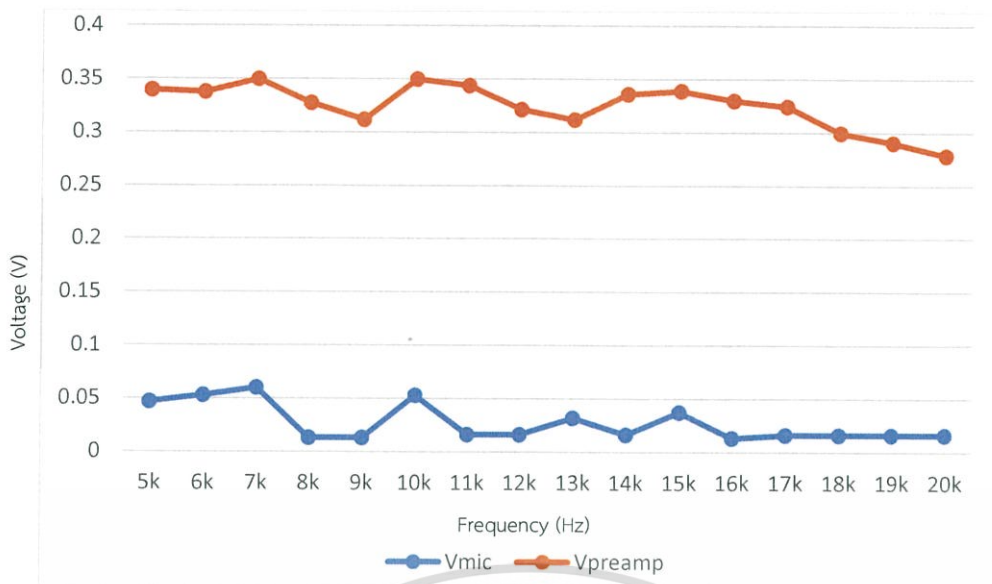


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดหลังผ่านวงจรpreamp(V) และแอมพลิจูดหลัง mic(V)กับความถี่(Hz) ที่ระดับความดัง 75 dB(A)



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดหลังผ่านวงจร preamp(V) และแอมพลิจูดหลัง mic(V)กับความถี่(Hz) ที่ระดับความดัง 80 dB(A)

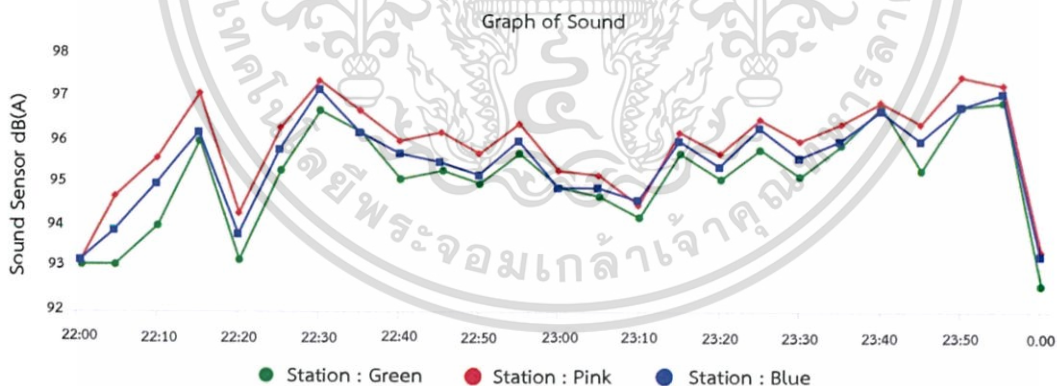
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดหลังผ่านวงจร preamp(V) และแอมพลิจูดหลัง mic(V)กับความถี่(Hz) ที่ระดับความดัง 85 dB(A)

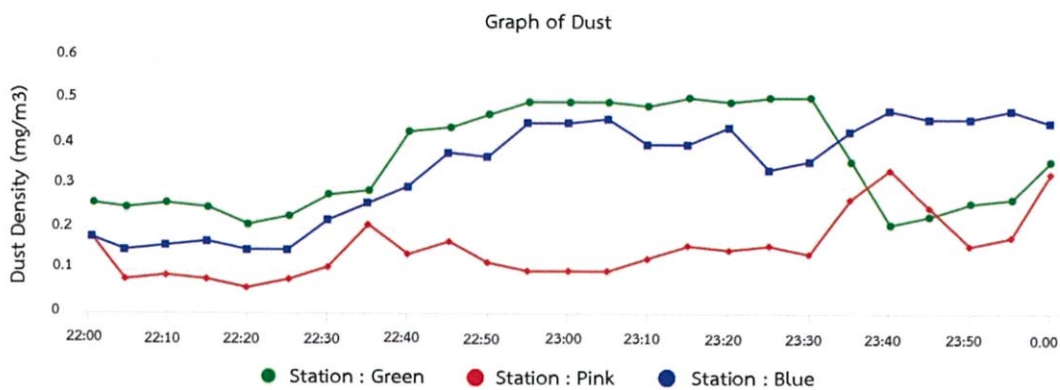
## 4.2 การทดลองจาก Dust sensor และ Sound Detector Module

4.2.1 ทำการวัดปริมาณฝุ่นจาก Dust sensor และระดับความดังจาก sound detector module ทั้ง 3 โหนดในสถานบันเทิงแบบปิดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยส่งค่ามายัง Server ทุกๆ 5 นาที



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดังจาก sound detector module ทั้ง 3 โหนดเทียบกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นจาก Dust sensor ทั้ง 3 โหนดเทียบกับเวลา

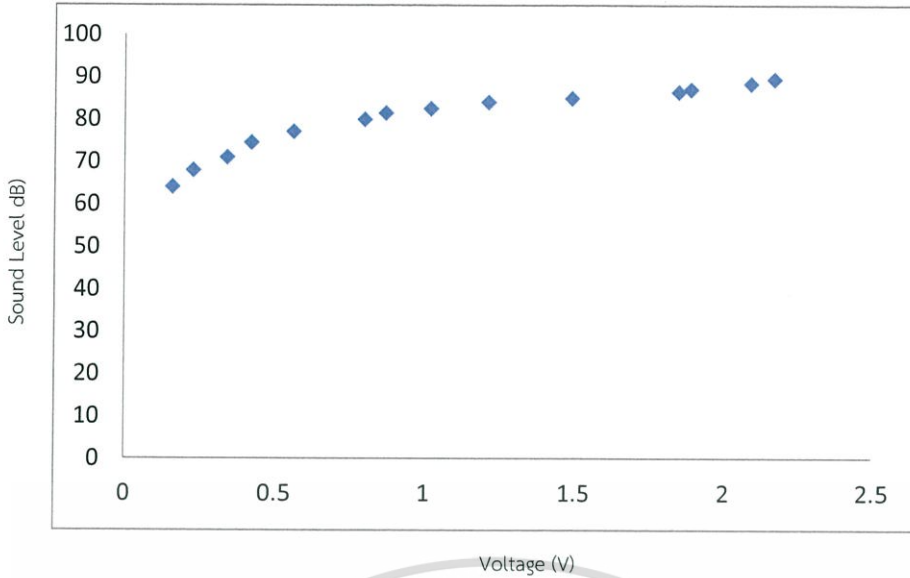
#### 4.2.2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Voltage กับ dB(A)

จากการทดลอง ป้อนสัญญาณหลายความถี่เพื่อวัดค่า Voltage ที่ได้จาก Envelope pin โดยใช้ออสซิลโลสโคป พบว่าได้ค่าดังตาราง

ตารางที่ 4.1 ระดับความดังเสียงที่อ่านค่าได้จาก SPL meter กับค่าโวลต์ (V)

Vp-p(En)	dB(A)
0.16	64
0.23	68
0.34	71
0.42	74.5
0.56	77
0.8	80
0.87	81.5
1.02	82.5
1.21	84
1.49	85
1.85	86.5
1.89	87
2.09	88.5
2.17	89.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดังเสียงที่อ่านค่าได้จาก SPL meter กับค่าโวลต์ (V)

จากกราฟ เราทำการแบ่งช่วงของกราฟออกเป็น 2 ช่วงคือช่วงระดับความดัง 64-80 dB(A) และช่วงระดับความดัง 81-90 dB(A) และนำมาคำนวณหาสมการความสัมพันธ์ ช่วงระดับความดัง 64-80 dB(A)

$$Y = 25X + 62.5$$

(6)

Y = ระดับความดัง dB(A)

X = ค่าโวลต์ที่ได้จาก Envelope pin (V)

ช่วงระดับความดัง 81-90 dB(A)

$$Y = 6.92X + 74.5$$

(7)

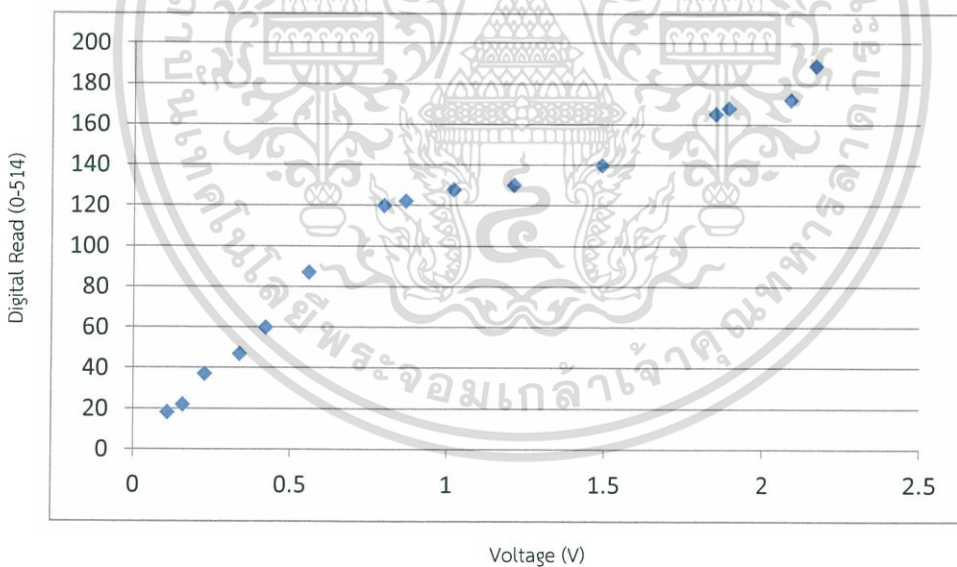
Y = ระดับความดัง dB(A)

X = ค่าโวลต์ที่ได้จาก Envelope pin (V)

จากนั้นหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า Digital ที่แปลงโดย ADC ของ Arduino ที่ได้จาก Envelope pin กับค่า Voltage ที่ทำการวัดโดยใช้ฮอสซิโลสโคป

ตารางที่ 4.2 ค่า Digital ที่แปลงโดย ADC ของ Arduino กับค่าโวลต์ (V)

Vp-p(En)	Digital
0.16	22
0.23	37
0.34	47
0.42	60
0.56	87
0.8	120
0.87	122
1.02	128
1.21	130
1.49	140
1.85	165
1.89	168
2.09	172
2.17	189



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Digital ที่แปลงโดย ADC ของ Arduino กับค่าโวลต์

หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า Vp-p (Envelope) ที่วัดได้กับค่า digital พบว่าสามารถแบ่งเขียนสมการความสัมพันธ์ได้เป็น 3 ช่วงคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงระดับความดัง 64 - 80 dB(A)

$$Y = \left(\frac{2.5}{512} + 0.0025\right)X = 0.0068X \quad (8)$$

Y = Vp-p (Envelope) ที่วัดได้

X = ค่าดิจิตอล (0-512)

ช่วงระดับความดัง 81-85 dB(A)

$$Y = \left(\frac{2.5}{512} + 0.0045\right)X = 0.009X \quad (9)$$

Y = Vp-p (Envelope) ที่วัดได้

X = ค่าดิจิตอล (0-512)

ช่วงระดับความดัง 86-90 dB(A)

$$Y = \left(\frac{2.5}{512} + 0.0067\right)X = 0.012X \quad (10)$$

Y = Vp-p (Envelope) ที่วัดได้

X = ค่า ดิจิตอล (0-512)

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดง % ความผิดพลาดของระดับความดังที่วัดได้กับ SPL meter

SPL meter	calculation	%error
60	63.86	
62	64.03	
64	64.03	
74	64.37	16%
76	65.05	
78	65.9	
80	67.26	
82	68.62	
84.5	69.81	17.40%
85	71.51	
86	70.83	
88	73.89	17.64%
90	74.59	

#### 4.2.3 การเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง

สามารถดาวน์โหลดข้อมูลย้อนหลังของแต่ละโหนดจาก Server ผ่านทาง Webpage ได้โดยพิมพ์ File name ว่า test ส่วน Station name คือชื่อของโหนดที่เราต้องการดาวน์โหลด ในที่นี้ได้ตั้งชื่อตามสีของระบบ(Green,Blue,Pink) โดยไฟล์ที่ได้จะเป็นไฟล์ (.csv)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## DOWNLOAD SOUNDDATA

File name  Station name

Start date  Last date

## DOWNLOAD DUSTDATA

File name  Station name

Start date  Last date

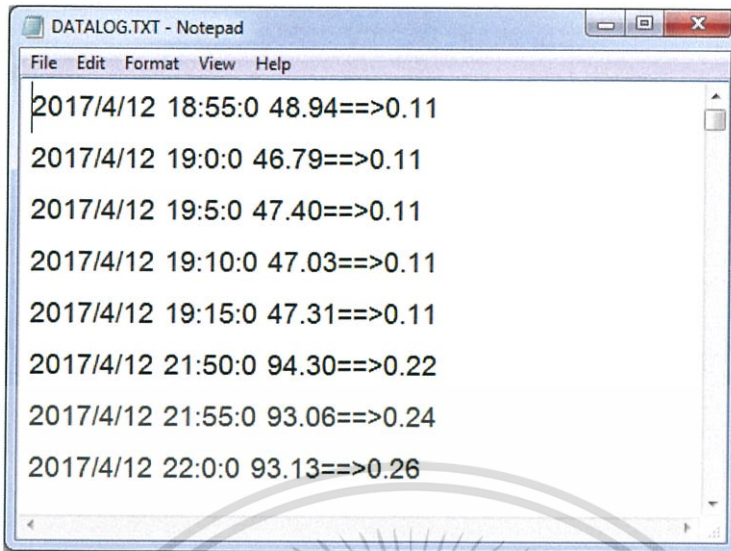
รูปที่ 4.16 การดาวน์โหลดข้อมูลย้อนหลังของแต่ละโหนดจาก Webpage

Row	Station	Value	Time
1	Green	0.12	17/4/2017 0:55
2	Green	0.12	17/4/2017 1:00
3	Green	0.12	17/4/2017 1:10
4	Green	0.12	17/4/2017 1:35
5	Green	0.11	17/4/2017 1:40
6	Green	0.12	17/4/2017 1:45
7	Green	0.12	17/4/2017 2:10
8	Green	0.12	17/4/2017 2:15
9	Green	0.12	17/4/2017 2:20
10	Green	0.12	17/4/2017 2:25
11	Green	0.12	17/4/2017 2:30
12	Green	0.12	17/4/2017 2:35
13	Green	0.12	17/4/2017 2:40
14	Green	0.11	17/4/2017 2:45
15	Green	0.12	17/4/2017 2:50
16	Green	0.12	17/4/2017 3:00
17	Green	0.12	17/4/2017 3:05
18	Green	0.11	17/4/2017 4:20
19	Green	0.12	17/4/2017 4:50
20	Green	0.12	17/4/2017 4:55
21	Green	0.12	17/4/2017 5:00
22	Green	0.11	17/4/2017 5:15
23	Green	0.11	17/4/2017 5:20
24	Green	0.12	17/4/2017 5:25
25	Green	0.12	17/4/2017 5:30
26	Green	0.12	17/4/2017 5:35
27	Green	0.12	17/4/2017 5:40

รูปที่ 4.17 ไฟล์ .csv ที่ได้จากการดาวน์โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถดูข้อมูลย้อนหลังของแต่ละโหนดจาก SD card ได้ดังนี้



```

DATALOG.TXT - Notepad
File Edit Format View Help
2017/4/12 18:55:0 48.94==>0.11
2017/4/12 19:0:0 46.79==>0.11
2017/4/12 19:5:0 47.40==>0.11
2017/4/12 19:10:0 47.03==>0.11
2017/4/12 19:15:0 47.31==>0.11
2017/4/12 21:50:0 94.30==>0.22
2017/4/12 21:55:0 93.06==>0.24
2017/4/12 22:0:0 93.13==>0.26
  
```

รูปที่ 4.18 ข้อมูลย้อนหลังของแต่ละโหนดจาก SD card



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

#### 5.1.1 การทดลองจาก dust sensor และ sound microphone sensor module

จากการทดลองวัดปริมาณฝุ่นละอองในสถานบันเทิงแบบปิด (ทำการวัดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง) พบว่าบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองมาก ค่าโวลต์ที่ได้จะแปรผันตรงกับปริมาณฝุ่นละออง เมื่อทำการแปลงค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ในโปรแกรม Arduino IDE และแสดงค่าผ่าน Serial monitor พบว่าค่าที่แปลงแล้วสามารถนำไปใช้งานได้ รวมไปถึงสามารถบอกแนวโน้มของปริมาณฝุ่นละอองได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(วินาที)กับปริมาณฝุ่นละอองแต่ไม่สามารถบอกได้ว่าปริมาณฝุ่นละอองนั้นจะเป็นอันตรายต่อร่างกายมากน้อยเพียงใด เพราะขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นละอองด้วย ซึ่งเซ็นเซอร์ไม่สามารถวัดขนาดของฝุ่นละอองได้

จากการทดสอบวัดปริมาณฝุ่นละอองในห้องทำงานแบบปิด(ทำการวัดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง)เพื่อดูปริมาณฝุ่นละอองพบว่าข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองที่วัดได้ค่อนข้างมีค่าน้อยและคงที่ จึงสามารถสรุปได้ว่าห้องทำงานนี้ปริมาณฝุ่นละอองไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย

จากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดและระดับความดังของสัญญาณไซน์ที่ความถี่ต่างๆ(ที่ระดับความดัง 85 dB )โดยให้แหล่งจ่ายสัญญาณและความถี่จากซอฟต์แวร์ในคอมพิวเตอร์ผ่านทางลำโพงพบว่าที่ระดับความดัง85dB(A) เมื่อความถี่ต่างกัน ค่าแอมพลิจูดจะมีค่าต่างกันซึ่งไม่มีความสัมพันธ์กัน ทำให้ไม่สามารถนำมาเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ และจากการทดลองเปรียบเทียบระดับความดังจากแอปพลิเคชันในสมาร์โฟนและเครื่องมือวัดSound Pressure Level meter รวมไปถึงการเปรียบเทียบระดับความดังจากแอปพลิเคชันเดียวกันในสมาร์โฟนรุ่นเดียวกัน 2 เครื่องพบว่าระดับความดังที่วัดได้จากแอปพลิเคชันมีค่าน้อยกว่าระดับความดังจากเครื่องมือวัดประมาณ 4.2 dB(A) และหากใช้แอปพลิเคชันมาเป็นตัวสอบเทียบนั้นจะไม่มีมาตรฐานและไม่สามารถนำไปอ้างอิงได้สาเหตุอาจมาจากอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน มีการกระแทกจำนวนครั้งที่ต่างกัน ดังนั้นควรใช้เครื่องมือวัดในการใช้วัดระดับความดังdB(A)

จากการทดลองวัดค่าแอมพลิจูดสัญญาณเอาพุทที่ได้จาก sound microphone sensors module ที่ระดับความดังต่างๆ พบว่าค่าแอมพลิจูดเฉลี่ยของเอาพุทหลังผ่านวงจรpreamp(V)ที่ระดับความดัง 75 dB มีค่าเท่ากับ 0.122438 V ค่าแอมพลิจูดเฉลี่ยที่ระดับความดัง 80dB มีค่าเท่ากับ 0.242188 V ค่าแอมพลิจูดเฉลี่ยที่ระดับความดัง 85 dB มีค่าเท่ากับ0.32475 V ซึ่งมีค่าน้อยมาก จึงไม่สามารถนำค่าที่ได้ไปประมวลผลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแปลงค่าเป็นระดับความดังdB(A)ได้ จึงทำ

การเปลี่ยนจากการใช้ sound microphone sensor module เป็น sound Detector module เนื่องจากสัญญาณ output ที่ได้จาก module สามารถนำไปใช้งานได้

#### 5.1.2 การทดลองจาก Dust sensor และ Sound Detector Module

จากทดลองการวัดปริมาณฝุ่นจาก dust sensor และระดับความดังจาก sound detector module ทั้ง 3 โหนดในสถานบันเทิงแบบปิดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยส่งค่ามายัง Server ทุกๆ 5 นาทีพบว่าระบบสามารถตรวจวัดได้แล้วส่งค่ามายัง server ได้ทุกๆ 5 นาที ค่าที่ได้มีค่าต่างกันเนื่องจากการวางระบบตรวจวัดไว้คนละจุด

จากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Voltage กับ dB(A)พบว่า สามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดังเสียงที่อ่านค่าได้จาก SPL meter กับค่าโวลต์ (V) ได้โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงคือช่วงระดับความดัง 64-80 dB(A) และช่วงระดับความดัง 81-90 dB(A) และสามารถหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า Vp-p(Envelope) ที่วัดได้กับค่า digital ได้โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงระดับความดัง 64 - 80dB(A), ช่วงระดับความดัง 81-85 dB(A) และ ช่วงระดับความดัง 86-90 dB(A) เมื่อนำสมการมาใช้งานพบว่า มี %ความผิดพลาดของระดับความดังที่วัดได้ต่างจากระดับความดังของ SPL meter ประมาณ 18%

จากการทดลองเรียกดูข้อมูลย้อนหลังระบบสามารถดาวน์โหลดข้อมูลย้อนหลังของแต่ละโหนดจาก Server ผ่านทาง Webpage ได้โดยไฟล์ที่ได้จะเป็นไฟล์ .csv และสามารถดูข้อมูลย้อนหลังของแต่ละโหนดจาก SD card ได้โดยเป็นไฟล์ .txt

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

โครงการนี้จะประสบความสำเร็จได้หากมีเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและการสอบเทียบมาตรฐานแล้วเป็นที่ยอมรับ จึงจะได้ค่าที่นำไปใช้ประโยชน์ได้จริง เนื่องจากประโยชน์ที่ได้รับส่งผลดีต่อสุขภาพและยังสามารถนำค่าที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้นได้ ระบบสามารถนำไปพัฒนาต่อโดยการนำไปสอบเทียบให้ได้ค่าที่ตรงกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด เพื่อให้ระบบมีความแม่นยำมากขึ้น และออกแบบแหล่งจ่ายไฟให้กับระบบโดยใช้แบตเตอรี่เพื่อให้สะดวกต่อการนำไปติดตั้งในบริเวณที่ไม่มีไฟฟ้า รวมถึงการพัฒนาให้สามารถใช้งานแบบภายนอกอาคารได้ และระบบมีการสั่งงานให้เซ็นเซอร์ฝุ่นทำความสะอาดได้ในระบบ

## บรรณานุกรม

- [1] McKeever,Susan;Foote,Martyn (1993).The Random House science encyclopedia. Toronto:Random House. ISBN 0-394-22341-1 . เข้าถึงได้จาก : <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%87>
- [2] เสียง : กองอาชีวอนามัย,2540. เข้าถึงได้จาก : [http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/3468/7/222663\\_ch1.pdf](http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/3468/7/222663_ch1.pdf)
- [3] ฟุ่นละอองและผลต่อสุขภาพ โดยคุณธัชชา รั่มมะศักดิ์,มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร,สาขาวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เข้าถึงได้จาก : [http://www.stou.ac.th/study/sumrit/6-59\(500\)/page2-6-59\(500\).html](http://www.stou.ac.th/study/sumrit/6-59(500)/page2-6-59(500).html)
- [4] ฟุ่นละอองในอากาศกับการปรับตัว : สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. (2546). คู่มือการตรวจวัดฟุ่นละอองในบรรยากาศ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. เข้าถึงได้จาก : <http://www.bangkokhealth.com/index.php/high-q-life/2145-2009-04-15-09-24-56>
- [5] สารมลพิษในอากาศ : ฝ่ายสุขภาพทั่วไป กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร. เข้าถึงได้จาก : <http://www.sangchaiquality.com/honeywell/article.php?view=9>
- [6] รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, (2542) หนังสือเรียนวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศพื้นฐาน ช 0247,โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว,กรุงเทพ. เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaigoodview.com/library/contest1/tech04/20/wireless/n04.html>
- [7] Tutorial: Web Server. เข้าถึงได้จาก : [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Common\\_questions/What\\_is\\_a\\_web\\_server](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Common_questions/What_is_a_web_server)
- [8] Energy Management Cloud Services. เข้าถึงได้จาก : <http://www.en-mat.com/energy-management-clou>
- [9] Sparkfun Tutorial: Sound Detector Module. เข้าถึงได้จาก : <https://learn.sparkfun.com/tutorials/sound-detector-hookup-guide>
- [10] Diagram and Operation: Active High Pass Filter Circuit. เข้าถึงได้จาก : <https://electronicspost.com/active-high-pass-filter-circuit-diagram-and-operation/>
- [11] OPEN-LOOP GAIN AND PHASE กับ FREQUENCY: Texas Instruments. เข้าถึงได้จาก : <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tlv2462.pdf>
- [12] Arduino tutorial: Arduino UNO-R3. เข้าถึงได้จาก : <http://saharalabs.org/product/arduino-uno-r3-2/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

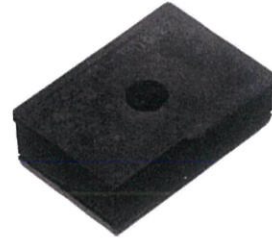
- [13] Sound microphone sensor Module. เข้าถึงได้จาก : <https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1YJ58OFXXXXaXXFXXq6xXFXXA/20PCS-High-Sensitivity-font-b-Sound-b-font-Microphone-Sensor-Detection-Module-For-Arduino-AVR-PIC.jpg>
- [14] Arduino Tutorial: Arduino Timer. เข้าถึงได้จาก : <http://commandronestore.com/learning/timer001.php>
- [15] Arduino Tutorial: ESP8266 Serial Wi-Fi Module. เข้าถึงได้จาก : <http://www.elec2you.com/product/67/esp8266-serial-wifi-module>
- [16] Arduino Tutorial: SD Card Module. เข้าถึงได้จาก : <http://i.ebayimg.com/thumbs/images/g/RnUAAOSwSHZWgOf2/s-l200.jpg>
- [17] RTC Real Time Clock Memory Module For Arduino DS3231 AT24C32 IIC Precision. เข้าถึงได้จาก : <http://www.ebay.com/itm/RTC-Real-Time-Clock-Memory-Module-For-Arduino-DS3231-AT24C32-IIC-Precision-/141135165489>
- [18] Operational Amplifier: Wikipedia, the free encyclopedia. เข้าถึงได้จาก : [https://en.wikipedia.org/wiki/Operational\\_amplifier](https://en.wikipedia.org/wiki/Operational_amplifier)
- [19] General information: Sound. เข้าถึงได้จาก : [http://www.paroc.fi/knowhow/sound/general-information-about-sound?sc\\_lang=en](http://www.paroc.fi/knowhow/sound/general-information-about-sound?sc_lang=en)
- [20] Wireless Sensor Network: Chee-Yee Chong and Srikanta P.Kumar, "Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges," Proceedings of the IEEE: vol.91, no.8, Aug 2003. เข้าถึงได้จาก : [http://www.thaitelcomkm.org/TTE/topic/attach/Wireless\\_Sensor\\_Network/index.php](http://www.thaitelcomkm.org/TTE/topic/attach/Wireless_Sensor_Network/index.php)
- [21] Preamplifier : ผศ.ดร.จิราภรณ์ โตเจริญชัย,ภาควิชารังสีเทคนิค,คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล. เข้าถึงได้จาก : [http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/Instrumentation/NMP\\_chap2\\_48/26\\_Preamplifier.htm](http://www.mt.mahidol.ac.th/e-learning/Instrumentation/NMP_chap2_48/26_Preamplifier.htm)
- [22] Connecting the ESP8266 to an Arduino. เข้าถึงได้จาก : <http://www.teomaragakis.com/hardware/electronics/how-to-connect-an-esp8266-to-an-arduino-uno/>
- [23] Air Quality Monitoring : Lecture on Aerosol Light Scattering and Cloud Nucleation. เข้าถึงได้จาก : <http://www.howmuchsnow.com/arduino/airquality/>
- [24] Arduino Tutorial: Sharp Dust Sensor. เข้าถึงได้จาก : <http://arduinodev.woofex.net/2012/12/01/standalone-sharp-dust-sensor/>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# GP2Y1010AU0F

## Compact Optical Dust Sensor



### ■ Description

**GP2Y1010AU0F** is a dust sensor by optical sensing system.

An infrared emitting diode (IRED) and an phototransistor are diagonally arranged into this device.

It detects the reflected light of dust in air.

Especially, it is effective to detect very fine particle like the cigarette smoke.

In addition it can distinguish smoke from house dust by pulse pattern of output voltage.

### ■ Compliance

1. Compliant with RoHS directive (2002/95/EC)

### ■ Features

1. Compact, thin package (46.0 × 30.0 × 17.6 mm)
2. Low consumption current (Icc: MAX. 20 mA)
3. The presence of dust can be detected by the photometry of only one pulse
4. Enable to distinguish smoke from house dust
5. Lead-free and RoHS directive compliant

### ■ Applications

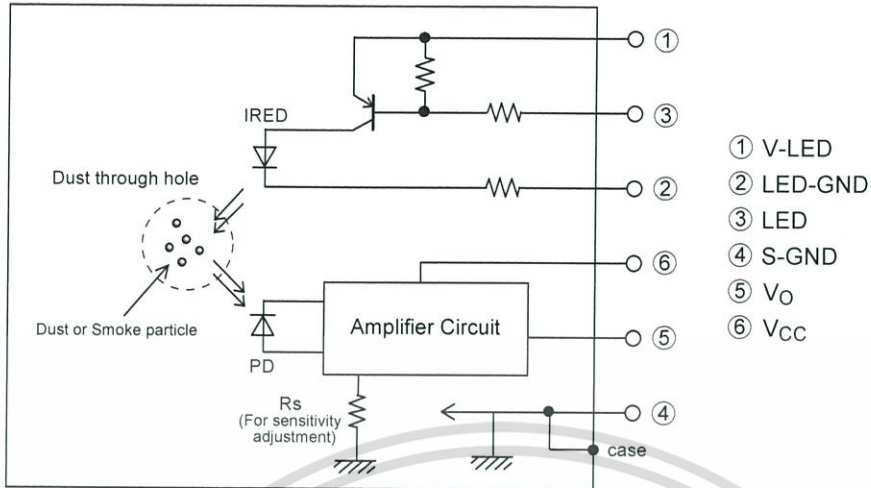
1. Detecting of dust in the air.
2. Example: Air purifier, Air conditioner, Air monitor

**Notice** The content of data sheet is subject to change without prior notice.

In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that may occur in equipment using any SHARP devices shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device.

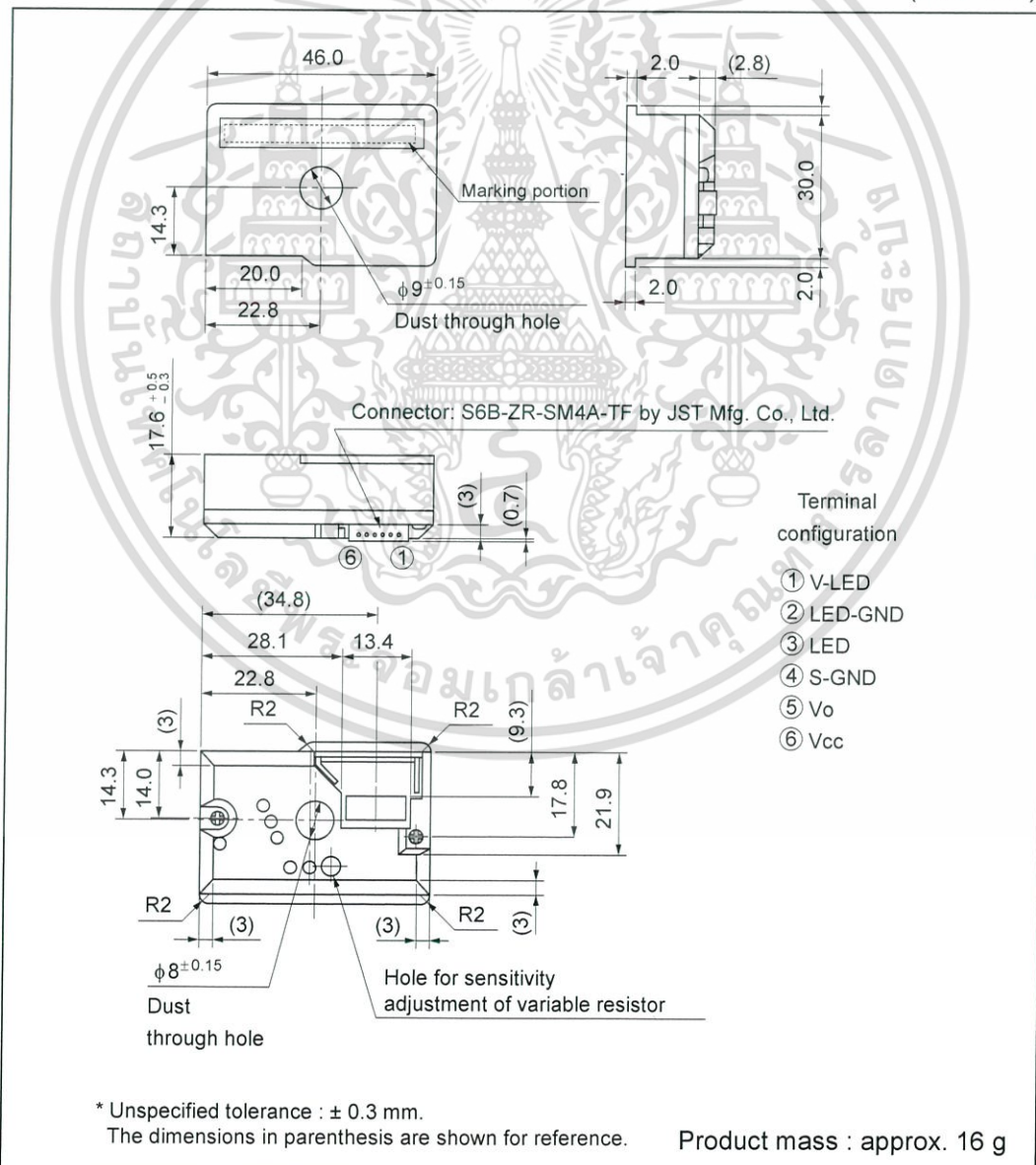
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และห้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 Sheet No.: E4-A01501EN  
 Date Dec. 1, 2006  
 © SHARP Corporation

## Internal schematic



## Outline Dimensions

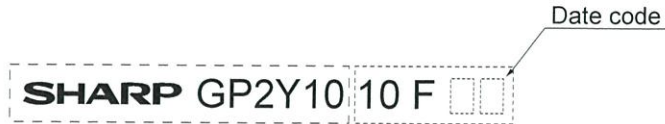
(Unit : mm)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Marking information



- : Die stamp marking
- : Ink stamp marking

## Date code (2 digit)

1st digit		2nd digit	
Year of production		Month of production	
A.D.	Mark	Month	Mark
2000	0	1	1
2001	1	2	2
2002	2	3	3
2003	3	4	4
2004	4	5	5
2005	5	6	6
2006	6	7	7
2007	7	8	8
2008	8	9	9
2009	9	10	X
2010	0	11	Y
:	:	12	Z

repeats in a 10 year cycle

## Country of origin

Philippines

## ■ Absolute Maximum Ratings

(Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V <sub>CC</sub>	-0.3 to +7	V
*1 Input terminal voltage	V <sub>LED</sub>	-0.3 to V <sub>CC</sub>	V
Operating temperature	T <sub>opr</sub>	-10 to +65	°C
Soldering temperature	T <sub>sol</sub>	-20 to +80	°C

\*1 Open drain drive input

## ■ Electro-optical Characteristics

(Ta=25°C, V<sub>CC</sub>=5V)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Sensitivity	K	*1 *2 *3	0.35	0.5	0.65	V/(0.1mg/m <sup>3</sup> )
Output voltage at no dust	V <sub>OC</sub>	*2 *3	0	0.9	1.5	V
Output voltage range	V <sub>OH</sub>	*2 *3 R <sub>L</sub> =4.7kΩ	3.4	—	—	V
LED terminal current	I <sub>LED</sub>	*2 LED terminal voltage = 0	—	10	20	mA
Consumption current	I <sub>CC</sub>	*2 R <sub>L</sub> =∞	—	11	20	mA

\*1 Sensitivity is specified by the amount of output voltage change when dust density changes by 0.1 mg/m<sup>3</sup>.  
And the dust density for detection is a value of the density of cigarette (MILD SEVEN®) smoke measured by the digital dust monitor (P-5L2; manufactured by SHIBATA SCIENTIFIC TECHNOLOGY LTD.).

\*2 Input condition is shown in Fig. 1

\*3 Output sampling timing is shown in Fig. 2

## ■ Recommended input condition for LED input terminal

Parameter	Symbol	Value	Unit
Pulse Cycle	T	10 ± 1	ms
Pulse Width	Pw	0.32 ± 0.02	ms
Operating Supply voltage	V <sub>CC</sub>	5 ± 0.5	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 1 Input Condition for LED Input Terminal

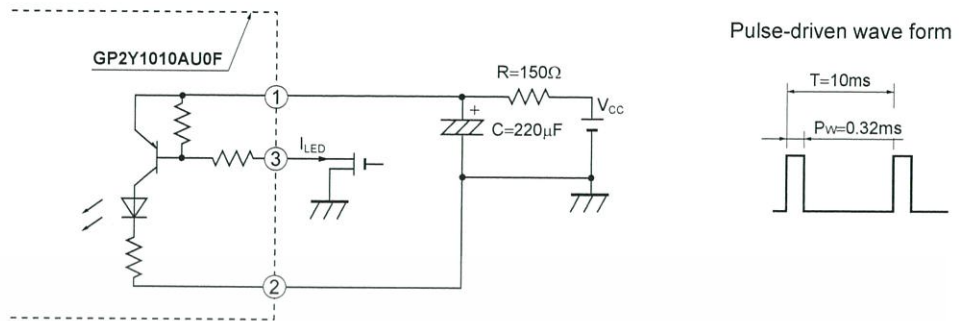


Fig. 2 Sampling Timing of Output Pulse

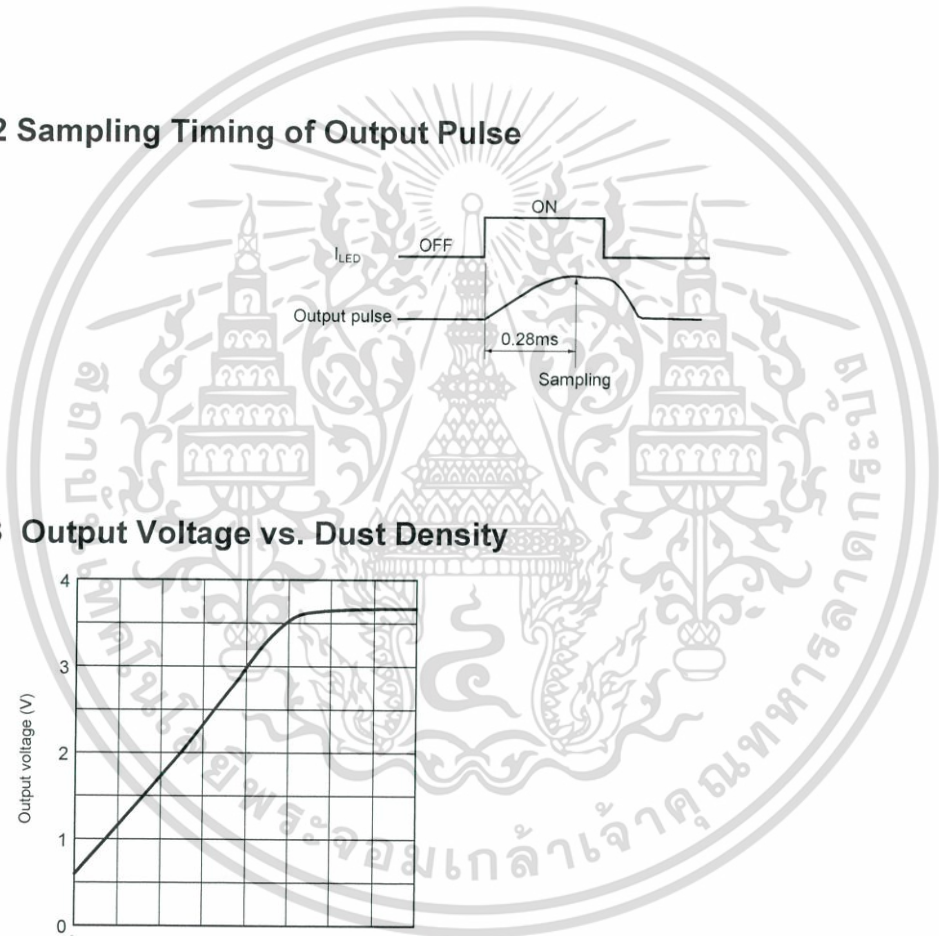
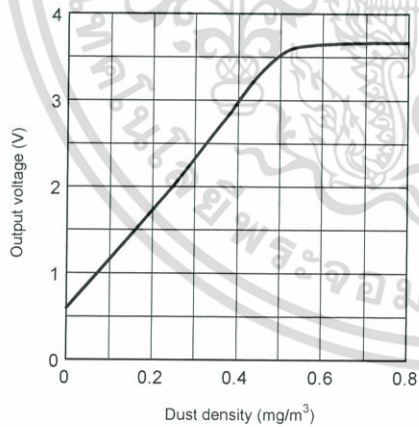


Fig. 3 Output Voltage vs. Dust Density



Remarks : Please be aware that all data in the graph are just for reference and are not for guarantee.

**• Notes**

- 1 Connection of case and GND  
Case material use conductive resin as cover case {printed model No.} and metal {test terminal side} as bottom cover. The metal case connects with GND in sensor.
- 2 Cleaning  
Please don't do cleaning, because there is a case that this device is not satisfied with its characteristics by cleaning.
- 3 Pulse input range  
Please subject to recommendation as regard input condition for LED in order to keep reliability.
- 4 Dust adhesion  
There is a case that this product does not detect the dust density correctly, since the dust adhered to the inside of the dust through hole may project into the detecting space which consist of emitter and detector light axis. Please take the structure and mechanism of the equipment into consideration to avoid the influence of adhered dust. And when the dust is adhered, please consider the maintenance such as vacuuming or blowing off the dust by air.  
In addition, please pay attention to structure and placing location of the application to avoid any adhesive particle like oil, etc. to gets into the device. If it sticks to optical part, malfunction may occur.
- 5 Light output  
In circuit designing, make allowance for the degradation of the light emitting diode output that results from long continuous operation. (50% degradation/5 years)
- 6 Sensitivity adjustment VR  
VR for sensitivity adjustment is set up at shipping from sharp. Please do not touch the VR or Electro-optical characteristics specified on the specification will be invalid.
- 7 Resolution  
Please do not disassemble the device such as removing tapping screw and so on. Even if the device is reassembled, it may not satisfy the specification.
- 8 Application to fire alarm  
Please do not use this device for a fire alarm application. When using this device to application other than air purifying and equipment with air purifying function, please inform us before usage.
- 9 Noise influence  
If the sensor is located close to noise generator (ex. Electric dust collector, etc. ), the sensor output may be affected by leaded noise. On top of that noise from power supply line also may affect the sensor output. When desinging the system, please consider the effect from noise.
- 10 Vibration influence  
The sensor may change its value under mechanical oscillation. Before usage, please make sure that the device works normally in the application.
- 11 Incident light influence  
There is a case that the sensor output may be affected when outer-light comes through dust through hole on printed side. In order to avoid any influence from outer-light, please locate the printed side of sensor facing to inside of the application.
- 12 When inside of the sensor is moisturized, this product does not keep its proper function. Please design the application so that moisturization of the sensor does not happen.

- **Presence of ODC etc.**

This product shall not contain the following materials.

And they are not used in the production process for this product.

Regulation substances : CFCs, Halon, Carbon tetrachloride, 1.1.1-Trichloroethane (Methylchloroform)

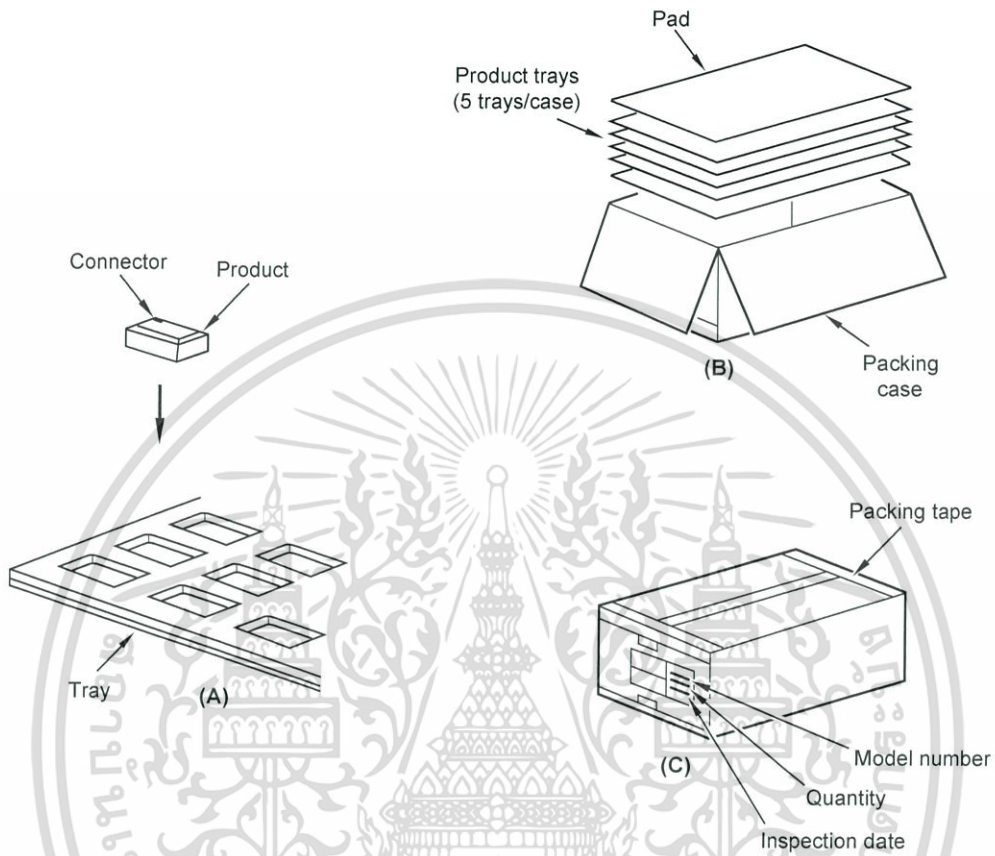
Specific brominated flame retardants such as the PBB and PBDE are not used in this product at all.

This product shall not contain the following materials banned in the RoHS Directive (2002/95/EC).

- Lead, Mercury, Cadmium, Hexavalent chromium, Polybrominated biphenyls (PBB), Polybrominated diphenyl ethers (PBDE).



## ■ Packing Specification



### PACKING METHOD

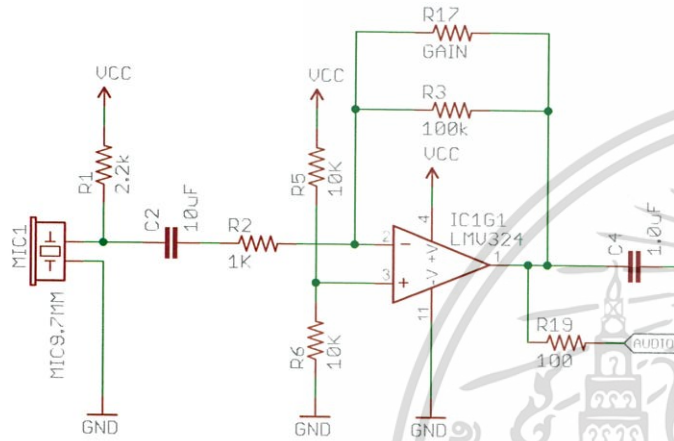
1. Each tray holds 50 pieces. Packing methods are shown in (A).
2. Each box holds 5 trays. Pads are added to top (B).
3. The box is sealed with packing tape. (C) shows the location of the Model number, Quantity, and Inspection date.
4. Weight is approximately 5.6 kg

## ■ Important Notices

- The circuit application examples in this publication are provided to explain representative applications of SHARP devices and are not intended to guarantee any circuit design or license any intellectual property rights. SHARP takes no responsibility for any problems related to any intellectual property right of a third party resulting from the use of SHARP's devices.
- Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device. SHARP reserves the right to make changes in the specifications, characteristics, data, materials, structure, and other contents described herein at any time without notice in order to improve design or reliability. Manufacturing locations are also subject to change without notice.
- Observe the following points when using any devices in this publication. SHARP takes no responsibility for damage caused by improper use of the devices which does not meet the conditions and absolute maximum ratings to be used specified in the relevant specification sheet nor meet the following conditions:
  - (i) The devices in this publication are designed for use in general electronic equipment designs such as:
    - Personal computers
    - Office automation equipment
    - Telecommunication equipment [terminal]
    - Test and measurement equipment
    - Industrial control
    - Audio visual equipment
    - Consumer electronics
  - (ii) Measures such as fail-safe function and redundant design should be taken to ensure reliability and safety when SHARP devices are used for or in connection with equipment that requires higher reliability such as:
    - Transportation control and safety equipment (i.e., aircraft, trains, automobiles, etc. )
    - Traffic signals
    - Gas leakage sensor breakers
    - Alarm equipment
    - Various safety devices, etc.
  - (iii) SHARP devices shall not be used for or in connection with equipment that requires an extremely high level of reliability and safety such as:
    - Space applications
    - Telecommunication equipment [trunk lines]
    - Nuclear power control equipment
    - Medical and other life support equipment (e.g., scuba).
- If the SHARP devices listed in this publication fall within the scope of strategic products described in the Foreign Exchange and Foreign Trade Law of Japan, it is necessary to obtain approval to export such SHARP devices.
- This publication is the proprietary product of SHARP and is copyrighted, with all rights reserved. Under the copyright laws, no part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, for any purpose, in whole or in part, without the express written permission of SHARP. Express written permission is also required before any use of this publication may be made by a third party.
- Contact and consult with a SHARP representative if there are any questions about the contents of this publication.

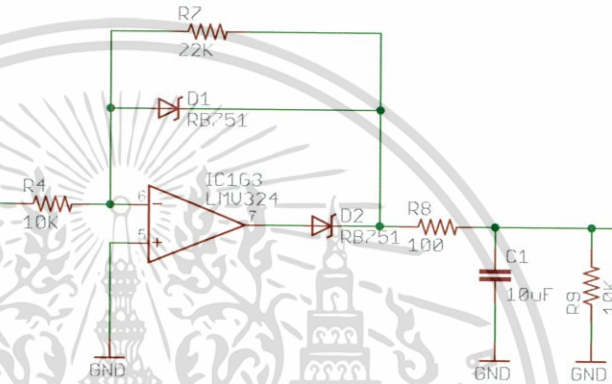
### Mic capsule and preamplifier

Default gain = 100 (40 dB)  
 Populate R17 to lower gain.  
 10K = 10 (20 dB)  
 Remove R3 and populate R17 to raise gain.  
 1Meg = 1000 (60 dB)

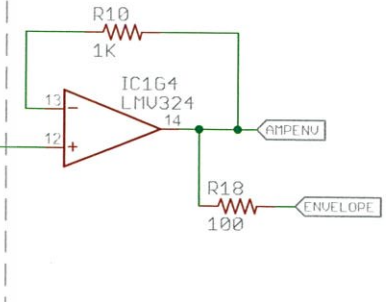


### Peak detector

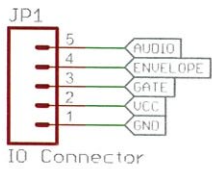
Half-wave precision rectifier with gain of approx 2



### Buffer amplifier

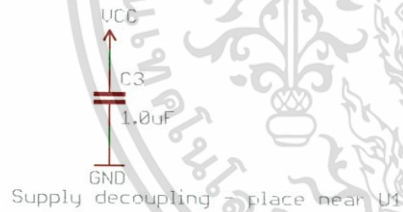


### I/O connector

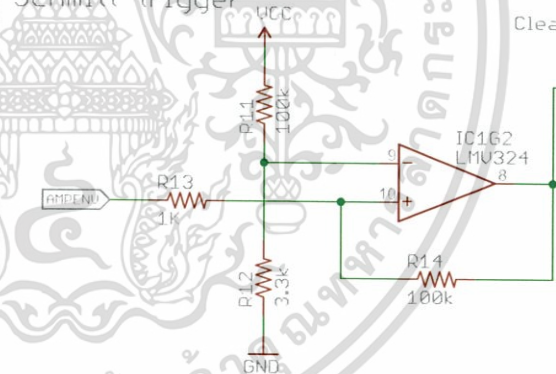


Vcc range between 2.7V and 5.5V.

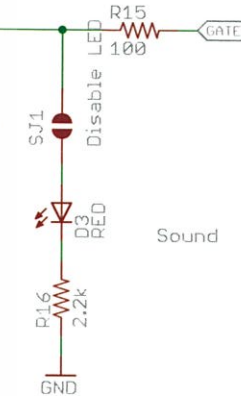
### Decoupling



### Schmitt trigger



Clear SJ1 to disable onboard LED.



Released under the Creative Commons Attribution Share-Alike 3.0 License  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>



TITLE: sound-detector

Design by Byron Jacquot

REV: U10

Date: 2/21/2014 5:07:40 PM

Sheet: 1/1



#### 4 TERMINAL 2A OUTPUT LOW DROP VOLTAGE REGULATOR

The KIA278R × × Series are Low Drop Voltage Regulator suitable for various electronic equipments. It provides constant voltage power source with TO-220 4 terminal lead full molded PKG. The Regulator has multi function such as over current protection, overheat protection and ON/OFF control.

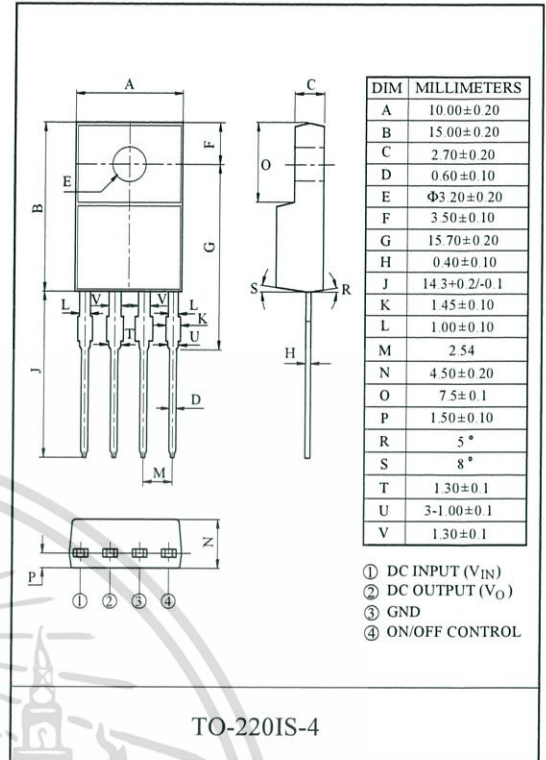
#### FEATURES

- 2.0A Output Low Drop Voltage Regulator.
- Built in ON/OFF Control Terminal.
- Built in Over Current Protection, Over Heat Protection Function.

#### LINE UP

ITEM	OUTPUT VOLTAGE (Typ.)	UNIT
* KIA278R25PI	2.5	V
* KIA278R30PI	3.0	
KIA278R33PI	3.3	
* KIA278R35PI	3.5	
* KIA278R37PI	3.7	

\* Note) \* : Under Development.



#### MAXIMUM RATINGS (Ta=25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT	Remark
Input Voltage	V <sub>IN</sub>	15	V	-
ON/OFF Control Voltage	V <sub>C</sub>	15	V	-
Output Current	I <sub>O</sub>	2	A	-
Power Dissipation 1	P <sub>d1</sub>	1.5	W	No heatsink
Power Dissipation 2	P <sub>d2</sub>	15	W	with heatsink
Junction Temperature	T <sub>J</sub>	125	°C	-
Operating Temperature	T <sub>opr</sub>	-20 ~ 80	°C	-
Storage Temperature	T <sub>stg</sub>	-30 ~ 125	°C	-
Soldering Temperature (10sec)	T <sub>sol</sub>	260	°C	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# KIA278R25PI~KIA278R37PI

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta=25°C)

(Unless otherwise specified, I<sub>O</sub>=1.0A, Ta=25°C, Note1.)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Output Voltage	KIA278R25	V <sub>O</sub>	-	2.438	2.50	2.562	V
	KIA278R30		-	2.925	3.00	3.075	
	KIA278R33		-	3.220	3.30	3.380	
	KIA278R35		-	3.413	3.50	3.587	
	KIA278R37		-	3.608	3.70	3.792	
Load Regulation		Reg Load	I <sub>O</sub> =5mA ~ 2A	-	0.1	2.0	%
Line Regulation		Reg Line	(Note 2)	-	0.5	2.5	%
Temperature Coefficient of Output Voltage		T <sub>c</sub> V <sub>O</sub>	T <sub>j</sub> =0 ~ 125°C	-	±0.02	±0.05	%/°C
Ripple Rejection		R · R	-	45	55	-	dB
Drop Out Voltage		V <sub>D</sub>	I <sub>O</sub> =2A	-	-	0.5	V
Output ON state for control Voltage		V <sub>C(ON)</sub>	-	2.0	-	-	V
Output ON state for control Current		I <sub>C(ON)</sub>	V <sub>C</sub> =2.7V	-	-	20	μA
Output OFF state for control Voltage		V <sub>C(OFF)</sub>	-	-	-	0.8	V
Output OFF state for control Current		I <sub>C(OFF)</sub>	V <sub>C</sub> =0.4V	-	-	-0.4	mA
Quiescent Current		I <sub>Q</sub>	I <sub>O</sub> =0	-	-	103	mA

Note1) V<sub>IN</sub> of KIA278R25=4.2V

Note2) V<sub>IN</sub> of KIA278R25=3.2 ~ 10V

Note3) At V<sub>IN</sub>=0.95V<sub>O</sub>

" KIA278R30=4.7V

" KIA278R30=3.7 ~ 10V

" KIA278R33=5.0V

" KIA278R33=4.0 ~ 10V

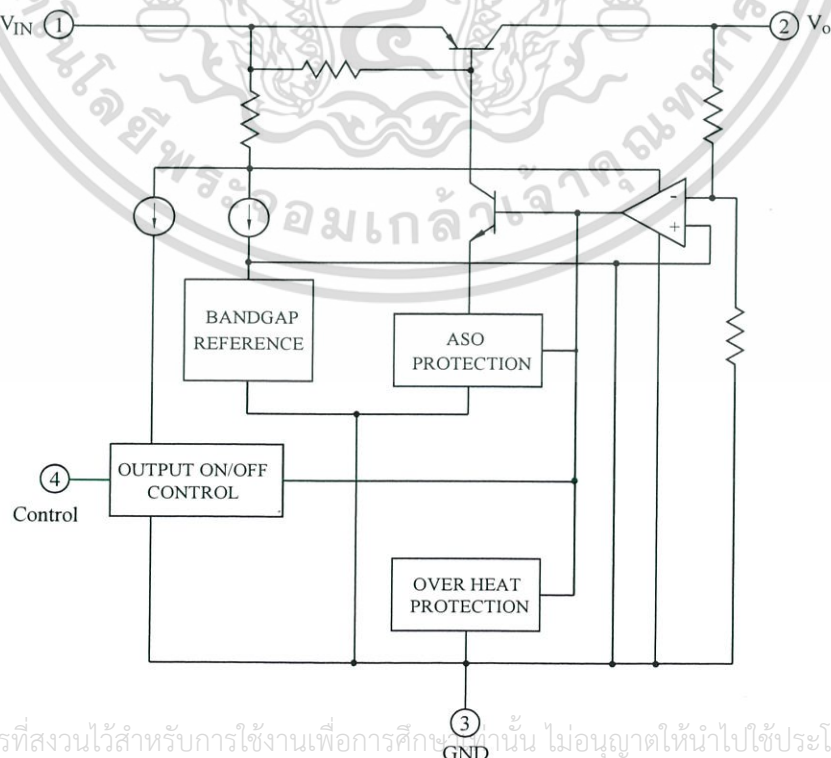
" KIA278R35=5.2V

" KIA278R35=4.2 ~ 10V

" KIA278R37=5.4V

" KIA278R37=4.4 ~ 10V

## BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 1 Standard Test Circuit

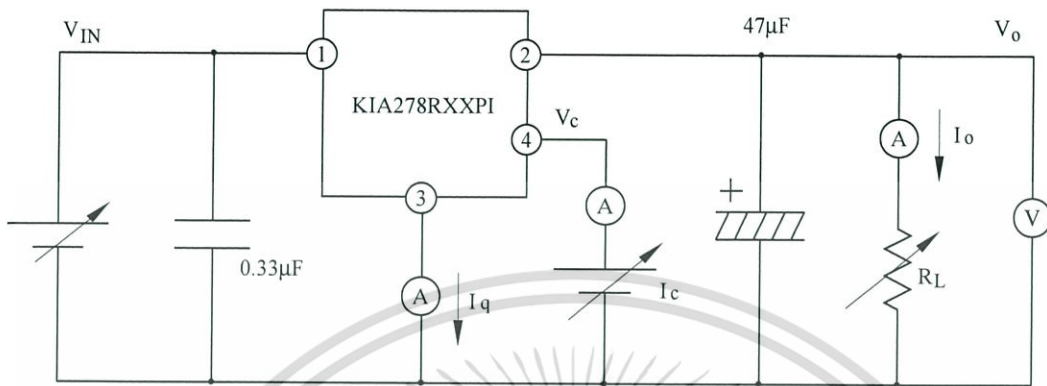


Fig. 1-2 Ripple Rejection Test Circuit

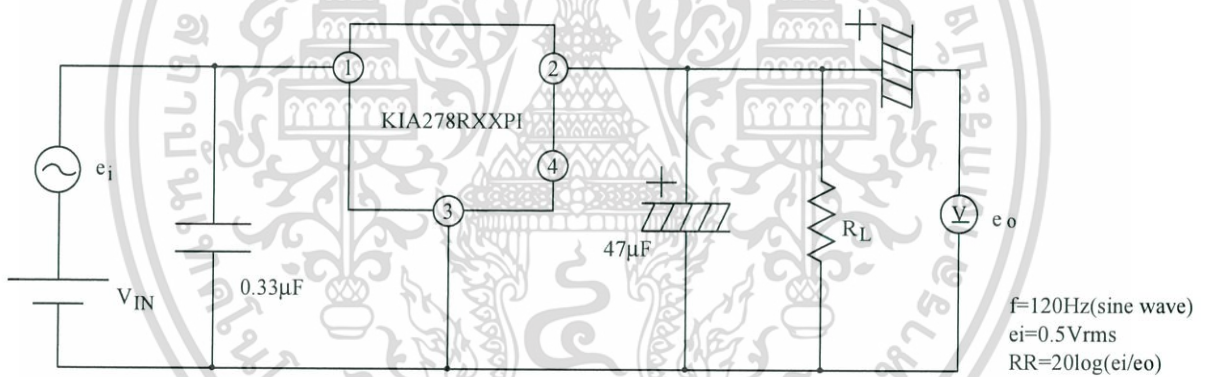
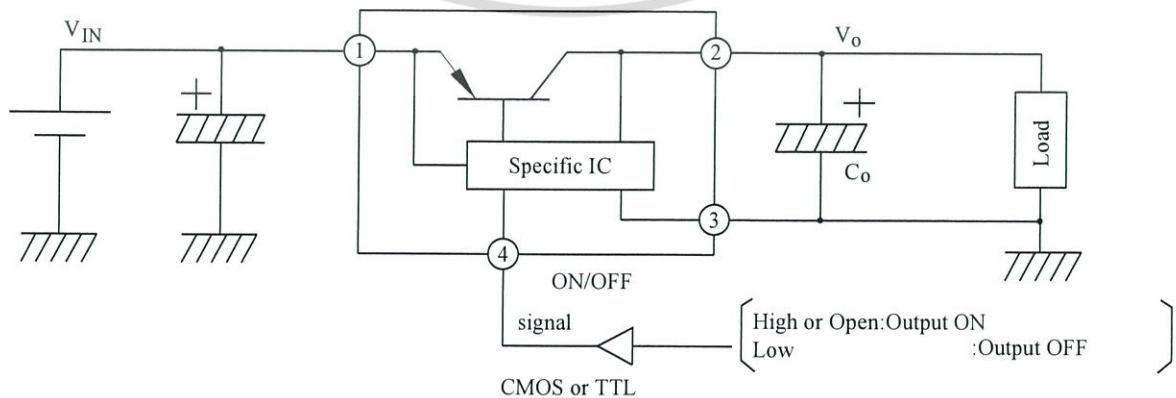


Fig. 2 Application Circuit for Standard



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig.3  $T_a - P_D$

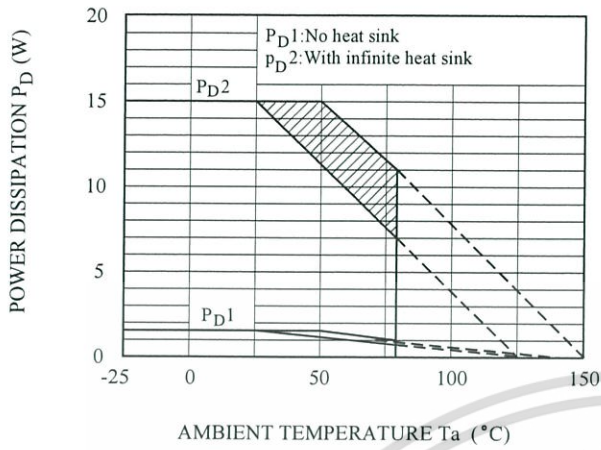
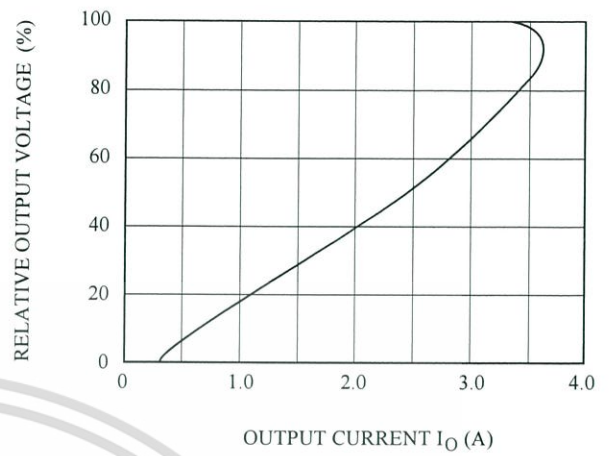


Fig.4  $I_O - V_O$



Note) Oblique line portion : Overheat protection may operate in this area.

Fig.5-1  $T_j - \Delta V_o$  (KIA278R25)

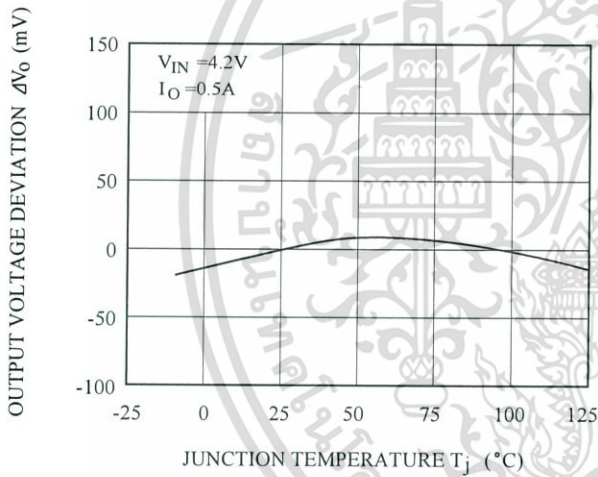


Fig.5-2  $T_j - \Delta V_o$  (KIA278R30)

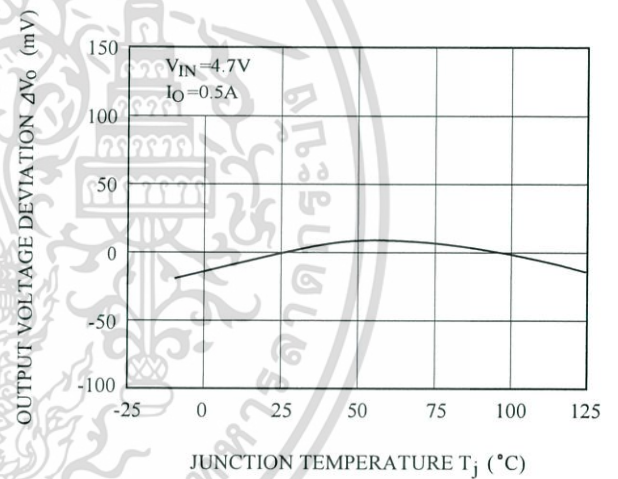


Fig.5-3  $T_j - \Delta V_o$  (KIA278R33)

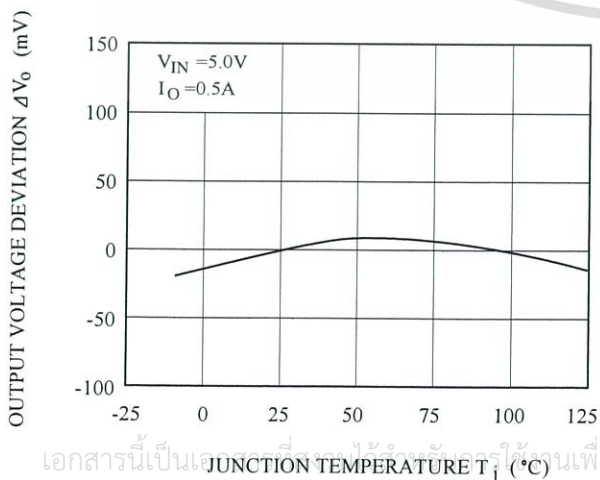
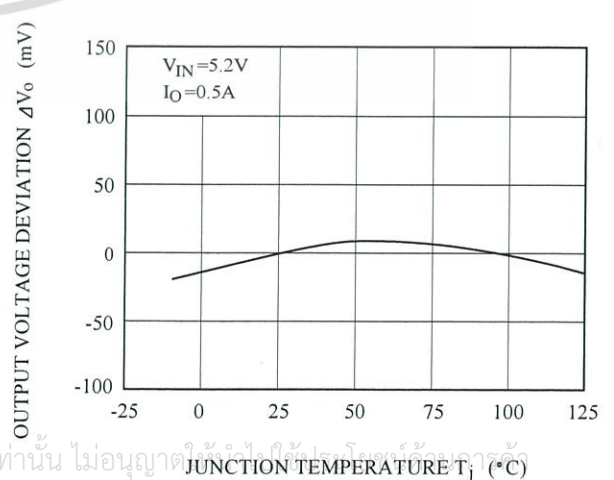


Fig.5-4  $T_j - \Delta V_o$  (KIA278R35)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ KEPCO จำกัด เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ขออนุญาต  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig.5-1  $T_j - \Delta V_o$  (KIA278R37)

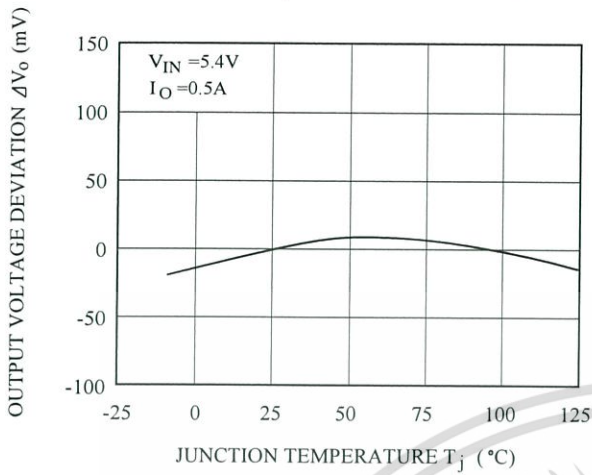


Fig.6  $T_j - V_D$

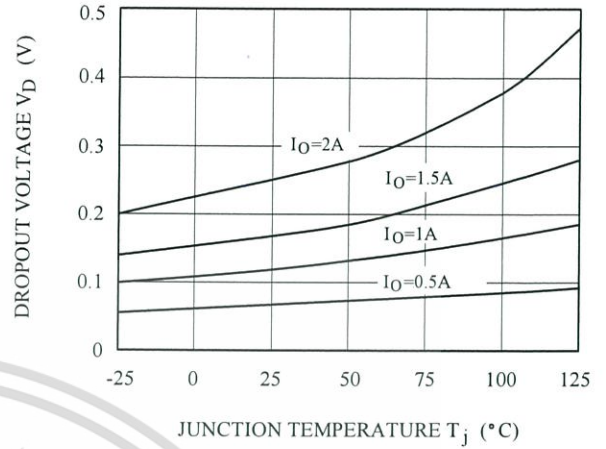


Fig.7  $T_j - I_q$

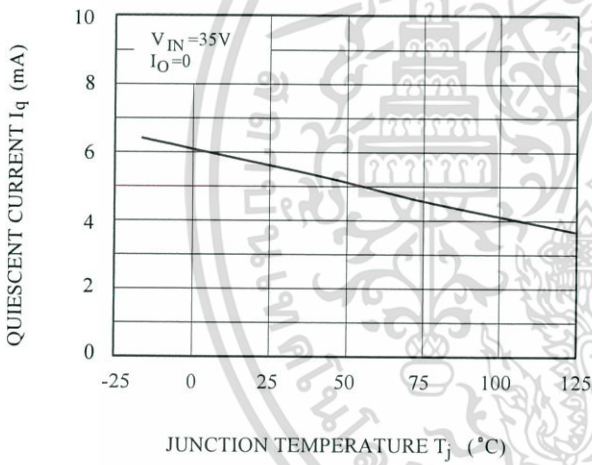


Fig.8-1  $f - RR$

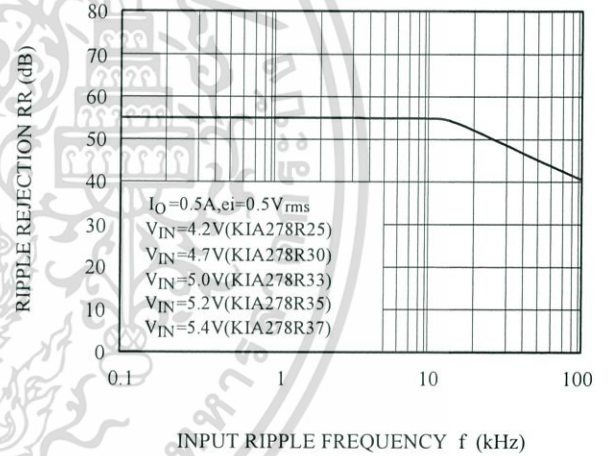
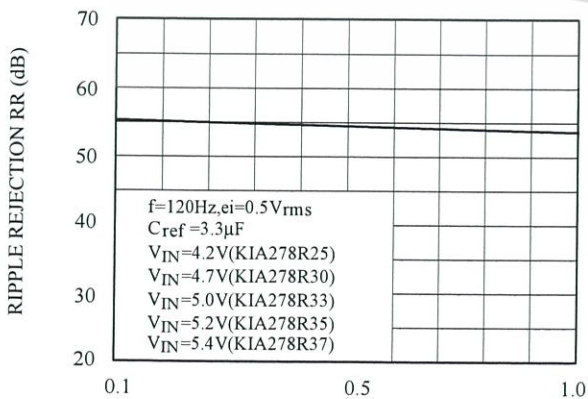


Fig.10-2  $I_O - RR$

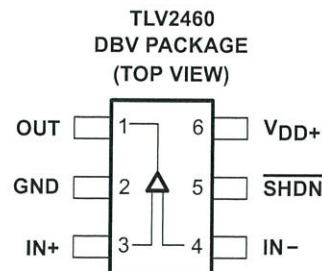


เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLV2460, TLV2461, TLV2462, TLV2463, TLV2464, TLV2465, TLV246xA FAMILY OF LOW-POWER RAIL-TO-RAIL INPUT/OUTPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS WITH SHUTDOWN

SLOS220J – JULY 1998 – REVISED FEBRUARY 2004

- Rail-to-Rail Output Swing
- Gain Bandwidth Product . . . 6.4 MHz
- $\pm 80$  mA Output Drive Capability
- Supply Current . . . 500  $\mu$ A/channel
- Input Offset Voltage . . . 100  $\mu$ V
- Input Noise Voltage . . . 11 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
- Slew Rate . . . 1.6 V/ $\mu$ s
- Micropower Shutdown Mode (TLV2460/3/5) . . . 0.3  $\mu$ A/Channel
- Universal Operational Amplifier EVM
- Available in Q-Temp Automotive HighRel Automotive Applications Configuration Control/Print Support Qualification to Automotive Standards



## description

The TLV246x is a family of low-power rail-to-rail input/output operational amplifiers specifically designed for portable applications. The input common-mode voltage range extends beyond the supply rails for maximum dynamic range in low-voltage systems. The amplifier output has rail-to-rail performance with high-output-drive capability, solving one of the limitations of older rail-to-rail input/output operational amplifiers. This rail-to-rail dynamic range and high output drive make the TLV246x ideal for buffering analog-to-digital converters.

The operational amplifier has 6.4 MHz of bandwidth and 1.6 V/ $\mu$ s of slew rate with only 500  $\mu$ A of supply current, providing good ac performance with low power consumption. Three members of the family offer a shutdown terminal, which places the amplifier in an ultralow supply current mode ( $I_{DD} = 0.3 \mu\text{A/ch}$ ). While in shutdown, the operational-amplifier output is placed in a high-impedance state. DC applications are also well served with an input noise voltage of 11 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$  and input offset voltage of 100  $\mu$ V.

This family is available in the low-profile SOT23, MSOP, and TSSOP packages. The TLV2460 is the first rail-to-rail input/output operational amplifier with shutdown available in the 6-pin SOT23, making it perfect for high-density circuits. The family is specified over an expanded temperature range ( $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $125^\circ\text{C}$ ) for use in industrial control and automotive systems, and over the military temperature range ( $T_A = -55^\circ\text{C}$  to  $125^\circ\text{C}$ ) for use in military systems.

## SELECTION GUIDE

DEVICE	$V_{DD}$ [V]	$V_{IO}$ [ $\mu$ V]	$I_{DD}/\text{ch}$ [ $\mu$ A]	$I_{IB}$ [pA]	GBW [MHz]	SLEW RATE [V/ $\mu$ s]	$V_n, 1 \text{ kHz}$ [nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ]	$I_O$ [mA]	SHUTDOWN	RAIL-RAIL
TLV246x(A)	2.7–6	150	550	1300	6.4	1.6	11	25	Y	I/O
TLV277x(A)	2.5–5.5	360	1000	2	5.1	10.5	17	6	Y	O
TLV247x(A)	2.7–6	250	600	2.5	2.8	1.5	15	20	Y	I/O
TLV245x(A)	2.7–6	20	23	500	0.22	0.11	52	10	Y	I/O
TLV225x(A)	2.7–8	200	35	1	0.2	0.12	19	3	—	—
TLV226x(A)	2.7–8	300	200	1	0.71	0.55	12	3	—	—



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

 **TEXAS  
INSTRUMENTS**

Copyright © 1998–2004, Texas Instruments Incorporated  
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

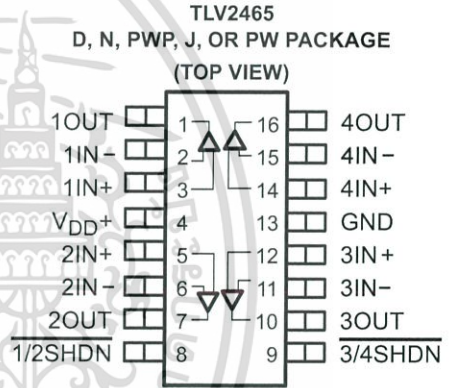
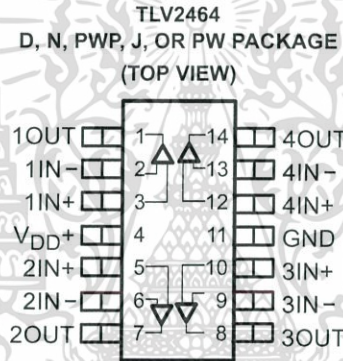
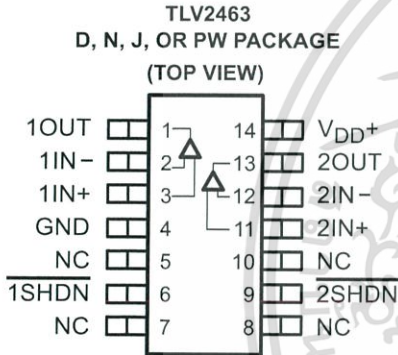
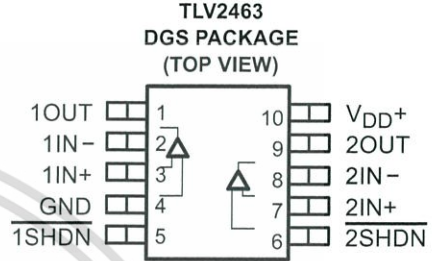
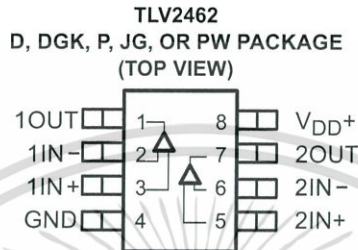
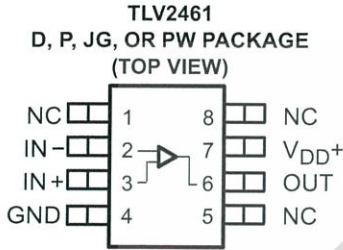
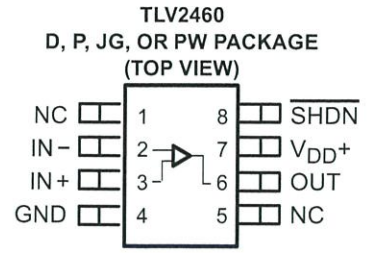
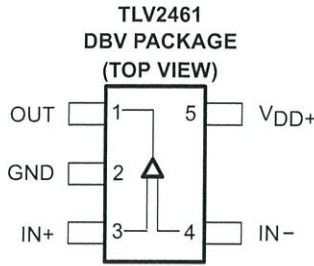
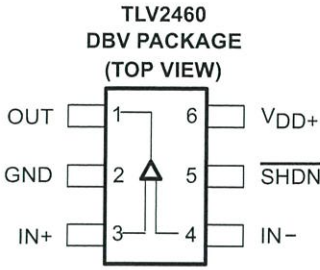
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ [www.ti.com](http://www.ti.com) เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLV2460, TLV2461, TLV2462, TLV2463, TLV2464, TLV2465, TLV246xA

## FAMILY OF LOW-POWER RAIL-TO-RAIL INPUT/OUTPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS WITH SHUTDOWN

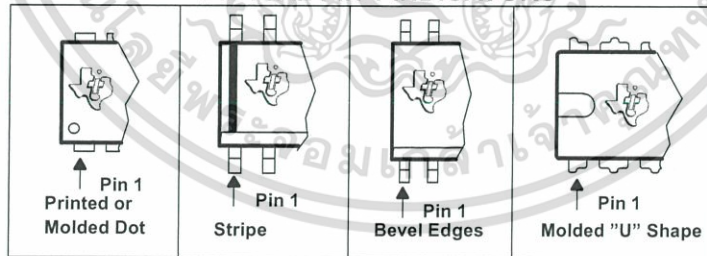
SLOS220J - JULY 1998 - REVISED FEBRUARY 2004

### TLV246x PACKAGE PINOUTS(1)



NC - No internal connection  
(1) SOT-23 may or may not be indicated

### TYPICAL PIN 1 INDICATORS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในสถานศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TLV2460, TLV2461, TLV2462, TLV2463, TLV2464, TLV2465, TLV246xA FAMILY OF LOW-POWER RAIL-TO-RAIL INPUT/OUTPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS WITH SHUTDOWN

SLOS220J – JULY 1998 – REVISED FEBRUARY 2004

## absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, $V_{DD}$ (see Note 1)	6 V
Differential input voltage, $V_{ID}$	- 0.2 V to $V_{DD} + 0.2$ V
Input current, $I_I$ (any input)	$\pm 200$ mA
Output current, $I_O$	$\pm 175$ mA
Total input current, $I_I$ (into $V_{DD+}$ )	175 mA
Total output current, $I_O$ (out of GND)	175 mA
Continuous total power dissipation	See Dissipation Rating Table
Operating free-air temperature range, $T_A$ : C suffix	0°C to 70°C
I and Q suffix	-40°C to 125°C
M suffix	-55°C to 125°C
Maximum junction temperature, $T_J$	150°C
Storage temperature range, $T_{stg}$	-65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values, except differential voltages, are with respect to GND.

DISSIPATION RATING TABLE FOR C and I SUFFIX

PACKAGE	$\theta_{JC}$ (°C/W)	$\theta_{JA}$ (°C/W)	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A < 125^\circ\text{C}$ POWER RATING
D (8)	38.3	176	710 mW	142 mW
D (14)	26.9	122.6	1022 mW	204.4 mW
D (16)	25.7	114.7	1090 mW	218 mW
DBV (5)	55	324.1	385 mW	77.1 mW
DBV (6)	55	294.3	425 mW	84.9 mW
DGK	54.2	259.9	481 mW	96.2 mW
DGS	54.1	257.7	485 mW	97 mW
N (14, 16)	32	78	1600 mW	320.5 mW
P (8)	41	104	1200 mW	240.4 mW
PW (14)	29.3	173.6	720 mW	144 mW
PW (16)	28.7	161.4	774 mW	154.9 mW

NOTE: Thermal resistances are not production tested and are for informational purposes only.

DISSIPATION RATING TABLE FOR Q and M SUFFIX

PACKAGE	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$ POWER RATING	DERATING FACTOR ABOVE $T_A = 25^\circ\text{C}^\ddagger$	$T_A = 70^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 85^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 125^\circ\text{C}$ POWER RATING
FK	1375 mW	11.0 mW/°C	880 mW	715 mW	275 mW
JG	1050 mW	8.4 mW/°C	672 mW	546 mW	210 mW
U	675 mW	5.4 mW/°C	432 mW	350 mW	135 mW

‡ This is the inverse of the traditional junction-to-ambient thermal resistance ( $R\theta_{JA}$ ). Thermal resistances are not production tested and are for informational purposes only.



**TLV2460, TLV2461, TLV2462, TLV2463, TLV2464, TLV2465, TLV246xA**  
**FAMILY OF LOW-POWER RAIL-TO-RAIL INPUT/OUTPUT**  
**OPERATIONAL AMPLIFIERS WITH SHUTDOWN**

SLOS220J – JULY 1998 – REVISED FEBRUARY 2004

**electrical characteristics at specified free-air temperature,  $V_{DD} = 5\text{ V}$  (unless otherwise noted)**

PARAMETER		TEST CONDITIONS		$T_A$ †	MIN	TYP	MAX	UNIT	
$V_{IO}$	Input offset voltage	$V_{DD} = 5\text{ V}$ , $V_{IC} = 2.5\text{ V}$ , $V_O = 2.5\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	TLV246xA	25°C		500	2000	$\mu\text{V}$	
				Full range			2200		
				25°C		500	1500		
				Full range			1700		
$\alpha_{VIO}$	Temperature coefficient of input offset voltage			25°C		2		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
$I_{IO}$	Input offset current	$V_{DD} = 5\text{ V}$ , $V_{IC} = 2.5\text{ V}$ , $V_O = 2.5\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$	TLV246xC	25°C		0.3	7	nA	
			Full range				15		
			TLV246xI/Q/M	Full range					60
$I_{IB}$	Input bias current	$V_{DD} = 5\text{ V}$ , $V_{IC} = 2.5\text{ V}$ , $V_O = 2.5\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$		25°C		1.3	14	nA	
			TLV246xC	Full range			30		
			TLV246xI/Q/M	Full range			60		
$V_{OH}$	High-level output voltage	$I_{OH} = -2.5\text{ mA}$		25°C			4.9	V	
			Full range			4.8			
			$I_{OH} = -10\text{ mA}$	25°C			4.8		
			Full range			4.7			
$V_{OL}$	Low-level output voltage	$V_{IC} = 2.5\text{ V}$ , $I_{OL} = 2.5\text{ mA}$		25°C			0.1	V	
			Full range				0.2		
		$V_{IC} = 2.5\text{ V}$ , $I_{OL} = 10\text{ mA}$		25°C			0.2		
			Full range				0.3		
$I_{OS}$	Short-circuit output current	Sourcing		25°C			145	mA	
			Full range			60			
			Sinking	25°C			100		
			Full range			60			
$I_O$	Output current	Measured at 1 V from rail		25°C		$\pm 80$		mA	
$A_{VD}$	Large-signal differential voltage amplification	$V_{IC} = 2.5\text{ V}$ , $V_O = 1\text{ V to }4\text{ V}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$		25°C		92	109	dB
				Full range			90		
$r_{i(d)}$	Differential input resistance			25°C			$10^9$	$\Omega$	
$C_{i(c)}$	Common-mode input capacitance	$f = 10\text{ kHz}$		25°C			7	pF	
$Z_o$	Closed-loop output impedance	$f = 100\text{ kHz}$ , $A_v = 10$		25°C			29	$\Omega$	
CMRR	Common-mode rejection ratio	$V_{ICR} = 0\text{ V to }5\text{ V}$ , $R_S = 50\ \Omega$		25°C		71	85	dB	
			TLV246xC	Full range			69		
			TLV246xI/Q/M	Full range			60		
$k_{SVR}$	Supply voltage rejection ratio ( $\Delta V_{DD} / \Delta V_{IO}$ )	$V_{DD} = 2.7\text{ V to }6\text{ V}$ , No load	$V_{IC} = V_{DD}/2$		25°C		80	85	dB
				Full range			75		
		$V_{DD} = 3\text{ V to }5\text{ V}$ , No load	$V_{IC} = V_{DD}/2$		25°C		85	95	dB
				Full range			80		
$I_{DD}$	Supply current (per channel)	$V_O = 2.5\text{ V}$ , No load,		25°C		0.55	0.65	mA	
			Full range				1		
$I_{DD(SHDN)}$	Supply current in shutdown (TLV2460, TLV2463, TLV2465)	$\overline{\text{SHDN}} < 0.7\text{ V}$ , Per channels in shutdown		25°C			1	$\mu\text{A}$	
			Full range				3		

† Full range is 0°C to 70°C for the C suffix, -40°C to 125°C for the I and Q suffixes, and -55°C to 125°C for the M suffix.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อข้อมูลเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TLV2460, TLV2461, TLV2462, TLV2463, TLV2464, TLV2465, TLV246xA**  
**FAMILY OF LOW-POWER RAIL-TO-RAIL INPUT/OUTPUT**  
**OPERATIONAL AMPLIFIERS WITH SHUTDOWN**

SLOS220J - JULY 1998 - REVISED FEBRUARY 2004

operating characteristics at specified free-air temperature,  $V_{DD} = 5\text{ V}$  (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		$T_A^\dagger$	MIN	TYP	MAX	UNIT
SR	Slew rate at unity gain	$V_{O(PP)} = 2\text{ V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	$C_L = 160\text{ pF}$	25°C	0.9	1.6		V/ $\mu\text{s}$
				Full range	0.8			
$V_n$	Equivalent input noise voltage	$f = 100\text{ Hz}$		25°C		14		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
		$f = 1\text{ kHz}$		25°C		11		
$I_n$	Equivalent input noise current	$f = 100\text{ Hz}$		25°C		0.13		pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
THD + N	Total harmonic distortion plus noise	$V_{O(PP)} = 4\text{ V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $f = 10\text{ kHz}$	$A_V = 1$	25°C		0.004%		
			$A_V = 10$			0.01%		
			$A_V = 100$			0.04%		
$t_{(on)}$	Amplifier turnon time	$A_V = 1$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	Both channels	25°C		7.6		$\mu\text{s}$
			Channel 1 only, Channel 2 on			7.65		
			Channel 2 only, Channel 1 on			7.25		
$t_{(off)}$	Amplifier turnoff time	$A_V = 1$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	Both channels	25°C		333		ns
			Channel 1 only, Channel 2 on			328		
			Channel 2 only, Channel 1 on			329		
Gain-bandwidth product		$f = 10\text{ kHz}$ , $C_L = 160\text{ pF}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C		6.4		MHz
$t_s$	Settling time	$V_{(STEP)PP} = 2\text{ V}$ , $A_V = -1$ , $C_L = 10\text{ pF}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	0.1%	25°C		1.53		$\mu\text{s}$
			0.01%			1.83		
		$V_{(STEP)PP} = 2\text{ V}$ , $A_V = -1$ , $C_L = 56\text{ pF}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$	0.1%			3.13		
			0.01%			3.33		
$\phi_m$	Phase margin at unity gain	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ , $C_L = 160\text{ pF}$		25°C		45°		
	Gain margin			25°C		7		dB

† Full range is 0°C to 70°C for the C suffix, -40°C to 125°C for the I and Q suffixes, and -55°C to 125°C for the M suffix.



**TYPICAL CHARACTERISTICS**

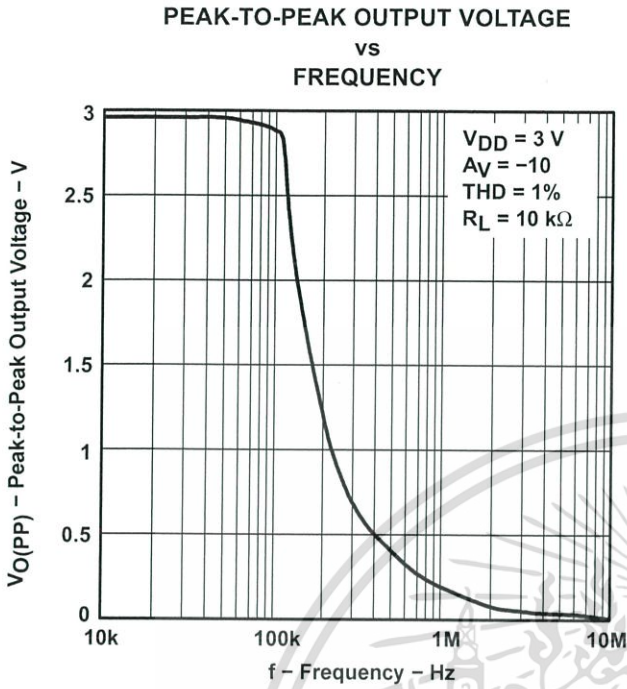


Figure 9

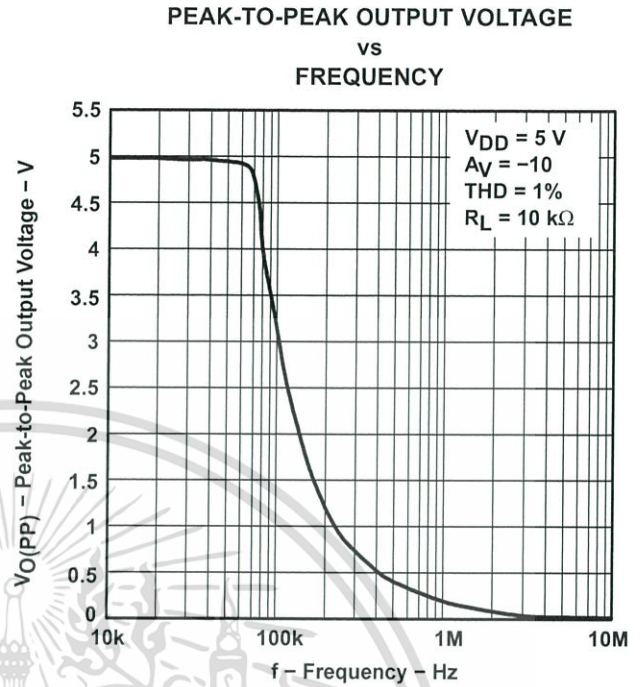


Figure 10

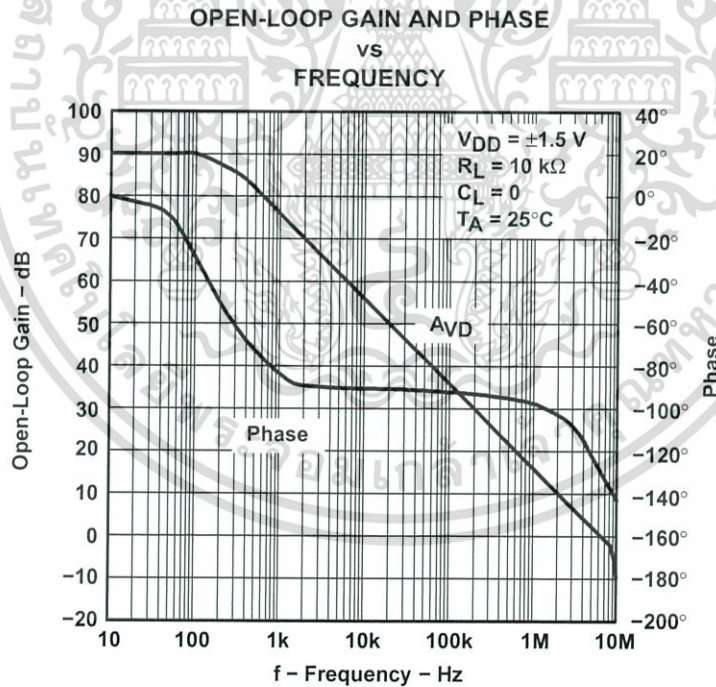


Figure 11



TYPICAL CHARACTERISTICS

OPEN-LOOP GAIN AND PHASE  
 vs  
 FREQUENCY

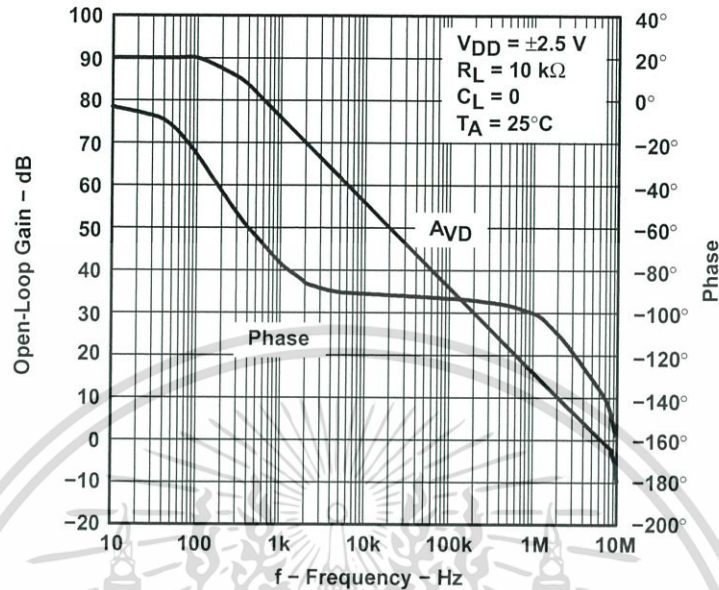


Figure 12

DIFFERENTIAL VOLTAGE AMPLIFICATION  
 vs  
 LOAD RESISTANCE

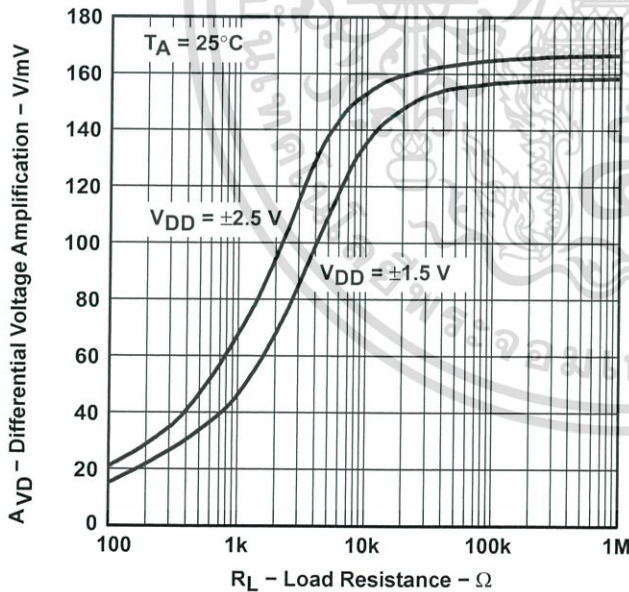


Figure 13

CAPACITIVE LOAD  
 vs  
 LOAD RESISTANCE

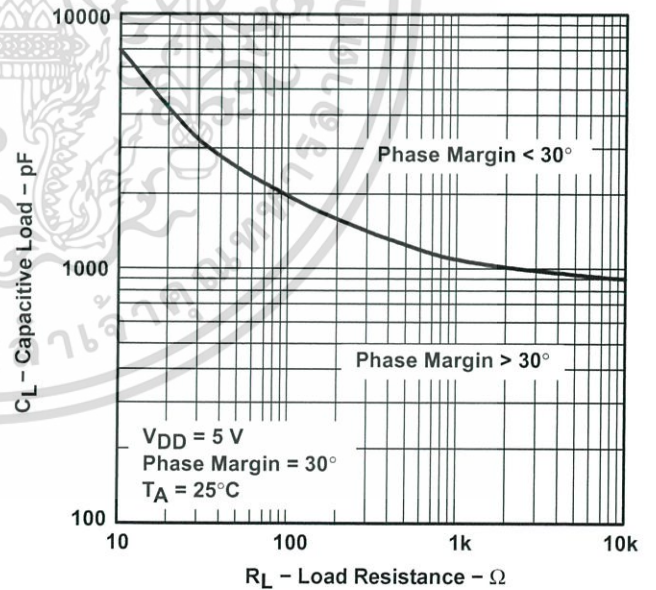


Figure 14



# Sound Detector Hookup Guide

CONTRIBUTORS:  BYRON J.

♥ FAVORITE 4

## Introducing The Sound Detector



The Sound Detector

The Sound Detector is a small board that combines a microphone and some processing circuitry. It provides not only an audio output, but also a binary indication of the presence of sound, and an analog representation of it's amplitude.

### Covered in This Tutorial

This tutorial will guide you through hooking up and using the Sound Detector. It will examine how the circuit works, explain some details about getting the best performance from the Sound Detector, then present two different projects that demonstrate how to use it.

### Suggested Reading

- How to Use a Breadboard
- Analog vs. Digital
- The Wikipedia article on sound.

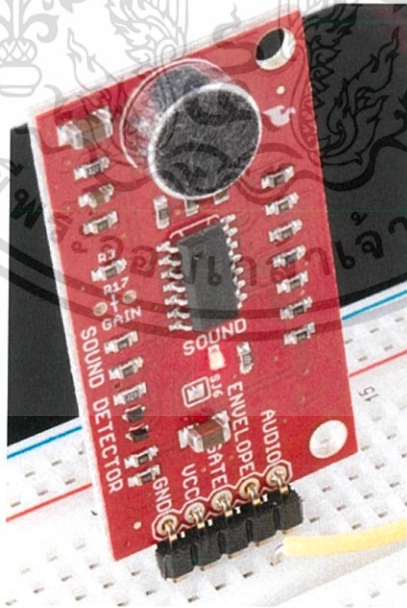
### Quick Start

To get started with the Sound Detector, simply connect it to a power supply.

(Sound Detector → Power Supply )

- GND → Supply Ground.
- VCC → Power supply voltage between 3.5 and 5.5 Volts. 5 Volts is ideal.

In a quiet room, power the board up, and then speak into the microphone. You should see the red LED on the board blink in response to your voice.



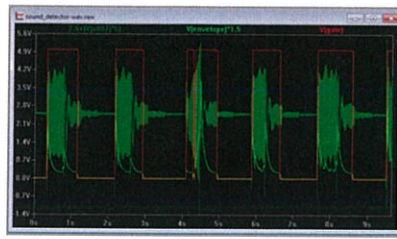
With it's 3 outputs, the board itself is a lot more flexible. To explore that flexibility, read on.

## Looking Closer

### Three Outputs?

The Sound Detector has 3 separate outputs. It's easiest to see what each is doing with a graph. The following illustrates how the sound detector responds to a series of sound pulses.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Sample Sound Detector Output

This shows the output voltages over time.

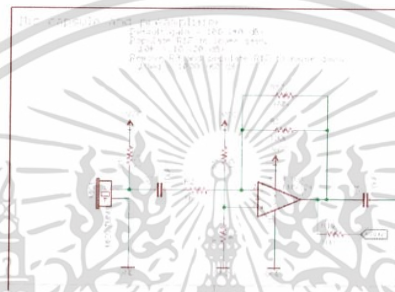
- The dark green trace is the audio output of the sound detector. The audio voltage directly from the microphone is found at this output.
- The light green trace is the envelope output. This analog voltage traces the amplitude of the sound. Of particular interest, notice that the third pulse gets noticeably louder as it goes.
- Finally, the red line is the gate output. This output is low when conditions are quiet and goes high when sound is detected.

### How It Works

Having examined the outputs, lets also take a quick walk through the schematic, to gain an understanding of how each stage works.

#### First Stage

The first section of the circuit is an electret microphone capsule. This portion of the circuit borrows from the Electret Microphone breakout board.



Microphone and Preamp

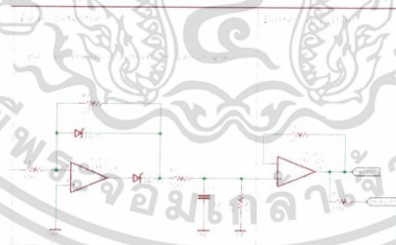
The capsule is biased by the supply voltage through R1, and it outputs an AC voltage that is riding a DC offset of approximately  $\frac{1}{2}$  the supply voltage.

The output from the capsule is an extremely small voltage, so the signal from the capsule is amplified by IC1G1, an operational amplifier stage. By default, the preamplifier has an arithmetic gain of 100 (20 dB), and the gain can be adjusted by populating R17 (which we'll examine in detail on the next page).

The audio output is DC coupled, riding one half the supply voltage, so it can be directly connected to the ADC of a microcontroller. In perfectly quiet conditions, it will ideally read  $\frac{1}{2}$  full scale, or 512 on a 10-bit converter.

#### Second Stage

The second stage of the circuit is an envelope follower.



Envelope Follower

IC1G3 forms an opamp-based precision rectifier. This stage implements the equation

```

if(Vin > 0)
    Vout = 0;
else
    Vout = Vin * -2.2
  
```

The opamp inverts and amplifies the signal. When its output swings high, D2 turns on, and charges C1. When the opamp output is high or not swinging, D2 is turned off, and C1 discharges through R9. Thus, C1 tracks the peaks of the input signal.

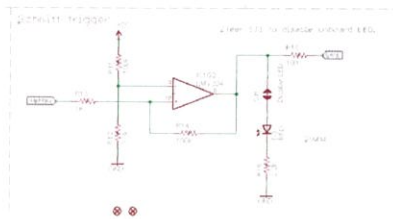
IC1G4 is a buffer amplifier, so external loads on the envelope pin won't change the C1's charge/discharge behavior.

This results in a signal that tracks the peak amplitude of the input signal. A louder sound will result in a higher voltage on the Envelope pin. As with the audio pin, the envelope can be connected to the ADC of a microcontroller.

#### Third Stage

The final stage implements a thresholded switch on the envelope signal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Schmitt Trigger

The Schmitt trigger watches the envelope signal, and toggles the output when the threshold is exceeded. A Schmitt trigger is a comparator that adjusts its threshold voltage when the output switches, requiring a higher voltage to switch on than to switch off. This allows it to ignore some ripple in the input signal, like the ripple present in the output of the envelope follower stage.

The output of the Schmitt trigger is found on the Gate pin. You can connect it to a digital input. We'll use it to trigger interrupts in the software example.

### Outputs

Each of the three output signals is present on the .1" header at the edge of the board. They are active simultaneously. If you aren't using one in your particular application, simply leave that pin disconnected.

## Configuration

### Care and Feeding Of The Capsule

The heart of the Sound Detector is the electret microphone capsule – without it, we couldn't convert acoustic energy into electrical energy. These capsules have a couple of quirks that we need to understand in order to apply them successfully.

Inside the capsule is the diaphragm, which is actually one plate of a small capacitor. That capacitor forms a voltage divider with the external bias resistor. The diaphragm moves in response to sound, and the capacitance changes as the plates get closer together or farther apart, causing the divider to change. Since capacitors are sensitive to loading, it's internally buffered with a JFET (junction field-effect transistor).

Due to the mechanical and electronic tolerances involved, some capsules are more sensitive than others. Also, the JFET is rather sensitive to noise on the power supply. Both of these factors need to be accounted for when deploying the Sound Detector.

### Power Supply

The Sound Detector is an analog circuit, and as such, it's more sensitive to noise on the power supply than most digital circuits. Since the capsule is effectively a voltage divider sitting across the power rails, it will transcribe any noise on the supply lines onto the capsule output. The next circuit in the chain is a high-gain amplifier, so any noise on the supply will then be amplified. Therefore, the Sound Detector may require more careful power supply configuration than many circuits.

In testing with various supplies, a significant degree of variability was discovered - some supplies are less noisy than others. One exhibited as much as 30 mV ripple on the supply output, and as a result, the the Sound Detector was rather sensitive and unstable. You can check how clean a power supply is by checking it with an oscilloscope or volt meter, set to the AC Volts (or, if provided, the AC millivolts) range. A truly clean supply will show 0.000 VAC. Based on the supplies used in testing, ripple of more than about 10 mV is problematic.

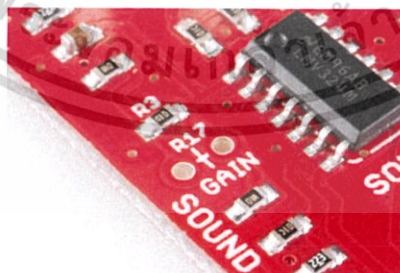
Powering my Arduino with a 9V external supply, which allows the onboard regulators to function, the Arduino's 5V output was sufficiently clean. However, powering it from the 5V available on the USB port on a PC, the regulators are bypassed, and the results were somewhat less usable, and vary greatly between different ports on different PCs. A powered USB hub will probably provide cleaner power than the ports on the PC itself.

If all else fails, three 1.5V batteries in series make a nice, clean source of 4.5V.

### Amplitude Calibration

The Sound Detector comes set for moderate sensitivity - speaking directly into the microphone, or clapping your hands nearby should cause the gate output to fire. If you find that it doesn't work well in a specific application, you can change the circuit to be more or less sensitive.

The gain is set by changing the feedback resistors in the preamp stage. The resistors are marked in the silkscreen on the PCB.



Resistor Closeup

R3 is a surface mount part, with 100K Ohm populated by default. R17 is an unpopulated position for a through hole resistor.

### Lowering The gain

It's most likely that you'll find the detector to be too sensitive. In testing the board for this writeup, noisy air conditioning and music in the next office were enough to set it off. To make the board less sensitive, you can lower the preamplifier gain by populating R17 in parallel with R3.

R3 Value	R17 Value	Arithmetic Gain	Gain (dB)
100K	-	100	40
100K	100K	50	33
100K	47K	32	30
100K	22K	18	25
100K	10K	9	19
100K	4.7K	4	13
100K	2.2K	2	6

### Raising The Gain

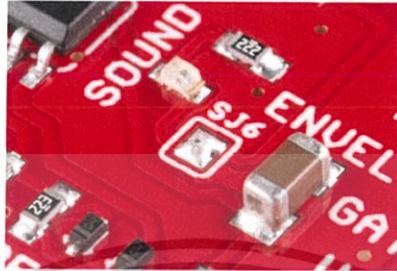
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังห้ามนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

If you want to make the sound detector more sensitive, so that it will be activated by quieter sounds, you can remove R3, and populate R17.

R17 Value	Arithmetic Gain	Gain (dB)
100K	100	40
220K	220	46
470K	470	53
1Meg	1000	60

## Lights Out

In some applications, the onboard LED may be distracting or undesirable. To disable it, simply use a solder sucker or wick to remove the solder blob from the jumper near the LED.



## Physical Considerations

The electret capsule on the Sound Detector is also sensitive to mechanical vibration and wind noise.

The Sound Detector will pick up handling noise. Mounting it with a resilient material can help absorb vibration – placing it on a piece of open-cell foam helped reject vibration conducted through the testing workbench. Other resilient mounting strategies would include suspending it using rubber bands, or building shock absorbers using #4 machine screws and heat-shrink tubing.

Wind noise is caused when blasts of air enter the capsule. Examples would be a windy day, or the sharp exhalation that often accompanies syllables such as "p," "b" and "t." The capsule comes with a thin fabric covering, but it may not be enough to prevent stronger blasts. You can craft a more robust windscreen with open-cell foam or synthetic fur (like the covering that sneaks into the frame when a boom mic accidentally enters a film scene).

## Software Example

Now that we understand how to configure the board, let's hook it to an Arduino and see what it can do.

## Materials

In addition to the Sound Detector, you'll need the following parts.

### Sound Detector Arduino Example SparkFun Wish List



RedBoard - Programmed with Arduino  
DEV-11575

At SparkFun we use many Arduinos and we're always looking for the simplest, most stable one. Each board is a bit different and no one board has every...



Break Away Male Headers - Right Angle  
PRT-00553

A row of right angle male headers - break to fit. 40 pins that can be cut to any size. Used with custom PCBs or general custom headers.\*\*Features:\*\*...



Jumper Wires Premium 12" M/F Pack of 10  
PRT-09385

This is a SparkFun exclusive! These are 12" long jumper wires terminated as male to female. Use these to jumper from any male or female header on any ...

## Connections

We snipped a 5-pin section off the header, and soldered it to the Sound Detector. Then we took the jumper wires and made the following connections.

(Sound Detector → Arduino )

- GND → Supply Ground
- VCC → Power supply voltage between 3.5 and 5.5 Volts
- Gate → Pin 2
- Envelope → A0

Additionally, as described on the calibration page, a 33K Ohm resistor was soldered into position R17. R3 was left in place, so the gain was lowered from 40 dB to about 28 dB.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้