

ระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ผ่านลำโพง
พาราเมตริกอะคูสติก
PARAMETRIC ACOUSTIC LOUDSPEAKER
FOR AIRPORT RAIL LINK



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ผ่านลำโพง
พารามетริกอะคูสติก
PARAMETRIC ACOUSTIC LOUDSPEAKER
FOR AIRPORT RAIL LINK



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETRIC ACOUSTIC LOUDSPEAKER
FOR AIRPORT RAIL LINK



THIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ต
เรลลิงก์ผ่านลำโพงพาราเมตริกอะคูสติก
Thesis Title PARAMETRIC ACOUSTIC LOUDSPEAKER FOR
AIRPORT RAIL LINK
ชื่อนักศึกษา นางสาวพิชชาพร ผลาสินธุ์ รหัสนักศึกษา 57010888
นางสาวรัชดาภรณ์ รุ่งอุทัย รหัสนักศึกษา 57011057
นางสาววริน พิมพ์ภาค รหัสนักศึกษา 57011121
ระดับปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

(.....)

ผศ.ดลชัย สุขเจริญผล

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ต
เรลลิงก์ผ่านลำโพงพาราเมตริกอะคูสติก
Thesis Title PARAMETRIC ACOUSTIC LOUDSPEAKER FOR
AIRPORT RAIL LINK
ชื่อนักศึกษา นางสาวพิชชาพร ผลาสินธุ์ รหัสนักศึกษา 57010888
นางสาวรัชดาภรณ์ รุ่งอุทัย รหัสนักศึกษา 57011057
นางสาววริน พิมพ์ภาค รหัสนักศึกษา 57011121
ระดับปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560



ผศ.ดลชัย สุขเจริญผล

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ผ่านลำโพงพาราเมตริกอะคูสติก		
Thesis Title	parametric acoustic loudspeaker for airport rail link		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวพิชชาพร ผลาสินธุ์	รหัสนักศึกษา	57010888
	นางสาวรัชดาภรณ์ รุ่งอุทัย	รหัสนักศึกษา	57011057
	นางสาววริน พิมพ์ภาค	รหัสนักศึกษา	57011121
ระดับปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ		
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2560		
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดลชัย สุขเจริญผล		

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เสนอระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ผ่านลำโพงพาราเมตริกอะคูสติกและการออกแบบระบบเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานภายในสถานีแอร์พอร์ตเรลลิงก์เนื่องจากคุณลักษณะเด่นของการแพร่กระจายเสียงของลำโพงไร้สายแบบนี้มีลักษณะลำคลื่นหลักของเสียงแคบมาก ทำให้สามารถกำหนดขอบเขตการได้ยินในพื้นที่เฉพาะได้และทำให้เสียงไม่ไปรบกวนพื้นที่ข้างเคียง จากคุณลักษณะเด่นดังกล่าวทำให้สามารถนำไปใช้งานได้สองลักษณะคือสามารถส่งสัญญาณเสียงไปยังพื้นที่เฉพาะโดยตรง หรืออีกลักษณะคืออาศัยการใช้ฉากผิวเรียบเป็นตัวสะท้อนเสียงรวมสู่จุดผู้รับฟัง โดยในส่วนของตัวประมวลสัญญาณเข้าสู่พาราเมตริกอะคูสติกอาเรย์ประกอบด้วยส่วนของการมอดูเลชันสัญญาณเสียงเข้ากับสัญญาณคลื่นพาห์ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ และขยายสัญญาณอัลตราโซนิกด้วยวงจรขยายจากนั้นป้อนเข้าสู่พาราเมตริกอะคูสติกอาเรย์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าในการเพิ่มประสิทธิภาพของสัญญาณเสียงให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นโดยการทดสอบหาวิธีมอดูเลชันที่เหมาะสมที่ลดการเกิดผลรวมการลดทอนของฮาร์โมนิกให้ต่ำที่สุด

Thesis Title	PARAMETRIC ACOUSTIC LOUDSPEAKER FOR AIRPORT RAIL LINK		
Student	Miss. Pischaporn Palasin	Student ID.	57010888
	Miss Ratchadaporn Rung-Uthai	Student ID.	57011057
	Miss.Warin Pimpak	Student ID.	57011121
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Information Engineering		
Department	Computer Engineering		
Academic Year	2017		
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dolcha Sookcharoenphol		

ABSTRACT

This thesis proposes a parametric acoustic loudspeaker for warning sound at a platform of airport rail link for passengers security. Due to the outstanding attribute of Ultrasonic propagation in air provides narrow beam feature at far field range. Thus, allows limit of hearing in specific areas and do not interfere to neighbor areas. In addition, it provides two methods for transmits a sound to audiences. One method, it can transmit an audio signal directly to a specific area and other method, is use a smooth scene as sound reflector for sound reflected from scene to the listener. For signal processing of the parametric acoustic array, it consists of the modulating signal in audio band as input modulated with the carrier signal 40 kHz, ultrasonic signal amplified by high frequency amplifier and then feed to the parametric acoustic array in rectangular shape. The quality of sound can be improved by an appropriate modulating which reduced the THD (total harmonic distortion) to lowest.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดลชัย สุขเจริญผล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่คอยแนะนำแนวทางการดำเนินงานให้เหมาะสม และวิธีการแก้ปัญหาอย่างถูกต้อง รวมทั้งคอยให้ความรู้ความเข้าใจที่ชัดเจนและยังมีความเป็นกันเองกับนักศึกษา ทำให้สามารถศึกษาปัญหาที่สงสัยได้อย่างง่ายดาย อีกทั้งอาจารย์ยังเป็นผู้ตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องของปริญญาานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ในทุกขั้นตอน เพื่อให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ออกมาอย่างสมบูรณ์ที่สุด

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่คอยรับฟังปัญหาให้คำปรึกษาเกี่ยวกับปัญหาข้อผิดพลาดเกิดขึ้น และให้ความช่วยเหลือในส่วนของตัววงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดในระหว่างการทำโครงการ อีกทั้งร่วมแก้ไขปัญหามาจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังแห่งนี้ที่ได้ให้ประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้ศึกษา ทางผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย นอกจากนี้ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณบุคลากรภาควิชาทุกท่าน เพื่อน ๆ และผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือไม่มากก็น้อย ทั้งผู้ที่มีได้กล่าวนามทุกท่านด้วย ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือจนกระทั่งปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

พิชชาพร ผลสินธุ์
รัชดาภรณ์ รุ่งอุทัย
วริน พิมพ์ภาค

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 ภาพรวมหรือโครงสร้างรวมของโครงการ.....	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการ.....	2
1.5 อุปกรณ์ที่ใช้.....	2
1.5.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware).....	2
1.5.2 ซอฟต์แวร์ (Software).....	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 องค์ประกอบของเสียง.....	4
2.1.1 คลื่นเสียง.....	4
2.1.2 ความดันเสียง (sound pressure).....	4
2.1.3 ความดัง (Loudness).....	4
2.1.4 คุณภาพของเสียง (Quality).....	4
2.1.5 ระดับเสียง (Pitch).....	5
2.2 ความรู้เกี่ยวกับเรื่องของเสียง (Acoustics).....	5
2.3 จิตวิทยาทางเสียง (Psychoacoustic).....	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IV ึ่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

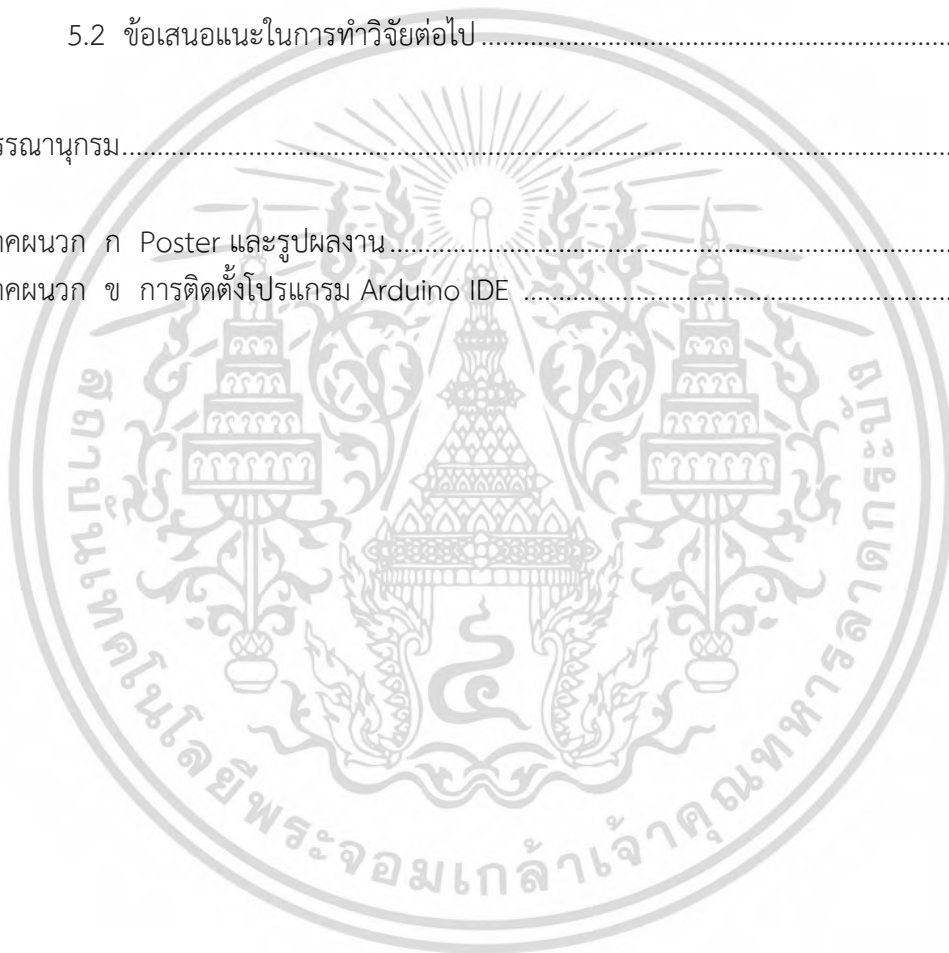
สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การออกแบบระบบเซนเซอร์	22
3.3 การออกแบบส่วนประมวลผลสัญญาณ.....	25
3.3.1 วงจรสร้างสัญญาณคลื่นพาห์ 40 kHz	25
3.3.2 วงจรมอดูเลชันแบบ Balance Modulation	26
3.3.3 ปรีแอมป์ (Pre-Amp).....	26
3.4 การออกแบบส่วนขยายสัญญาณ	27
3.4.1 วงจรขยายสัญญาณ	27
3.4.2 Power AMP Kit - LM1875	28
3.5 การออกแบบวงจรแปลงไฟ	29
3.6 การออกแบบการต่อลำโพงขยาย (Speaker Connection)	30
3.6.1 การต่อลำโพงขยาย 2 ตัว แบบอนุกรม (two speakers in Series).....	30
3.6.2 การต่อลำโพงขยาย 2 ตัว แบบขนาน (two speakers in Parallel).....	31
3.6.3 การต่อลำโพงขยาย 2 ตัว แบบผสม (Four Speakers in Series and Parallel).....	31
3.6.4 การต่อลำโพงใช้ในงานอุตสาหกรรม (Speakers in Industrial Installation).....	32
3.6.5 แสดงตัวอย่างการคำนวณ	33
บทที่ 4 ผลการทดลองในการดำเนินการโครงการ	34
4.1 การทดสอบวงจรสัญญาณพาห์ (Carrier 40 kHz).....	34
4.2 การทดสอบวงจรมอดูเลชัน (Modulation).....	35
4.3 การทดสอบวงจรขยาย (Amplifier)	36
4.4 การทดสอบเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ (Reflective Obstacle Avoidance Sensor)	39
4.5 แสดงผลการออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อนำไปใช้งาน.....	39
4.6 แสดงผลการติดตั้งลำโพงขยายเสียง และเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ.....	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VI ไปถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.6.1 การติดตั้งลำโพงขยายเสียง	40
4.6.2 การติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ.....	41
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	43
5.1 บทสรุปโครงการ	43
5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป	43
บรรณานุกรม.....	44
ภาคผนวก ก Poster และรูปผลงาน.....	47
ภาคผนวก ข การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE	50



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	หน้า 3
---------------------------------------	--------



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1. 1 ตัวอย่างโครงสร้างการกระจายเสียงเตือนผ่านลำโพงพาราเมตริกอะคูสติก	1
รูปที่ 1. 2 แผง Ultrasonic Transducer	2
รูปที่ 2. 1 ฮาร์โมนิกที่ลำดับต่าง ๆ.....	7
รูปที่ 2. 2 แสดงถึงฮาร์โมนิกลำดับที่ 3, 5 และ 7 ที่มุมต่าง ๆ ทำให้สัญญาณไซน์มีรูปผิดเพี้ยน.....	7
รูปที่ 2. 3 หลักการทำงานของอัลตราโซนิก.....	9
รูปที่ 2. 4 ระบบตรวจจับวัตถุด้วยอัลตราโซนิกเซนเซอร์	9
รูปที่ 2. 5 ลักษณะการจัดรูปแบบใหม่เฟรมของระบบตรวจจับวัตถุด้วยอัลตราโซนิกเซนเซอร์	10
รูปที่ 2. 6 การใช้ระบบอัลตราโซนิกในอุณหภูมิต่างกัน	10
รูปที่ 2. 7 การสะท้อนของลำคลื่นที่ไปกระทบวัตถุที่มีมุมต่างกัน	11
รูปที่ 2. 8 เซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared sensor)	11
รูปที่ 2. 9 อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์	12
รูปที่ 2. 10 ตัวอย่างวงจรตัวขยายสัญญาณ	13
รูปที่ 2. 11 LM741 ออปแอมป์วัตถุประสงค์ทั่วไป	14
รูปที่ 2. 12 วงจรขยายสัญญาณโดยใช้ออปแอมป์ LM741	14
รูปที่ 2. 13 สัญญาณ DSB-SC เมื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณข่าวสาร.....	16
รูปที่ 2. 14 สเปกตรัมของสัญญาณ DSB-SC เมื่อสัญญาณข่าวสารเป็นไซน์ความถี่เดียว.....	16
รูปที่ 2. 15 สัญญาณ SSB เมื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณข่าวสาร	17
รูปที่ 2. 16 สเปกตรัมของสัญญาณ SSB เมื่อสัญญาณข่าวสารเป็นไซน์ความถี่เดียว	17
รูปที่ 2. 17 การสร้างคลื่นปฐมภูมิ, ผลรวม, ความแตกต่างและความถี่ ฮาร์โมนิกต่าง ๆ ผ่านอาร์เรย์พาราเมตริกในอากาศ.....	18
รูปที่ 2. 18 บล็อกไดอะแกรมของ double sideband	19
รูปที่ 2. 19 แสดงผลลัพธ์จากวงจร Balance modulation ในความสัมพันธ์ของแกนเวลา	20
รูปที่ 2. 20 แสดงผลลัพธ์จากวงจร Balance modulation ในความสัมพันธ์ของแกนความถี่.....	20
รูปที่ 3. 1 หลักการทำงานของระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ผ่านลำโพงพาราเมตริกอะคูสติก.....	21
รูปที่ 3. 2 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ Infrared Proximity SensorE18-D80NK.....	22
รูปที่ 3. 3 แผ่นสะท้อน.....	22
รูปที่ 3. 4 บอร์ด Arduino UNO R3.....	23
รูปที่ 3. 5 บอร์ด MicroSD Card Module.....	23
รูปที่ 3. 6 การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบเซนเซอร์	23
รูปที่ 3. 7 โพลลชาร์ตแสดงการควบคุมระบบการทำงานของเซนเซอร์.....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IX อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3. 8 วงจรสร้างสัญญาณคลื่นพาร์ 40 kHz โดยใช้ NE555.....	25
รูปที่ 3. 9 ไอซีมอดูเลชัน MC1496	26
รูปที่ 3. 10 วงจรมอดูเลชันแบบ Balance Modulation โดยใช้ MC1496.....	26
รูปที่ 3. 11 วงจรภาคขยายส่วนหน้า (ปรีแอมป์)	27
รูปที่ 3. 12 ไอซีขยายสัญญาณเบอร์ UA741CN (Op-Amp).....	28
รูปที่ 3. 13 วงจรขยายสัญญาณ โดยใช้ UA741	28
รูปที่ 3. 14 วงจร Power AMP Kit - LM1875.....	29
รูปที่ 3. 15 วงจรแปลงไฟ.....	29
รูปที่ 3. 16 ไดโอดบริดจ์.....	30
รูปที่ 3. 17 ไอซีเรกูเลเตอร์ เบอร์ L7805CV.....	30
รูปที่ 3. 18 การต่อลำโพงขยาย 2 ตัวแบบอนุกรม.....	31
รูปที่ 3. 19 การต่อลำโพงขยาย 2 ตัวแบบขนาน.....	31
รูปที่ 3. 20 การต่อลำโพงขยาย 4 ตัวแบบผสม.....	32
รูปที่ 3. 21 การต่อลำโพงขยายหลายๆ ตัว.....	32
รูปที่ 3. 22 รูปแสดงตัวอย่างการคำนวณ.....	33
รูปที่ 4. 1 วงจรสัญญาณพาร์ (carrier 40 kHz).....	34
รูปที่ 4. 2 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรสัญญาณพาร์ (carrier 40 kHz)	34
รูปที่ 4. 3 วงจรมอดูเลชัน (modulation)	35
รูปที่ 4. 4 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลชัน (balance modulation: BM)	35
รูปที่ 4. 5 วงจรขยาย (amplifier) UA741, LF351N.....	36
รูปที่ 4. 6 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยาย (amplifier) UA741, LF351N	36
รูปที่ 4. 7 วงจรขยาย (amplifier) LM1875.....	37
รูปที่ 4. 8 สัญญาณเอาต์พุตของวงจร (amplifier) LM1875.....	37
รูปที่ 4. 9 กราฟแสดงค่าเอาต์พุตของ Power amplitude ที่ความถี่ 40 kHz	38
รูปที่ 4. 10 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุโดยใช้ Ultrasonic	39
รูปที่ 4. 11 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุโดยใช้ Infrared Proximity Sensor E18-D80NK.....	39
รูปที่ 4. 12 การออกแบบการต่อลำโพงขยายในสถานีแอมป์ตริงค์.....	40
รูปที่ 4. 13 การออกแบบการติดตั้งลำโพงขยายในสถานีแอมป์ตริงค์	40
รูปที่ 4. 14 ออกแบบการติดตั้งลำโพงขยายโดยตรงบนหลังคาสามเหลี่ยมเพื่อนำไปใช้จริง.....	41
รูปที่ 4. 15 ออกแบบการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุบริเวณเส้นเสียงภายในสถานี.....	41
รูปที่ 4. 16 ออกแบบการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุบริเวณเส้นเสียงภายใน สถานีเพื่อนำไปใช้จริง	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ X ังอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ก. 1 Poster	48
รูปที่ ก. 2 ลำโพงอัลตราโซนิก	49
รูปที่ ก. 3 Balance modulation Amplifier ด้านหน้า	49
รูปที่ ก. 4 Balance modulation Amplifier ด้านหลัง	49
รูปที่ ก. 5 แบบจำลองการติดตั้งเซ็นเซอร์บริเวณخانชลา	49
รูปที่ ข. 1 หน้าต่างแสดงเว็บดาวนโหลดการติดตั้งของโปรแกรม Arduino IDE.....	51
รูปที่ ข. 2 หน้าต่างแสดงการติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE เสร็จสมบูรณ์.....	52



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ XI อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

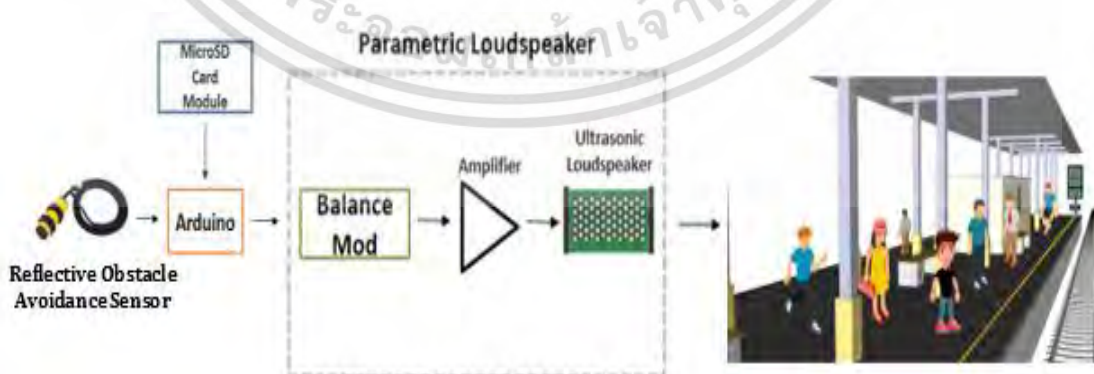
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัญหานิวรณ์เสนอระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ผ่านลำโพงพาราเมตริกอะคูสติกฉบับนี้ได้จัดทำขึ้น เนื่องจากเล็งเห็นถึงปัญหาพนักงานให้การดูแลผู้ใช้บริการได้ไม่ทั่วถึงภายในพื้นที่บริเวณสถานีรถไฟและแอร์พอร์ตลิงค์ ซึ่งทำให้ผู้ใช้บริการไม่ได้รับความปลอดภัยในการใช้บริการเท่าที่ควร เห็นได้ตามข่าวต่าง ๆ อย่างเช่นผู้ใช้บริการที่เป็นลมพัดตกลงไปในรางรถไฟจนเสียชีวิต เป็นต้น เพื่อช่วยควบคุมและดูแลความมั่นคงปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน ในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน และเพื่อเป็นการยกระดับประสิทธิภาพของสถานีรถไฟและแอร์พอร์ตเรลลิงค์ของไทยให้มีมาตรฐานด้านความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น กลุ่มของข้าพเจ้าจึงได้จัดทำปัญหานิวรณ์ด้านระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ผ่านลำโพงพาราเมตริกอะคูสติกขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

1.2 ภาพรวมหรือโครงสร้างรวมของโครงการ

ระบบจะประกอบด้วย เซนเซอร์ (Sensor) ที่ใช้ตรวจจับเมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่เข้ามาในพื้นที่เป้าหมาย แล้วส่งคำสั่งไปยังอาดูโน่ (Arduino) ให้ป้อนสัญญาณเสียงเข้าไปใน Parametric Loudspeaker (PAL) ซึ่งภายในจะประกอบด้วยวงจรบาลานซ์มอดูเลชัน (Balance Modulation: BM) ที่ทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณเสียงกับสัญญาณคลื่นพาห์ (Carrier) จากนั้นส่งสัญญาณเสียงที่ผ่านการมอดูเลตแล้วไปทำการขยายสัญญาณต่อที่วงจขยาย (Amplifier) แล้วส่งสัญญาณเสียงต่อไปยัง Ultrasonic Transducer (แสดงดังรูปที่ 1.2) เพื่อยิงคลื่นเสียงขนาดแคบ ๆ ไปยังพื้นที่เป้าหมาย แสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างโครงสร้างการกระจายเสียงเตือนผ่านลำโพงพาราเมตริกอะคูสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 แผง Ultrasonic Transducer

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อจัดให้มีระบบสั่งการแจ้งเตือนผู้ใช้บริการและเจ้าหน้าที่ เมื่อผู้ใช้บริการยื่นเลยเส้นเหลืองซึ่งเป็นบริเวณที่เสี่ยงอันตราย ระบบดังกล่าวจะช่วยวิเคราะห์ตรวจสอบการทำงาน รวมถึงติดตาม และแจ้งเตือน เพื่อเป็นการเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิผลให้แก่สถานีรถไฟและแอร์พอร์ตเรลลิงค์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการ

- วางแผนการจัดทำโครงการ
- ศึกษาการแผ่กระจายของเสียงและโครงสร้างระบบลำโพงพาราเมตริกอะคูสติกอาเรย์
- ทดลองและออกแบบ รวมถึงการสร้างวงจรบาลานซ์มอดูเลชัน (Balance Modulation : BM) วงจรพาห์ (Carrier) และวงจรขยาย (Amplifier)
- ศึกษาการแผ่กระจายของเสียงกับฉากสะท้อน ออกแบบระบบเพื่อใช้งานกับลำโพงพาราเมตริกอะคูสติกอาเรย์
- ศึกษา ทดลอง และออกแบบระบบเซนเซอร์ตรวจจับบุคคลที่เข้ามาในพื้นที่เป้าหมาย
- ออกแบบตำแหน่งในการติดตั้งลำโพงและเซนเซอร์ภายในสถานีรถไฟ
- จัดทำต้นฉบับปริญญานิพนธ์

1.5 อุปกรณ์ที่ใช้

1.5.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

- เครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
- ลำโพงพาราเมตริก จำนวน 2 ชุด
- ออสซิลโลสโคปและอุปกรณ์ต่อพ่วง จำนวน 1 ชุด
- เครื่องขยายสัญญาณเสียง (Power Amplifier) จำนวน 1 เครื่อง
- เครื่องกำเนิดความถี่ (Function Generator) และอุปกรณ์ต่อพ่วง จำนวน 1 ชุด

1.5.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

- โปรแกรมแมตแล็บ (MATLAB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ID	Project Plan	2017					2018				
		Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May
1	วางแผนการทำโครงการ	■									
2	ศึกษาการแผ่กระจายของเสียง, โครงสร้างระบบลำโพงพาราเมตริกอะคูสติกอาเรย์		■								
3	ศึกษาเกี่ยวกับการประมวลผลสัญญาณ		■	■							
4	ทดลองและสร้างวงจร Balance Modulation (BM), ออกแบบและสร้างวงจรขยาย		■	■							
5	ศึกษาการแผ่กระจายของเสียงกับฉากสะท้อน, ออกแบบระบบและสร้างลำโพง			■	■	■					
6	ศึกษาระบบเซนเซอร์ตรวจจับระยะทาง			■	■	■					
7	ออกแบบตำแหน่งในการติดตั้งลำโพงและเซนเซอร์ในสถานีรถไฟ				■	■	■	■			
8	ทดลองจากการออกแบบ						■	■			
9	จัดทำต้นฉบับปริญญาานิพนธ์								■	■	■

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 องค์ประกอบของเสียง

2.1.1 คลื่นเสียง

เสียง เป็นคลื่นเชิงกลที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุสั่นสะเทือนทำให้เกิดการอัดตัวและขยายตัวของคลื่นเสียงส่งผ่านตัวกลาง เช่น อากาศ ไปยังหูของมนุษย์ เสียงสามารถเดินทางผ่านสสารในสถานะก๊าซ ของเหลว และของแข็ง แต่ไม่สามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้ คลื่นเสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุเกิดการสั่นสะเทือนจะเกิดการถ่ายโอนพลังงานให้กับอนุภาคของตัวกลางทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่นแล้วถ่ายโอนไปยังอนุภาคอื่น ๆ ที่อยู่ข้างเคียงให้สั่นตามเป็นอย่างนี้ต่อเนื่องไปเรื่อยจนกระทั่งถึงอนุภาคตัวกลางที่อยู่ติดกับเยื่อแก้วหู อนุภาคเหล่านี้สั่นไปกระทบเยื่อแก้วหูทำให้เยื่อแก้วหูสั่นตามจึงทำให้เราได้ยินเสียง

คลื่นเสียง คือคลื่นตามยาวซึ่งหูของมนุษย์สามารถได้ยินเสียงได้ โดยคลื่นนี้มีความถี่ตั้งแต่ประมาณ 20 เฮิร์ตซ์ ถึง 20,000 เฮิร์ตซ์ ความถี่เสียงในช่วงนี้เรียกว่า audio frequency สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วงความถี่คือ ช่วงความถี่ต่ำอยู่ในช่วงประมาณ 20-500 เฮิร์ตซ์ ความถี่ปานกลางอยู่ในช่วงประมาณ 500-5,000 เฮิร์ตซ์ และช่วงความถี่สูงอยู่ในช่วงประมาณ 5,000-20,000 เฮิร์ตซ์

2.1.2 ความดันเสียง (sound pressure)

ความดันเสียง หมายถึง ค่าความดันของคลื่นเสียงที่เปลี่ยนแปลงไปจากความดันบรรยากาศปกติ ซึ่งค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือค่าความสูงคลื่นหรือแอมพลิจูด การตอบสนองของหูต่อความดันเสียงไม่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่มีความสัมพันธ์ในลักษณะของลอการิทึม ดังนั้นค่าระดับความดันเสียงที่อ่านได้จากการตรวจวัดโดยเครื่องวัดเสียงนั้นเป็นค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบกับความดันเสียงอ้างอิงแล้ว มีหน่วยวัดเป็น เดซิเบล (Decibel: dB)

2.1.3 ความดัง (Loudness)

ความดัง หมายถึง ความรู้สึกได้ยินของมวลมนุษย์ว่าดังมากดังน้อย ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่อาจวัดด้วยเครื่องมือใด ๆ ได้โดยตรง ความดังเพิ่มขึ้นตามความเข้มเสียง ความรู้สึกเกี่ยวกับความดังจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับความเข้มเสียง โดยถ้า I แทนความเข้มเสียง ความดังของเสียงจะแปรผันโดยตรงกับ $\log(I)$ หรืออาจกล่าวได้ว่า ความดังก็คือระดับความเข้มเสียงนั่นเอง หูของมนุษย์สามารถรับเสียงที่มีความดังน้อยที่สุดคือ 0 dB และมากที่สุดคือ 120 dB

2.1.4 คุณภาพของเสียง (Quality)

คุณภาพของเสียง หมายถึง คุณลักษณะของเสียงที่มนุษย์ได้ยิน เมื่อมีการฟังเพลงจากวงดนตรี เครื่องดนตรีทุกชนิดจะเล่นเพลงเดียวกัน แต่มนุษย์สามารถแยกได้ว่าเสียงที่ได้ยินนั้นมาจากดนตรีประเภทใด ความสามารถในการแยกลักษณะของเสียงได้เนื่องจากคลื่นเสียงทั้งสองมีคุณภาพของเสียงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างกัน คุณภาพของเสียงนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนโอเวอร์โทนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงนั้น ๆ และแสดงออกมาเด่น จึงไพเราะต่างกัน นอกจากนี้คุณภาพของเสียงยังขึ้นกับความเข้มของเสียงอีกด้วย

2.1.4.1 อิมพีแดนซ์ (สัญลักษณ์ Z) คือ ค่ารวมทั้งหมดที่ต้านกระแสในวงจร หรืออาจเรียกว่าเป็นทั้งหมดในวงจรที่ขวาง (impedes) การไหลของกระแส มีลักษณะคล้ายกับความต้านทานแต่ต้องคำนึงถึงผลกระทบของความจุและการเหนี่ยวนำด้วย อิมพีแดนซ์มีหน่วยวัดเป็นโอห์ม สัญลักษณ์คือ ohm

อิมพีแดนซ์มีความซับซ้อนมากกว่าความต้านทาน เพราะหากความถี่ของกระแสที่ไหลผ่านวงจรเปลี่ยนแปลง จะมีผลต่ออิมพีแดนซ์ของตัวความจุและตัวเหนี่ยวนำ หรืออาจกล่าวได้ว่า

ค่าอิมพีแดนซ์เปลี่ยนแปลงตามความถี่ แต่การเปลี่ยนแปลงความถี่จะไม่มีผลกระทบต่อตัวต้านทานแต่อย่างใด ปริมาณทางไฟฟ้าสี่ตัวที่เป็นสิ่งกำหนดอิมพีแดนซ์ (Z) ของวงจรคือ : ความต้านทาน (R), ความจุ (C), ความเหนี่ยวนำ (L) และ ความถี่ (f)

อิมพีแดนซ์สามารถแยกเป็นสองส่วนคือ:

- ความต้านทาน R (เป็นส่วนที่คงที่โดยไม่คำนึงถึงความถี่)
- รีแอกแตนซ์ X (เป็นส่วนที่เปลี่ยนแปลงตามความถี่ เนื่องจากความจุและความเหนี่ยวนำ)

2.1.5 ระดับเสียง (Pitch)

ระดับเสียง หมายถึง เสียงที่มีความยาวคลื่นและความถี่ต่างกัน โดยเสียงที่มีความถี่สูงจะมีระดับเสียงสูง ส่วนเสียงที่มีความถี่ต่ำจะมีระดับเสียงต่ำ ถ้าระดับเสียงต่างกันมากจะทำให้ฟังง่าย ถ้าต่างกันเพียงเล็กน้อยจะทำให้ฟังยาก การกำหนดระดับเสียงได้มาจากการวัดความถี่ของคลื่น โดยจะมีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที

2.2 ความรู้เกี่ยวกับเรื่องของเสียง (Acoustics)

Acoustics ได้แก่ การทำให้เกิดเสียง, การแผ่กระจายของเสียง, การยึดเยื่อของเสียง, และคุณสมบัติการเก็บและดูดซึมเสียง การจัดงานขยายเสียงภายในสถานที่ เจ้าหน้าที่ขยายเสียงควรจะทราบถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับเสียงของห้องนั้น ซึ่งได้แก่

1. คุณสมบัติในการยึดเยื่อของเสียง (Reverberation) และระยะเวลาการยึดเยื่อของเสียง (Reverberation time) ซึ่งรวมทั้งความก้องของเสียงหรือ Echo ที่อยู่ในห้องนั้นด้วย
2. คุณสมบัติในการกระจายของเสียงภายในห้อง
3. คุณสมบัติของวัตถุที่อยู่ในห้องในการที่จะเกิดการสั่นสะเทือนขึ้น เมื่อได้รับการสั่นสะเทือนของอากาศอันเกิดจากคลื่นเสียง วัตถุทุกชนิดจะมีคุณสมบัติประจำตัวที่จะสามารถสั่นสะเทือน ได้มากที่สุดในระยะความถี่หนึ่ง เรียกว่า ความถี่ เรโซแนนซ์ (resonant) ของวัตถุนั้นจะสั่นสะเทือนได้มากที่สุดทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงความถี่นั้นดังกว่าเสียงอื่น ๆ
4. ระดับรบกวนของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ภายในห้องนั้นจากคุณสมบัติเกี่ยวกับเสียงของห้องดังกล่าวนี้จะเป็นแนวทางในการพิจารณาหาขนาดคุณภาพของเครื่องขยายเสียงตลอดจนชนิดของไมโครโฟน และลำโพงขยายที่จะใช้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 จิตวิทยาทางเสียง (Psychoacoustic)

จิตวิทยาทางเสียง หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับประสาทสัมผัสของมนุษย์ด้านการได้ยิน ได้มีการนำไปประยุกต์ใช้งานด้านการประมวลสัญญาณเสียงจำเป็นต้องทราบถึงลักษณะการได้ยินของมนุษย์ ซึ่งมีลักษณะที่สามารถอธิบายได้ตามต่อไปนี้

มนุษย์สามารถได้ยินเสียงย่านความถี่ต่ำสุดที่ 20 เฮิรตซ์และสูงสุดไม่เกิน 22 กิโลเฮิรตซ์ นั่นหมายถึงช่วงวัยที่โสตประสาทสัมผัสยังไม่ถูกทำลายด้วยเสียงรบกวนรอบข้างยอดวันที่ต่าง ๆ ที่กล่าวถึงนี้ โดยส่วนใหญ่จะเป็นทารกจนถึงช่วงอนุบาล และเมื่ออายุมากขึ้น มนุษย์เราจะได้ยินที่ความถี่น้อยลง มนุษย์ในสภาวะปกติจะได้ยินเสียง 20 เฮิรตซ์ ถึง 22,000 เฮิรตซ์ แต่ถ้าหากอายุมากขึ้นก็จะลดลงตามสัดส่วนความถี่ต่ำที่ลึกลงกว่านี้ประสาทสัมผัสจะพบได้ที่ผิวหนัง

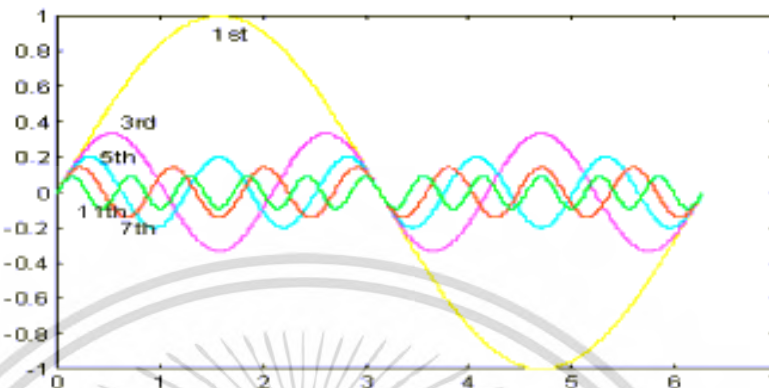
การแยกแยะความถี่เสียง 2 ความถี่ของมนุษย์มีลักษณะไม่เชิงเส้นตลอดย่านความถี่ที่มนุษย์สามารถรับรู้ ซึ่งหมายถึงการแยกแยะความถี่เปรียบเทียบระหว่างสองความถี่เสียงของมนุษย์นั้นจะไม่เป็นเชิงเส้นย่านความถี่เสียงต่ำ โสตประสาทสามารถแยกแยะได้เมื่อความถี่นั้นนั้นแตกต่างกันเพียงไม่กี่เฮิรตซ์ ยกตัวอย่างเช่น การแยกความถี่ระหว่าง 50 เฮิรตซ์ และ 55 เฮิรตซ์ ในขณะที่ความถี่เสียงสูงหรือย่านความถี่เสียงแหลมของมนุษย์จะสามารถแยกแยะความต่างได้น้อยกว่า ยกตัวอย่างเช่น การแยกความถี่ 2 กิโลเฮิรตซ์ จากความถี่ที่ห่างออกไปสองสามออกเทปัว อย่างเช่นที่ 4 เฮิรตซ์ หรือ 8 กิโลเฮิรตซ์ แต่แทบจะไม่สามารถแยกแยะความถี่ 2 กิโลเฮิรตซ์ กับ 2.5 กิโลเฮิรตซ์

การอำพรางของเสียง (Sound masking) เป็นการเพิ่มขึ้นของเสียงทับซ้อนกัน เมื่อมีสิ่งที่ทำให้มนุษย์ไม่ได้ยินเสียงหนึ่ง เนื่องจากการมีอยู่ของอีกเสียงหนึ่ง เรียกการอำพรางของเสียง ซึ่งจะมีปรากฏการณ์นี้ก็ต่อเมื่อเสียงอันเป็นผลกระทบของการได้ยินเริ่มมีความถี่ทับซ้อนบดบังกัน ซึ่ง Masking แบ่งออกเป็นสองประเภท ดังต่อไปนี้

1. simultaneous masking : หมายถึง การที่มีเสียงกระตุ้นตั้งแต่ 2 เสียง ปรากฏในระบบเสียง เมื่อใช้เครื่องมือจับวัด จะปรากฏเงาซ้อนให้เห็น ทำให้มนุษย์รับรู้ว่ามีพลังงานเหล่านี้เกิดขึ้นมา จะสามารถทำนายว่ารูปร่างของเสียงที่เกิดใหม่ซ้อนทับความถี่เดิม มีรูปร่าง ขนาดอย่างไร และผลกระทบของเสียงมากน้อยเท่าใด
2. non-simultaneous masking : หมายถึงการแอบซ้อนของเสียง ในช่วงเวลาที่เกิดขึ้นก่อนหน้า และผลเกิดภายหลังของเสียงที่กระตุ้น

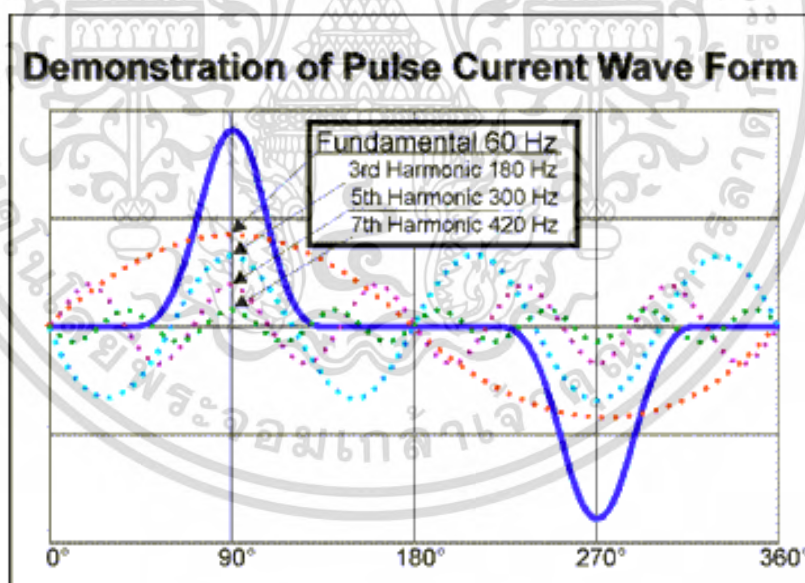
2.4 ฮาร์โมนิก (Harmonic)

ฮาร์โมนิก คือส่วนประกอบในรูปสัญญาณคลื่นไซน์ (Sine wave) ของสัญญาณหรือปริมาณเป็นคาบใด ๆ ซึ่งมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่หลักมูล เช่นฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 มีความถี่เป็น 150 Hz และฮาร์โมนิกลำดับที่ 5 มีความถี่เป็น 250 Hz แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ฮาร์โมนิกที่ลำดับต่าง ๆ

ผลของฮาร์โมนิกเมื่อรวมกันกับสัญญาณความถี่หลักมูลทางขนาด (Amplitude) และมุมเฟส (Phase Angle) ทำให้สัญญาณที่เกิดขึ้นมีขนาดเปลี่ยนไปและมีรูปสัญญาณเพี้ยนไปจากสัญญาณคลื่นไซน์แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงถึงฮาร์โมนิกส์ลำดับที่ 3, 5 และ 7 ที่มุมต่าง ๆ ทำให้สัญญาณไซน์ที่มีรูปร่างผิดเพี้ยน

2.4.1 ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิกรวม

มาตรฐาน International Electrotechnique Commission : IEC และ มาตรฐาน Institute of Electrical and Electronic Engineers : IEEE ใช้ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิกส์ Total Harmonic Distortion : %THD เป็นค่าบอกระดับความเพี้ยนฮาร์โมนิก โดยเทียบจากอัตราส่วนระหว่างค่ารากที่สองของผลบวกกำลังสองของส่วนประกอบฮาร์โมนิก กับค่าของส่วนประกอบความถี่

หลักมูลจะเทียบเป็นร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อัลตราโซนิก (Ultrasonic)

อัลตราโซนิก หมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 kHz เท่านั้น แต่ผู้ที่มีอายุยังน้อย อาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้ว คำว่า อัลตราโซนิก หมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 kHz ขึ้นไป แล้วจะสูงขึ้นจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุจำกัดเอาไว้

สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอัลตราโซนิกมาใช้ เนื่องจากเป็นคลื่นที่มีทิศทางทำให้เราสามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง ซึ่งเป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง การยิ่งคลื่นที่มีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นจะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นออกมา) ของตัวกำเนิดเสียงความถี่นั้น เช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตร ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมากจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมากมายคลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่น แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตราโซนิก อย่างเช่น 40 kHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มิลลิเมตรเท่านั้น ซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มากคลื่นเสียงจะไม่มีอาการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ หรือที่เราเรียกว่า “มีทิศทาง”

2.6 เซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic sensor)

การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิก สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานหลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยส่งกระแยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น คลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 kHz เพราะที่ความถี่สูงเกินกว่านี้ อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานด้านการแพทย์ซึ่งต้องการรัศมีทำการสั้น ๆ ก็อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 MHz ถึง 10 MHz ขณะที่ความถี่เป็น GHz (10⁹ Hz) ก็มีใช้กันในหลาย ๆ การใช้งานที่ตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านไม่ใช่ในอากาศ

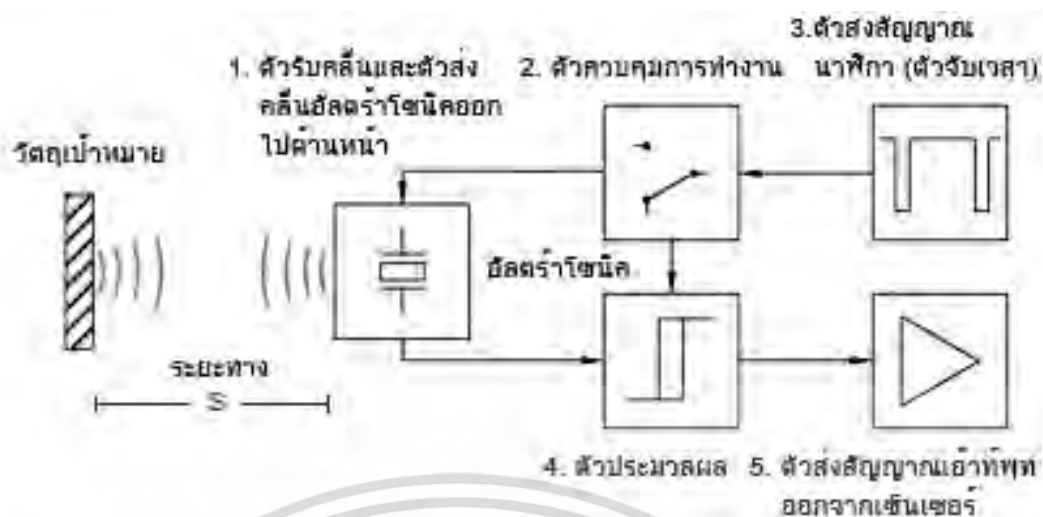
2.6.1 เซนเซอร์ตรวจจับด้วยพลังงานเสียง (Ultrasonic Sensors)

อัลตราโซนิกเซนเซอร์ส่งสัญญาณพัลส์ของพลังงาน ซึ่งเป็นการเดินทางของความเร็วเสียง การลดทอนของพลังงานที่ถูกสะท้อนกลับมาจากวัตถุเสียงนี้เป็นการสะท้อนกลับจากวัตถุแล้วเดินทางกลับไปยังเซนเซอร์ โดยการตรวจจ็กระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปกลับของเสียงเมื่อมีการตกกระทบจากวัตถุแล้วนำมาคำนวณเป็นระยะทาง

2.6.2 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์หน้าที่และการทำงาน

อัลตราโซนิกเซนเซอร์ประกอบด้วย ตัวตรวจจับด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ชุดส่งสัญญาณ ชุดประมวลผลและชุดเอาต์พุต แสดงดังรูปที่ 2.3

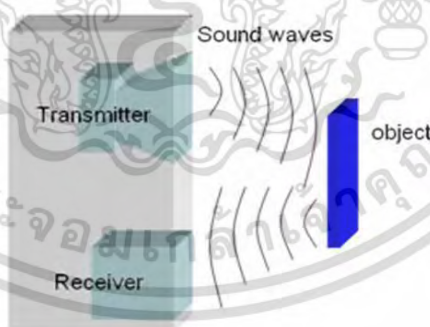
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของอัลตราโซนิก

ในส่วนของภาครับและภาคส่ง อาจมีระบบซึ่งประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ แยกกันอยู่ 2 ส่วน ในระหว่างการทำงาน เซ็นเซอร์จะทำการส่งสัญญาณเสียงซึ่งเรียกว่า “ซาวด์พาร์เซลส์” (Sound parcels) ให้ขบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ ของเวลาทำงานไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีการรับการสะท้อนครั้งแรกเกิดขึ้น

สำหรับการทำงานเป็นวงจรของอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ จะส่งผ่านคลื่นพัลส์เสียงที่ช่วงเวลาสม่ำเสมอหรือช่วงเวลาเปลี่ยนแปลง คลื่นเสียงที่ปล่อยออกไปจะถูกสะท้อนได้โดยวัตถุที่เหมาะสม โดยเซ็นเซอร์และระบบการทำงานจะรับการสะท้อนของคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมา (ดังแสดงในรูปที่ 2.4) ความกว้างของคลื่นพัลส์ของเสียงอยู่ในช่วง 2.0 – 200 ไมโครวินาที

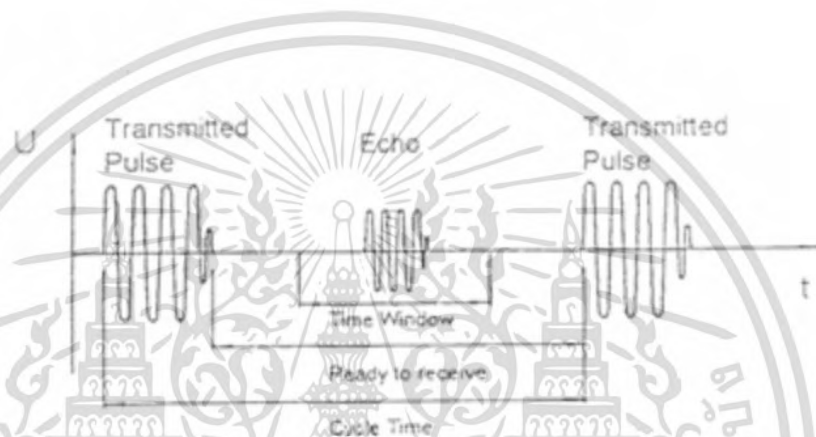


รูปที่ 2.4 ระบบตรวจจับวัตถุด้วยอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์

จากรูปที่ 2.4 ระยะเวลาในการเดินทางของคลื่นพัลส์ของคลื่นเสียงเป็นการวัดระยะห่างจากวัตถุ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเซ็นเซอร์ ระยะห่างนี้นำไปแสดงในรูปของสัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) เช่น 0-20 mA และสัญญาณลอจิก (Logic Signal) เช่น สัญญาณลอจิก 8 bit ตลอดจนซีเรียลอินเตอร์เฟส Serial Interface (RS232) หรือการเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงในรูปของสวิตช์พัลส์ที่เรียกว่า ไทม์เฟรม (Time Frame)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

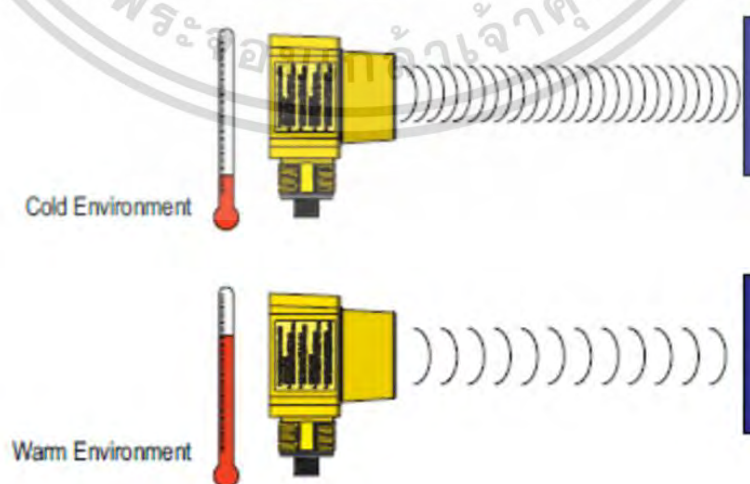
เนื่องจากขบวนการดำเนินไปตามเวลาที่คลื่นสะท้อนเดินทาง ไม่ใช่เป็นไปตามความเข้มของคลื่นสะท้อน จึงจัดได้ว่าอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ มีข้อดีเหนือกว่าเซนเซอร์แบบออปติคัล (Optical Sensor) เวลาที่คลื่นสะท้อน การเดินทางจะทำให้ขบวนการดำเนินโดยไม่ขึ้นกับความเข้มของคลื่นสะท้อนตรงเท่าที่วัตถุยังคงสะท้อนคลื่นที่สามารถตรวจจับได้ออกมา ดังนั้นคุณลักษณะการสวิตช์ไม่เปลี่ยนแปลง แม้ในสถานะที่การสะท้อนเป็นไปอย่างไม่ดีคลื่นสะท้อนที่อ่อนจะมีผลต่อความถูกต้องในการตรวจจับวัตถุ ซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถทำการตรวจจับวัตถุได้เลย ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงของคลื่นพัลส์ของเสียง มีผลกระทบต่อพิสัย การทำงานของสวิตช์ ระยะทางโดยตรงเซ็นเซอร์ทำงานด้วยวงจรวจรเวลาที่คงที่ เช่น $t = 20 \text{ ms}$ จะส่งคลื่นเสียงออกมาอย่างสม่ำเสมอ (ดังแสดงในรูปที่ 2.5) ดังนั้นวงจรวจรจะเป็นตัวกำหนดช่วงและวงจรถ่ายการทำงานของสวิตช์ของเซนเซอร์



รูปที่ 2.5 ลักษณะการจัดรูปแบบใหม่เฟรมของระบบตรวจจับวัตถุด้วยอัลตราโซนิกเซนเซอร์

2.6.3 ผลกระทบของอุณหภูมิ (Temperature Effect)

ความไวของเสียงขึ้นอยู่กับแรงดัน และอุณหภูมิของก๊าซที่เสียงเดินทางผ่าน ในการประยุกต์ใช้อัลตราโซนิกส่วนใหญ่องค์ประกอบอื่น ๆ และแรงดันของก๊าซจะถูกกำหนดให้มีความสัมพันธ์กัน ในขณะที่อุณหภูมิไม่ได้ถูกกำหนดไว้ โดยความไวของเสียงจะเพิ่มขึ้น 1 % ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 10° F (6° C) แสดงดังรูปที่ 2.6

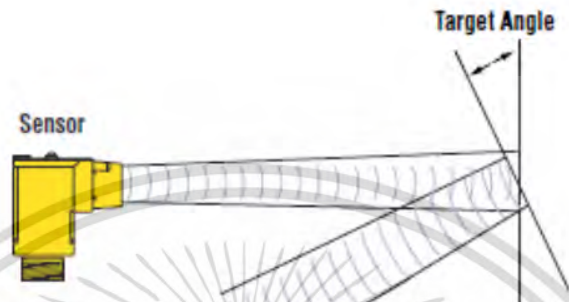


รูปที่ 2.6 การใช้ระบบอัลตราโซนิกในอุณหภูมิที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 มุมของวัตถุ (Target Angle)

วัตถุที่มีลักษณะแบนที่ตั้งกับแกนของลำแสงจะสะท้อนพลังงานเสียงไปยังเซนเซอร์ได้มากที่สุด (แสดงดังรูปที่ 2.7) ดังนั้นถ้ามุมของวัตถุเพิ่มมากขึ้น พลังงานโดยรวมจะส่งกลับไปยังเซนเซอร์ได้น้อยลง สำหรับอัลตราโซนิก ส่วนใหญ่มุมของวัตถุควรจะน้อยกว่า หรือเท่ากับ 10 องศา



รูปที่ 2.7 การสะท้อนของลำคลื่นที่ไปกระทบวัตถุที่มีมุมต่างกัน

2.6.5 กระแสอากาศ (Air Currents)

กระแสอากาศที่มาจากลม พัดลม และอุปกรณ์นิวแมติกหรือแหล่งอื่น ๆ สามารถรบกวนเส้นทางของพลังงานเสียงได้ ดังนั้นเซนเซอร์อาจจะไม่สามารถตรวจจับวัตถุในสภาพแวดล้อมดังกล่าวได้

2.7 เซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared sensor)

เป็นอุปกรณ์ตรวจจับที่แสดงสภาวะการทำงานได้เพียง 2 สภาวะเท่านั้น คือ ระดับต่ำกว่าหัววัด และระดับที่เริ่มสัมผัสกับหัววัด จึงเป็นการวัดระดับแบบจุด สามารถติดตั้งสวิตช์ตัดต่อเพื่อใช้ในการควบคุมระดับของเหลวได้ (ดังแสดงในรูปที่ 2.8)

เซนเซอร์ชนิดนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทอาศัยการสะท้อนของคลื่น และประเภทอาศัยการหักเหของคลื่น เซนเซอร์วัดระดับชนิดนี้ หากมีหยดของเหลวเกาะที่บริเวณปริซึมทำให้ค่าความเข้มของคลื่นอินฟราเรด (infrared) ลดต่ำลง ค่าที่วัดได้จึงคลาดเคลื่อน (error)



รูปที่ 2.8 เซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared sensor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 อินฟราเรด (Infrared)

อินฟราเรด คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วง 10¹¹ – 10¹⁴ เฮิรตซ์ หรือความยาวคลื่น 10 มิลลิเมตร – 10 ไมโครเมตร เรียกว่ารังสีอินฟราเรด หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าคลื่นความถี่สั้น (Millimeter waves) ซึ่งจะมีย่านความถี่คาบเกี่ยวกับย่านความถี่ของคลื่นไมโครเวฟอยู่บ้างวัตถุร้อนจะแผ่รังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 10⁻⁴ เมตรออกมา ประสาทสัมผัสทางผิวหนังของมนุษย์สามารถรับรังสีอินฟราเรด

2.7.2 หลักการทำงานของเซนเซอร์อินฟราเรด

หลักการของเครื่องฉายเสปคตรัม ใช้หลักการเลี้ยวเบนของคลื่นแสงโดยเมื่อแสงผ่าน Diffraction Grating จะเลี้ยวเบนออกตามความยาวคลื่นที่แตกต่างกันจึงจะได้ออกมาเป็นแถบเสปคตรัม ต่างจากการใช้ปริซึมซึ่งจะใช้หลักการหักเหของแสงในการสร้างแถบเสปคตรัมส่วนอินฟราเรด เซนเซอร์ ใช้หลักการ PhotoDiod ที่ไวต่อช่วงความยาวคลื่นในย่านของอินฟราเรด (Infrared) โดยสามารถตรวจวัดได้ตลอดช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็นจนถึงย่านอินฟราเรด (Infrared) แต่จะไวต่ออินฟราเรด (Infrared) มากที่สุด

2.7.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่ทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปแบบสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ภายในชิปจะมีหน่วยความจำ และพอร์ตอยู่ในชิปเพียงตัวเดียว ซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิปเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือแทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโพรเซสเซอร์ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ ส่วนอินพุตหรือเอาต์พุต บางส่วนเข้าไปในตัวไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา วงจรการสื่อสาร อนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล เป็นต้น สรุปคือ Microcontroller = Microprocessor + Memory + I/O

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์ เตาอบไมโครเวฟ เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้งานควบคุมหลายประการ ซึ่งสามารถยกตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้

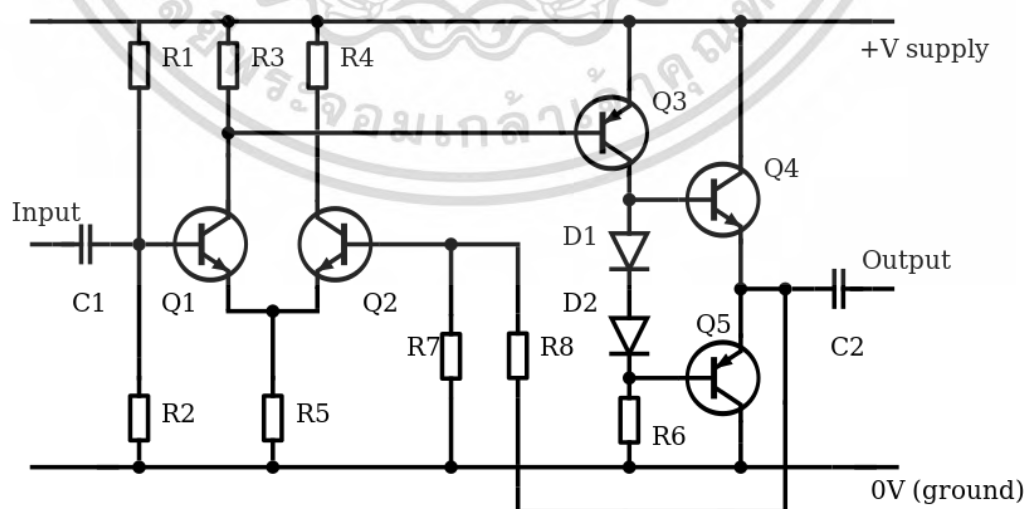
- ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโพรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
- ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อหลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกัน ซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายใน และความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกันทำให้เลือกใช้กับงานได้อย่างเหมาะสม

2.8 การขยายสัญญาณ

2.8.1 ตัวขยายสัญญาณ

ตัวขยายสัญญาณ หรือวงจรขยายสัญญาณ (Electronic Amplifier or Amplifier) เรียกสั้น ๆ ว่า Amp เป็นอุปกรณ์หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ช่วยเพิ่มขนาดหรือกำลังของสัญญาณ โดยการใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายไฟและการควบคุมสัญญาณเอาต์พุตให้มีรูปร่างเหมือนสัญญาณอินพุต แต่มีขนาดใหญ่กว่า ในความหมายนี้ตัวขยายสัญญาณทำการกล้ำสัญญาณ (modulate) เอาต์พุตของแหล่งจ่ายไฟ แสดงดังรูปที่ 2.10



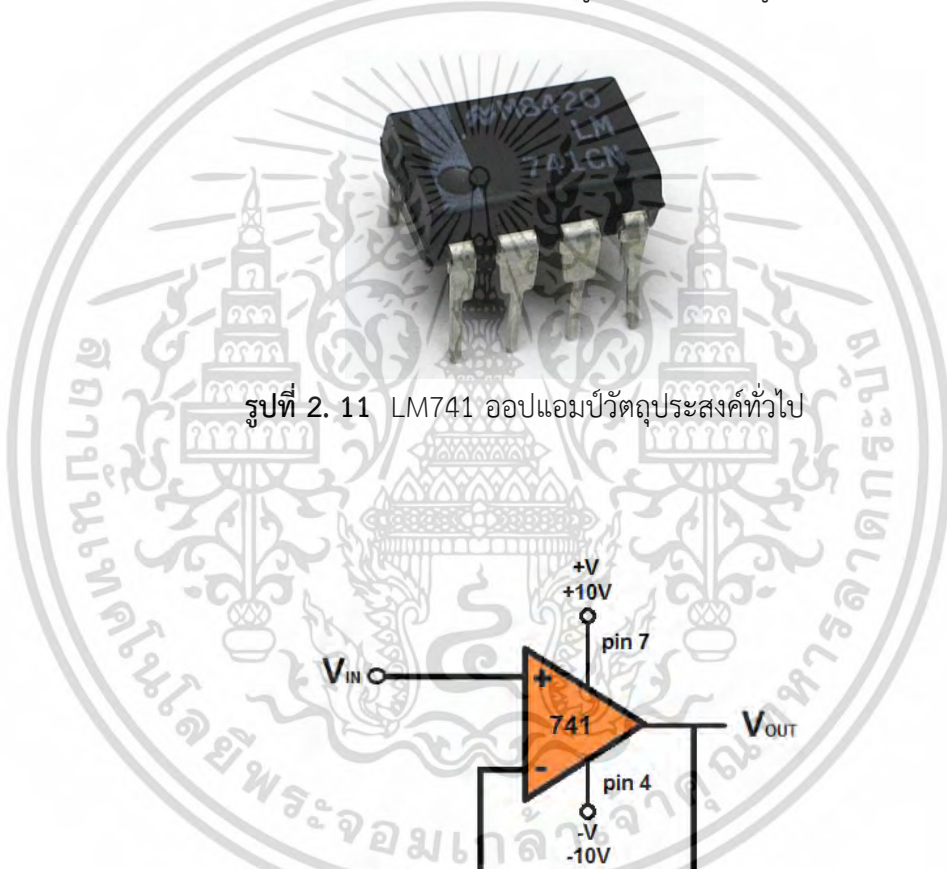
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างวงจรตัวขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

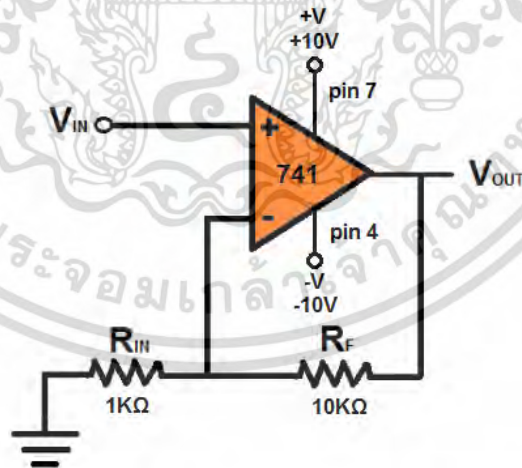
ตัวขยายอิเล็กทรอนิกส์มีสี่ประเภทพื้นฐาน ได้แก่ ตัวขยายแรงดัน ตัวขยายกระแส ตัวขยาย transconductance และตัวขยาย transresistance ความแตกต่างอยู่ที่สัญญาณเอาต์พุตจะแทนความหมายของสัญญาณอินพุตแบบเชิงเส้นหรือแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ตัวขยายสัญญาณยังสามารถถูกแยกประเภทโดยการแทนที่ทางกายภาพในขบวนการของสัญญาณด้วย

2.8.2 วงจรขยายสัญญาณ (Operational amplifiers; op-amps)

วงจขยายสัญญาณ หรือเรียกสั้น ๆ ว่า ออปแอมป์ (op-amps) ที่มีเกนแบบวงเปิด (open loop gain) สูงมาก และเป็นวงจรที่มีอินพุตสองชุดที่มีค่าแตกต่างกันและถูกปิดแบคจากภายนอกเพื่อควบคุมฟังก์ชันการถ่ายโอนหรือเกน แม้ว่าวันนี้คำว่าออปแอมป์โดยทั่วไปนำไปใช้กับวงจรรวม การออกแบบวงจขยายสัญญาณแต่เดิมจะใช้วาล์ว แสดงดังรูปที่ 2.11 และ รูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 LM741 ออปแอมป์วัตุดิบอุตสาหกรรมทั่วไป



รูปที่ 2.12 วงจขยายสัญญาณโดยใช้ออปแอมป์ LM741

2.9 การกล้ำสัญญาณ (Modulation)

เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติบางประการของสัญญาณความถี่สูงหรือที่เรียกว่า คลื่นพาห์ ให้มีการแปรเปลี่ยนไปตามลักษณะบางประการของสัญญาณผสม (Modulating signal) ทั้งนี้ เพื่อให้สัญญาณคลื่นพาห์ที่ส่งออกจากผู้ส่งออกจากผู้ไปถึงผู้รับนั้น ได้นำพาสารสนเทศที่ต้องการ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เผยแพร่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งติดตามตัวไปด้วย นอกจากนี้การผสมคลื่นยังมีความมุ่งหมายเพื่อให้การขนส่งสารสนเทศนั้นมีประสิทธิภาพสูงและเชื่อถือได้ (Reliable) และยังสามารถป้องกันการรบกวนจากสัญญาณตามธรรมชาติภายนอกได้ในหลายกรณีอีกด้วย

2.9.1 การผสมสัญญาณเชิงขนาด

การผสมสัญญาณเชิงขนาดเป็นการแปรเปลี่ยนขนาดแรงดันของสัญญาณคลื่นพาห์ ตามค่าขณะหนึ่งขณะใด (Instantaneous value) ของระดับแรงดันสัญญาณเสียงหรือสัญญาณข่าวสารที่ต้องการผสมเข้าไปในสัญญาณคลื่นพาห์ ในทำนองเดียวกันกับสัญญาณคลื่นพาห์ เมื่อพิจารณาสัญญาณผสมที่มีค่าความถี่เดียวคงที่ค่าหนึ่ง สามารถเขียนสมการของสัญญาณเสียง หรือสัญญาณข่าวสารที่ต้องการผสมได้ดังสมการที่ (2.1)

$$e_m = E_m \cos(\omega_m t + \phi_m) \quad (2.1)$$

โดย e_m เป็นค่าขนาดแรงดัน ณ เวลาใด ๆ ของสัญญาณผสม มีหน่วยเป็นโวลต์ [V]
 E_m เป็น ค่าขนาดแรงดันสูงสุดของสัญญาณผสม มีหน่วยเป็นโวลต์ [V]
 t เป็น ค่าความถี่เชิงมุมของสัญญาณผสม มีหน่วยเป็นเรเดียน [radian/s]
 ω_m เป็น ค่าเวลา มีหน่วยเป็นวินาที [seconds]
 ϕ_m เป็น ค่ามุมเฟสของสัญญาณผสม มีหน่วยเป็นเรเดียน [radian]

ในกรณีของการผสมสัญญาณเชิงขนาดไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าของมุมเฟสและความถี่ของสัญญาณคลื่นพาห์ และเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์สัญญาณ จึงตัดการพิจารณาในเรื่องของมุมเฟสของทั้งสัญญาณคลื่นพาห์และสัญญาณผสม จากสมการที่ (2.2) และ (2.3)

$$e_c = E_c \cos \omega_c t \quad (2.2)$$

$$e_{AM} = E_m \cos \omega_m t \quad (2.3)$$

การผสมเชิงขนาดแบบ Amplitude Modulation : AM โดยการตัดคลื่นพาห์ (Double-Sideband Suppress Carrier) การตัดไม่ส่งทอมแระกออกไปจึงไม่ทำให้ข่าวสารสูญเสียไปแต่อย่างใด แต่กลับทำให้ลดกำลังในการส่ง จึงเป็นที่มาของการส่งสองแถบข้างโดยการตัดคลื่นพาห์ ที่เรียกว่า Double-Sideband Suppress Carrier : DSB-SC จากการกำหนดคลื่นพาห์และสัญญาณข่าวสาร

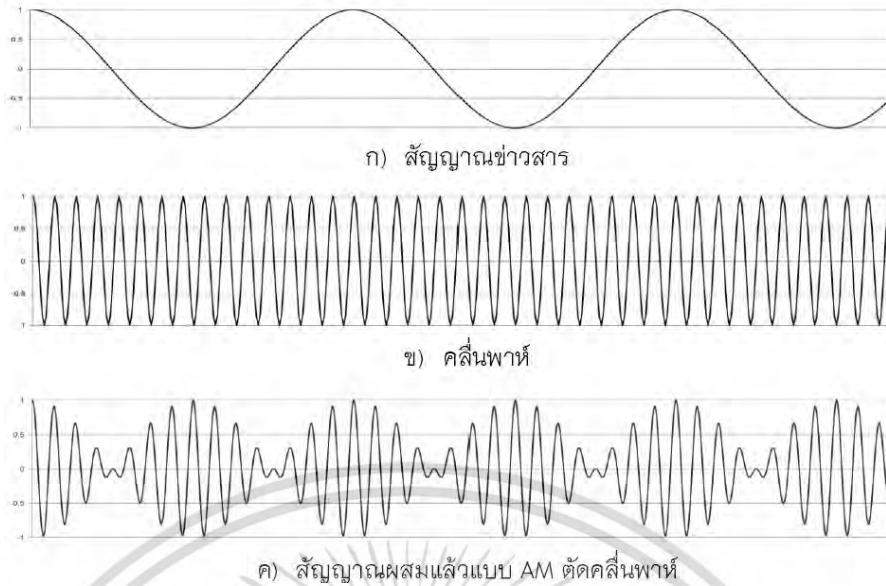
$$e_{AM} = E_{AM} \cos \omega_c t = (E_c + E_m \cos \omega_m t) \cos \omega_c t \quad (2.4)$$

หรือ

$$e_{AM} = E_c (1 + m \cos \omega_m t) \cos \omega_c t \quad (2.5)$$

ดังนั้น จะได้รูปสัญญาณ Double-Sideband Suppress Carrier เมื่อเปรียบเทียบกับคลื่นพาห์เดิมและสัญญาณข่าวสาร ดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 สัญญาณ DSB-SC เมื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณข่าวสาร

เมื่อวิเคราะห์สเปกตรัมก็ จะได้ดังรูปที่ 2.14 ซึ่งจะพบว่าส่วนที่หายไปคือคลื่นพาห้เหลือไว้แต่ ส่วนที่เป็นแถบข้างทั้งสอง

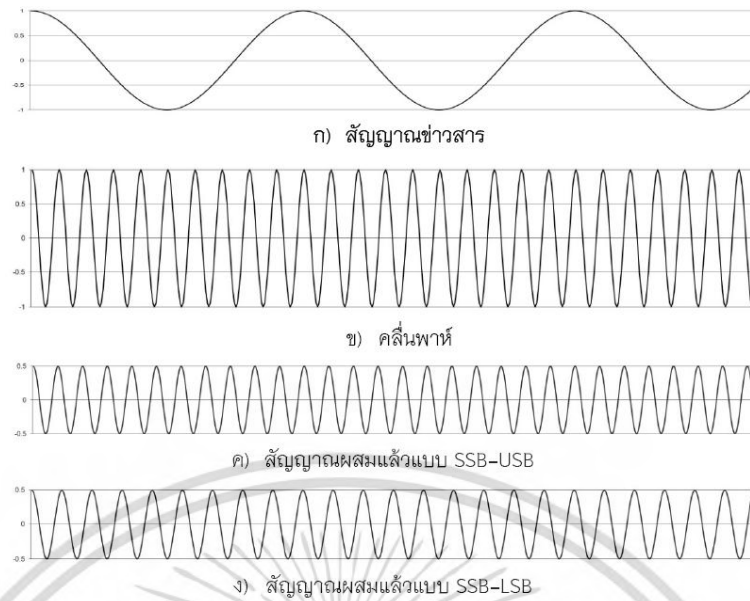


รูปที่ 2.14 สเปกตรัมของสัญญาณ DSB-SC เมื่อสัญญาณข่าวสารเป็นไซน์ความถี่เดียว

ในกรณีของ DSB-SC ถึงแม้จะสามารถลดกำลังสูญเสียในส่วนของคลื่นพาห้ได้ แต่ยังคงมีแถบ กว้างความถี่เท่ากับ DSB-LC เนื่องจากยังคงส่งทั้งสองแถบข้าง จึงทำให้สิ้นเปลืองแถบความถี่ที่ต้องใช้ ในการส่ง ในกรณีที่ต้องการส่งหลาย ๆ สัญญาณจึงจำเป็นต้องลดแถบกว้างความถี่ที่ใช้ลง แต่ยังคงได้ สัญญาณข่าวสารครบถ้วน การส่งเพียงแถบข้างเดียวเป็นการส่งที่มีประสิทธิภาพในการใช้แถบความถี่ มากกว่า จึงเป็นที่มาของการส่งแถบข้างเดียว ที่เรียกว่า Single-Sideband : SSB ซึ่งสามารถเลือกจะ ส่งด้วยแถบข้างบน Upper-Sideband : USB หรือแถบข้างล่าง Lower Sideband : LSB ก็ได้ จากการกำหนดคลื่นพาห้และสัญญาณข่าวสารดังสมการการผสมเชิงขนาดแบบ AM โดยการส่งแถบ ข้างเดียว (Single-Sideband)

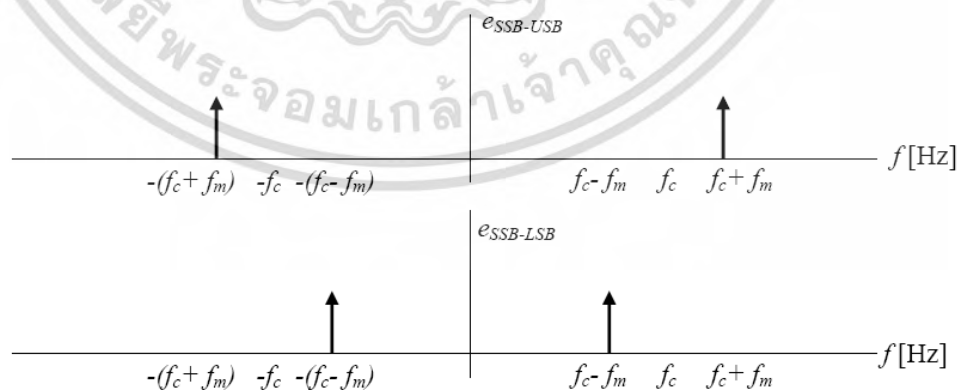
$$e_{DSB-SC} = E_c E_m \cos \omega_m t \cos \omega_c t = E_{DSB-SC} \cos \omega_m t \cos \omega_c t \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2. 15 สัญญาณ SSB เมื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณข่าวสาร

เนื่องจากการกำหนดสัญญาณข่าวสารเป็นแบบไซน์ความถี่เดี่ยวคงที่ สัญญาณผสมแล้วแบบ Single-Sideband จึงคล้ายกับคลื่นพาห้เพราะเป็นสัญญาณไซน์ที่มีความถี่เป็นผลบวกของความถี่คลื่นพาห้กับความถี่สัญญาณข่าวสาร (f_c+f_m) ในกรณีของ SSB-USB ได้ไซน์ที่มีความถี่สูงขึ้นและเป็นผลต่าง (f_c-f_m) ในกรณีของ SSB-LSB ได้เป็นไซน์ที่มีความถี่ต่ำลงจากคลื่นพาห้ แต่ถ้าสัญญาณข่าวสารที่เป็นสัญญาณหลายความถี่และไม่คงที่อย่างเช่นสัญญาณเสียง จะพบว่าสัญญาณผสมแล้วแบบ SSB ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไปทั้งขนาดและความถี่ตามสัญญาณเสียงนั้นแล้วแต่องค์ประกอบความถี่ที่อยู่ในสัญญาณเสียง แต่ก็จะมีความถี่อยู่เหนือความถี่คลื่นพาห้ในกรณีของ SSB-USB และอยู่ต่ำกว่าความถี่คลื่นพาห้ในกรณีของ SSB-LSB ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.15 และรูปที่ 2.16

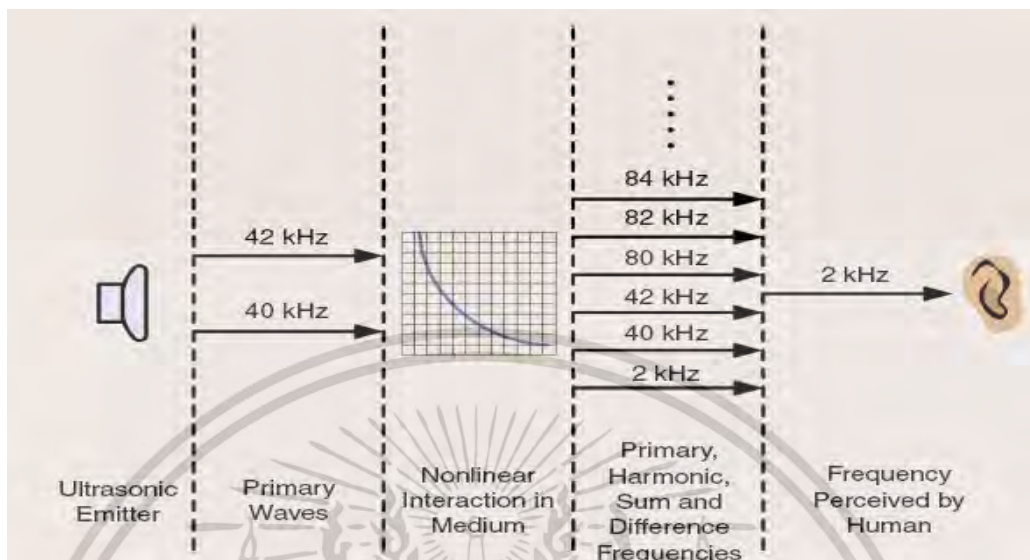


รูปที่ 2. 16 สเปกตรัมของสัญญาณ SSB เมื่อสัญญาณข่าวสารเป็นไซน์ความถี่เดี่ยว

2.10 หลักการทำงานของลำโพงพาราเมตริก

ความปฏิสัมพันธ์ของคลื่นไซน์ 2 คลื่นหลัก ๆ (VC1 และ VC2) ในอากาศก่อให้เกิดคลื่นทุติยภูมิหลายคลื่น (เรียกว่าเป็นสัญญาณติมอดูเลต) เช่น $W_{c1} \pm W_{c2}$, $2W_{c1}$, $2W_{c2}$ และการรวมกันของไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นต่าง ๆ การตีมอดูเลชันเหล่านี้จะไม่สามารถได้ยินเพราะอยู่ในช่วงของ คลื่นอัลตราโซนิก ดังแสดง ในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การสร้างคลื่นปฐมภูมิ, ผลรวม, ความแตกต่างและความถี่ฮาร์โมนิกต่าง ๆ ผ่านอาร์เรย์พาราเมตริกในอากาศ

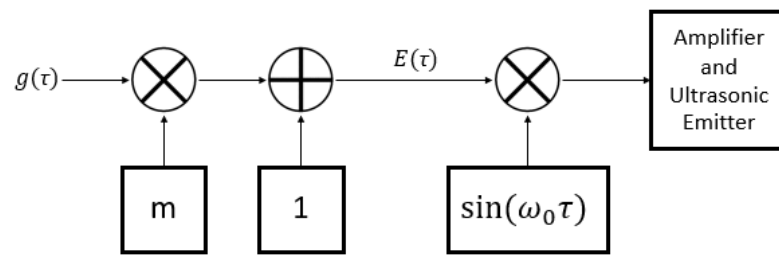
โดยเสียงที่ถูกส่งไปจะมีการดูดซับในอากาศและสลายตัวในอัตราที่เร็วกว่าเสียงที่ได้ยิน $W_{c1} - W_{c2}$ และในแบบที่มีทิศทางจะเป็น $W_{c1} > W_{c2}$ ดังนั้นเพื่อสร้างการกระจายเสียงโดยใช้ parametric loudspeaker ซึ่งสามารถ amplitude modulate สัญญาณเสียงไปบนสัญญาณ ultrasonic carrier และจะต้องแสดงให้เห็นว่าระดับความดังของเสียงและความเพี้ยนของสัญญาณ demodulated ที่มีสัดส่วนกับดัชนีการมอดูเลต ดังนั้นควรระมัดระวังการใช้สิทธิในการกำหนดดัชนี เพื่อใช้ปรับ amplitude modulation (AM) จะพิจารณาถึงความแตกต่างของเทคนิคการมอดูเลชันที่สามารถลดการบิดเบือนโดยกระบวนการ self-demodulation ในส่วนต่อไปนี้จะวิเคราะห์แบบ single-tone จะใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของ การลดการบิดเบือนสำหรับ preprocessing ที่แตกต่างกันแต่ละมอดูเลชันเทคนิค

2.11 เทคนิคการมอดูเลชัน (Modulation technique)

2.11.1 แอมพลิจูดมอดูเลชัน

แบบพาราเมตริกซึ่งใช้ AM ธรรมดาหรือ DSBAM สำหรับการมอดูเลชันของระบบลำโพงแบบพาราเมตริกจะได้รับเป็น $E(\tau) = 1 + mg(t)$ โดยที่ m คือ ดัชนีการมอดูเลชัน (modulation index) และ $g(\tau)$ คือสัญญาณอินพุตในส่วนบล็อกไดอะแกรมของ DSBAM จะแสดงในรูปที่ 2.18 โดย $\sin(w_0t)$ คือ ultrasonic carrier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 บล็อกไดอะแกรมของ double sideband

สำหรับการป้อน Single-tone เป็นสัญญาณอินพุตการมอดูเลชันจะกลายเป็น $E(\tau) = 1 + m\sin(\omega_1 t)$ ซึ่ง ω_1 เป็นความถี่เชิงมุมของ single-tone อินพุตโดยใช้กฎ Berkay's far-field ในการคาดการณ์ที่แสดงในสมการที่ (2.6) สัญญาณการมอดูเลตจะกลายเป็น

$$p_2(t) \approx -\frac{\beta p_0^2 a^2 \omega_1^2}{8 p_2 c_0^4 z \alpha_0} [m \sin(\omega_1 t) - m^2 \cos(2\omega_1 t)] \quad (2.7)$$

หลายอย่างที่ได้รับจากสมการที่ (2.7) สัญญาณมอดูเลตประกอบด้วย $m\sin(\omega_1 t)$ และ $m^2 \cos(2\omega_1 t)$ ซึ่งเป็นสัญญาณอินพุต และสัญญาณบิดเบือนตามลำดับ ทั้งในระดับความดันของสัญญาณเสียงที่ต้องการและสัญญาณการบิดเบือน เป็นสัดส่วนกับ m และ m^2 ตามลำดับ สมการที่ (2.7) แสดงให้เห็นว่า เป็นข้อได้เปรียบของ nonlinearity คือ ω_1^2 ซึ่งจะส่งผลให้ 12 dB/octave high pass ramp ในสัญญาณมอดูเลตและเนื่องจากผลของ high-pass filter ที่ลดทอนความถี่ต่ำของสัญญาณเสียง สัญญาณเสียงจะต้องได้รับการชดเชยในขั้นตอนการประมวลผลเบื้องต้นของระบบ ลำโพงแบบพาราเมตริก วิธีง่าย ๆ คือการใช้ low-pass filter เป็นตัวกรองสัญญาณ (or double integration of modulation envelope) ramp at -12 dB/octave เริ่มต้นจากความถี่ศูนย์ขึ้นไป ในช่วงที่เสียงใช้การลดช่วงแบบไดนามิกให้มีความถี่ที่สูงขึ้น

โดยทั่วไปดัชนีประสิทธิภาพที่ใช้ในลำโพงแบบพาราเมตริก คือ Total Harmonic Distortion (THD) ดัชนีนี้แสดงถึงปริมาณของความเพี้ยนของระบบที่มีการป้อนข้อมูล single tone และจะแสดงเป็น

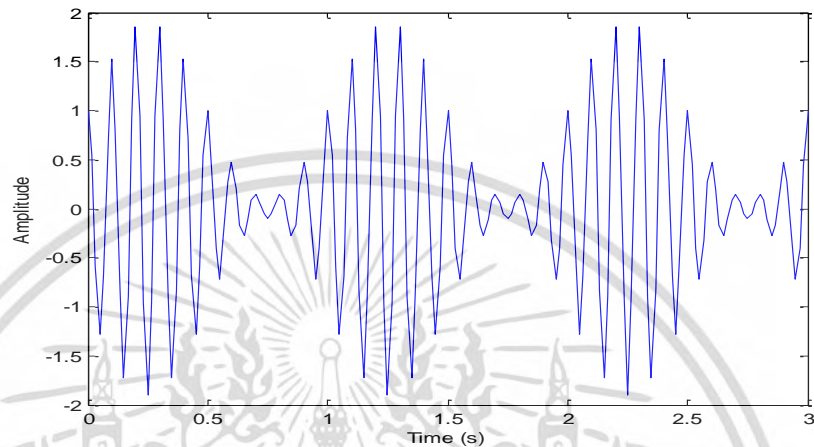
$$THD = \sqrt{\frac{T_2^2 + T_3^2 + \dots + T_{n-1}^2 + T_n^2}{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2 + \dots + T_{n-1}^2 + T_n^2}} \times 100\% \quad (2.8)$$

ซึ่ง T_1 และ T_i คือความกว้างของคลื่นความถี่พื้นฐาน (ω_1) ส่วนประกอบและ harmonics ที่สูงขึ้นที่ $i\omega_i$ (สำหรับ $i = 2, 3, \dots, n$ ตามลำดับ) โดยการแทนความกว้างของสัญญาณที่ต้องการและสัญญาณการบิดเบือนในสมการที่ (2.8) THD สำหรับ DSBAM จะลดลงไปเท่ากับ $\frac{m}{\sqrt{m^2+1}} \times 100\%$

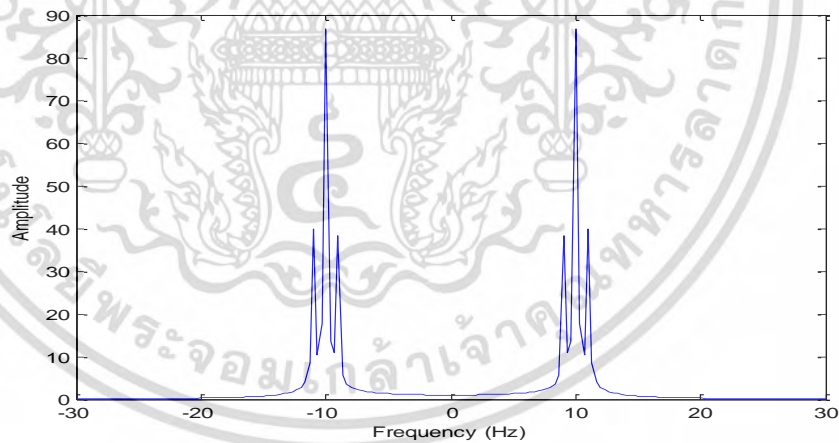
2.11.2 การกล้ำสัญญาณแบบสมดุล (Balanced Modulator)

Balanced Modulator : BM คือวงจร Amplitude Modulation : AM ที่มี Supressed Carrier ประกอบด้วย Lower-Sideband และ Upper-Sideband เพื่อให้ได้สัญญาณเพียงพที่จะเพิ่ม Carrier Signal และ Modulating Signal วงจร Amplitude modulation : AM แบบเดิมนั้นก็เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังคงสร้างคลื่นพาห์ตลอดเวลา ซึ่งสิ้นเปลืองพลังงาน เพื่อจะแก้ปัญหา ที่กล่าวไปข้างต้น นี้จึงมีการปรับปรุงการกล้ำสัญญาณเชิงขนาดเพื่อไม่ให้สิ้นเปลืองพลังงานไปกับคลื่นพาห์โดยเปล่าประโยชน์ซึ่งเรียกว่าการกล้ำ สัญญาณเชิงขนาดชนิดดับเบิ้ลไซด์แบนด์ซัพเพรสแคเรียร์ (Double Sideband Suppressed Carrier Modulation: DSBSC) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.19 และรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.19 แสดงผลลัพธ์จากวงจร Balance modulation ในความสัมพันธ์ของแกนเวลา



รูปที่ 2.20 แสดงผลลัพธ์จากวงจร Balance modulation ในความสัมพันธ์ของแกนความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

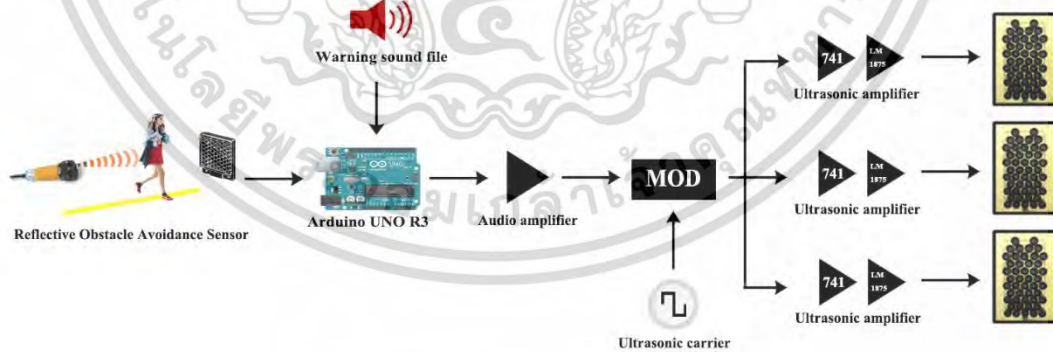
บทที่ 3

การวิเคราะห์และการออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการทำงานของระบบและการออกแบบในส่วนต่าง ๆ ของระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ผ่านลำโพงพาราเมตริกอะคูสติก โดยจะประกอบไปด้วย หลักการทำงานของระบบที่จะอธิบายถึงขั้นตอนการทำงานหลัก ๆ ของระบบ โดยเริ่มตั้งแต่ส่วนระบบเซนเซอร์ การประมวลผลสัญญาณ ส่วนขยายสัญญาณไปจนถึงการแพร่กระจายเสียง

3.1 หลักการทำงานของระบบ

หลักการทำงานของระบบจะแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ ได้แก่ ระบบเซนเซอร์ การประมวลผลสัญญาณ การขยายสัญญาณ และวงจรแปลงไฟ ในส่วนแรกคือระบบเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุที่เข้ามาในบริเวณลำคลื่นของเซนเซอร์ถูกส่งออกไป ก่อนนำสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์ไปประมวลผลเพื่อดึงสัญญาณข้อมูล (สัญญาณเสียง) ส่งไปยังส่วนประมวลผลสัญญาณ ซึ่งจะใช้การมอดูเลตแบบ Balanced Modulation ที่จะทำการมอดูเลตสัญญาณให้ขอบของสัญญาณพาห้เปลี่ยนขนาดไปตามขนาดของสัญญาณข้อมูล ต่อมาจะส่งสัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตไปยังส่วนของตัวขยายสัญญาณเพื่อทำการขยายสัญญาณเสียง และสุดท้ายส่งสัญญาณที่ทำการขยายแล้วไปยังตัวแพร่กระจายสัญญาณเสียงเพื่อแพร่กระจายเสียงให้ผู้ฟังได้ยิน แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ผ่านลำโพงพาราเมตริกอะคูสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบระบบเซนเซอร์

มีการออกแบบโดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ Infrared Proximity Sensor E18-D80NK (แสดงดังรูปที่ 3.2) เป็นเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุที่ใช้หลักการสะท้อนของคลื่นอินฟราเรด ซึ่งสามารถกำหนดระยะในการทำงานได้โดยปรับค่าที่ Potentiometer ทำงานในช่วง 3 - 80 CM ไฟเลี้ยง 5 VDC



รูปที่ 3.2 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ Infrared Proximity Sensor E18-D80NK

การนำแผ่นสะท้อน (Reflector) มาใช้ร่วมกับเซนเซอร์เพื่อให้ได้ระยะตรวจจับได้ไกลขึ้นถึงประมาณ 6 เมตร ซึ่งจะใช้เซนเซอร์และแผ่นสะท้อนจำนวน 3 ชุด แต่ละชุดติดตั้งห่างกัน 6 เมตร (ระยะทางสูงสุดที่เซนเซอร์ทำงานได้) เพื่อแบ่งตรวจจับวัตถุเป็นช่วง ๆ แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผ่นสะท้อน

เมื่อเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุตัวใดตัวหนึ่งตรวจจับวัตถุได้ ก็จะส่งสัญญาณไปให้ Arduino UNO R3 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (แสดงดังรูปที่ 3.4) ซึ่งจะทำการประมวลผลและเรียกไฟล์เสียงที่อยู่ใน MicroSD Card Module มาใช้งาน (แสดงดังรูปที่ 3.5) โดยสั่งการควบคุมระบบเซนเซอร์ผ่านการเขียนโค้ดลงบนโปรแกรมอาดูโน่ Arduino (แสดงดังรูปที่ 3.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 บอร์ด Arduino UNO R3

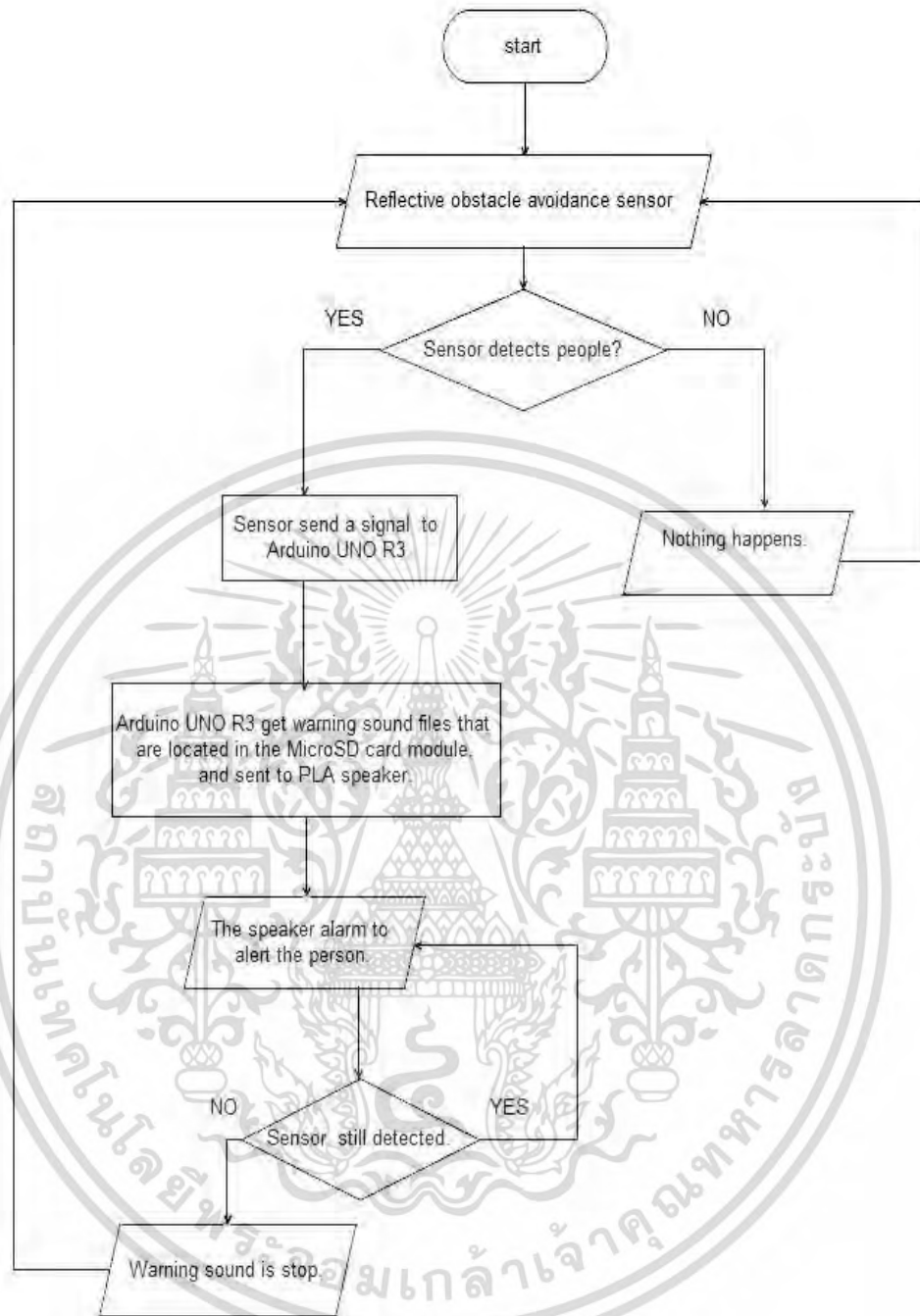


รูปที่ 3.5 บอร์ด MicroSD Card Module

<pre> sketch_apr19a Arduino 1.8.1 File Edit Sketch Tools Help sketch_apr19a \$ #include <TM1637.h> #include <SPI.h> #include <SD.h> #include <NewPing.h> int pinSensor = 3; const int CS_PIN = 10; TM1637 tm1637; void setup() { pinMode(pinSensor, INPUT); tm1637.speakerPin = 9; // put your setup code here, to run once: Serial.begin(9600); </pre>	<pre> sketch_apr19a Arduino 1.8.1 File Edit Sketch Tools Help sketch_apr19a \$ Serial.println("Initializing Card"); pinMode(CS_PIN, OUTPUT); if(!SD.begin(CS_PIN)) { Serial.println("Card Failure"); return; } Serial.println("Card Ready"); tm1637.play("test.wav"); tm1637.setVolume(5); } void loop() { delay(50); tm1637.disable(); int lectura = digitalRead(pinSensor); if(lectura == HIGH) { tm1637.play("test.wav"); tm1637.setVolume(3); } } </pre>
---	---

รูปที่ 3.6 การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 โฟลวชาร์ตแสดงการควบคุมระบบการทำงานของเซนเซอร์

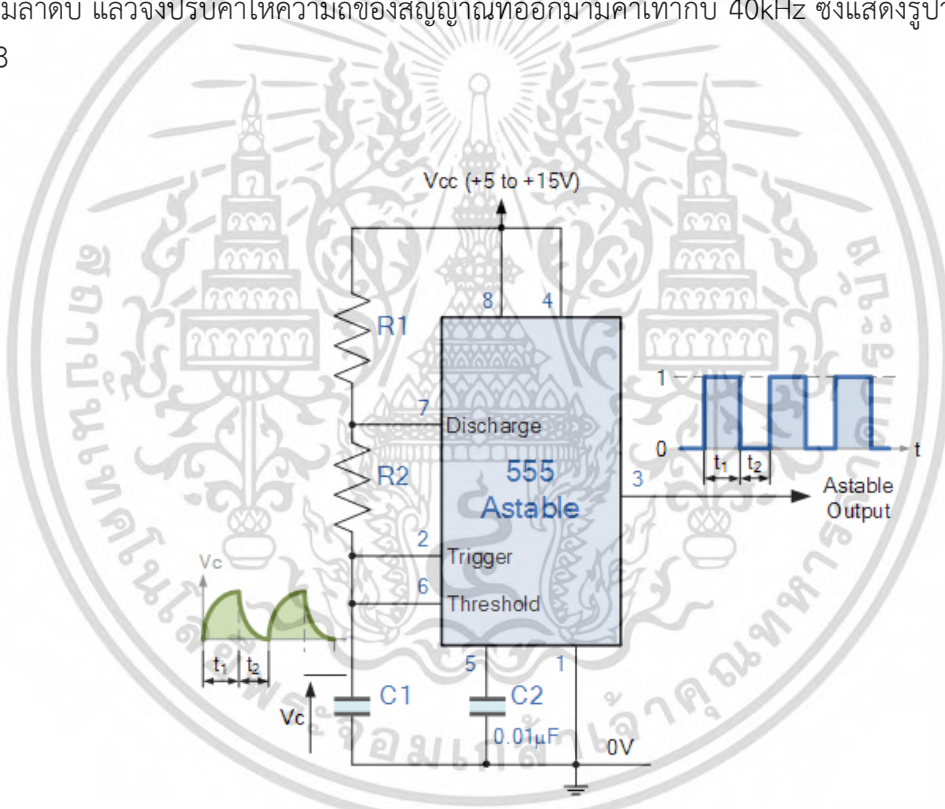
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.7 เป็นแผนผังรวมการทำงานของระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ผ่านลำโพงพาราเมตริกอะคูสติกด้วยการควบคุมการทำงานผ่านระบบการทำงานของเซนเซอร์

3.3 การออกแบบส่วนประมวลผลสัญญาณ

3.3.1 วงจรสร้างสัญญาณคลื่นพาท 40 kHz

เป็นวงจรสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมเพื่อใช้เป็นสัญญาณคลื่นพาทะซึ่งจะถูกนำไปรวมกับสัญญาณข้อมูลเพื่อส่งออกไป โดยวงจร NE555 ใช้ไฟเลี้ยง 5V เป็นตัวสร้างสัญญาณ ความถี่ของสัญญาณที่ถูกสร้างขึ้นจะขึ้นอยู่กับค่า R1 , R2 และ C1 โดยกำหนดให้ใช้ C1 เบอร์ 102 มีค่าเท่ากับ 0.001 uF ส่วน R1 และ R2 จะใช้เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ในช่วง 20 kHz และ 500 kHz ตามลำดับ แล้วจึงปรับค่าให้ความถี่ของสัญญาณที่ออกมามีค่าเท่ากับ 40kHz ซึ่งแสดงรูปวงจรดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรสร้างสัญญาณคลื่นพาท 40 kHz โดยใช้ NE555

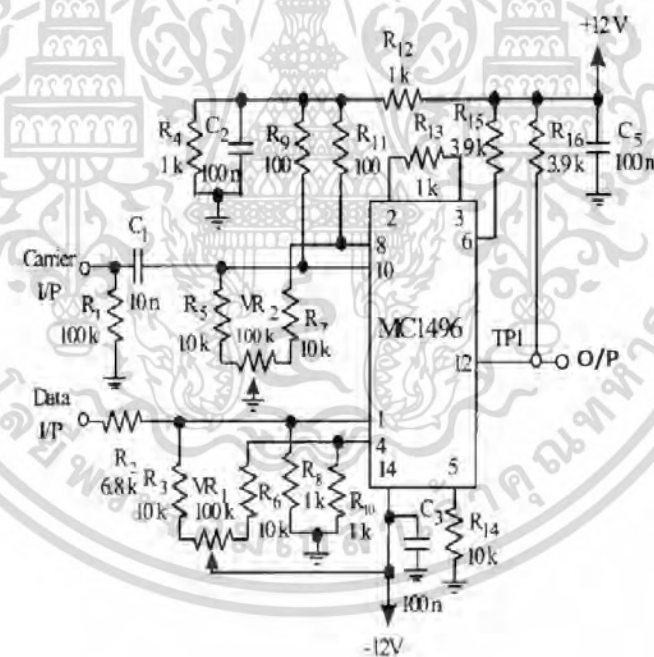
เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณที่ออกมาจากวงจรนี้มีขนาด 5V ซึ่งมีค่าสูงเกินไป จึงนำตัวต้านทานปรับค่าได้ในช่วง 20 kHz และ 50 kHz มาต่อขนานกันทำเป็นวงจรกวดแรงดัน เพื่อปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณที่ออกมาจากวงจรในรูปที่ 3.8 มีขนาดตามที่ต้องการนั้นคือ 800 mV – 1 V

3.3.2 วงจรมอดูเลชันแบบ Balance Modulation

เป็นวงจรรวมสัญญาณ ใช้ในการรวมสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณคลื่นพาร่าก่อนส่งออก โดย ใช้ MC1496 (แสดงรูปวงจรให้เห็นดังรูปที่ 3.10) ใช้ไฟเลี้ยง +12 V และ -12 V มี VR1 และ VR2 เป็นตัวปรับจูนสัญญาณ O/P ที่ผ่านการมอดูเลชันให้เหมาะสม ซึ่งมีลักษณะวงจรแสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ไอซีมอดูเลชัน MC1496



รูปที่ 3.10 วงจรมอดูเลชันแบบ Balance Modulation โดยใช้ MC1496

3.3.3 ปริ๊อัมป์ (Pre-Amp)

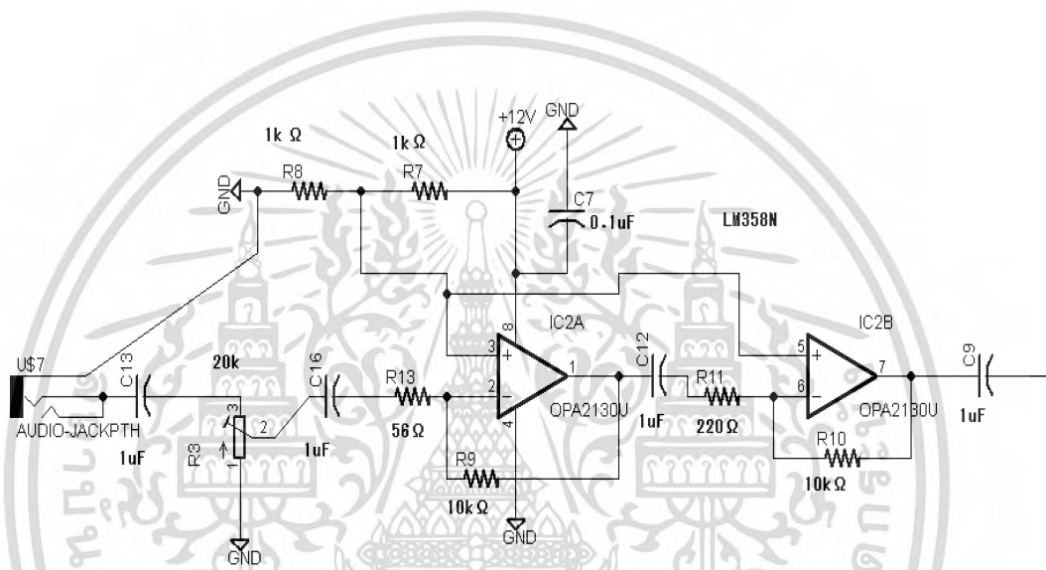
ปริ๊อัมป์คือตัวอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ก่อนป้อนสัญญาณเข้าตัวขยายสัญญาณ หรือหนังสือวิชาการ บางเล่มถอดความได้ว่าภาคขยายส่วนหน้า โดยความเป็นจริงปริ๊อัมป์นี้จัดอยู่ในหมวดภาคขยาย เช่นกัน เพียงแต่ว่าระดับสัญญาณที่ขยายได้นั้นยังมีอิมพีแดนซ์สูงกว่าลำโพง ดังนั้นจึงไม่สามารถนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ได้ออกมาจากปริแอมป์นี้มาขับลำโพงได้โดยตรง ต้องผ่านเพาเวอร์แอมป์ก่อน ซึ่งหน้าที่หลักของปริแอมป์จะมีอยู่สองประการคือ

- ทำหน้าที่ขยายสัญญาณในระดับต่ำ เพื่อให้มีระดับที่เหมาะสมสำหรับการป้อนสู่ภาคขยายอื่นๆ ต่อไป รวมถึงการทำตัวเป็นวงจรถับเฟออร์ (กันชน) เพื่อเชื่อมโยงอุปกรณ์ทางเสียงที่อิมพีแดนซ์ หรือความต้านทานภายในต่างกันให้ทำงานร่วมกันได้
- ทำหน้าที่ขยายสัญญาณพร้อมการปรับแต่งและการปรุงแต่งเสียง ซึ่งอาจกำหนดให้มีการขยายระดับสัญญาณให้สูงขึ้น หรือไม่มีการขยายสัญญาณก็ได้

โดยจากสัญญาณข้อมูลที่เข้ามาจะผ่านตัว R3 ซึ่งเป็น R ที่สามารถปรับค่าได้เพื่อกำหนดความดังเบาของสัญญาณเสียง ซึ่งสามารถแสดงผังวงจรดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 วงจรภาคขยายส่วนหน้า (ปริแอมป์)

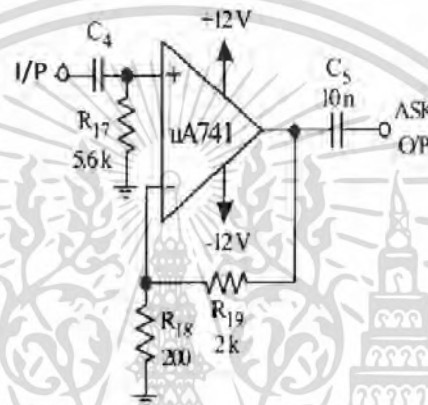
3.4 การออกแบบส่วนขยายสัญญาณ

3.4.1 วงจรขยายสัญญาณ

วงจรถยายสัญญาณ หรือออปแอมป์ คือองค์ประกอบวงจรชนิดแอคทีฟที่สามารถออกแบบให้เป็นวงจรถาเนินการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย การบวก การลบ การคูณ การหาร การหาอนุพันธ์และการหาปริพันธ์ในการขยายสัญญาณเสียงในเบื้องต้นหลังจากผ่านในส่วนของการมอดูเลชันนั้น โดยเลือกใช้ออปแอมป์เบอร์ UA741CN โดยใช้ไฟเลี้ยง +12V และ -12V ได้กำลังขยาย 3 เท่า ซึ่งมีลักษณะและผังวงจรดังรูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13



รูปที่ 3. 12 ไอซีขยายสัญญาณเบอร์ UA741CN (Op-Amp)



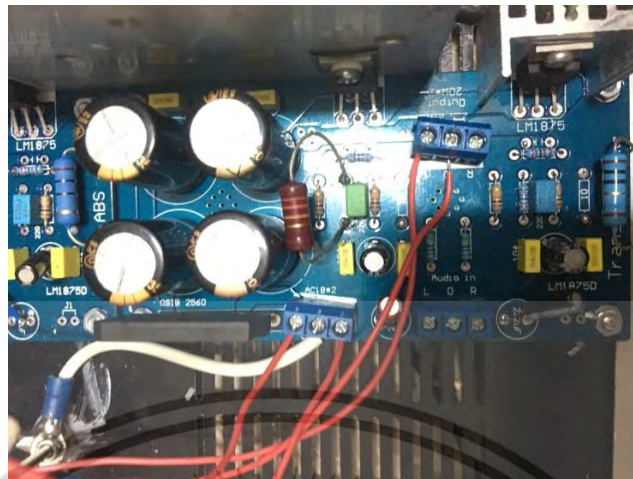
รูปที่ 3. 13 วงจรขยายสัญญาณ โดยใช้ UA741

สิ่งที่ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเมื่อต่อวงจรออปแอมป์คือ การต่อไฟเลี้ยงขั้วลบ (-) ที่ขา 4 และไฟเลี้ยงขั้วบวก (+) ที่ขา 7 เพราะหากต่อไม่ถูกต้อง ออปแอมป์อาจได้รับความเสียหาย หรือวงจรอาจไม่ทำงานตามวัตถุประสงค์ของผู้ออกแบบ

3.4.2 Power AMP Kit - LM1875

เป็นแผงวงจรขยายสัญญาณสำเร็จรูปที่ให้ความเพี้ยนต่ำและประสิทธิภาพการทำงานที่มีคุณภาพสูง ขยายและขับกระแสได้ถึง 30 W ความถี่เกิน 70 kHz โดยใช้ไฟเลี้ยง +12 V และ -12 V ทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงที่ผ่านการขยายด้วยออปแอมป์ UA741CN แล้ว มาทำการขยายสัญญาณอีกรอบให้สัญญาณเสียงมีขนาดแรงดันประมาณ 20 V แล้วจึงส่งสัญญาณเสียงนั้นออกลำโพงพาราเมตริกอะคูสติคต่อไป ซึ่งสามารถแสดงรูปวงจรได้ดังรูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



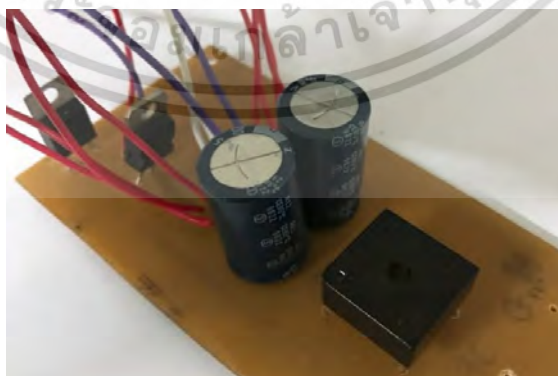
รูปที่ 3. 14 วงจร Power AMP Kit - LM1875

3.5 การออกแบบวงจรแปลงไฟ

วงจรแปลงไฟนี้มีไว้เพื่อทำการแปลงไฟจากกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรง สำหรับวงจรในวิทยานิพนธ์นี้ต้องการใช้ไฟกระแสตรงแรงดัน -12 V และ $+12\text{ V}$ จำนวน 4 วงจร และ 5 V จำนวน 1 วงจร มีการใช้หม้อแปลงขนาด 9 VAC ซึ่งสามารถให้ไฟกระแสตรงแรงดัน 12 VDC คำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ไฟกระแสตรง (VDC)} = \text{ไฟกระแสสลับ (VAC)} \times \sqrt{2}$$

นำหม้อแปลงขนาด 9 VAC มาต่อกับวงจรแปลงไฟในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3. 15 วงจรแปลงไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผงวงจรแปลงไฟจะประกอบด้วย ไดโอดบริดจ์ (แสดงดังรูปที่ 3.16) ที่จะแปลงไฟกระแสสลับ 9 V เป็นไฟกระแสตรง +12 V และ -12 V จากนั้นเชื่อมไฟ +12 V และ -12 V จากขา + และ - ของไดโอดบริดจ์เข้ากับตัวเก็บประจุคนละตัว โดยตัวเก็บประจุจะต่อขากราวด์ร่วมกัน และอีกขาของตัวเก็บประจุแต่ละตัวก็จะจ่ายไฟ +12 V และ -12 V เพื่อเลี้ยงวงจรต่าง ๆ



รูปที่ 3. 16 ไดโอดบริดจ์

ในส่วนของไฟ 5 V จะทำการแปลงโดยเชื่อมไฟ +12 V มาผ่านไอซีเบอร์ L7805CV (แสดงดังรูปที่ 3.17) เป็นไอซีเรกกูเลเตอร์รับแรงดันอินพุตในช่วง 7 V - 30 V และกวดแรงดันให้ได้เอาต์พุตเหลือ 5 V เพื่อนำไปเลี้ยงวงจร



รูปที่ 3. 17 ไอซีเรกกูเลเตอร์ เบอร์ L7805CV

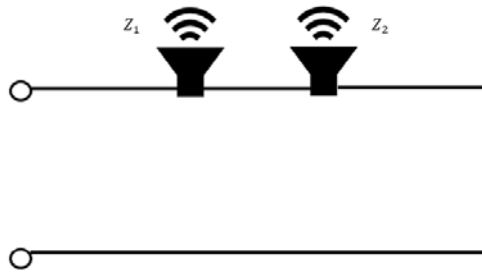
3.6 การออกแบบการต่อลำโพงขยาย (Speaker Connection)

การต่อลำโพงขยาย สามารถออกแบบการต่อได้ดังต่อไปนี้

3.6.1 การต่อลำโพงขยาย 2 ตัว แบบอนุกรม (two speakers in Series)

- ใช้สำหรับในห้องเล็กๆ อุปกรณ์ที่ใช้ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ (แสดงดังรูปที่ 3.18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 การต่อลำโพงขยาย 2 ตัวแบบอนุกรม

แสดงสูตรการคำนวณ ดังสมการที่ (3.1)

$$Z_t = Z_1 + Z_2 \quad (3.1)$$

3.6.2 การต่อลำโพงขยาย 2 ตัว แบบขนาน (two speakers in Parallel)

- ใช้ในห้องเล็กๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ (แสดงดังรูปที่ 3.19)



รูปที่ 3.19 การต่อลำโพงขยาย 2 ตัวแบบขนาน

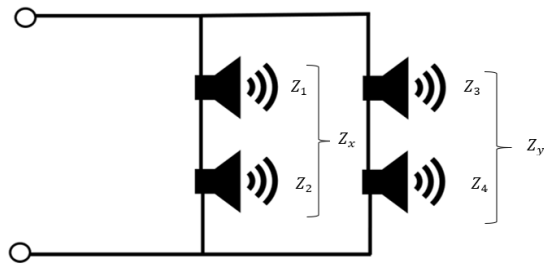
แสดงสูตรการคำนวณ ดังสมการที่ (3.2)

$$Z_t = \frac{1}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}} \quad (3.2)$$

3.6.3 การต่อลำโพงขยาย 2 ตัว แบบผสม (Four Speakers in Series and Parallel)

- ใช้ต่อภายในห้องที่ไม่ใหญ่นัก เช่น ต่ออินเตอร์คอม (intercom), วิทยุ , โทรทัศน์ , งานขยายเสียง (แสดงดังรูปที่ 3.20)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



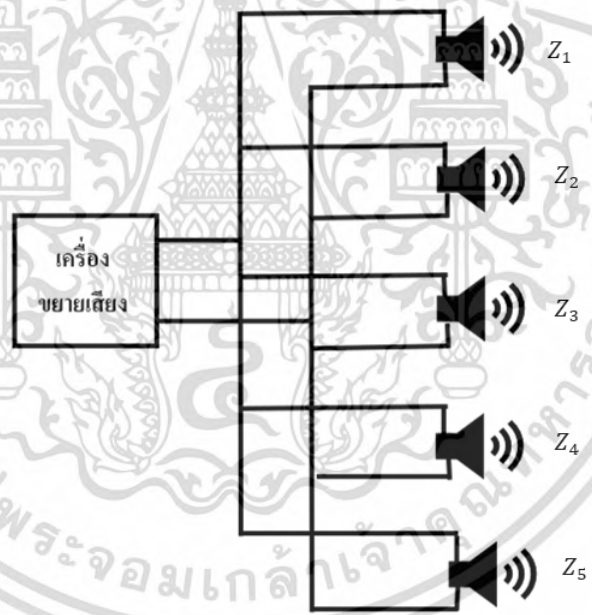
รูปที่ 3. 20 การต่อลำโพงขยาย 4 ตัวแบบผสม

แสดงสูตรการคำนวณ ดังสมการที่ (3.3)

$$Z_t = \frac{Z_x \times Z_y}{Z_x + Z_y} \quad (3.3)$$

3.6.4 การต่อลำโพงใช้ในงานอุตสาหกรรม (Speakers in Industrial Installation)

- ใช้ในงานอุตสาหกรรม (แสดงดังรูปที่ 3.21)



รูปที่ 3. 21 การต่อลำโพงขยายหลายๆ ตัว

แสดงสูตรการคำนวณ ดังสมการที่ (3.4) สมการที่ (3.5) และสมการที่ (3.6)

$$Z_t = \frac{1}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + \frac{1}{Z_4} + \frac{1}{Z_5}} \quad (3.4)$$

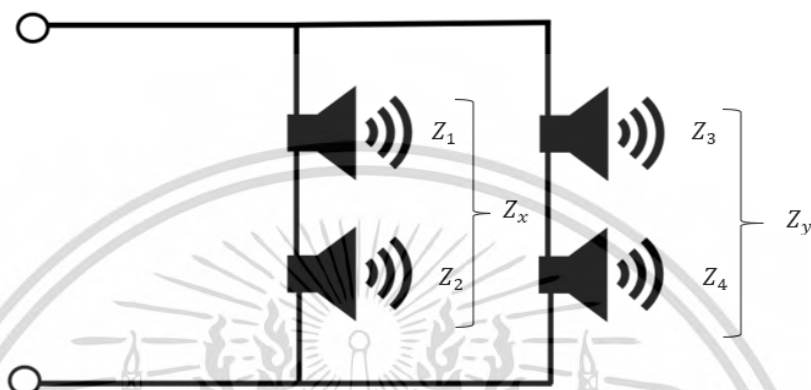
$$Z_t = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + \frac{1}{Z_4} + \frac{1}{Z_5} \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 \quad (3.6)$$

3.6.5 แสดงตัวอย่างการคำนวณ

โดยสมมติให้ลำโพงขยายต่อดังรูปที่ 3.21 และ Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 ตัวละ 4 Ω



รูปที่ 3.22 รูปแสดงตัวอย่างการคำนวณ

แสดงการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

จากสมการที่ (3.1) และ (3.3) :

$$Z_x = Z_1 + Z_2$$

$$Z_y = Z_3 + Z_4$$

$$Z_t = \frac{Z_x \times Z_y}{Z_x + Z_y}$$

จะได้ว่า :

$$Z_x = 4 + 4 = 8 \Omega$$

$$Z_y = 4 + 4 = 8 \Omega$$

$$Z_t = \frac{8 \times 8}{8 + 8} = 4 \Omega$$

ดังนั้น ค่าความต้านทานของการต่อขยายลำโพงรวม มีค่าเท่ากับ 4 โอห์ม

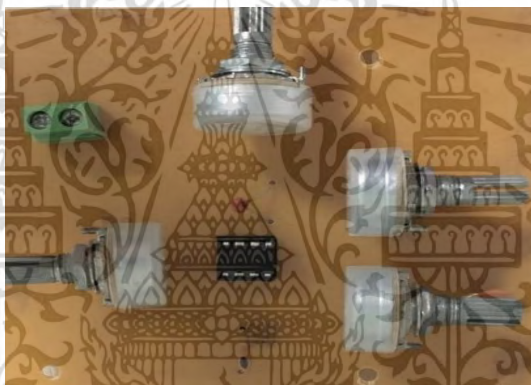
บทที่ 4

ผลการทดลองในการดำเนินการโครงการ

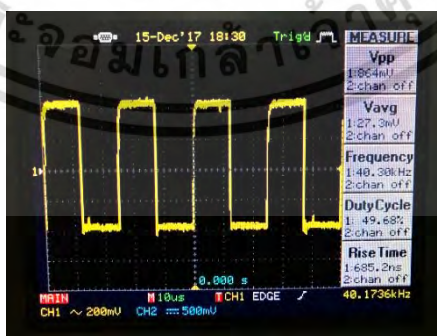
บทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองในการดำเนินการโครงการ ซึ่งจะแสดงกราฟที่ได้จากวงจรต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวงจรสัญญาณพาหะ วงจรมอดูเลชัน วงจรขยาย แสดงการออกแบบการติดตั้งลำโพงและเซนเซอร์ภายในสถานีแอร์พอร์ตลิงค์เพื่อนำไปใช้งานจริง

4.1 การทดสอบวงจรสัญญาณพาหะ (Carrier 40 kHz)

แสดงรูปแบบวงจรสัญญาณพาหะที่ได้ทำการทดลองจากการออกแบบวงจรพาหะที่มีความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ (แสดงดังรูปที่ 4.1) ปรากฏว่าได้รูปสัญญาณที่ออกมาเป็นรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม 40 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่มีแอมพลิจูดประมาณ 0.8 V – 1 V ตามที่ต้องการ แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 วงจรสัญญาณพาหะ (carrier 40 kHz)

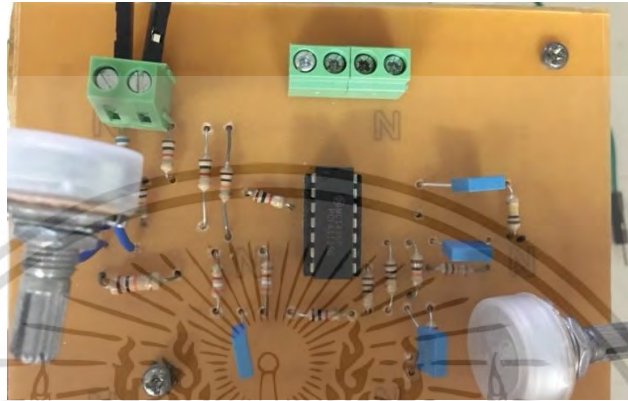


รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรสัญญาณพาหะ (carrier 40 kHz)

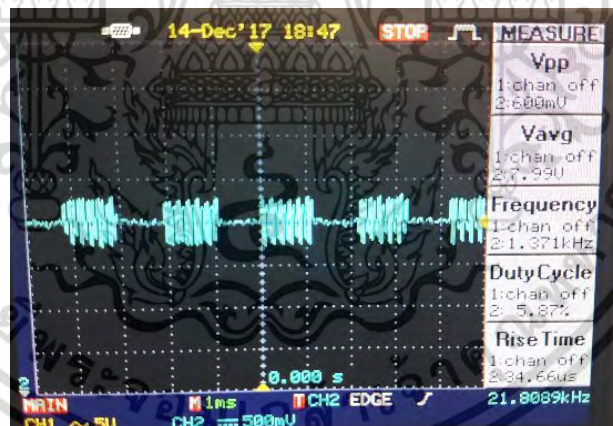
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบวงจรมอดูเลชั่น (Modulation)

แสดงรูปแบบวงจรมอดูเลชั่นที่ได้ทำการทดลองจากการออกแบบวงจรมอดูเลชั่นแบบบาลานซ์ Balance modulation : BM (แสดงดังรูปที่ 4.3) ปรากฏว่าได้รูปสัญญาณที่ออกมาเป็นรูปสัญญาณสี่เหลี่ยมที่มีจุดตัดที่เฟส 0 องศา ซึ่งมีลักษณะที่เรียกว่า zero crossing ตามที่ต้องการ



รูปที่ 4.3 วงจรมอดูเลชั่น (modulation)



รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลชั่น (balance modulation: BM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบวงจรมขยาย (Amplifier)

แสดงรูปแบบวงจรมขยายที่ได้ทำการทดลองจากการออกแบบวงจรมขยายทั้ง 2 วงจร โดยวงจรมแรกเป็นวงจรมขยายที่มีตัวขยาย 2 ตัว ได้แก่ UA741 และ LF351N (แสดงดังรูปที่ 4.5) ปรากฏว่าได้รูปสัญญาณที่ออกมาเป็นรูปสัญญาณสี่เหลี่ยมที่มีจุดตัดที่เฟส 0 องศา ซึ่งมีลักษณะที่เรียกว่า zero crossing ที่มีกำลังขยายของสัญญาณเพิ่มขึ้นเป็นค่าประมาณ 30 V ซึ่งเป็นช่วงกำลังขยายที่เหมาะสมตามที่ต้องการ



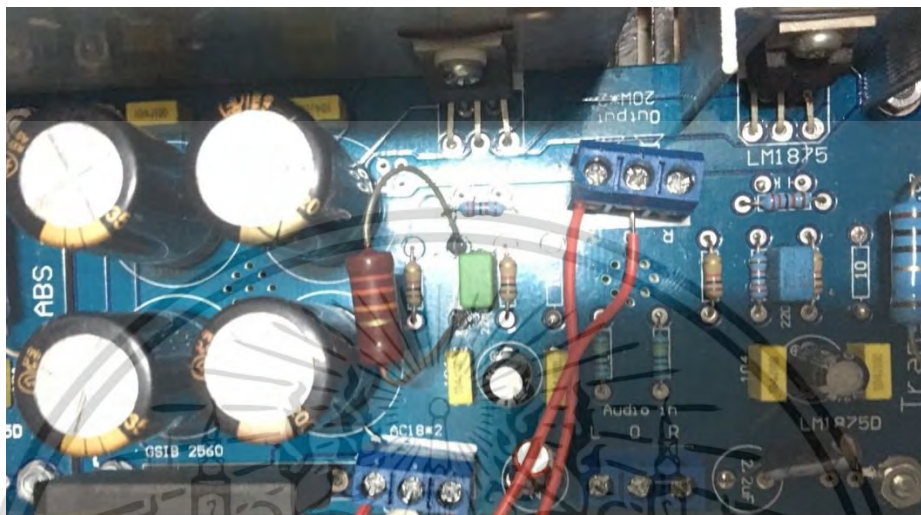
รูปที่ 4.5 วงจรมขยาย (amplifier) UA741, LF351N



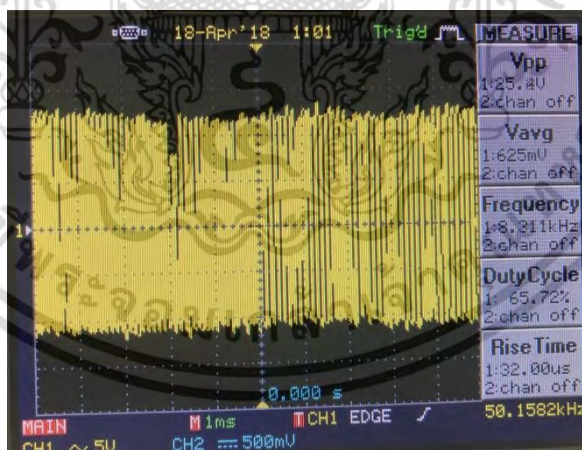
รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมขยาย (amplifier) UA741, LF351N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการออกแบบวงจรขยายวงจรที่ 2 เป็นวงจรขยายที่มีตัวขยาย 2 ตัว ได้แก่ UA741 และ LM1875 (แสดงดังรูปที่ 4.7) ปรากฏว่าได้รูปสัญญาณที่ออกมาเป็นรูปสัญญาณสี่เหลี่ยมที่มีจุดตัดที่เฟส 0 องศา ซึ่งมีลักษณะที่เรียกว่า zero crossing ที่มีกำลังขยายของสัญญาณเพิ่มขึ้นเป็นค่าประมาณ 25 V ซึ่งเป็นช่วงกำลังขยายที่เหมาะสมตามที่ต้องการ



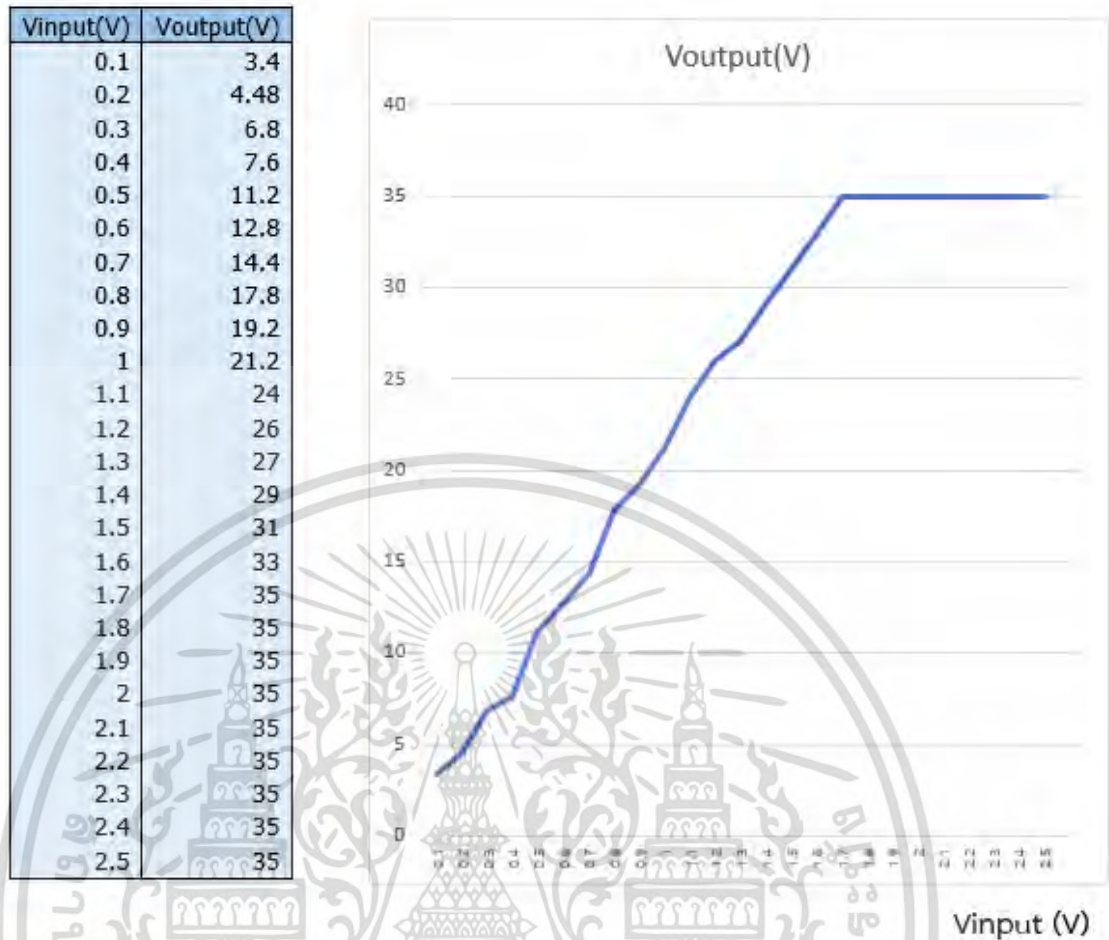
รูปที่ 4.7 วงจรขยาย (amplifier) LM1875



รูปที่ 4.8 สัญญาณเอาต์พุตของวงจร (amplifier) LM1875

จากวงจรขยาย LM1875 (แสดงดังรูปที่ 4.7) ทดลองหาค่าเอาต์พุตสูงสุดที่วงจรขยาย LM1875 สามารถรองรับได้เพื่อนำข้อมูลจากการทดลองนี้ไปใช้ออกแบบวงจรขยาย ปรากฏว่าอยู่ในช่วงที่โวลต์เอาต์พุตเท่าที่มีค่าประมาณ 35 V ซึ่งสังเกตได้จากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่า เมื่อป้อนอินพุตในช่วง 1.7 V – 2.5 V สัญญาณที่ออกมาจะมีค่าคงที่ที่ 35 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าเอาต์พุตของ Power amplitude ที่ความถี่ 40 kHz

สรุปผลการทดลองต่อวงจรขยายทั้งสองแบบเข้ากับลำโพง Ultrasonic ผลปรากฏว่า การต่อวงจรขยาย (amplifier) LM1875 ที่นำไปต่อเข้ากับวงจรขยาย (amplifier) UA741 มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่า และได้เสียงที่เพราะกว่า เนื่องจากสัญญาณรบกวนที่ออกมาจากลำโพงน้อยกว่า การต่อวงจรขยาย (amplifier) LF351N ที่นำไปต่อเข้ากับวงจรขยาย (amplifier) UA741 ดังนั้นจึงเลือกใช้การต่อวงจรขยาย (amplifier) LM1875 ที่นำไปต่อเข้ากับวงจรขยาย (amplifier) UA741 ไปใช้ขยายเสียงลำโพง Ultrasonic

4.4 การทดสอบเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ (Reflective Obstacle Avoidance Sensor)



รูปที่ 4.10 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุโดยใช้ Ultrasonic



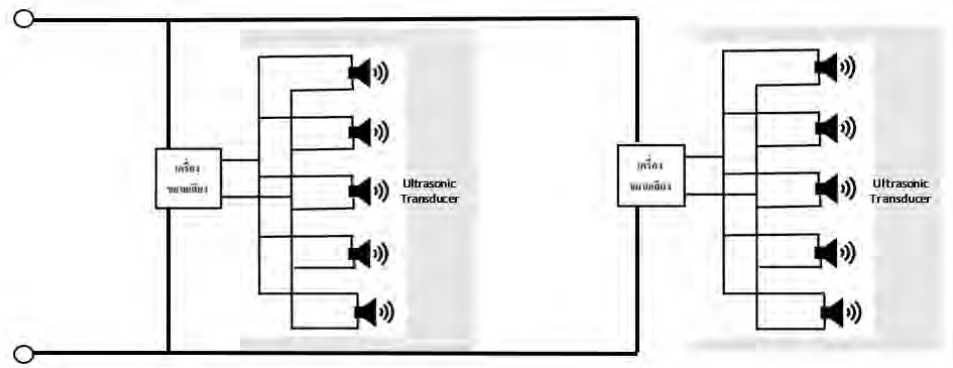
รูปที่ 4.11 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุโดยใช้ Infrared Proximity Sensor E18-D80NK

จากการทดลองใช้เซนเซอร์ทั้งสองแบบผลปรากฏว่า เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุโดยใช้ Infrared Proximity Sensor E18-D80NK (แสดงดังรูปที่ 4.11) มีประสิทธิภาพในการทำงานดีกว่า และสามารถนำไปตรวจจับบุคคลที่เข้าไปในบริเวณเขตที่กำหนดไว้ได้ดีกว่าเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุโดยใช้ Ultrasonic เนื่องจากเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุโดยใช้ Ultrasonic (แสดงดังรูปที่ 4.10) ยังตรวจจับบุคคลได้ไม่แม่นยำ อีกทั้งมีข้อผิดพลาดในการทำงานอยู่มากพอสมควร ดังนั้นจึงเลือกใช้ เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุโดยใช้ Infrared Proximity Sensor E18-D80NK ไปใช้งานภายในสถานีแอร์พอร์ตลิงค์

4.5 แสดงผลการออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อนำไปใช้งาน

สรุปการออกแบบการต่อลำโพงขยาย เพื่อใช้ในสถานีแอร์พอร์ตลิงค์ มีรูปแบบการต่อลำโพงขยายแบบขนาน ดังรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



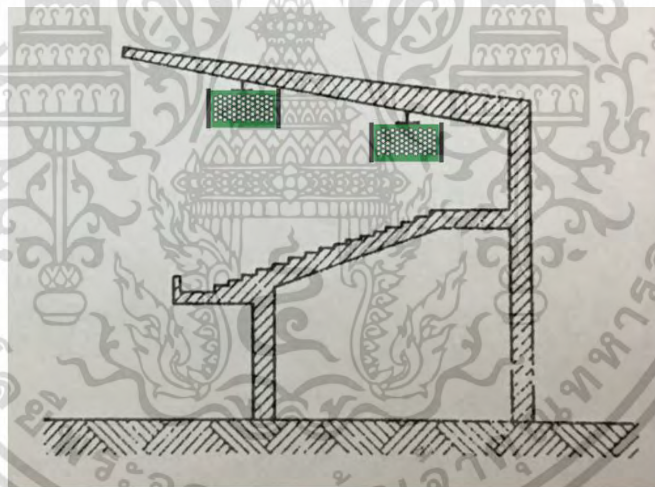
รูปที่ 4.12 การออกแบบการต่อลำโพงขยายในสถานีแอร์พอร์ตลิงค์

4.6 แสดงผลการติดตั้งลำโพงขยายเสียง และเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ

4.6.1 การติดตั้งลำโพงขยายเสียง

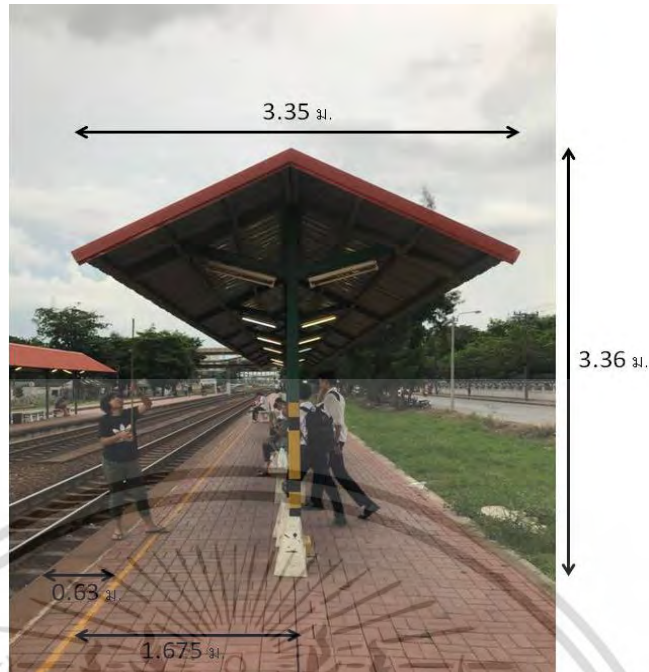
การติดตั้งกลุ่มลำโพง ควรพิจารณาถึงความสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ เช่น วัตถุประสงค์ของการใช้ทิศทางการแพร่กระจายของเสียง อุปกรณ์อื่นๆ เป็นต้น

ตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งลำโพงขยายเสียง คือตำแหน่งบนหลังคาสามเหลี่ยมภายในสถานีแอร์พอร์ตลิงค์ เป็นไปตามรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 การออกแบบการติดตั้งลำโพงขยายในสถานีแอร์พอร์ตลิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ออกแบบการติดตั้งลำโพงขยายโดยตรงบนหลังคาสามเหลี่ยมเพื่อนำไปใช้จริง

4.6.2 การติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ

ตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งเซนเซอร์ภายในสถานีแอร์พอร์ตลิงค์ เป็นไปตามรูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.16 ที่ได้ทำการออกแบบไว้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.15 ออกแบบการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุบริเวณเส้นเหลืองภายในสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ออกแบบการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดลูบบริเวณเส้นเหลืองภายในสถานีเพื่อนำไปใช้จริง

จากการทดลองต่อลำโพงพาราเมตริกจำนวน 2 แผง โดยทำการต่อลำโพงแบบขนาน และทำการติดตั้งอุปกรณ์ที่ได้ทำการออกแบบไว้ทั้งหมด แล้วบ่อนไฟล์เสียงแฉ่งเต็อนเพื่อทดลองวัดความดังของเสียงก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง จากการสำรวจผู้ทดลองฟังเสียงที่ระยะห่างจากลำโพงพาราเมตริกช่วงที่ 30 – 50 เมตร ผลปรากฏว่าผู้ทดลองส่วนใหญ่ได้ยินเสียงที่ตั้งจากลำโพงพาราเมตริกได้จนถึงระยะทาง 50 เมตร ซึ่งผลการทดลองนี้เป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ตามทฤษฎีของลำโพงพาราเมตริกที่มีคุณสมบัติในการส่งสัญญาณเสียงเป็นเส้นตรงที่มีลักษณะคลื่นแคบ ๆ (Narrow beam) ในบริเวณเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 บทสรุปโครงการ

โครงการชิ้นนี้นำเสนอการพัฒนาและประยุกต์ใช้ลำโพงพาราเมตริกอะคูสติกเพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในระบบการกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ เพื่อแจ้งเตือนบุคคลที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการตกลงไปในรางรถไฟของชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ ให้บุคคลที่อยู่ในภายในพื้นที่เสี่ยงอันตรายได้รับรู้ ตื่นตัว และเร่งออกจากบริเวณนั้น เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุใด ๆ

เหตุผลที่เรานำลำโพงพาราเมตริกอะคูสติกมาใช้ในการกระจายเสียงเตือนนี้ เนื่องจากข้อดีของลำโพงพาราเมตริกอะคูสติก คือสามารถจำกัดพื้นที่ในการใช้งานได้ กล่าวคือ บุคคลที่จะได้ยินเสียงจากลำโพงนี้เป็นบุคคลที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยง (หลังเส้นเหลือง) เท่านั้น บุคคลที่ไม่ได้อยู่ในพื้นที่เสี่ยงดังกล่าวจะไม่ได้รับเสียงรบกวน และถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีระบบป้องกันบุคคลตกไปในรางรถไฟ โดยใช้ประตูกั้นชานชาลา หรือที่เรียกว่า Platform screen doors (PSDs) แล้ว แต่ระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ผ่านลำโพงพาราเมตริกอะคูสติก ก็เป็นอีกทางเลือกที่ดีอีกทางเลือกหนึ่ง เนื่องจากมีการติดตั้งที่ง่าย ใช้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำ ง่ายต่อการดูแลรักษา และยังสามารถนำลำโพงพาราเมตริกอะคูสติกไปประยุกต์ใช้งานได้อีกหลายรูปแบบ เช่น การนำไปใช้ภายในพิพิธภัณฑ์ เพื่อบรรยายเรื่องราวแบบระบบสองภาษา ใช้ในระบบการจราจรเพื่อแจ้งเตือนเฉพาะจุดหรือเฉพาะคันได้ และยังสามารถใช้เป็นลำโพงส่วนตัวเพื่อไม่รบกวนบุคคลรอบข้าง

5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

- ระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ผ่านลำโพงพาราเมตริกอะคูสติก ยังไม่มีการนำเทคโนโลยีไร้สายเข้ามาใช้ในระบบ หากนำเทคโนโลยีไร้สายเข้ามาช่วยจะเพิ่มความสะดวกในการติดตั้งและใช้งานมากขึ้น

- สามารถเพิ่มหรือปรับคุณภาพของการตรวจจับบุคคลได้โดยการแก้ไขเซนเซอร์ เนื่องจากเซนเซอร์ที่ใช้ในปริมาณนี้ยังตรวจจับในระยะที่ไกลไม่ได้มากนัก และการประยุกต์ใช้ลำโพงพาราเมตริกอะคูสติกที่นอกจากจะใช้ส่งเสียงเตือนแล้วยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นเซนเซอร์ตรวจจับบุคคลได้อีกด้วย

- เนื่องจากคณะผู้จัดทำปริมาณงานยังขาดความรู้ในด้านอิเล็กทรอนิกส์ และด้านศาสตร์ของเสียง อีกทั้งยังมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้อกับคุณภาพของเสียง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของ การคำนวณค่าทางไฟฟ้าเพื่อใช้ออกแบบวงจรต่าง ๆ การกัดลายทองแดง การต่อแผงวงจร การเลือกใช้ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องมือที่ใช้ทักษะด้านอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อคุณภาพของเสียงทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] มนตรี ศิริปรัชญานันท์, ระบบสื่อสารแบบแวนะลอก, บริษัท แอนนาดิจิต กรุป จำกัด, ธันวาคม 2544, บทที่ 5
- [2] มนตรี ศิริปรัชญานันท์, การใช้งานออปแอมป์, บริษัท แอนนาดิจิต กรุป จำกัด, มีนาคม 2544, บทที่ 17-18, หน้า 247-271
- [3] มนตรี ศิริปรัชญานันท์, วงจรกรองความถี่แบบแอกทีฟเบื้องต้น, บริษัท แอนนาดิจิต กรุป จำกัด, มีนาคม 2544, บทที่ 17-18, หน้า 247-271
- [4] ณัฐวุฒิ พลชะดิน, วิริยะ พิเชฐจำเริญ. การวิเคราะห์วงจรเอซีซอปปเปอร์โดยมีวงจรสับเบอร์ทำงานในระหวางการเปลี่ยนโหมด ปรียญยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2017.
- [5] M. Diehl, George : MACHINERY ACOUSTICS , United States of America, John Wiley & Sons, Inc. , 1973.
- [6] Don, Davis, Carolyn : SOUND SYSTEM ENGINEERING, USA, Howard W. Same & Co., Inc. , 1982.
- [7] Herrmann, U.F : HANDBUCH DER ELEKTROAKUSTIK, Dr. Alfred Huthing Verlag GmbH, Heidelberg, 1983.
- [8] Slurzberg, Morris, Osterheld, William : ESSENTIALS OF RADIO ELECTRONICS, Second Edition, Tokyo, Mc Graw – Hill Book Company, Inc. , 1961.
- [9] Jens Trampe, Broch : ACOUSTIC NOISE MEASUREMENTS, Second Edition, 1973.
- [10] Jun Yang, Jing Tian. Parametric Loudspeaker: from theory to applications. Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, July. 2014.
- [11] Woon-Seng Gan, Ee-Leng Tan, and Sen M. Kuo. Audio Projection : Directional sound and its application in immersive communication. IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, January. 2011.
- [12] Robert F. Coughlin and Frederick F. Driscoll, Operational Amplifiers & Linear Integrated Circuits, Prentice-Hall International, Inc., 1998.
- [13] M. Yoneyama, J. Fujimoto, Y. Kawamo, and S. Sasabe, “The audio spotlight: An application of nonlinear interaction of sound waves to a new type of loudspeaker design,” J. Acoust. Soc. Am., vol. 73, no. 5, pp.1013-1020, 1983.
- [14] C. Shi, H. Nomura, T. Kamakura, and W. S. Gan, "Spatial aliasing effects in a steerable parametric loudspeaker for stereophonic sound reproduction," IEICE Trans. Fund. Electron. Commun. Computer Sci., vol. E97 A, no.9, pp.1859-1866, 2014.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [15] Foodland. **Principle of operation.** www.it.com. 2015
- [16] **Ultrasonic Directive Speaker.** Articles of Elector Magazine. 2009.
- [17] Swagatam Majumdar. **Making an Ultrasonic Directive Speaker Circuit - Parametric Speaker System.** June. 2014.
- [18] Agilent Technologies. **Digital Modulation in Communications Systems - An Introduction.** U.S.A.. 2001.
- [19] George Clayton and Steve Winder, **Operational Amplifiers**, 4th edition, Newnes-Butterworth, 2000.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Poster และรูปผลงาน

Department of Computer Engineering
(Information Engineering)
CE 6056



Parametric Acoustic Loudspeaker for Airport Rail Link

(ระบบกระจายเสียงเตือนบริเวณชานชาลาแอร์พอร์ตเรลลิงก์ผ่านลำโพงพารามตริกอะคูสติก)

Miss.Pischaporn Palasin, Miss.Ratchadaporn Rung-Uthai, Miss.Warin Pimpak and Asst.Prof.Dolcha Sookcharoenphol

Abstract

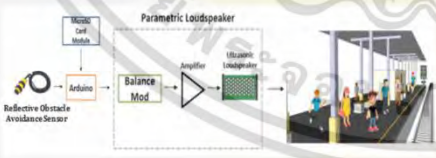
This thesis proposed a parametric acoustic loudspeaker for warning sound at a platform of airport rail link for passengers security. Due to the outstanding attribute of Ultrasonic propagation in air provides narrow beam feature at far field range. Thus, allows limit of hearing in specific areas and do not interfere to neighbor areas. In addition, it provides two methods for transmits a sound to audiences. One method, it can transmit an audio signal directly to a specific area and other method, it use a smooth scene as sound reflector for sound reflected from scene to the listener. For signal processing of the parametric acoustic array, it consist of the modulating signal in audio band as input modulated with the carrier signal 40 kHz, ultrasonic signal amplified by high frequency amplifier and then feed to the parametric acoustic array in rectangular shape. The quality of sound can be improved by an appropriate modulating which reduced the THD (total harmonic distortion) to lowest.

Introduction

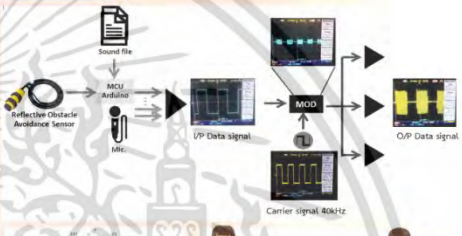
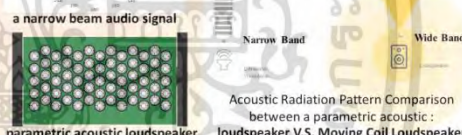
Due to the staff can not take care of all passengers, especially, not use an automatic security door at the station. This may cause accidents with passengers, especially, children, older person, pregnant women and the passengers don't get security in service such as the news that there was a user fainted and went off the rails until death. So we made this project to solve the problem.

Methodology

The system is consists of sensors that detect when objects move into the target area. Then send a command to the Arduino to enter the audio signal into the Parametric Loudspeaker (PAL) that internal circuit consists of a balance modulation circuit that will modulate audio signal and carrier signal. Then transmit the modulated audio signal into amplifier circuit and send audio signal to the ultrasonic transducer for send to a narrow audio wave into the target area.



Results





Conclusion

This thesis was successfully developed by parametric acoustic loudspeaker for airport rail link can alert people who may be in danger from getting into dangerous areas. However, we hope that in the future this thesis will be improved for better efficiency.

References

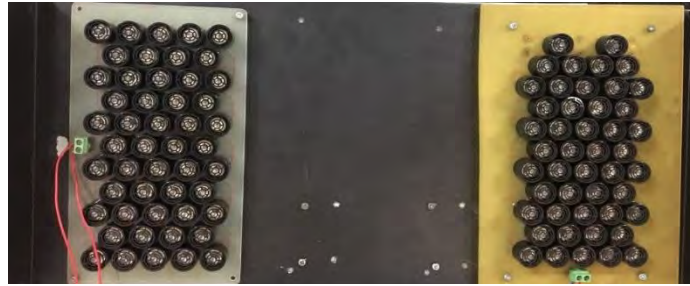
- [1] Jun Yang, Jing Tian Parametric Loudspeaker from theory to applications Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, July 2014.
- [2] Woon-Seng Gan, Ee-Leng Tan, and Sen M. Kuo Audio Projection Directional sound and its application in immersive communication IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, January 2011.
- [3] Swagatam Majumdar Making an Ultrasonic Directive Speaker Circuit – Parametric Speaker System June 2014.
- [4] George Clayton and Steve Winder, Operational Amplifiers, 4th edition, Newnes/Butterworth, 2000.



E-mail: ksdolcha@kmitl.ac.th, 57010888@kmitl.ac.th, 57011057@kmitl.ac.th, 57011121@kmitl.ac.th

รูปที่ ก.1 Poster

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 ลำโพงอัลตราโซนิค



รูปที่ ก.3 Balance modulation Amplifier ด้านหน้า



รูปที่ ก.4 Balance modulation Amplifier ด้านหลัง



รูปที่ ก.5 แบบจำลองการติดตั้งเซ็นเซอร์บริเวณชานชลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตัวอย่าง การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE

การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE

โปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Windows สามารถอธิบายได้ดังนี้

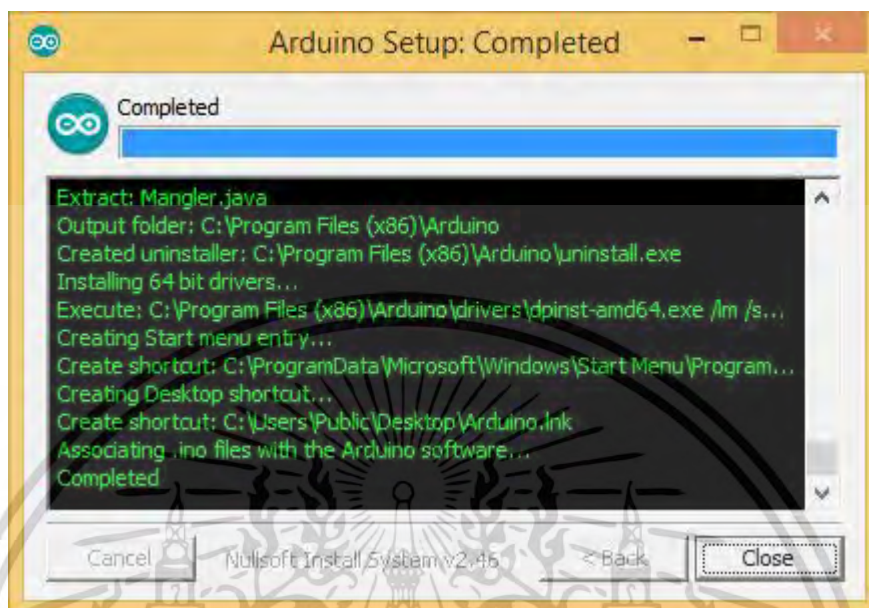
1. ดาวน์โหลด Arduino IDE โดยไปที่ <https://www.arduino.cc> และไปที่ click ที่ Download เป็นไปตามฟอร์แมตไฟล์ดังรูปที่ ข.1



รูปที่ ข. 1 หน้าต่างแสดงเว็บดาวน์โหลดการติดตั้งของโปรแกรม Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เปิดไฟล์ที่ดาวน์โหลด เลือกติดตั้งค่าเริ่มต้น เลือกไฟล์เตอร์ติดตั้งโปรแกรม และทำการติดตั้งโปรแกรม เมื่อการติดตั้งโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์จะขึ้นแสดงหน้าต่าง ดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข. 2 หน้าต่างแสดงการติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลผู้จัดทำ

- | | | | |
|---------------------|-----------|----------|------------|
| 1. นางสาว พิชาพร | ผลาสินธุ์ | 57010888 | 0853852636 |
| 2. นางสาว รัชดาภรณ์ | รุ่งอุทัย | 57011057 | 0835561433 |
| 3. นางสาว วริน | พิมพ์ภาค | 57011121 | 0875559565 |

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้