



เอกสารประกอบการเรียนการสอน

วิชาเครื่องเสียง รหัสวิชา 2105-2008

จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ

ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

จัดทำโดย

นายเมาลี กลิ่นหอม

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ

วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ



เอกสารประกอบการเรียนการสอน

วิชาเครื่องเสียง รหัสวิชา 2105-2008
จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Practice)

ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

จัดทำโดย

นายเมาลี กลิ่นหอม

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ

วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

เอกสารประกอบการเรียนการสอน วิชาเครื่องเสียง รหัสวิชา 2105-2008 จัดทำขึ้นตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ใช้วิธีจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Practice) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เน้นการฝึกทักษะให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ผสมผสานระหว่างทฤษฎีและภาคปฏิบัติ โดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติหลังจากที่ได้รับ การอธิบายและสาธิตแล้วจากผู้สอนแล้ว การเรียนการสอนในรายวิชานี้ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ เสนอภาพรวมก่อนการเสนอส่วนย่อย เน้นการฝึกลงมือปฏิบัติตามใบงาน โดยใช้วงจรเครื่องเสียงที่ได้จากการออกแบบขึ้นเองจากผู้จัดทำ ให้เป็นวงจรที่ง่ายต่อการเรียนรู้และได้สาระสอดคล้องกับหลักสูตร เป็นประโยชน์ในงานอาชีพ


ลำดับชั้นการเรียนรู้วิชาเครื่องเสียงเริ่มจากการมองเครื่องขยายเสียงจากภายนอก หน้าที่หลักของเครื่องขยายเสียง ศึกษาหน้าที่ของปุ่มปรับต่าง ๆ ขั้วต่ออินพุตและเอาต์พุต การต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ประกอบ แล้วศึกษาลงลึกไปสู่ส่วนประกอบหลักที่อยู่ภายในเครื่องขยายเสียง หน้าที่การทำงานของส่วนประกอบ สร้างส่วนประกอบหลักที่อยู่ภายในเครื่องขยายเสียง เช่น วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย วงจรเพาเวอร์แอมป์ วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปริแอมพลิฟายเออร์ สร้างแท่นเครื่องเสียงและประกอบลงแท่นเครื่องเสียง ประกอบตู้ลำโพง ประเมินผลงาน/ผลผลิตที่ได้

ผู้จัดทำเอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาเครื่องเสียงเล่มนี้ ตั้งใจให้ได้เอกสารที่มีความถูกต้องสมบูรณ์ตรงตามรูปแบบมากที่สุด ให้เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนและผู้สอนที่สุด และเป็นแนวทางให้แก่ผู้ที่สนใจที่จะศึกษาเครื่องเสียงด้วย จะแต่อย่างไรก็ตามหากยังมีส่วนหนึ่งส่วนใดของเอกสารที่ยังไม่สมบูรณ์และยังไม่ตรงตามรูปแบบ ผู้จัดทำยินดีน้อมรับ และจะปรับปรุงแก้ไขเอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาเครื่องเสียง ให้สมบูรณ์ตรงตามรูปแบบในโอกาสต่อไป

เมาลี กลิ่นหอม

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
หน่วยที่ 1 การใช้งานเครื่องขยายเสียง	1
หน่วยที่ 2 วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	20
หน่วยที่ 3 วงจรเพาเวอร์แอมป์	52
หน่วยที่ 4 วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปริแอมพลิฟายเออร์	79
หน่วยที่ 5 การประกอบลงแทนเครื่องเสียง	97
หน่วยที่ 6 ลำโพง	113

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 1
	เรื่อง การใช้งานเครื่องขยายเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

สาระสำคัญประจำหน่วย

ลำดับชั้นการเรียนรู้วิชาเครื่องเสียงเริ่มจากการมองเครื่องขยายเสียงจากภายนอก หน้าที่หลักของเครื่องขยายเสียง ศึกษาหน้าที่ของปุ่มปรับต่าง ๆ ขั้วต่ออินพุทและเอาต์พุท การต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ประกอบ เช่น ลำโพง เครื่องเล่น CD DVD TUNER TV เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ฯลฯ เป็นต้น แล้วศึกษาลงลึกลงไปสู่ส่วนประกอบหลักที่อยู่ภายในเครื่องขยายเสียง หน้าที่การทำงานของประกอบเหล่านั้น ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการกระทำ โดยฝึกปฏิบัติ สร้างส่วนประกอบหลักที่อยู่ภายในเครื่องขยายเสียง เช่น วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย (แหล่งจ่ายไฟ) วงจรเพาเวอร์แอมป์ วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปริแอมพลิฟายเออร์ สร้างแท่นเครื่องเสียงและประกอบลงแท่นเครื่องเสียง ประกอบตู้ลำโพง และท้ายที่สุดประเมินค่าโดยสรุปและประเมินผลงาน/ผลผลิตที่ได้

จุดประสงค์การสอน

จุดประสงค์ทั่วไป


1. สามารถต่อและใช้งานเครื่องขยายเสียงร่วมกับอุปกรณ์ประกอบได้ถูกต้อง (ด้านทักษะพิสัย)
2. สามารถต่อและใช้งานเครื่องขยายเสียงร่วมกับระบบอื่น ๆ (ด้านทักษะพิสัย)
3. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีในการจัดเตรียม ใช้งาน รักษาความสะอาด และจัดเก็บ เครื่องขยายเสียงและอุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง การใช้งานห้องปฏิบัติการ (ด้านจิตพิสัย)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถต่อใช้งานเครื่องขยายเสียงกับอุปกรณ์ประกอบได้ถูกต้อง (ด้านทักษะพิสัย)
2. สามารถใช้งาน ปรับแต่งเสียง เครื่องขยายเสียงได้ถูกต้องตามความต้องการ และตามสมดุลเสียง [Tonal Balance] (ด้านทักษะพิสัย)
3. สามารถต่อใช้งานเครื่องขยายเสียงร่วมกับระบบอื่น ๆ (ด้านทักษะพิสัย)
4. มีเจตคติที่ดีในการจัดเตรียม ใช้งาน รักษาความสะอาด และจัดเก็บ เครื่องขยายเสียงและอุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง อย่างถูกต้อง เหมาะสม รอบครอบและปลอดภัย (ด้านจิตพิสัย)

สมรรถนะประจำหน่วย

1. อธิบายการใช้งานเครื่องเสียงและอุปกรณ์ประกอบได้ถูกต้อง
2. ต่อใช้งานเครื่องเสียงและอุปกรณ์ประกอบได้ถูกต้องตามคู่มือและตามสถานการณ์
3. อธิบายการใช้งานเครื่องขยายเสียงร่วมกับระบบอื่น ๆ ได้ถูกต้อง
4. ต่อใช้งานเครื่องเสียงร่วมกับระบบอื่น ๆ ได้ถูกต้องตามคู่มือและตามสถานการณ์

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 1
	เรื่อง การใช้งานเครื่องขยายเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

หัวข้อเรื่องและงาน

ทฤษฎี


หัวข้อเรื่อง หน่วยที่ 1	สอนครั้งที่
1. สัญญาณเสียง	1
2. การทำงานของเครื่องขยายเสียง	1
3. วงจรเครื่องขยายเสียงแบบโมโนและแบบสเตอริโอ	1
4. บล็อกไดอะแกรมการต่อใช้งานเครื่องขยายเสียง	1
5. อุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง (อุปกรณ์ประกอบการใช้งานเครื่องขยายเสียง)	2
6. บล็อกไดอะแกรมของเครื่องขยายเสียง	2
7. การต่อเครื่องขยายเสียงกับระบบอื่น ๆ	2
8. มิกเซอร์	2
9. วงจรลิมิตเตอร์	2
10. หลักการบันทึกเสียงบนแถบเทปและ CD	2

ปฏิบัติ

ใบงาน หน่วยที่ 1	สอนครั้งที่
1. ต่อและใช้งานเครื่องขยายเสียงร่วมกับอุปกรณ์ประกอบ	1
2. ต่อและใช้งานเครื่องขยายเสียงร่วมกับระบบอื่น ๆ	2

จิตพิสัย

คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม คุณลักษณะอันพึงประสงค์ และหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 1
	เรื่อง การใช้งานเครื่องขยายเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

บทนำ


ดนตรีเกิดขึ้นมาในโลกพร้อมกับมนุษย์ในยุคแรก ๆ ที่อาศัยอยู่ในป่าดง ในถ้ำ ในโพรงไม้ มีการร้องรำทำเพลงตามธรรมชาติ เช่น รู้จักปรบมือ เคาะหิน เคาะไม้ เป่าปาก เป่าเขาสัตว์ และเปล่งเสียงร้องตามขนบธรรมเนียม ตามวัฒนธรรม การร้องรำทำเพลงเพื่ออ่อนนวยพระเจ้าช่วยให้ตนพ้นภัย บันดาลความสุขความอุดมสมบูรณ์ต่าง ๆ ให้แก่ตน หรือเป็นการบูชาแสดงความขอบคุณพระเจ้าที่บันดาลให้ตนมีความสุขความสบาย

มีการพัฒนาสร้างเครื่องดนตรีต่าง ๆ จากการแลกเปลี่ยนศิลปวัฒนธรรม โดยเฉพาะเครื่องดนตรีสากลของชาวตะวันตก ที่มีจุดเริ่มต้นมาจากเครื่องดนตรีของชนชาติกรีกโบราณ 3 ชนิดคือ ไลรา คีธารา และออโรส และต่อมาได้พัฒนาเป็นเครื่องดนตรีประเภทต่าง ๆ เช่น เครื่องสาย เครื่องเป่า เครื่องทองเหลือง เครื่องตี และเครื่องดีดหรือเครื่องเคาะ เช่นไวโอลิน ฟลูต ทรัมเป็ต กลองชุด กีตาร์ ฯลฯ ซึ่งมีการพัฒนามาตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงปัจจุบัน

การพัฒนาแบบแผนของดนตรีเริ่มจากแถบตะวันออกของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน จากชาวกรีกโบราณเข้าสู่ยุโรป มีทฤษฎีเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์แห่งเสียง (Acoustic) ที่ชาวกรีกเป็นผู้ริเริ่มหลายเรื่อง เช่น การกำหนดคุณสมบัติ และจัดระเบียบของเสียง ระบบเสียงที่ก่อให้เกิดบันไดเสียงต่าง ๆ หลักในการจัดหมวดหมู่ของลีลา หรือจังหวะ หลักเบื้องต้นในการประดิษฐ์เครื่องดนตรี ตัวโน้ตดนตรี หรือสัญลักษณ์ที่ใช้แทนเสียงดนตรีสากล ต่อมาได้พัฒนาจากดนตรีเสียงเดียว (Melody) มาเป็นประสานเสียงดนตรี จนเกิดการบรรเลงเป็นวงดนตรี

การแสดงดนตรีในสมัยแรก ๆ เป็นการแสดงดนตรีสด ตามสถานที่แสดงดนตรีต่าง ๆ โดยแหล่งกำเนิดเสียงได้จากอะคูสติกของชิ้นเครื่องดนตรีเองและจากห้องแสดงดนตรี ผู้ฟังได้รับฟังเสียงโดยพร้อมเพรียงกัน โดยยังไม่มีระบบการขยายเสียงด้วยไฟฟ้า และยังไม่มีระบบการบันทึกเสียง

เครื่องบันทึกเสียงดนตรีในยุคแรกจะอาศัยหลักการทางกลเท่านั้น จากเสียงในอากาศซึ่งเป็นคลื่นกลจากแหล่งกำเนิดเสียง ไปทำให้แผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm plate) ที่มีปลายเข็มติดอยู่สั่นตามคลื่นเสียง และใช้ปลายเข็มนี้ไปทำให้เกิดระลอกหลุมลึกตื้นตามสัญญาณเสียงลงในร่องของแผ่นบันทึกเสียงที่หมุนด้วยความเร็วคงที่จะได้เป็นแผ่นมาสเตอร์ จากแผ่นมาสเตอร์ใช้เป็นต้นแบบสำหรับผลิตเป็นแผ่นเสียงที่มีระลอกหลุมลึกตื้นเหมือนกันแผ่นมาสเตอร์แต่ให้ความแข็งแรงและคงทนกว่า การเล่นแผ่นเสียงทำได้โดยใช้เข็มสำหรับเล่นแผ่นเสียงวางลงในร่องแผ่นเสียงที่หมุนด้วยความเร็วคงที่เท่ากับความเร็วที่ใช้บันทึกเสียง และเข็มเล่นนี้ต่อเข้ากับแผ่นไดอะแฟรม ทำให้แผ่นไดอะแฟรมนี้สั่นและเกิดเสียงตามสัญญาณเสียงที่ถูกบรรจุไว้ในแผ่นเสียง เสียงที่ได้จะดังเบา เพื่อให้เสียงที่ได้มีความดังเพียงพอจะต้องใช้แผ่นไดอะแฟรมนี้ทำหน้าที่เป็นไดรเวอร์ (Compression driver) สำหรับขับฮอ์น

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 1
	เรื่อง การใช้งานเครื่องขยายเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

(Horn speaker) โดยฮอร์นจะทำหน้าที่เป็นตัวปรับอะคูสติคิมพีแดนซ์ค่าสูงที่ปากไปสู่ค่าต่ำที่อากาศ ซึ่งอาจจะทำให้เพิ่มความดังของเสียงได้ถึงสิบเท่า

การแบ่งประเภทของเครื่องเสียง อาจแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ดังนี้

1) อุปกรณ์แหล่งสัญญาณ เป็นอุปกรณ์ผลิตสัญญาณ อาจกำเนิดสัญญาณได้เอง หรือรับสัญญาณมาจากคลื่นวิทยุ เช่น เครื่องเล่นแผ่นเสียง เครื่องเล่นเทปคาสเซ็ท เครื่องเล่นซีดี เครื่องเล่นดีวีดี เครื่องรับวิทยุ เครื่องรับโทรทัศน์, เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

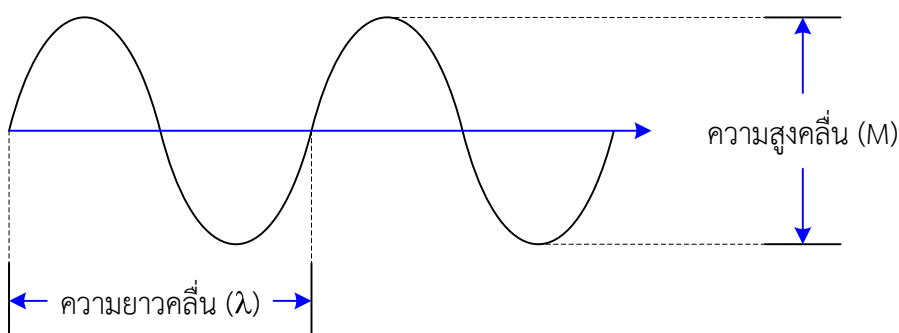
2) อุปกรณ์ปรับแต่งสัญญาณ ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ หรือแปลงสัญญาณ ตามความต้องการใช้งาน เช่น ปรีแอมพลิฟายเออร์, เพาเวอร์แอมพลิฟายเออร์, อีควอไลเซอร์, มิกเซอร์, เซอรวาร์ดชาวด์โปรเซสเซอร์

3) อุปกรณ์กระจายเสียง เป็นส่วนท้ายสุดของระบบเครื่องเสียงคือ ลำโพง รวมทั้งถึงอะคูสติคของห้องฟังด้วย

4) อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ เพื่อประกอบการใช้งาน เช่น ไมโครโฟน, สายเคเบิล, สายสัญญาณ เป็นต้น


1.1 สัญญาณเสียง

เสียงเป็นคลื่นกลเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ และทำให้วัตถุสั่นสะเทือน เสียงต้องอาศัยตัวกลางในการเดินทาง เสียงเดินทางในอากาศด้วยความเร็วประมาณ 346 เมตร/วินาที ที่อุณหภูมิ 25 °C (298.15 K) และด้วยความเร็วประมาณ 343 เมตร/วินาที ที่อุณหภูมิ 20 °C ความยาวคลื่นเสียง (λ) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็ว (V) และผกผันกับความถี่ (f) ดังรูป และสมการ



รูปที่ 1.1 ความยาวคลื่นเสียง (λ) และความสูงของคลื่น (M)

$$\text{ความยาวคลื่นเสียง; } \lambda = \frac{V}{f} \quad (1.1)$$

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 1
	เรื่อง การใช้งานเครื่องขยายเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

คลื่นเสียงที่เดินทางผ่านตัวกลาง จะทำให้เกิดการเพิ่มและลดความดันเมื่อเทียบจากระดับความดันปกติ ดังนั้นเสียงที่มีพลังงานมากจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันในอากาศมากขึ้นด้วยความดันเสียงและระดับความดันเสียง (Sound pressure and sound pressure level) ความดันเสียงต่ำสุดที่หูคนหนุ่มสาวปกติสามารถได้ยิน คือ 2×10^{-5} N/m² หรือ 2×10^{-5} Pascal (Pa) ที่ความถี่ 1,000 Hz ใช้เป็นค่าอ้างอิง 0dB สำหรับการวัดระดับความดันเสียงในหน่วยเดซิเบล

นิยาม SI derived units ความดัน;
$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} = \frac{\text{J}}{\text{m}^3} \quad (1.2)$$

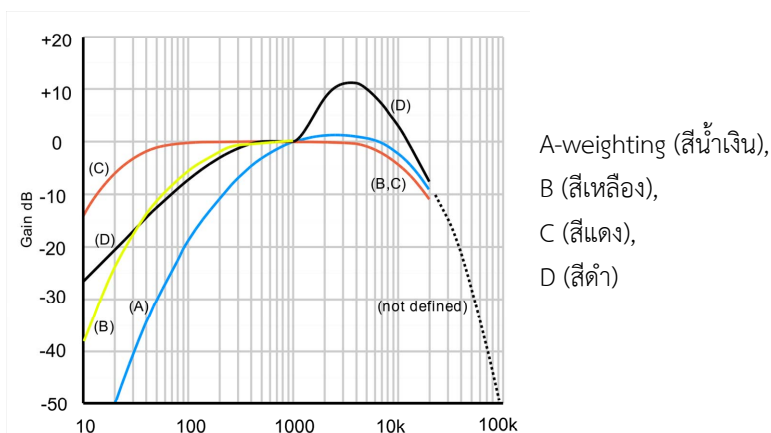
ความเข้มเสียง (Sound intensity) คือ พลังงานเสียงเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ผ่านพื้นที่หนึ่งหน่วยตามทิศทางการกระจายตัวของเสียง มีหน่วยเป็นวัตต์/ตารางเมตร (W/m²) ความเข้มเสียงต่ำสุดที่หูคนหนุ่มสาวปกติสามารถได้ยิน คือ 10^{-12} W/m² ที่ความถี่ 1,000 Hz ใช้เป็นค่าอ้างอิง 0dB สำหรับการวัดระดับความเข้มเสียงในหน่วยเดซิเบล

หน่วยการวัดเสียง ที่ใช้งานกันบ่อย ๆ มีดังนี้

1.1.1 dB SPL เป็นหน่วยวัดความดันเสียง เทียบกับระดับอ้างอิง 0dB ที่ 0.00002 Pa หรือ 2×10^{-5} N/m²


1.1.2 dB IL เป็นหน่วยวัดความเข้มเสียง เทียบกับระดับอ้างอิง 0dB ที่ 10^{-12} W/m²

1.1.3 dB (A) เป็นหน่วยวัดความดันเสียง สำหรับมิเตอร์วัดระดับเสียง (Sound Level meter) เทียบกับระดับอ้างอิง 0dB ที่ได้จากใช้ผลตอบสนองถ่วงน้ำหนัก A (A - weighting curve) ดังรูป



รูปที่ 1.2 กราฟผลตอบสนองถ่วงน้ำหนัก ตามมาตรฐาน IEC 61672:2003

ที่มา: <https://en.wikipedia.org/wiki/A-weighting>, เข้าถึง 6 ตุลาคม 2559

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 1
	เรื่อง การใช้งานเครื่องขยายเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

ซึ่งจะให้ความดันเสียง dB SPL สูงอย่างมากที่ความถี่ต่ำและเพิ่มเล็กน้อยที่ความถี่สูงเมื่อเทียบกับความถี่กลางที่ 1,000 Hz ตามมาตรฐาน IEC 61672:2003 และ Weight น้อยลงเมื่อใช้วัดความดันระดับที่สูงขึ้นเป็น dB (B) และ dB (C) หรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นเป็น dB (D)

1.2 การทำงานของเครื่องขยายเสียง

ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากแหล่งกำเนิดสัญญาณเสียง ควบคุมระดับความดัง ปรับแต่งโทนเสียง หรือปรับแต่งอื่น ๆ ตามที่ต้องการ ขยายให้มีกำลังมากขึ้นเพื่อใช้ขับลำโพง โดยที่วงจรเครื่องเสียงต่อเอาต์พุตของวงจรหนึ่งไปยังอินพุตของวงจรหนึ่งเท่านั้น ต้องไม่มีการต่อเอาต์พุตกับเอาต์พุตเข้าด้วยกัน การขยายเสียงแบ่งคร่าว ๆ ได้เป็น 3 ส่วน คือ

1.2.1 ภาคสัญญาณเข้า (Input Signal) ได้จากสัญญาณเอาต์พุตของอุปกรณ์กำเนิดเสียง เช่น TUNER เครื่องเล่น CD/DVD MP3 เครื่องเล่นแผ่นเสียง เป็นต้น หรือได้จากการรับเสียงโดยตรงด้วยไมโครโฟน เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เปลี่ยนคลื่นเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการคลื่นเสียงทำให้แผ่นไดอะแฟรมสั่นสะเทือนตามสัญญาณ และไมโครโฟนจะทำหน้าที่เปลี่ยนการสั่นของแผ่นไดอะแฟรมให้เป็นสัญญาณ (พลังงาน) ไฟฟ้าที่มีลักษณะตรงกับเสียงที่ได้รับ

1.2.2 ภาคขยายเสียง (Amplifier) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้า ความถี่เสียงให้มีกำลังมากขึ้น เพื่อส่งออกไปขับลำโพงให้เกิดเสียงดังขึ้น กำลังขับด้านเอาต์พุตเครื่องขยายเสียงมีหน่วยวัดเป็น วัตต์ (Watts) ชนิดของเครื่องขยายเสียงแบ่งออกเบื้องต้น ดังนี้


(1) เครื่องขยายเสียงหลอด เป็นเครื่องขยายเสียงแบบแรกี่สร้างขึ้นมาใช้ในการซื้อดีที่บำรุงรักษาง่าย ทนทาน เสียงมีความเพี้ยนต่ำ ข้อเสียที่ขนาดใหญ่ ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก

(2) เครื่องขยายเสียงทรานซิสเตอร์ เป็นเครื่องขยายที่พัฒนามาใช้ทรานซิสเตอร์ ทำหน้าที่ขยายเสียงแทนหลอดสุญญากาศ ทำให้มีขนาดเล็กกะทัดรัด น้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายสะดวก ประหยัดพลังงานไฟฟ้ากว่า ข้อเสียคือ ไม่ทนทาน และเมื่อเครื่องร้อนมากเสียงมีความเพี้ยนสูง

(3) เครื่องขยายเสียงแบบผสม เป็นเครื่องขยายเสียงที่มีวงจรผสมของหลอดสุญญากาศกับทรานซิสเตอร์ ทำให้ได้คุณภาพที่ดีขึ้น

(4) เครื่องขยายเสียงแบบไฮบริดจ์ ไอ.ซี. เป็นเครื่องขยายเสียงที่มีวงจรสำเร็จรูป ทำให้มีขนาดกะทัดรัด ดูแลรักษาง่าย มักมีกำลังขยายไม่มากนัก

(5) เครื่องขยายเสียงแบบคลาสดี (Class – D Amplifier) ใช้หลักการของสวิทชิงแอมพลิไฟเออร์ ให้ประสิทธิภาพของพลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด ประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่สุด ขนาดเล็ก

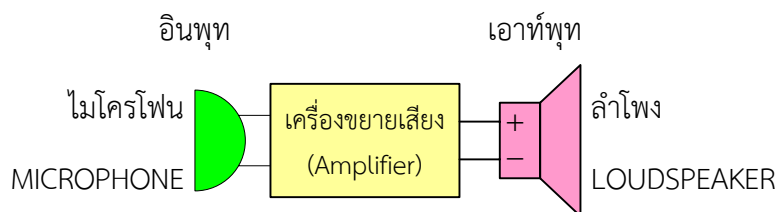
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 1
	เรื่อง การใช้งานเครื่องขยายเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

และน้ำหนักเบาที่สุด เครื่องขยายระดับขนาดที่ให้กำลังขับสูง ๆ มีในงานระดับมืออาชีพ ในลำโพงแบบแอกทีฟ แต่ในวงการ HI-FI ยังไม่ค่อยยอมรับในเรื่องคุณภาพเสียงที่ได้

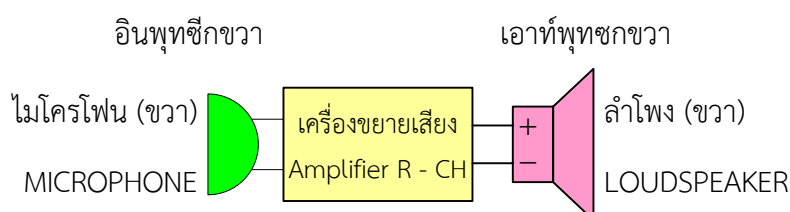
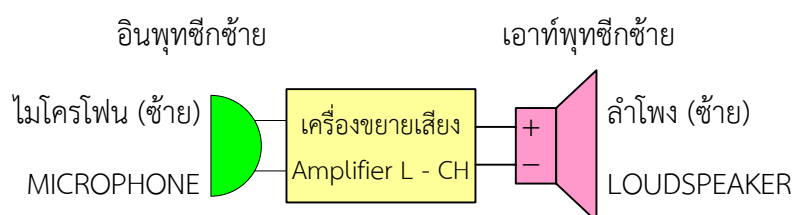
1.2.3 ภาคสัญญาณออก (Output Signal) เป็นสัญญาณไฟฟ้าคลื่นเสียงที่ถูกขยายให้มีความถี่เพียงพอสำหรับขับลำโพง และลำโพงทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าความถี่เสียงที่ถูกปรับแต่งและขยายมาแล้วให้กลับเป็นคลื่นเสียง ปัจจุบันนิยมใช้ลำโพงชนิดขดลวดแม่เหล็ก ที่ใช้หลักการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดเสียงของลำโพง ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ขดลวดเกิดแรงกระทำกับสนามแม่เหล็กถาวรของลำโพง ทำให้ขดลวดเสียงเคลื่อนที่สั้นไปมาและพาเอากรวยของลำโพงสั้นไปตามความถี่ของสัญญาณไฟฟ้า ทำให้อากาศด้านหน้าและด้านหลังของกรวยสั้นสะเทือนเกิดเป็นเสียงขึ้น

1.3 วงจรเครื่องขยายเสียงแบบโมโนและแบบสเตอริโอ


วงจรเครื่องขยายแบบโมโน คือวงจรขยายเสียงชุดเดียวหรือขยายเสียงสัญญาณเดียว ส่วนวงจรเครื่องขยายแบบสเตอริโอคือ วงจรขยายเสียงสองชุดที่มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการหรือขยายเสียงสองสัญญาณแบ่งเป็นสัญญาณข้างซ้าย (CH - L) และสัญญาณข้างขวา (CH - R) ดังรูป



รูปที่ 1.3 วงจรเครื่องขยายเสียงแบบโมโน

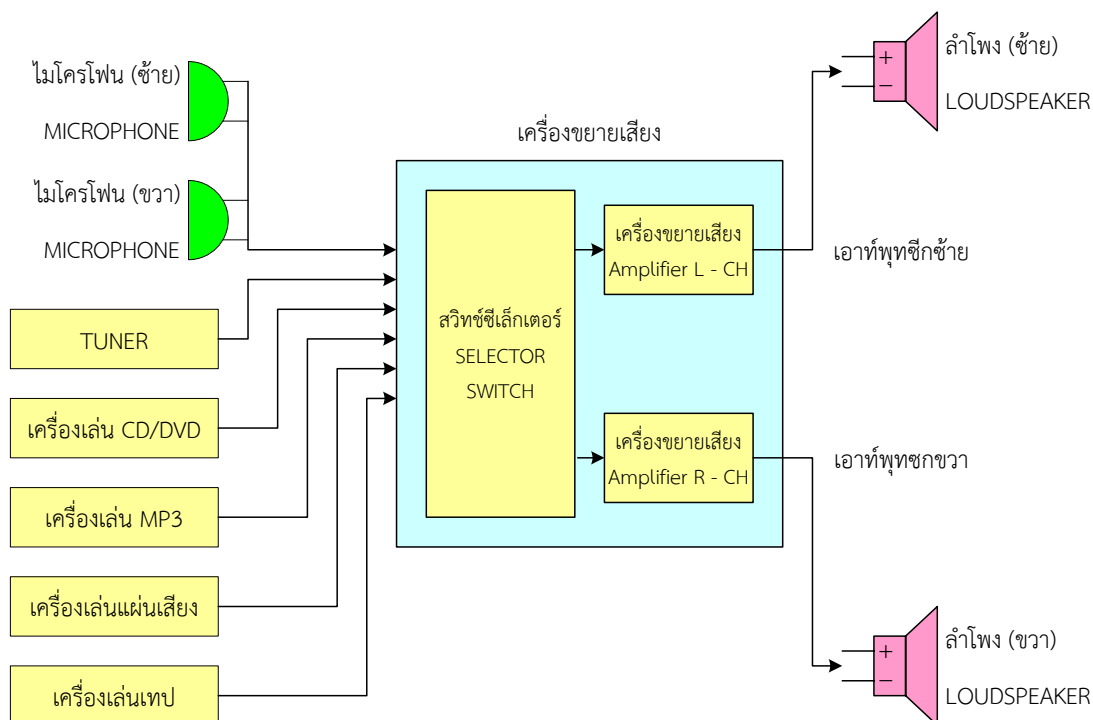


รูปที่ 1.4 วงจรเครื่องขยายเสียงแบบสเตอริโอ

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 1
	เรื่อง การใช้งานเครื่องขยายเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

1.4 บล็อกไดอะแกรมการต่อใช้งานเครื่องขยายเสียง

เครื่องขยายเสียงจะมีวงจรสวิตช์ซีเล็กเตอร์ (Selector switch) สำหรับเลือกแหล่งกำเนิดเสียงที่เราต้องการ มาขยายสัญญาณให้มีกำลังแรงขึ้นตามที่ต้องการ และขับลำโพง ดังรูป



รูปที่ 1.5 บล็อกไดอะแกรมการต่อใช้งานเครื่องขยายเสียง

1.5 อุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง (อุปกรณ์ประกอบการใช้งานเครื่องขยายเสียง)


คืออุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกับเครื่องขยายเสียง ให้สามารถทำงานเป็นระบบเครื่องเสียง เพื่อทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณเสียง นำสัญญาณเสียง และเป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณไฟฟ้ากลับเป็นเสียง มีดังนี้

1.5.1 ลำโพง

ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียง (พลังงานไฟฟ้า) ให้เป็นเสียง (พลังงานกล)

1.5.2 ไมโครโฟน

ทำหน้าที่เปลี่ยนเสียง (พลังงานกล) ให้เป็นสัญญาณเสียง (พลังงานไฟฟ้า)

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 1
	เรื่อง การใช้งานเครื่องขยายเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

1.5.3 สายสัญญาณและสายลำโพง

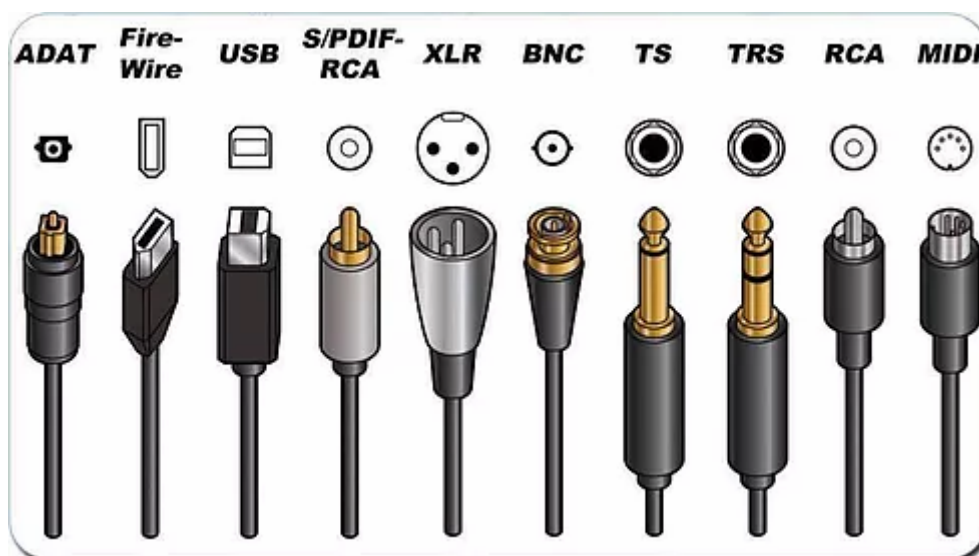
สายสัญญาณใช้นำสัญญาณไฟฟ้าในรูปแบบสัญญาณเสียงโดยปกติจะมีชิลด์ เพื่อป้องกันสัญญาณเข้ามารบกวน ส่วนสายลำโพงใช้นำสัญญาณไฟฟ้าในรูปแบบสัญญาณเสียงพร้อมกำลังไฟฟ้าเพื่อขับลำโพงจึงต้องใช้ตัวนำขนาดใหญ่เพื่อให้สายมีความต้านทานไฟฟ้าต่ำเพียงพอ

1.5.4 แมตซิงแบบ Balance และแบบ Unbalance

แมตซิงแบบ Balance ใช้กับสายนำสัญญาณ 2 เส้น + พร้อมกราวด์ชิลด์ ส่วนแบบ Unbalance ใช้กับสายนำสัญญาณ 1 เส้น + พร้อมกราวด์ชิลด์ โดยที่แมตซิงแบบ Balance ใช้สัญญาณ 2 เส้นกลับเฟสกัน ใช้กับอินพุทของด้านรับสัญญาณที่ทำงานแบบวงจรถยายผลต่างทำให้แมตซิงแบบ Balance ป้องกันสัญญาณรบกวนไม่ให้เข้ามาในสายสัญญาณได้ดีกว่าแบบ Unbalance

1.5.5 ปลั๊ก แจ็ค

แบ่งเป็นใช้งานกับสัญญาณแบบ Balance กับ Unbalance ดังรูป




รูปที่ 1.6 แสดงปลั๊ก แจ็ค แบบต่าง ๆ

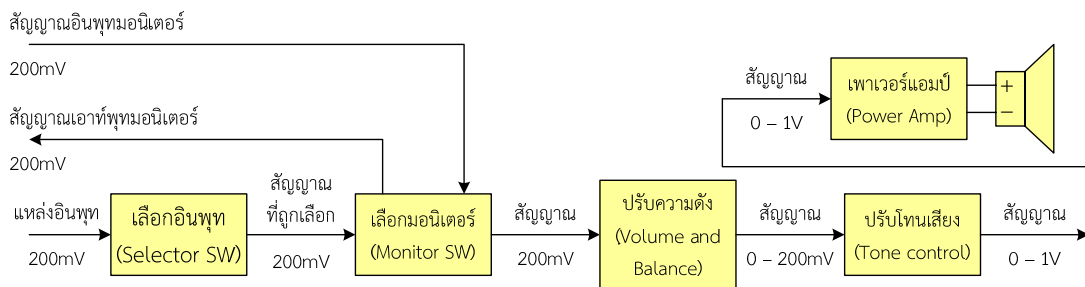
ที่มา: <https://www.inearbeat.com/single-post/2015/08/26/>

1.6 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องขยายเสียง

ภาคแรกเลือกอินพุท (Selector switch) ทำหน้าที่เลือกแหล่งสัญญาณเสียงที่ต้องใช้งานส่งผ่านมายังภาคเลือกมอนิเตอร์ (Monitor switch) ทำหน้าที่เลือกรับสัญญาณจากสัญญาณที่ถูกเลือกจากซีเล็กเตอร์สวิตช์ เมื่อ “Monitor SW = OFF” และเลือกรับสัญญาณจากสัญญาณจากขั้ว

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 1
	เรื่อง การใช้งานเครื่องขยายเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

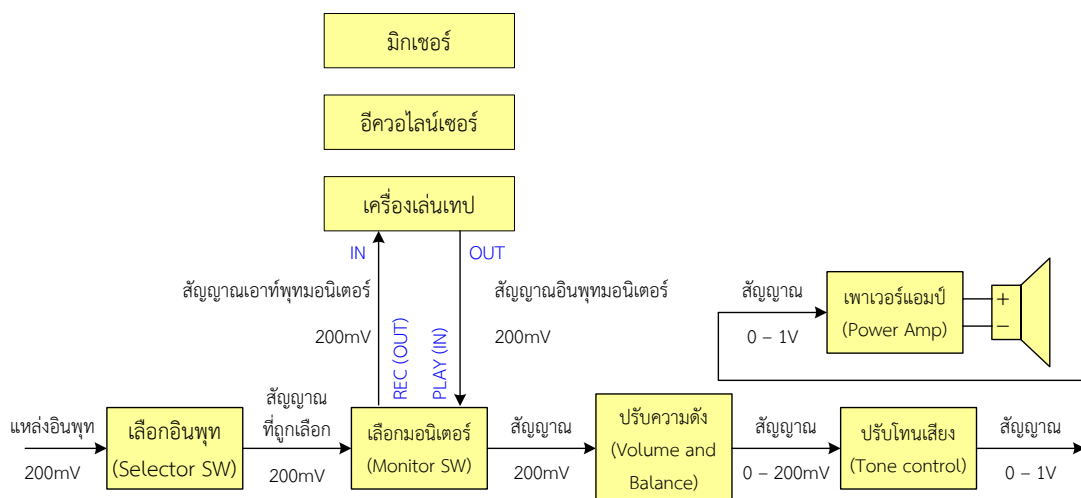
สัญญาณอินพุทมอนิเตอร์ (PLAY: IN ของ Monitor) เมื่อ “Monitor SW = ON” โดยมีสัญญาณออกจากขั้วสัญญาณเอาต์พุทมอนิเตอร์ (REC: OUT) เป็นสัญญาณที่ถูกเลือกจากซีเล็กเตอร์สวิทช์ออกมาตลอดเวลา สัญญาณจากมอนิเตอร์สวิทช์จะถูกส่งไปปรับบาลานซ์ซ้าย-ขวา ปรับความดัง และถูกส่งไปปรับโทนเสียงที่ภาคปรับโทนเสียง ได้เป็นสัญญาณไลน์สำหรับป้อนเป็นอินพุทของเพาเวอร์แอมป์ขยายกำลังให้เพียงสำหรับขับลำโพง




รูปที่ 1.7 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องขยายเสียง

1.7 การต่อเครื่องขยายเสียงกับระบบอื่น ๆ

การต่อเครื่องขยายเสียงกับระบบอื่น ๆ ปกติจะต่อผ่านวงจรเลือกมอนิเตอร์และใช้มอนิเตอร์สวิทช์เป็นตัวควบคุมทิศทางของสัญญาณ โดยมอนิเตอร์ (Monitor switch) ทำหน้าที่เลือกรับสัญญาณจากสัญญาณที่ถูกเลือกจากซีเล็กเตอร์สวิทช์ เมื่อ “Monitor SW = OFF” และเลือกรับสัญญาณจากสัญญาณจากขั้วสัญญาณอินพุทมอนิเตอร์ (PLAY: IN ของ Monitor) เมื่อ “Monitor SW = ON” โดยมีสัญญาณออกจากขั้วสัญญาณเอาต์พุทมอนิเตอร์ (REC: OUT) เป็นสัญญาณที่ถูกเลือกจากซีเล็กเตอร์สวิทช์ออกมาตลอดเวลา เพื่อใช้เป็นสัญญาณสำหรับอินพุทของระบบอื่น ๆ ดังรูป

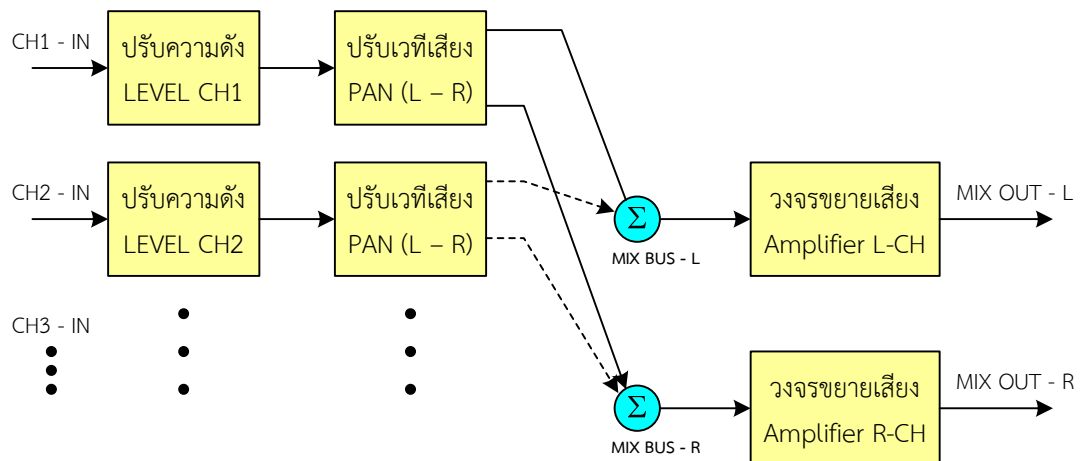


รูปที่ 1.8 บล็อกไดอะแกรมการต่อเครื่องขยายเสียงกับระบบอื่น ๆ

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 1
	เรื่อง การใช้งานเครื่องขยายเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

1.8 มิกเซอร์


มิกเซอร์ทำหน้าที่รวมสัญญาณ ควบคุมความดัง ปรับแต่งน้ำเสียง ปรับเอฟเฟคเสียงเสียง



รูปที่ 1.9 บล็อกไดอะแกรมมิกเซอร์

1.9 วงจรลิมิตเตอร์

วงจรลิมิตเตอร์ “ทำหน้าที่เป็นวอลลุ่มอัตโนมัติ” ควบคุมระดับสัญญาณเสียงไม่ให้ดังเกินไปเมื่อเทียบกับระดับที่ตั้งไว้

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

สาระสำคัญประจำหน่วย

การทำงานของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายแบบต่าง ๆ ส่วนประกอบของวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย การทำงานและการคำนวณเบื้องต้นของหม้อแปลง วงจรเรกติไฟเออร์ วงจรฟิลเตอร์ หลักการทำงาน และวงจรเรกติเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน โครงสร้างของแหล่งจ่ายไฟเดี่ยวและแหล่งจ่ายไฟคู่ การทำงานของวงจรเรกติเลเตอร์แรงดันไฟฟ้า แบบอนุกรมและแบบขนาน แหล่งจ่ายไฟเดี่ยวแหล่งจ่ายไฟคู่

การสร้างแผ่น PCB เพาเวอร์ซัพพลาย การประกอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย และการวัดและทดสอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย


จุดประสงค์การสอน

จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการทำงานของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายแบบต่าง ๆ (ด้านพุทธิพิสัย)
2. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับหม้อแปลง (ด้านพุทธิพิสัย)
3. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับวงจรเรกติไฟเออร์ (ด้านพุทธิพิสัย)
4. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับวงจรฟิลเตอร์ (ด้านพุทธิพิสัย)
5. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการทำงานของวงจรเรกติเลเตอร์แรงดันไฟฟ้า (ด้านพุทธิพิสัย)
6. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับแหล่งจ่ายไฟเดี่ยวและแหล่งจ่ายไฟคู่ (ด้านพุทธิพิสัย)
7. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการประกอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย (ด้านพุทธิพิสัย)
8. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับวัดและทดสอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย (ด้านพุทธิพิสัย)
9. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีในการจัดเตรียม ใช้งาน รักษาความสะอาด และจัดเก็บ เครื่องขยายเสียงและอุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง ใช้งานห้องปฏิบัติการ (ด้านจิตพิสัย)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายการทำงานของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายแบบต่าง ๆ ได้ (ด้านพุทธิพิสัย)
2. อธิบายการทำงานของหม้อแปลง (ด้านพุทธิพิสัย)
3. อธิบายการทำงานของวงจรเรกติไฟเออร์ได้ (ด้านพุทธิพิสัย)
4. อธิบายเกี่ยวกับการทำงานของวงจรฟิลเตอร์ได้ (ด้านพุทธิพิสัย)
5. อธิบายการทำงานของวงจรเรกติเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าได้ (ด้านพุทธิพิสัย)
6. อธิบายการทำงานของแหล่งจ่ายไฟเดี่ยวและแหล่งจ่ายไฟคู่ได้ (ด้านพุทธิพิสัย)

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

7. อธิบายการประกอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ (ด้านพุทธิพิสัย)
8. อธิบายเกี่ยวกับการวัดและทดสอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ (ด้านพุทธิพิสัย)
9. มีเจตคติที่ดีในการจัดเตรียม ใช้งาน รักษาความสะอาด และจัดเก็บ เครื่องขยายเสียง และอุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง อย่างถูกต้อง เหมาะสม รอบครอบและปลอดภัย (ด้านจิตพิสัย)
10. แต่งกายในการปฏิบัติงานและใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง ปลอดภัย รักษาบรรยากาศที่ดี ในการปฏิบัติงาน และรักษาความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงาน ถูกต้องตามกฎระเบียบการใช้ ห้องปฏิบัติการได้ (ด้านจิตพิสัย)


สมรรถนะประจำหน่วย

1. อธิบายการสร้างแผ่น PCB เพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้อง
2. สร้างแผ่น PCB เพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้องตามแบบและตามสถานการณ์
3. อธิบายการประกอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้อง
4. ประกอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
5. อธิบายการวัดและทดสอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้อง
6. วัดและทดสอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้องตามแบบและตัดสินสภาพการทำงานได้

หัวข้อเรื่องและงาน

ทฤษฎี

หัวข้อเรื่อง หน่วยที่ 2	สอนครั้งที่
1. หม้อแปลง	3
2. วงจรเร็กตีไฟเออร์	3
3. วงจรฟิลเตอร์	3
4. รีเลย์มอเตอร์แรงดันไฟฟ้า	4
4.1 แบบอนุกรม	4
4.2 แบบขนาน	4
5. แหล่งจ่ายไฟเดียว แหล่งจ่ายไฟคู่	4
6. การประกอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	4


	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

ปฏิบัติ

ใบงาน หน่วยที่ 2	สอนครั้งที่
1. สร้างแผ่น PCB เพาเวอร์ซัพพลาย	3
2. ประกอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	4
3. วัดและทดสอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	4

จิตพิสัย

คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม คุณลักษณะอันพึงประสงค์ และหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

บทนำ

เพาเวอร์ซัพพลายหรือแหล่งจ่ายไฟ โดยทั่วไปหมายถึงแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Voltage Power Supply) แบ่งออกเป็น แหล่งจ่ายไฟสลับ (AC Supply) และแหล่งจ่ายไฟตรง (DC Supply) แหล่งจ่ายไฟที่ใช้เลี้ยงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้ทำงานได้มักเป็นแหล่งจ่ายไฟตรง และแหล่งจ่ายไฟที่ใช้สำหรับเลี้ยงวงจรเครื่องเสียงก็เป็นแหล่งจ่ายไฟตรง หน่วยการเรียนรู้จึงเน้นเฉพาะแหล่งจ่ายไฟตรง

2.1 ชนิดของเพาเวอร์ซัพพลาย


1. เพาเวอร์ซัพพลายไฟสลับแบบไม่มีระบบรักษาแรงดันให้คงที่ (Unregulated AC Voltage Supply) หรือหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)
2. เพาเวอร์ซัพพลายไฟสลับแบบรักษาแรงดันคงที่ (Regulated/Stabilized AC Voltage Supply) หรือไลน์สเตบิไลเซอร์ (AC voltage/Line Stabilizer)
3. เพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบไม่มีตัวกรอง (Unfiltered DC Voltage Supply)
4. เพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรอง (Capacitor Filtered DC Voltage Supply) และไม่มีเร็กกูเลต (Unregulated DC Supply)
5. เพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรอง (Capacitor Filtered DC Voltage Supply) พร้อมเร็กกูเลต (Unregulated DC Supply)

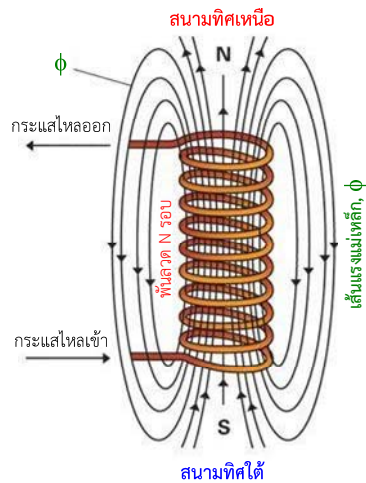
2.2 หม้อแปลง (Transformer)

หม้อแปลงมีหน้าที่แปลงแรงดันเอซีให้สูงขึ้นหรือต่ำลง (Step Up หรือ Step Down) ตามที่ต้องการ และโดยทั่วไปจะทำหน้าที่แยกไฟ (Isolation) โดยแยกด้านไฟอันตรายกับด้านปลอดภัย (ด้านไฟฟ้าสาธารณะกับด้านผู้ใช้งาน) ออกจากกันทางไฟฟ้าไปในตัวด้วย การส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าเกิดจากผลสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำซึ่งกัน (Mutual coupling effect) และระหว่างขดลวดปฐมภูมิ (Primary coil) ใช้งานเป็นด้านอินพุท กับขดลวดทุติยภูมิ (Secondary coil) ใช้งานเป็นด้านเอาต์พุท โดยปกติภายในแหล่งจ่ายไฟตรงของวงจรเครื่องเสียงจะใช้หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์หลัก ทำหน้าที่แปลงแรงดันเอซีให้ต่ำลงตามที่ต้องการ และทำหน้าที่แยกไฟ (Isolation) อีกด้วย

2.2.1 โครงสร้างหม้อแปลง

หม้อแปลงสร้างจากขดลวดตัวนำอาบฉนวนจำนวน 2 ขด ขึ้นไปพันอยู่บนแกนวัสดุแม่เหล็กเดียวกัน หากมีขดลวดเดียวจะเป็นตัวเหนี่ยวนำ / อินดักเตอร์ / คอยล์ (Inductor / Coil)

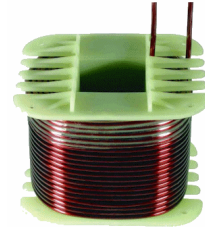
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง



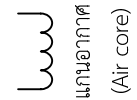
(ก)



(ข)

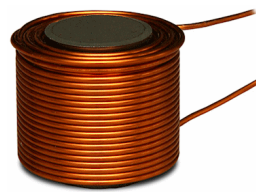


(ค)

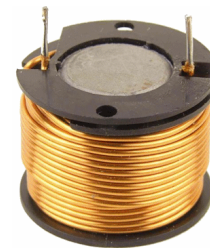


แกนอากาศ (Air core)

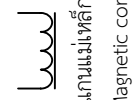
(ง)



(จ)



(ฉ)



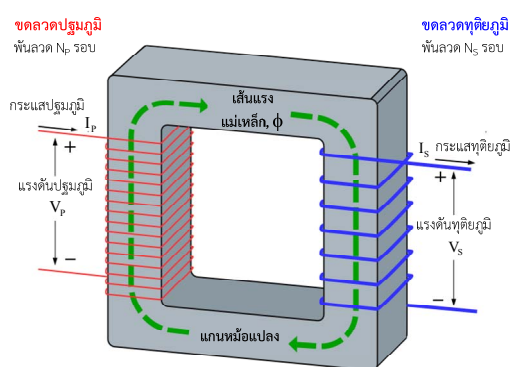
แกนแม่เหล็ก (Magnetic core)

(ช)

ที่มา: www.pinterest.com/pin/63261569737776585

ที่มา: www.audio.nl

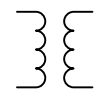
รูปที่ 2.1 ตัวเหนี่ยวนำ (ก) หลักการของตัวเหนี่ยวนำ (ข) และ (ค) ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนอากาศ (ง) สัญลักษณ์ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนอากาศ (จ) และ (ฉ) ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนแม่เหล็ก (ช) สัญลักษณ์ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนแม่เหล็ก



(ก)

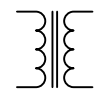


(ข)



แกนอากาศ (Air core)

(ค)




แกนแม่เหล็ก (Magnetic core)

(ง)

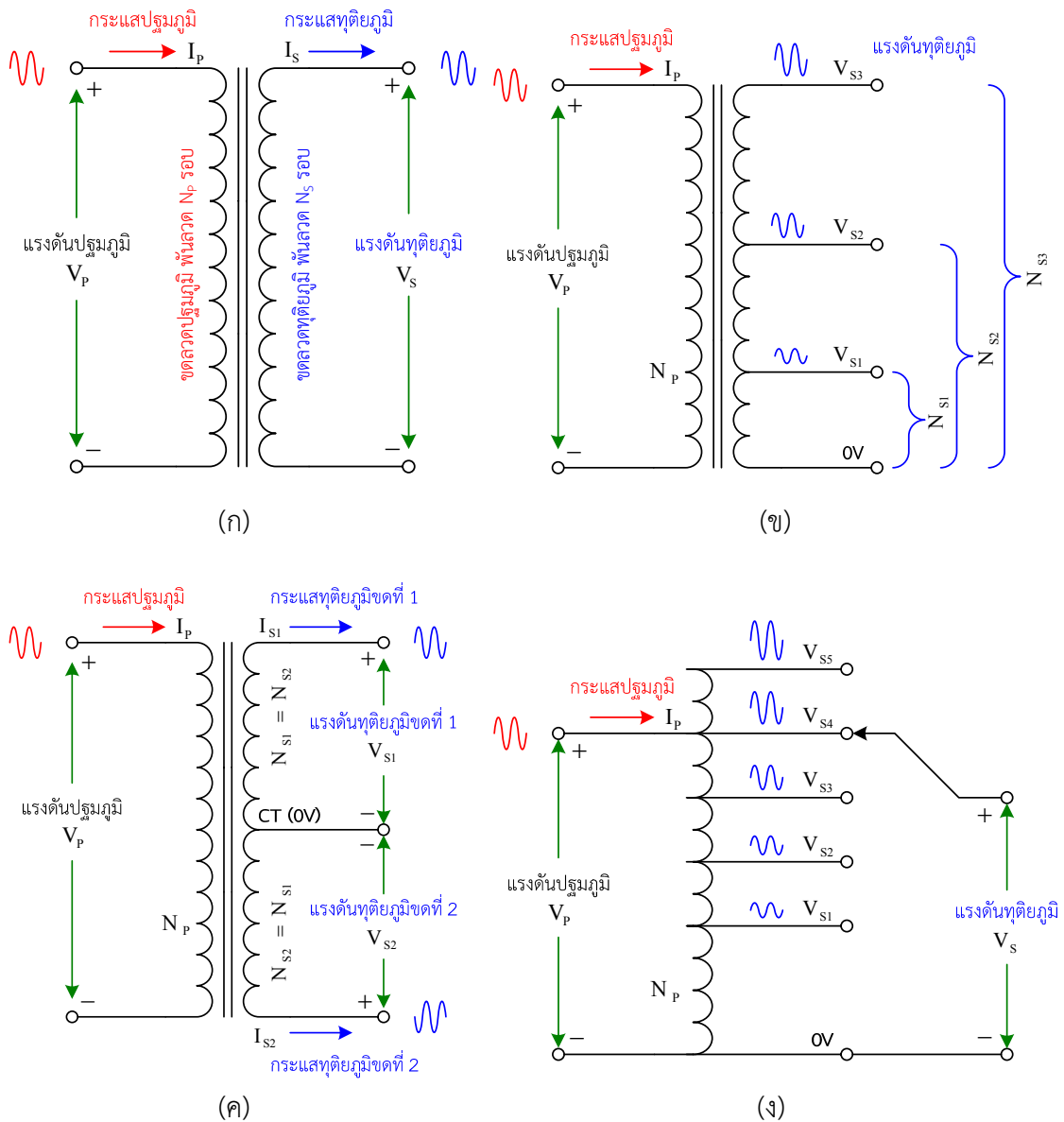
ที่มา: en.wikipedia.org/wiki/Transformer

รูปที่ 2.2 หม้อแปลง (ก) หลักการของหม้อแปลง (ข) หม้อแปลง (ใช้ในใบงาน วิชาเครื่องเสียง) (ค) สัญลักษณ์หม้อแปลงชนิดแกนอากาศ (ง) สัญลักษณ์หม้อแปลงชนิดแกนแม่เหล็ก


	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

2.2.2 หม้อแปลงอุดมคติและการคำนวณ

หม้อแปลงแรงดัน มีคุณสมบัติเบื้องต้นคือ อัตราส่วนของแรงดันแต่ละขดเท่ากับ อัตราส่วนของจำนวนรอบพันลวดของขดนั้น



รูปที่ 2.3 หม้อแปลงอุดมคติ (ก) หม้อแปลง 2 ขดลวด แบบแยกไฟ (Isolation) ทั่วไป
 (ข) หม้อแปลงแบบมีแทป (Tapped Transformer) ตัวอย่างเช่น 0 – 6 – 9 – 12 V
 (ค) หม้อแปลงแบบมีเซ็นเตอร์แทป (Centre Tapped Transformer) เช่น 12–0–12 V
 (ง) หม้อแปลงแบบออโต (Autotransformer) เช่น ปรับแรงดันได้ 40% – 115%

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

สูตร อัตราส่วนแรงดัน;

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} \quad (2.1)$$

ตัวอย่าง เช่น

$$\frac{V_{s3}}{V_p} = \frac{N_{s3}}{N_p} \quad (2.2)$$

หรืออีกตัวอย่าง เช่น

$$\frac{V_{n1} + V_{n2} + V_{n3}}{V_{np}} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{n_p} \quad (2.3)$$

การเขียนข้อมูลหม้อแปลงเพื่อส่งผลิต

PRI: 0 – 110 – 220 – 240 V 50Hz / 60Hz

SEC: 22 – 0 – 22 V 4A

15 – 0 – 15 V 200mA

0 – 12V 500mA

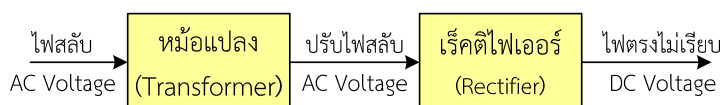
จากตัวอย่างข้อมูล จะเห็นว่าด้านปฐมภูมิมีแทปให้เลือกแรงดัน 110V, 220V, 240V และด้านทุติยภูมิ 2 ชุดแรกมีเซ็นเตอร์แทปคือ 22 – 0 – 22 V 4A, 15 – 0 – 15 V 200mA ชุดสุดท้ายไม่มีเซ็นเตอร์แทป 0 – 12V 500mA ขนาดหม้อแปลงระบุเป็น VA หาได้จากผลรวม VA ที่ขดทุติยภูมิขนาดหม้อแปลงตามตัวอย่างนี้ คือ $(44 \times 4) + (30 \times 0.2) + (12 \times 0.5) = 188 \text{ VA}$

นอกจากนี้ยังมีคำสั่งเพิ่มเติมอื่นๆ เช่น เป็นหม้อแปลงชนิด EI / UI / C – Core ใช้ขั้วสายหรือสายต่อ มีหุ้มซิลต์สนามแม่เหล็กหรือไม่ และมีซิลต์สนามไฟฟ้าหรือไม่ หรือเป็นหม้อแปลงแบบแกนทอรอยด์ (Toroidal transformer) หรือเป็นแบบขาลงปรีน (PCB Transformer) เป็นต้น


2.3 เพาเวอร์ซัพพลายไฟตรง (DC Supply)

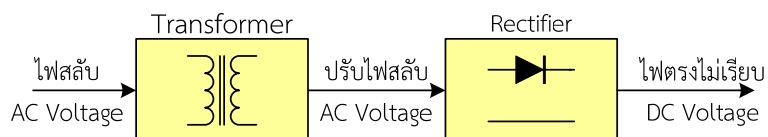
2.3.1 เพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบไม่มีตัวกรอง

ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟสลับให้เป็นไฟตรง โดยใช้หม้อแปลง (Transformer) ปรับค่าแรงดันให้ได้ตามต้องการ และใช้วงจรจรเรกติไฟเออร์ (Rectifier) ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟสลับให้เป็นไฟตรง คุณสมบัติของวงจร คือได้แรงดันดีซีที่เอาท์พุทไม่เรียบหรือมีแรงดันริบเปิดสูง แต่แรงดันค่อนข้างคงที่แปรค่าไปตามโหลดน้อย



รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบไม่มีตัวกรอง

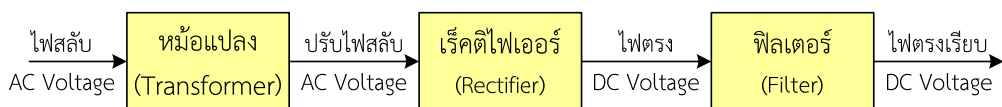
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง



รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบไม่มีตัวกรองพร้อมสัญลักษณ์

2.3.2 เพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรองและไม่มีเร็กกูเลต

ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟสลับให้เป็นไฟตรง โดยใช้หม้อแปลง (Transformer) ปรับค่าแรงดันให้ได้ตามต้องการ และใช้วงจรจอร์เจอร์คิตไฟเออร์ (Rectifier) ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟสลับให้เป็นไฟตรง และมีตัวคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่ทำหน้าที่เป็นตัวกรองแรงดันให้เรียบ คุณสมบัติของวงจร คือได้แรงดันดีซีที่เอาท์พุทค่อนข้างเรียบหรือมีแรงดันริบเปิดต่ำ แต่แรงดันดีซีจะเปลี่ยนแปลงค่าไปตามโหลดด้วย




รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรอง

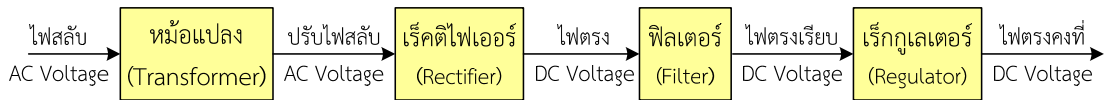


รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมแหล่งจ่ายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรองพร้อมสัญลักษณ์

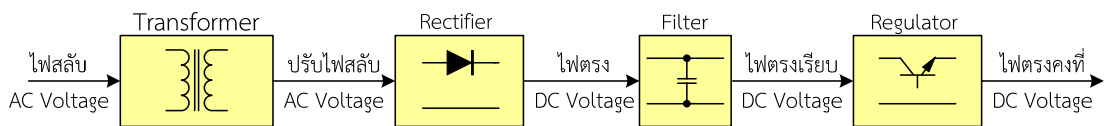
2.3.3 เพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรองพร้อมเร็กกูเลต

ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟสลับให้เป็นไฟตรง โดยใช้หม้อแปลง (Transformer) ปรับค่าแรงดันให้ได้ตามต้องการ และใช้วงจรจอร์เจอร์คิตไฟเออร์ (Rectifier) ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟสลับให้เป็นไฟตรง และมีตัวคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่ทำหน้าที่เป็นตัวกรองแรงดันให้เรียบ และเพิ่มเติมต่อท้ายด้วยวงจรเร็กกูเลเตอร์แรงดัน คุณสมบัติของวงจร คือได้แรงดันดีซีที่เอาท์พุทที่เรียบสนิทหรือมีแรงดันริบเปิดต่ำที่สุด และแรงดันดีซีมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงค่าไปตามแรงดันอินพุทและ/หรือตามโหลดอีกด้วย

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง



รูปที่ 2.8 บล็อกไดอะแกรมเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรองพร้อมเร็กกูเลต



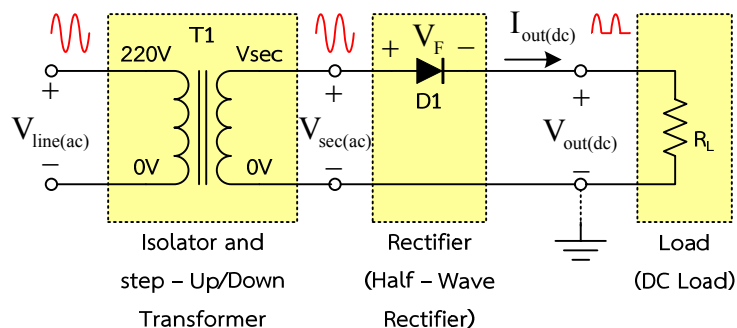
รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรอง พร้อมเร็กกูเลท และสัญลักษณ์

2.4 ชนิดของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรง


2.4.1 วงจรเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบไม่มีตัวกรอง

1) วงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น (Half – Wave Rectifier)

หม้อแปลง T1 ทำหน้าที่แยกไฟ และแปลงแรงดันให้ได้ตามที่ต้องการ วงจรเรกติไฟเออร์ ไดโอด D1 ทำงานทุกครั้งซึ่งบวกของ $V_{sec(ac)}$ หรือทุกครั้งซึ่งบวกของ $V_{line(ac)}$ ไม่มีการนำกระแสซึ่งที่เหลื่อมมาใช้งาน สรุปได้เป็น “วงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น” วงจรนี้มีไดโอดนำกระแสครั้งละ 1 ตัว แรงดันครอป: $n = 1$, จากเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นจึงได้ความถี่เอาต์พุตเท่ากับความถี่อินพุต; $f_{out} = f_{in}$

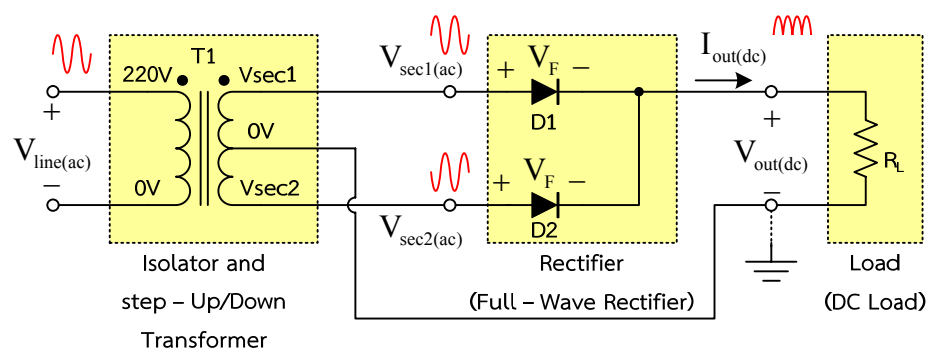


รูปที่ 2.10 วงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

2) วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีเซ็นเตอร์แทป (Full – Wave Rectifier with Center – Tapped Transformer)


หม้อแปลง T1 ทำหน้าที่แยกไฟ และแปลงแรงดันให้ได้ตามที่ต้องการ และทำงานเป็นตัวแยกเฟส (Phase splitter) แรงดันเอาต์พุตของหม้อแปลง $V_{sec2(ac)}$ จะกลับเฟสกับ $V_{sec1(ac)}$ ($\pm 180^\circ$) เมื่อเทียบกับขั้วเซ็นเตอร์แทป (GND) วงจรเรกติไฟเออร์ ไดโอด D1 ทำงานทุกครึ่งซีกบวกของ $V_{sec1(ac)}$ และไดโอด D2 ทำงานทุกครึ่งซีกบวกของ $V_{sec2(ac)}$ ดังนั้น ไดโอด D1 ทำงานทุกครึ่งซีกบวกของ $V_{line(ac)}$ และไดโอด D2 ทำงานทุกครึ่งซีกลบของ $V_{line(ac)}$ นั่นคือกระแสเอาต์พุตเกิดจากกระแสอินพุตของหม้อแปลงทั้งครึ่งซีกบวกและครึ่งซีกลบ สรุปได้เป็น “วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น” วงจรนี้มีไดโอดนำกระแสครึ่งละ 1 ตัว แรงดันตรอป: $n = 1$, จากเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น จึงได้ความถี่เอาต์พุตเป็นสองเท่าของความถี่อินพุต; $f_{out} = 2 \times f_{in}$



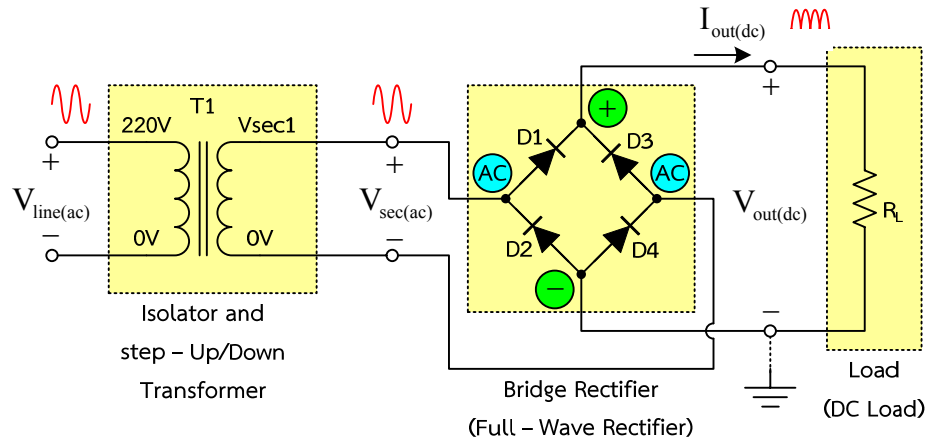
รูปที่ 2.11 วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีเซ็นเตอร์แทป

3) วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้ไดโอดบริดจ์ (Full – Wave Rectifier with Bridge rectifier)

หม้อแปลง T1 ทำหน้าที่แยกไฟ และแปลงแรงดันให้ได้ตามที่ต้องการ โดยช่วงครึ่งบวกของไฟ AC แรงดันเอาต์พุตของหม้อแปลง $V_{sec(ac)}$ หรือ $V_{line(ac)}$ จะเป็นบวกเมื่อเทียบกับขั้ว 0V และช่วงครึ่งลบของไฟ AC แรงดันเอาต์พุตของหม้อแปลง $V_{sec(ac)}$ จะเป็นลบเมื่อเทียบกับขั้ว 0V ของหม้อแปลง การทำงานของวงจรเรกติไฟเออร์ ช่วงครึ่งบวกของไฟ AC ไดโอด D1 และ D4 จะทำงานนำกระแสพร้อมกัน และช่วงครึ่งลบของไฟ AC ไดโอด D2 และ D3 จะทำงานนำกระแสพร้อมกัน นั่นคือกระแสเอาต์พุตเกิดจากกระแสอินพุตของหม้อแปลงทั้งครึ่งซีกบวกและครึ่งซีกลบของ $V_{line(ac)}$ สรุป ได้เป็น “วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น” วงจรนี้มีไดโอดนำกระแสครึ่งละ

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

2 ตัว แรงดันตรอบ: $n = 2$, จากเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น จึงได้ความถี่เอาต์พุตเป็นสองเท่าของความถี่อินพุต; $f_{out} = 2 \times f_{in}$



รูปที่ 2.12 วงจรเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้ไดโอดบริดจ์

สูตรคำนวณ วงจรเร็คติไฟเออร์แบบไม่ใช้ฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์

แรงดันเอาต์พุตพีค;
$$V_{out(pk)} = \sqrt{2} \times V_{sec} - n \times V_F \quad (2.4)$$

แรงดันเอาต์พุตดีซี;
$$V_{out(dc)} = \frac{1}{\pi} \times (\sqrt{2} \times V_{sec} - n \times V_F) \quad (2.5)$$


โดยทั่วไปในการคำนวณจะกำหนดให้ V_{sec} คงที่ และแรงดันตรอบของไดโอด $V_F = 0.7 \text{ V}$

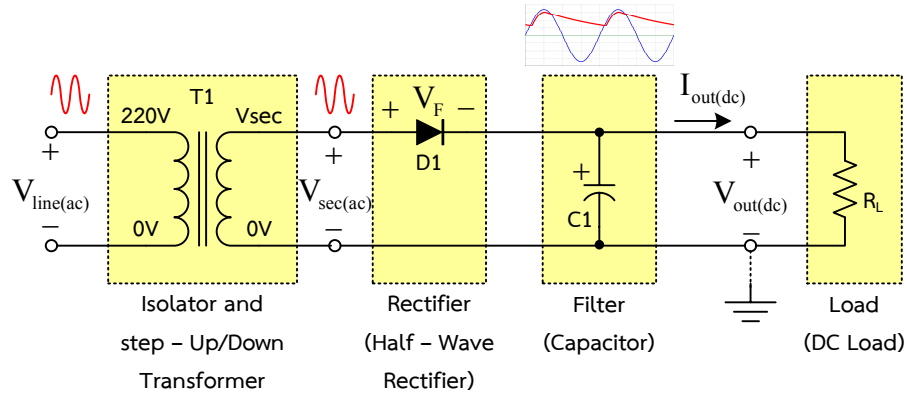
2.4.2 วงจรเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรองและไม่มีเร็กกูเลต

1) วงจรเร็คติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นพร้อมฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์

(Half - Wave Rectifier with Filter Capacitor)

ฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์ C_1 จะชาร์จทุกครั้งที่ยังวงจรเร็คติไฟเออร์ไบอัสตรง ไดโอด D_1 นำกระแสและจะดิสชาร์จตลอดเวลาที่ไดโอด D_1 ไม่ได้นำกระแส วงจรนี้มีไดโอดนำกระแสครั้งละ 1 ตัว แรงดันตรอบ: $n = 1$, จากเร็คติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นจึงได้ความถี่เอาต์พุตเท่ากับความถี่อินพุต; $f_{out} = f_{in}$

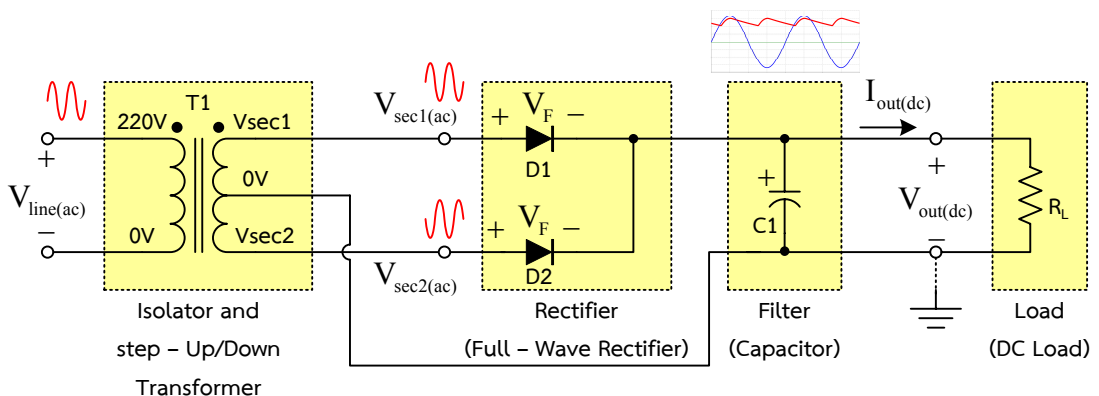
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง




รูปที่ 2.13 วงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นพร้อมฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์

2) วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีเซ็นเตอร์แทปพร้อมฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์ (Full – Wave Rectifier with Center – Tapped Transformer and Filter Capacitor)

ฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์ C1 จะชาร์จทุกครั้งที่วงจรเรกติไฟเออร์ไบอัสตรง ไดโอด D1 หรือ D2 นำกระแส และจะดิสชาร์จตลอดช่วงเวลาที่ไม่มีไดโอดตัวใดนำกระแส วงจรนี้มี ไดโอดนำกระแสครั้งละ 1 ตัว แรงดันตรอป: $n = 1$, จากเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น จึงได้ความถี่เอาท์พุทเป็นสองเท่าของความถี่อินพุท; $f_{out} = 2 \times f_{in}$

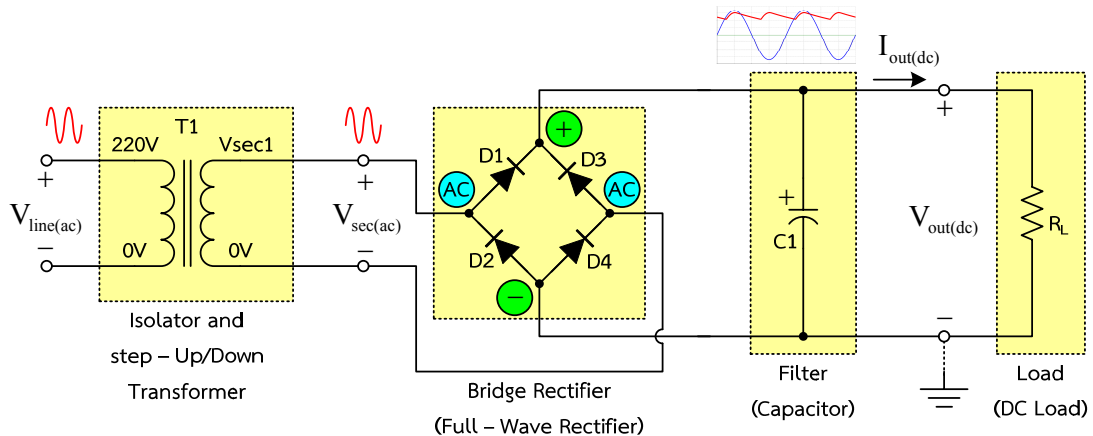


รูปที่ 2.14 วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีเซ็นเตอร์แทปพร้อมฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

2.4.3 วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้ไดโอดบริดจ์พร้อมฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์ (Full – Wave Rectifier with Bridge rectifier and Filter Capacitor)

ฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์ C1 จะชาร์จทุกครั้งที่ยังวงจรเรกติไฟเออร์ไปอัสตรงคูไดโอด D1 และ D4 หรือ คูไดโอด D2 และ D3 นำกระแส และจะดิสชาร์จตลอดช่วงเวลาที่ไม่มีไดโอดตัวใดนำกระแส วงจรนี้มีไดโอดนำกระแสครั้งละ 2 ตัว แรงดันครอป: $n = 2$, จากเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น จึงได้ความถี่เอาต์พุตเป็นสองเท่าของความถี่อินพุต; $f_{out} = 2 \times f_{in}$ วงจรนี้มีไดโอดนำกระแสครั้งละ 2 ตัว แรงดันครอป: $n = 2$, จากเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น จึงได้ความถี่เอาต์พุตเป็นสองเท่าของความถี่อินพุต; $f_{out} = 2 \times f_{in}$



รูปที่ 2.15 วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้ไดโอดบริดจ์พร้อมฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์

สูตรคำนวณ วงจรเรกติไฟเออร์แบบมีฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์


$$\text{แรงดันเอาต์พุตพีค; } V_{out(pk)} = \sqrt{2} \times V_{sec} - n \times V_F \quad (2.6)$$

$$\text{แรงดันเอาต์พุตดีซี; } V_{out(dc)} = \sqrt{2} \times V_{sec} - n \times V_F - \frac{V_{r(p-p)}}{2} \quad (2.7)$$

$$\text{แรงดันเอาต์พุตดีซี; } V_{out(dc)} = \sqrt{2} \times V_{sec} - n \times V_F - \frac{I_{out(dc)}}{2 \times C \times f_{out}} \quad (2.8)$$

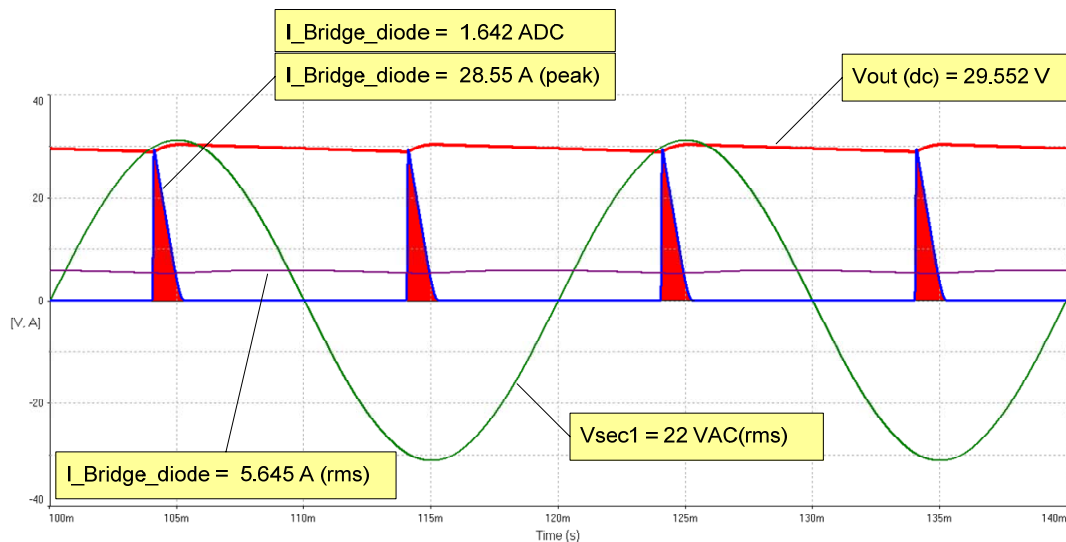
$$\text{เมื่อแรงดันรีปเปิล; } V_{r(p-p)} = \frac{I_{out(dc)}}{C \times f_{out}} \quad (2.9)$$

โดยทั่วไปในการคำนวณจะกำหนดให้ V_{sec} คงที่ และแรงดันครอปของไดโอด $V_F = 0.7 \text{ V}$ คงที่

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

2.5 ไดโอดเรกติไฟเออร์ (Rectifier Diode)

ศึกษาผลการทำงานของไดโอด จากวงจรตาม รูปที่ 2.15 วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้ไดโอดบริดจ์พร้อมฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์ หรือรูปที่ 2.27 วงจรแหล่งจ่ายไฟคู่ (มีฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์) ซึ่งเป็นวงจรที่เป็นโครงสร้างและค่าใช้งานของวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย ที่จะใช้งานจริงสำหรับงานตามใบงานวิชาเครื่องเสียงนี้ ผลการจำลองการทำงานของไดโอดในวงจร ที่เงื่อนไข $V_{sec} = 22 \text{ V}$, $V_{out(dc)} = 29.552 \text{ V}$, $I_{out(dc)} = 1.642 \text{ A}$ หรือ $P_{out} = 48.524 \text{ W}$ เป็นดังรูปที่ 2.16




รูปที่ 2.16 กระแสของเรกติไฟเออร์ไดโอดในวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

ผลการทำงานของเรกติไฟเออร์ไดโอด

1. กระแสเฉลี่ย/กระแสไฟตรง ของไดโอด; $I_{F(AV)} = 1.642 \text{ A}$
2. กระแสอาร์เอ็มเอส (RMS) ของไดโอด; $I_{F(RMS)} = 5.645 \text{ A}$
3. แรงดันย้อนกลับสูงสุด (Peak Inverse Voltage)
 - 3.1 บริดจ์ไดโอด หรือ ครึ่งคลื่น PIV; $V_{PIV} = \sqrt{2} \times V_{sec} = 31.11 \text{ V}$
 - 3.2 แหล่งจ่ายไฟเดี่ยว/คู่ เซ็นเตอร์แทป PIV; $V_{PIV} = 2 \times \sqrt{2} \times V_{sec} = 62.22 \text{ V}$

ผลการเลือกใช้เรกติไฟเออร์ไดโอด เบอร์ BY550-100 (5A 100V Diode) มีค่าพิกัดดังนี้

1. กระแสเฉลี่ย/กระแสไฟตรง ของไดโอด; $I_{F(AV)} = 5 \text{ A}$
2. กระแสอาร์เอ็มเอส (RMS) ของไดโอด; $I_{F(RMS)} = - \text{A}$ (ไม่ระบุค่า ดู $I_{F(AV)}$)
3. แรงดันย้อนกลับสูงสุด (Peak Inverse Voltage: PIV); $V_{RRM} = 100 \text{ V}$

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

หมายเหตุ

ไดโอดกำลัง เบอร์ KD208D (8A 1200V Diode) ยี่ห้อ Littelfuse มีค่าพิกัดไว้ครบถ้วนดังนี้

- กระแสเฉลี่ย/กระแสไฟตรง ของไดโอด; $I_{F(AV)} = 8 \text{ A}$
- กระแสอาร์เอ็มเอส (RMS) ของไดโอด; $I_{F(RMS)} = 12.6 \text{ A}$ (มีค่าสูงกว่าค่ากระแสเฉลี่ย)

ไดโอดกำลัง เบอร์ 25F(10) (25A 100V Diode) ยี่ห้อ IR มีค่าพิกัดไว้ครบถ้วนดังนี้

- กระแสเฉลี่ย/กระแสไฟตรง ของไดโอด; $I_{F(AV)} = 25 \text{ A}$
- กระแสอาร์เอ็มเอส (RMS) ของไดโอด; $I_{F(RMS)} = 40 \text{ A}$ (มีค่าสูงกว่าค่ากระแสเฉลี่ย)

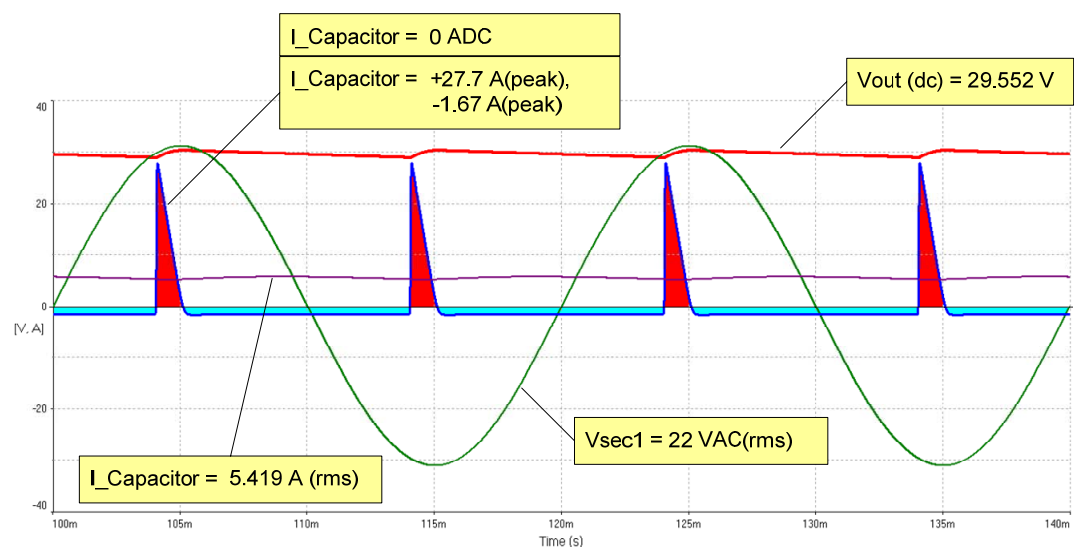
2.6 คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ (Filter Capacitor)

คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ในวงจรเพาเวอร์ซัพพลายต่อคล่อมกับเอาต์พุต จึงได้รับแรงดันเท่ากับแรงดันที่เอาต์พุต แรงดันเอาต์พุตสูงสุดจะเกิดขณะที่สถานะไม่มีโหลด (No Load) ดังนั้นต้องเลือกค่าแรงดันทำงาน (Working Voltage: WV) ให้สูงกว่าหรือเท่ากับค่านี้ ขณะที่ทำงานมีกระแสไหลเข้า (พื้นที่สีแดง) และไหลออก (พื้นที่สีฟ้า) ผ่านคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ตลอดเวลา เป็นกระแสรีปเปิล RMS


สูตรคำนวณ ค่าแรงดันทำงาน (Working Voltage: WV) ของคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์

$$\text{แรงดัน No Load สูงสุด; } V_{\text{out(No-Load)}} = \sqrt{2} \times V_{\text{sec}} \quad (2.10)$$

$$\text{Working Voltage ของคาปาซิเตอร์; } \boxed{WV = V_{\text{out(No-Load)}} = \sqrt{2} \times V_{\text{sec}}} \quad (2.11)$$



รูปที่ 2.17 แรงดันและกระแสของคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ในวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

ผลการทำงานของคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ในวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย เมื่อ $V_{sec} = 22 \text{ V}$

1. แรงดันทำงาน (Working Voltage); $WV = \sqrt{2} \times V_{sec} = 31.11 \text{ V}$

2. กระแสริปเปิลอาร์เอ็มเอส (RMS) ของคาปาซิเตอร์; $I_{Cap, Ripple(RMS)} = 5.419 \text{ A}$

ผลการเลือกใช้คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ ความจุ 10,000 uF ชนิด Electrolytic Capacitor มีค่าพิกัดดังนี้

- ยี่ห้อ Nichicon รุ่น LGU1V103MELA ขนาดตัวถัง DxL = 25x45 (mm), 10,000uF, WV = 35V, Rated ripple = 3050 mA (rms)
- ยี่ห้อ Nichicon รุ่น LGU1V103MELB ขนาดตัวถัง DxL = 30x35 (mm), 10,000uF, WV = 35V, Rated ripple = 3050 mA (rms)
- ยี่ห้อ Nichicon รุ่น LGU1H103MELB ขนาดตัวถัง DxL = 30x50 (mm), 10,000uF, WV = 50V, Rated ripple = 4090 mA (rms)
- ยี่ห้อ Nichicon รุ่น LGU1H103MELC ขนาดตัวถัง DxL = 35x40 (mm), 10,000uF, WV = 50V, Rated ripple = 4070 mA (rms)
- ยี่ห้อ Nichicon รุ่น LGU1H103MELB ขนาดตัวถัง DxL = 35x50 (mm), 10,000uF, WV = 63V, Rated ripple = 4690 mA (rms)

หมายเหตุ


ข้อสังเกต คาปาซิเตอร์ที่ค่าความจุเดียวกัน หากค่า WV เพิ่มขึ้น ขนาดตัวถังมักใหญ่ขึ้น และจะให้ค่ากระแสริปเปิลพิกัด (Rated ripple current) เพิ่มขึ้นอีกด้วย



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ที่ใช้ในวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

2.7 เร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้า

ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่โหลดให้คงที่ มีสัญญาณรบกวนต่ำ รวมทั้งอาจจะมีระบบป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับโหลดและ/หรือวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย เมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้น

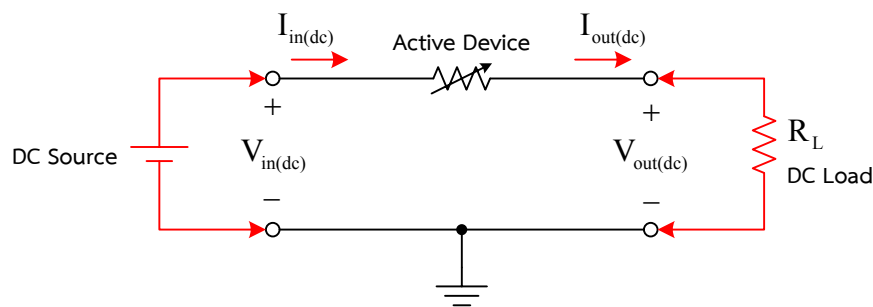
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

2.7.1 เร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรม

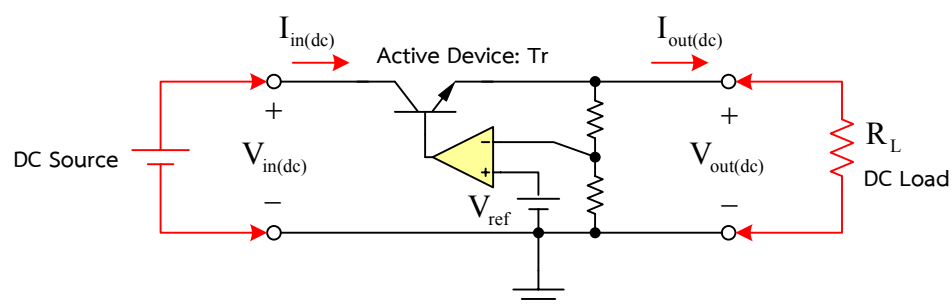
อุปกรณ์แอ็กทีฟ (Active Device) ภาคกำลัง ทำงานเพื่อควบคุมแรงดันเอาต์พุตต่ออนุกรมอยู่ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต ดังรูปที่ 2.19 การทำงานเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าอาศัยหลักการของวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider) โดยอุปกรณ์แอ็กทีฟจะคอยปรับค่าเพื่อรักษาค่าแรงดันเอาต์พุต $V_{out(dc)}$ ให้คงที่ตามที่ต้องการ แม้ว่าค่าแรงดันอินพุต $V_{in(dc)}$ หรือค่าความต้านทานโหลด R_L จะมีค่าเปลี่ยนแปลง ตามสมการที่ (2.12) ข้อจำกัดแรกของวงจรแบบนี้คือ พิกัดค่าความต้านทานโหลดสูงสุดหรือกระแสโหลดต่ำสุดที่วงจรจะทำงานเร็กกูเลตรักษาแรงดันที่เอาต์พุตให้คงที่ได้

แรงดันเอาต์พุต;

$$V_{out(dc)} = \left(\frac{R_L}{R_S + R_L} \right) \times V_{in(dc)} \quad (2.12)$$




รูปที่ 2.19 หลักการทำงานของเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรม



รูปที่ 2.20 วงจรหลักการเบื้องต้นของเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรม

จากรูปที่ 2.20 วงจรหลักการเบื้องต้นของเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรม การทำงานของวงจรเร็กกูเลตรักษาแรงดันไฟฟ้าอาศัยวงจรขยายความคลาดเคลื่อน (Error amplifier) ขยายสัญญาณผลต่างของ $V_{out(dc)}$ ที่ผ่านวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider) มาเทียบกับแรงดันอ้างอิง V_{ref} แล้ว

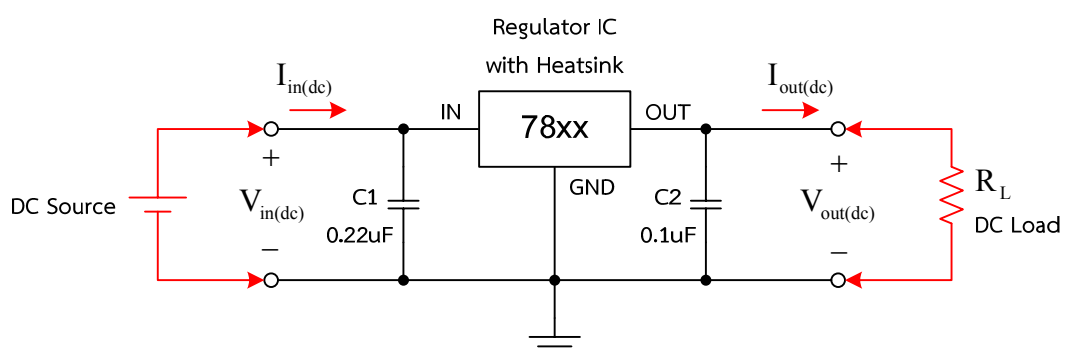
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

นำสัญญาณผลต่างนี้มาขยายสำหรับใช้ขับอุปกรณ์แอมป์ที่ทรานซิสเตอร์ (Power transistor) เพื่อให้ได้แรงดันความคลาดเคลื่อน (Error voltage) ของวงจรขยายความคลาดเคลื่อน เป็นศูนย์


ไอซีเรกูเลเตอร์แรงดันคงที่ ชนิดเรกูเลเตอร์แบบอนุกรม ไอซีชนิดนิยมที่จ่ายกระแสได้สูงสุด 1 แอมป์ สำหรับจ่ายไฟซีกบวกคือตระกูล 78xx โดยที่เลข “xx” เป็นค่าแรงดันเอาต์พุตบวก และสำหรับจ่ายไฟซีกลบคือตระกูล 79xx โดยที่เลข “xx” เป็นค่าแรงดันเอาต์พุตลบ โดยค่าแรงดันที่มีผู้ผลิตโดยทั่วไป ดังตารางที่ 2.1

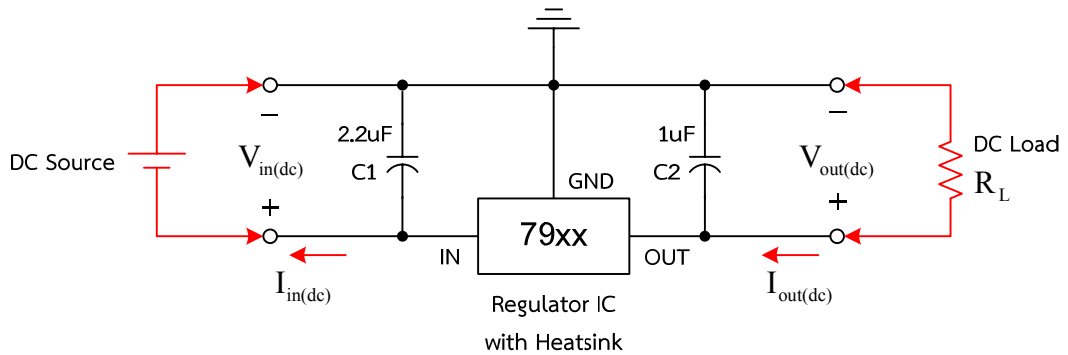
ตารางที่ 2.1 ไอซีเรกูเลเตอร์ตระกูล 78xx และ 79xx ค่าแรงดันที่มีผู้ผลิตโดยทั่วไป

ตระกูล 78xx		ตระกูล 79xx	
เบอร์ไอซีเรกูเลเตอร์	แรงดันเอาต์พุต	เบอร์ไอซีเรกูเลเตอร์	แรงดันเอาต์พุต
7805	5V	7905	-5V
7806	6V	7906	-6V
7808	8V	7908	-8V
7809	9V	7909	-9V
7810	10V	7910	-10V
7812	12V	7912	-12V
7815	15V	7915	-15V
7818	18V	7918	-18V
7824	24V	7924	-24V



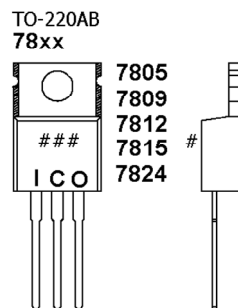
รูปที่ 2.21 วงจรเรกูเลเตอร์แรงดันคงที่ สำหรับจ่ายไฟซีกบวก ตระกูล 78xx

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

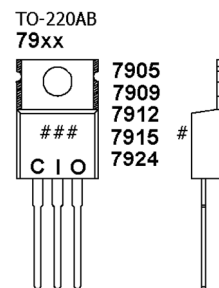


รูปที่ 2.22 วงจรเร็กกูเลเตอร์แรงดันคงที่ สำหรับจ่ายไฟซีกลบ ทรูกูล 79xx

ทั้งสองตระกูลนี้ หากไอซีเร็กกูเลเตอร์อยู่ห่างจากฟิลเตอร์คาซิเตอร์ตัวใหญ่ระยะเกิน 3 นิ้ว ต้องต้องมี C1 เพื่อเสถียรภาพทางความถี่ (Frequency stability) และทางด้านเอาต์พุตมี C2 ทรูกูล 78xx จะไม่มีก็ได้ แต่หากต้องการผลตอบแทนที่ดียิ่งขึ้นที่ใส่ C2 ส่วนทรูกูล 79xx ต้องใส่ C2 เนื่องจากมีความจำเป็นสำหรับเสถียรภาพทางความถี่



(ก) เรียงขา IN - GND - OUT




(ข) เรียงขา GND - IN - OUT

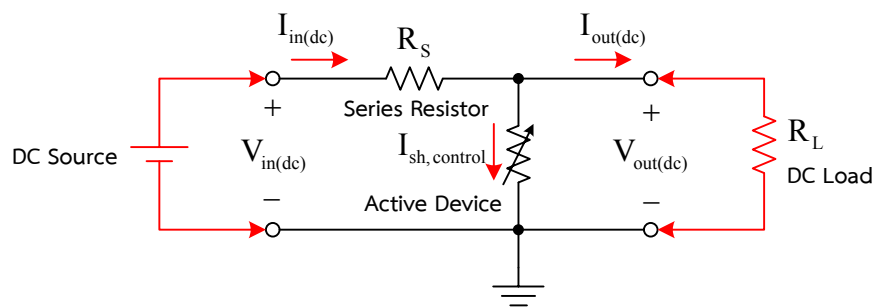
รูปที่ 2.23 ตัวถังและการจัดขาเร็กกูเลเตอร์แรงดันคงที่ (ก) ทรูกูล 78xx (ข) ทรูกูล 79xx

2.7.2 เร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบขนาน

อุปกรณ์แอ็กทีฟ (Active Device) ภาคกำลัง ทำงานเพื่อควบคุมแรงดันเอาต์พุตต่อคร่อม (ขนาน) กับเอาต์พุตหรือโหลด และมีตัวต้านทานหรือแหล่งจ่ายกระแสคงที่ ต่ออนุกรมอยู่ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตดังรูปที่ 2.24 การทำงานเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าอาศัยหลักการของวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider) ระหว่างตัวต้านทานอนุกรม R_s กับโหลดที่ต่อขนานอยู่กับอุปกรณ์แอ็กทีฟควบคุม โดยอุปกรณ์แอ็กทีฟจะทำงานแบบวงจรแบ่งกระแสกับโหลดที่มาจาก R_s ด้วยวิธีการ

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

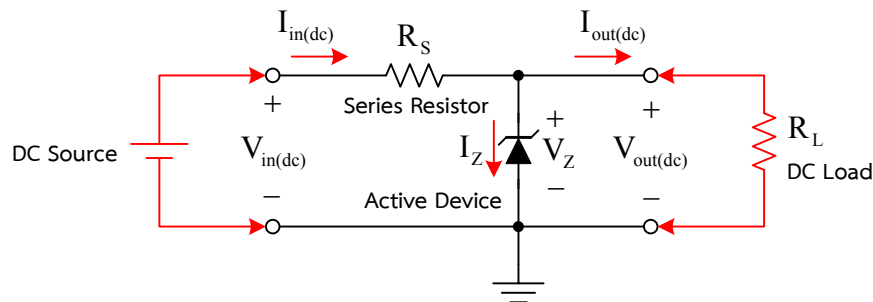
ปรับค่าปริมาณกระแสไหลผ่านอุปกรณ์แอ็กทีฟเพื่อรักษาค่าแรงดันเอาต์พุต $V_{out(dc)}$ ให้คงที่ตามที่ต้องการ โดยหากกระแสไหลตเพิ่มขึ้นกระแสอุปกรณ์แอ็กทีฟที่ควบคุมจะลดลง และในทางกลับกันหากกระแสไหลลดลงกระแสอุปกรณ์แอ็กทีฟที่ควบคุมจะเพิ่มขึ้นเพื่อชดเชยพอดี หรือกรณีที่แรงดันอินพุต $V_{in(dc)}$ เปลี่ยนแปลง ทำให้กระแสไหลผ่าน R_S เปลี่ยนแปลง โดยที่หากค่าแรงดันอินพุต $V_{in(dc)}$ เพิ่มขึ้นทำให้กระแสไหลผ่าน R_S เพิ่มขึ้น กระแสอุปกรณ์แอ็กทีฟที่ควบคุมจะเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาค่าแรงดันเอาต์พุต $V_{out(dc)}$ ให้คงที่ตามที่ต้องการ



รูปที่ 2.24 หลักการทำงานของเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบขนาน

จากรูปที่ 2.1.2 วงจรเบื้องต้นของเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบขนาน ใช้ซีเนอร์ไดโอดเป็นอุปกรณ์แอ็กทีฟ ทำงานรักษาค่าแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ โดยที่แรงดันเอาต์พุตเท่ากับแรงดันซีเนอร์


$V_{out(dc)} = V_Z$ และกระแสควบคุมคือกระแสซีเนอร์ I_Z ตามสมการที่ (2.13) และ (2.14)



รูปที่ 2.25 วงจรเบื้องต้นของเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบขนาน

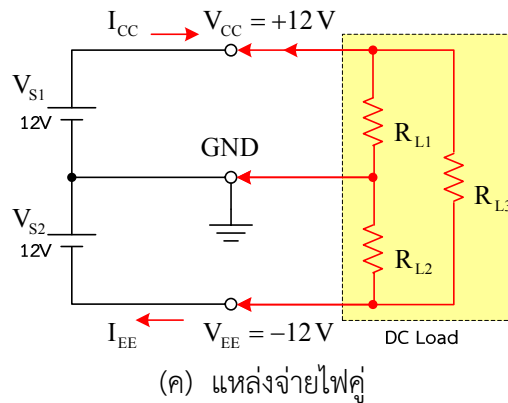
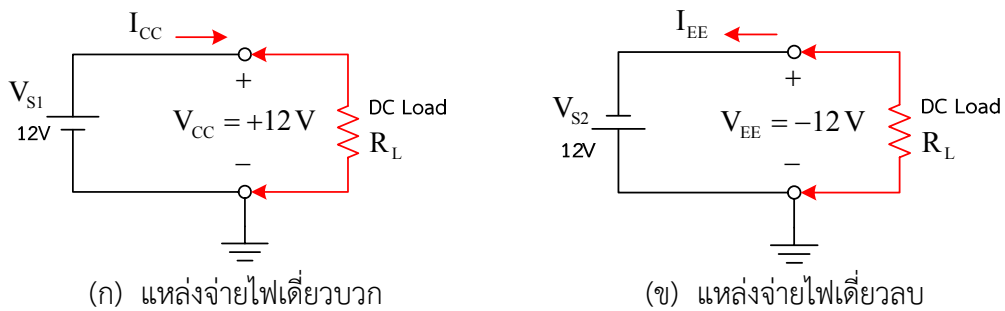
$$\text{ผลการแบ่งกระแส; } I_{in(dc)} = I_Z + I_{out(dc)} \quad (2.13)$$

$$\text{แรงดันเอาต์พุต; } V_{out(dc)} = V_{in(dc)} - R_S \times (I_Z + I_{out(dc)}) \quad (2.14)$$

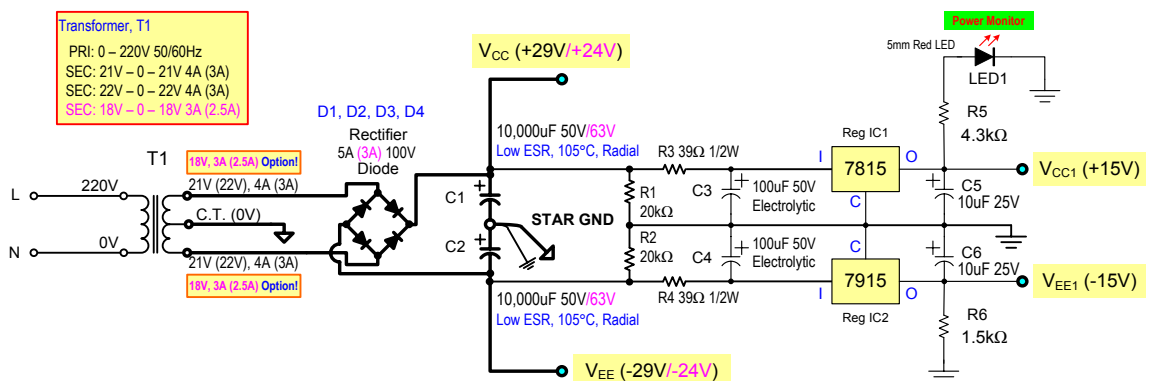
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

2.8 แหล่งจ่ายไฟเดี่ยว แหล่งจ่ายไฟคู่ (Single and Dual Power Supply)


แหล่งจ่ายไฟเดี่ยว (Single Power Supply) จ่ายแรงดันบวกหรือลบเพียงซีกเดียว ส่วนแหล่งจ่ายไฟคู่ (Dual Power Supply) จ่ายแรงดันซีกบวกและลบพร้อมกัน โดยแรงดันซีกบวกและลบปกติทั่วไปมักจะมีขนาดเท่ากัน ดังรูปที่ 2.27 เป็นแหล่งจ่ายไฟคู่ที่ใช้สำหรับการปฏิบัติงานในวิชาเครื่องเสียงนี้ ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟคู่แบบไม่เร็กกูเลท $\pm 29\text{V}$ และแบบเร็กกูเลท $\pm 15\text{V}$



รูปที่ 2.26 โครงสร้างวงจรเสมือนของแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2.27 วงจรแหล่งจ่ายไฟคู่ แบบไม่เร็กกูเลท $\pm 29\text{V}$ และแบบเร็กกูเลท $\pm 15\text{V}$

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

ความรู้เชิงปฏิบัติการ

แผ่นปริ้นท์หรือแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า (Printed circuit board: PCB) คือแผ่นฉนวนเคลือบทองแดง (Copper Clad Laminate) ใช้แผ่นฉนวนไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นฐานรอง ยึดติดด้วยแผ่นตัวนำทองแดงด้านเดียวหรือทั้งสองด้าน

ลายวงจรบนแผ่นปริ้นท์หรือแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ส่วนที่เป็นทองแดงหรือโลหะตัวนำอื่น ๆ ทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าให้ขา (Pin) ที่ต้องการของอุปกรณ์ต่อเข้าด้วยกัน และแผ่นฉนวนไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นฐานรองยึดลายวงจรตัวนำไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่าง ๆ บน PCB เข้าด้วยกัน


ความหนาของแผ่นทองแดงบน PCB วัดเทียบน้ำหนักหน่วยเป็นออนซ์ (oz) ที่ถูกกดให้แบนและกระจายลงในพื้นที่ 1 ตารางฟุต และน้ำหนัก 1 ออนซ์ เทียบเท่ากับแผ่นทองแดงหนา 1.37 mils (หรือเท่ากับ 0.00137 inch, 0.0347 mm, 34.79 μm) ผลความกว้างของลายวงจรดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลความกว้างของลายวงจรจากแผ่นทองแดงบน PCB น้ำหนัก 1 และ 2 ออนซ์

ความกว้างของแตรีก (เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ 10°C) ความกว้างของแตรีกใช้หน่วย 1 ในพันนิ้ว (mils)			
กระแส (แอมป์)	หนัก 1 ออนซ์ (oz)	หนัก 2 ออนซ์ (oz)	ค.ต.ท. มิลลิโอม/นิ้ว
1	10 mils	5 mils	52
2	30 mils	15 mils	17.2
3	50 mils	25 mils	10.3
4	80 mils	40 mils	6.4
5	110 mils	55 mils	4.7
6	150 mils	75 mils	3.4
7	180 mils	90 mils	2.9
8	220 mils	130 mils	2.3
9	260 mils	130 mils	2.0
10	300 mils	150 mils	1.7

ที่มา: PCB Design Tutorial by David L. Jones (Revision A - June 29th 2004) Page 7

ระยะห่างของเส้นลายวงจรตามมาตรฐาน IPC สำหรับไม่ใช้ไฟเมนส์ กรณีเส้นลายวงจรอยู่ในภายใน (internal layers) และด้านนอก (external surface) ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลน้อยกว่าและมากกว่า 3050m ดังตาราง

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง


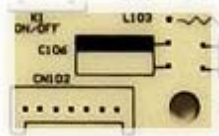
ตารางที่ 2.3 ระยะห่างของเส้นลายวงจรตามมาตรฐาน IPC สำหรับไม้ไฟไฟเมนส์


ระยะห่าง (Clearances) ระหว่างตัวนำไฟฟ้า (เส้นลายวงจร)			
Voltage (DC or Peak AC)	Internal	External (<3050m)	External (>3050m)
0 – 15 V	0.05 mm	0.1 mm	0.1 mm
16 – 30 V	0.05 mm	0.1 mm	0.1 mm
31 – 50 V	0.1 mm	0.6 mm	0.6 mm
51 – 100 V	0.1 mm	0.6 mm	1.5 mm
101 – 150 V	0.2 mm	0.6 mm	3.2 mm
151 – 170 V	0.2 mm	1.25 mm	3.2 mm
171 – 250 V	0.2 mm	1.25 mm	6.4 mm
251 – 300 V	0.2 mm	1.25 mm	12.5 mm
301 – 500 V	0.25 mm	2.5 mm	12,5 mm

ที่มา: PCB Design Tutorial by David L. Jones (Revision A - June 29th 2004) Page 9

แผ่นปริ้นท์แบ่งตามชนิดของฉนวนได้คร่าวๆ คือ ชนิดฟีนอลิก (Phenolic) และชนิดอีพ็อกซี (Epoxy) และแผ่นปริ้นท์ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.4 แผ่นปริ้นท์ชนิดที่นิยมใช้งานกันโดยทั่วไป

ชนิด PCB	รูปประกอบ	โครงสร้าง	คุณสมบัติและการใช้งาน
FR-1 PCB (Phenolic)		ฉนวนกระดาษพอลิเมอร์ฟีนอล สีน้ำตาลทองแดงหน้าเดียว	ใช้งานทั่วไป อุณหภูมิ 265 °C ในเวลา 15 นาที ทนความชื้นได้ไม่ดี ความต้านทานต่ำ ราคาถูก
CEM-1 PCB (Epoxy)		ฉนวนใยแก้วทอยึดด้วยอีพ็อกซีเรซิน สีขาวและสีเหลือง ทองแดงหน้าเดียว	ตัดเจาะได้ง่าย อุณหภูมิ 288 °C ในเวลา 30 นาที ทนความชื้นได้ดีกว่า FR-4 ราคาแพงกว่า FR-1


	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 2
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

ชนิด PCB	รูปประกอบ	โครงสร้าง	คุณสมบัติและการใช้งาน
FR-4 PCB (FR4 PCB) (Epoxy)		ฉนวนผ้าทอใยแก้วยัดด้วยอีพอกซีเรซิน สีฟ้าอ่อนและสีเหลืองทองแดงหน้าเดียวและสองหน้า	ทนเปลวไฟ (ดับเพลิง) แข็งแรงเหนียว ทนต่อความชื้น ทนความร้อนได้สูง และทนแรงดันไฟฟ้าได้สูง อุณหภูมิ 288 °C ในเวลา 30 นาที ใช้ในงานคุณภาพสูงกว่า
Flexible FPC		แผ่นทองแดงอ่อน บนฉนวนวัสดุประเภท Kapton	อ่อนตัวได้สูง ใช้แทนสายแพรในงานเคลื่อนที่ต่าง ๆ เช่น หน้าจอ LCD พับได้ จุดหมุนของแขนกล สายแพรหัวพรีนเตอร์อิงค์เจ็ท
Aluminium Base PCB (AL CCL)		โครงสร้าง 3 ชั้น คือ แผ่นทองแดงหน้าเดียววางบนแผ่นอลูมิเนียม โดยมีฉนวนไดอิเล็กตริกคั่นอยู่ตรงกลาง	อลูมิเนียม PCB ระบายความร้อนได้ดี และมีฉนวนไดอิเล็กตริกคั่นอยู่ตรงกลางทำให้ไม่นำไฟฟ้านิยมใช้ในงานโคมไฟ LED และอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลังสูง

ที่มา: MMC GLOBAL, <http://www.mmc-glob.com/finishing-th.html>

ตะกั่วบัดกรีเส้น (Solder wire) แบบมีฟลักซ์ในตัวสำหรับงานอิเล็กทรอนิกส์ ปกติใช้ชนิด 60/40 (โลหะส่วนผสมของดีบุก 60% และตะกั่ว 40%) ใสฟลักซ์ชนิดไม่กัดกร่อนอยู่ในเส้นตะกั่ว บัดกรีเสร็จไม่ต้องล้างออก เกิดเป็นฟิล์มปิดผิวงาน ป้องกันออกไซด์และช่วยให้งานบัดกรีเป็นเงาสวยงาม ไม่ต้องใช้ฟลักซ์เสริมในงานบัดกรี ตะกั่วบัดกรีเส้นที่นิยมใช้กันมีขนาด 0.4mm, 0.6mm, 0.8mm, 1.0mm และ 1.2mm งานบัดกรีเครื่องเสียงขนาดพอเหมาะคือ 0.8mm หรือ 1.0mm

ตัวประสานหรือฟลักซ์ (Soldering Flux) หรือยางสน (Rosin) เป็นตัวประสานสำหรับงานบัดกรีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยตะกั่ว ตัวประสานแบ่งเป็นชนิดไม่กัดกร่อน ชนิดกัดกร่อนอย่างอ่อน และชนิดกัดกร่อนอย่างสูง ในงานอิเล็กทรอนิกส์ใช้เฉพาะชนิดไม่กัดกร่อนโดยไม่ต้องล้างออกเมื่อใช้งานเสร็จหรือล้างออกได้ด้วยน้ำ และชนิดกัดกร่อนอย่างอ่อนเมื่อใช้งานเสร็จล้างออกด้วยน้ำ ล้างออกด้วยน้ำยาล้างฟลักซ์หรือแอลกอฮอล์ มีทั้งชนิดเหลว (Liquid Flux) และชนิดครีมทา (Rosin flux paste) ฟลักซ์ชนิดเหลวมีบรรจุ แบบปากกา แบบหลอดฉีดยา และแบบกระป๋อง ส่วนชนิดครีมทามีบรรจุ แบบหลอดฉีดยา แบบตลับ และแบบกระป๋อง

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

สาระสำคัญประจำหน่วย

ลำดับชั้นการเรียนรู้วิชาเครื่องเสียงเริ่มจากการมองเครื่องขยายเสียงจากภายนอก หน้าที่หลักของเครื่องขยายเสียง ศึกษาหน้าที่ของปุ่มปรับต่าง ๆ ขั้วต่ออินพุตและเอาต์พุต การต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ประกอบ เช่น ลำโพง เครื่องเล่น CD DVD TUNER TV เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ฯลฯ เป็นต้น แล้วศึกษาลงลึกลงไปสู่ส่วนประกอบหลักที่อยู่ภายในเครื่องขยายเสียง หน้าที่การทำงานของประกอบเหล่านั้น ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการกระทำ โดยฝึกปฏิบัติ สร้างส่วนประกอบหลักที่อยู่ภายในเครื่องขยายเสียง เช่น วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย (แหล่งจ่ายไฟ) วงจรเพาเวอร์แอมป์ วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปริแอมพลิฟายเออร์ สร้างแท่นเครื่องเสียงและประกอบลงแท่นเครื่องเสียง ประกอบตู้ลำโพง และท้ายที่สุดประเมินค่าโดยสรุปและประเมินผลงาน/ผลผลิตที่ได้


จุดประสงค์การสอน

จุดประสงค์ทั่วไป

1. สามารถสร้าง PCB วงจรเพาเวอร์แอมป์ได้ถูกต้อง (ด้านทักษะพิสัย)
2. สามารถประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ (ด้านทักษะพิสัย)
3. สามารถวัดและทดสอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ (ด้านทักษะพิสัย)
4. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีในการจัดเตรียม ใช้งาน รักษาความสะอาด และจัดเก็บ เครื่องขยายเสียงและอุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง การใช้งานห้องปฏิบัติการ (ด้านจิตพิสัย)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถสร้าง PCB วงจรเพาเวอร์แอมป์ (ด้านทักษะพิสัย)
2. สามารถประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคอินพุต (ด้านทักษะพิสัย)
3. วัดและทดสอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคอินพุต (ด้านทักษะพิสัย)
4. อธิบายการประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคอินพุตได้ถูกต้อง
5. อธิบายการวัดและทดสอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคอินพุตได้ถูกต้อง
6. ประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคอินพุตได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
7. วัดและทดสอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคอินพุตได้ถูกต้องตามแบบและตัดสินสภาพการทำงานได้
8. สามารถประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคขยายแรงดัน (ด้านทักษะพิสัย)
9. วัดและทดสอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคขยายแรงดัน (ด้านทักษะพิสัย)
10. สามารถประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคเอาต์พุต (ด้านทักษะพิสัย)

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

11. วัดและปรับแต่งการทำงานวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคเอาต์พุท (ด้านทักษะพิสัย)
12. สามารถวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรเพาเวอร์แอมป์ (ด้านทักษะพิสัย)
13. มีเจตคติที่ดีในการจัดเตรียม ใช้งาน รักษาความสะอาด และจัดเก็บ เครื่องขยายเสียง และอุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง อย่างถูกต้อง เหมาะสม รอบครอบและปลอดภัย (ด้านจิตพิสัย)
14. แต่งกายในการปฏิบัติงานและใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง ปลอดภัย รักษาบรรยากาศที่ดีในการปฏิบัติงาน และรักษาความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงาน ถูกต้องตามกฎระเบียบการใช้ห้องปฏิบัติการได้ (ด้านจิตพิสัย)


สมรรถนะประจำหน่วย

1. อธิบายการสร้าง PCB วงจรเพาเวอร์แอมป์ได้ถูกต้อง
2. สร้าง PCB วงจรเพาเวอร์แอมป์ (จำนวน 2 ชุด) ได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
3. อธิบายการประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคขยายแรงดันได้ถูกต้อง
4. อธิบายการวัดและทดสอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคขยายแรงดันได้ถูกต้อง
5. ประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคขยายแรงดันได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
6. วัดและทดสอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคขยายแรงดันได้ถูกต้องตามแบบและตัดสินสภาพการทำงานได้
7. อธิบายการประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคเอาต์พุทได้ถูกต้อง
8. อธิบายการวัดและปรับแต่งการทำงานวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคเอาต์พุทได้ถูกต้อง
9. ประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคเอาต์พุทได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
10. วัดและปรับแต่งการทำงานวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคเอาต์พุทได้ถูกต้องตามแบบและตัดสินสภาพการทำงานได้
11. อธิบายการวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรเพาเวอร์แอมป์ได้ถูกต้อง
12. วัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรเพาเวอร์แอมป์ได้

หัวข้อเรื่องและงาน

ทฤษฎี

หัวข้อเรื่อง หน่วยที่ 3	สอนครั้งที่
1. วงจรขยายกำลัง OT, OTL, OCL	5
2. วงจรขยายเสียงคลาส A, AB, B, C และ D	6

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง


3. วงจรขยายแบบไดเร็กต์คัปปลิง	6
4. วงจรขยายแรงดันไฟฟ้าและวงจรกลับเฟส	7
5. อัตราการขยายแรงดันและวงจรบ้อนกลับ	8
6. บล็อกไดอะแกรมวงจรเพาเวอร์แอมป์	8
7. วงจรเพาเวอร์แอมป์ การทำงาน และการปรับแต่งวงจร	8
8. การประกอบวงจรวงจรเพาเวอร์แอมป์	9
9. เสถียรภาพเชิงความถี่และการชดเชยความถี่	9
10. วงจรป้องกันลำโพง	9
11. การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรเพาเวอร์แอมป์	9

ปฏิบัติ

ใบงาน หน่วยที่ 3	สอนครั้งที่
1. สร้าง PCB วงจรเพาเวอร์แอมป์	5
2. ประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคอินพุทและวัดการทำงาน	6
3. ประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคขยายแรงดัน วัดและทดสอบการทำงาน	7
4. ประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคเอาต์พุท วัดและปรับแต่งการทำงาน	8
5. วัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรเพาเวอร์แอมป์	9

จิตพิสัย

คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม คุณลักษณะอันพึงประสงค์ และหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

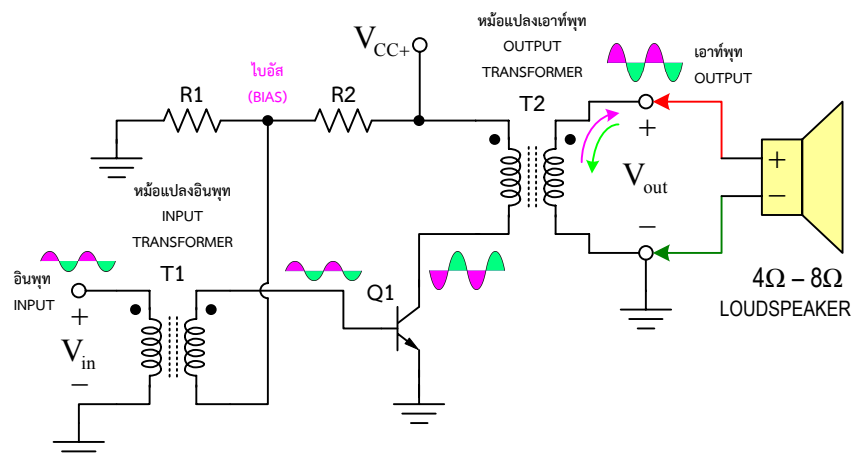
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

บทนำ

วงจรเพาเวอร์แอมป์ เป็นส่วนหนึ่งของอินทรีเกรตแอมพลิไฟเออร์ ทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากเอาต์พุตของวงจรปริโตน แล้วนำมาขยายระดับของสัญญาณให้แรงขึ้นและขยายกำลังให้เพียงพอสำหรับขับลำโพง กำลังที่เอาต์พุตของเพาเวอร์แอมป์มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)

3.1 วงจรขยายกำลัง OT, OTL, OCL


วงจรเพาเวอร์แอมป์ชนิดเอาต์พุตแบบ Output Transformer (OT) ใช้ทรานส์ฟอร์มเมอร์เอาต์พุตเป็นส่วนหนึ่งของวงจรเอาต์พุตของวงจรขยายกำลัง แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ แบบ Single Ended Class - A และแบบพุช - พูล (Push - Pull) ทำงานได้ทั้งแบบ Class A, B, AB ข้อดีคือ ประสิทธิภาพในการขยายสัญญาณดีเนื่องจากใช้หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ทำอิมพีแดนซ์แมทซ์ซึ่ง แต่ในปัจจุบันความจำเป็นในเรื่องนี้น้อยมาก เนื่องจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีราคาถูกลงอย่างมาก แต่ในทางตรงกันข้ามหม้อแปลงกลับมีราคาสูงขึ้น อีกทั้งยังสร้างให้มีคุณภาพเสียงได้ดีนั้นค่อนข้างยาก หม้อแปลงมีน้ำหนักมากต้องการพื้นที่ในการติดตั้งมากอีกด้วย

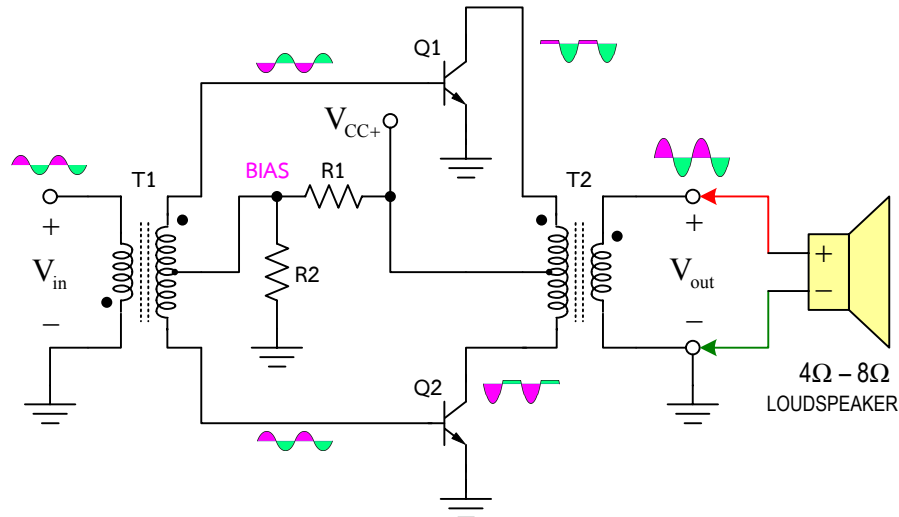


รูปที่ 3.1 วงจรขยายกำลังแบบ OT แบบ Single Ended Class - A

แบบแบบ Single Ended Class - A นั้นมีประสิทธิภาพกำลังงานไฟฟ้าต่ำมาก ส่วนแบบพุช - พูล (Push - Pull) เป็นแบบที่สามารถเลือกประสิทธิภาพกำลังงานได้โดยเลือกจากการไบอัส วงจรเป็น Class A, B, AB ตามที่ต้องการ วงจรเพาเวอร์แอมป์ชนิด OT นี้ใช้งานกับแหล่งจ่ายไฟเดียว

วงจรเพาเวอร์แอมป์ชนิด OT ใช้ทรานส์ฟอร์มเมอร์เอาต์พุตทำหน้าที่อิมพีแดนซ์แมทซ์ซึ่งดังนั้นทางอุดมคติสามารถเลือกออกแบบกำลังสูงสุดของวงจรเพาเวอร์แอมป์ได้ทุกขนาดแหล่งจ่ายและโหลด


	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

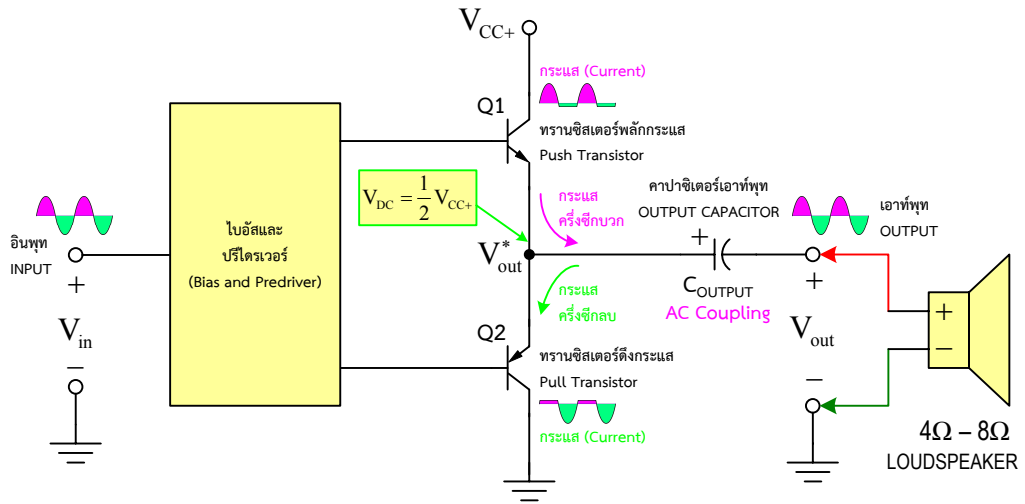


รูปที่ 3.2 วงจรขยายกำลังแบบ แบบพุช - พูล (Push - Pull)

วงจรเพาเวอร์แอมป์ชนิดเอาต์พุตแบบ Output Transformerless (OTL) เป็นแบบไม่ใช้ทรานส์ฟอร์มเมอร์เอาต์พุตเป็นส่วนหนึ่งของวงจรเอาต์พุตของวงจรขยายกำลัง มีเฉพาะแบบพุช - พูล (Push - Pull) เท่านั้น สามารถออกแบบให้วงจรไบอัสให้ทำงานได้ทั้งแบบ Class A, B, AB แต่ต้องมีคาปาซิเตอร์เอาต์พุต (Output Capacitor) ต่ออนุกรมกับเอาต์พุตภายในกับเอาต์พุตภายนอกออกลำโพง วงจรทำงานด้วยแหล่งจ่ายไฟเดียว และที่จุดเอาต์พุตภายใน (ก่อนผ่าน C) ขณะไม่มีการขยายสัญญาณมีแรงดันดีซีเป็นครึ่งหนึ่งของแรงดันแหล่งจ่ายไฟ ข้อดีคือไม่ต้องใช้หม้อแปลงเอาต์พุตทำให้มีขนาดเล็กลง น้ำหนักเบาขึ้น มีราคาถูกลง ข้อเสียคาปาซิเตอร์เอาต์พุตจะเป็นลดทอนสัญญาณที่ความถี่ต่ำ ดังนั้นหากต้องการให้ได้สัญญาณความถี่ต่ำผ่านออกไปสู่เอาต์พุตลำโพงได้ดีขึ้นต้องใช้คาปาซิเตอร์ที่มีค่าความจุสูงขึ้น การมีคาปาซิเตอร์เอาต์พุตมีข้อดีอีกข้อคือหากวงจรเพาเวอร์แอมป์ชนิด OTL นี้เสียหาย ก็จะไม่ไฟตรงออกที่เอาต์พุตลำโพง ทำให้ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมียังวงจรป้องกันลำโพง

วงจรเพาเวอร์แอมป์ชนิดเอาต์พุตแบบ Output Capacitorless (OCL) เป็นแบบไม่ใช้คาปาซิเตอร์เอาต์พุตเป็นส่วนหนึ่งของวงจรเอาต์พุตของวงจรขยายกำลัง นั่นคือเอาต์พุตภายในต่อตรงเป็นเอาต์พุตลำโพง มีเฉพาะแบบพุช - พูล (Push - Pull) เท่านั้น สามารถออกแบบให้วงจรไบอัสให้ทำงานได้ทั้งแบบ Class A, B, AB วงจรต้องทำงานด้วยแหล่งจ่ายไฟคู่เท่านั้น โดยปกติจะใช้แหล่งจ่ายไฟซีบกวก - ซีกลบ ด้วยขนาดที่เท่ากัน ข้อดีจากการที่เอาต์พุตลำโพงต่อตรงหรือเป็นแบบไดเรกต์คัปปลิงทำให้ทำงานได้ในย่านความถี่กว้างกว่า ผ่านเสียงความถี่ต่ำได้ดีที่สุด และน่าจะให้เสียงดีที่ที่สุด ข้อเสียเนื่องจากเป็นไดเรกต์คัปปลิง หากวงจรเพาเวอร์แอมป์ชนิด OCL นี้เสียหาย ก็จะไม่ไฟตรงออกที่เอาต์พุตลำโพง ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องมียังวงจรป้องกันลำโพง

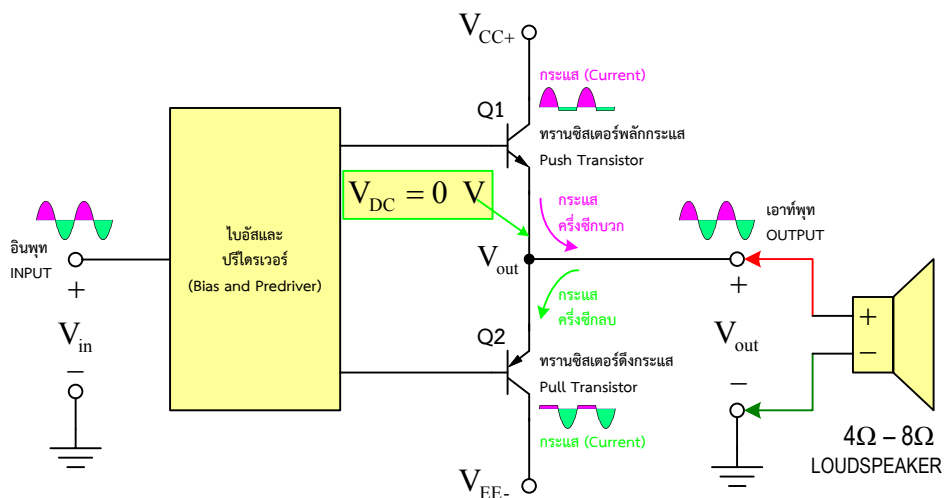
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง



รูปที่ 3.3 วงจรขยายกำลังแบบ OTL


กำลังสูงสุดของวงจรเพาเวอร์แอมป์ขึ้นอยู่กับแบบของภาคเอาต์พุต (OTL หรือ OCL) และขนาดของแรงดันเพาเวอร์ซัพพลาย โดยที่แบบ OTL จะมีกำลังสูงสุดเป็นหนึ่งในสี่ของแบบ OCL

กำลังวัตต์สูงสุดทางด้านเอาต์พุต OTL;
$$P_{OUT,OTL(max)} = \left(\frac{1}{4}\right) \times \frac{V_{CC}^2}{2 \times R_L} \tag{3.1}$$



รูปที่ 3.4 วงจรขยายกำลังแบบ OCL

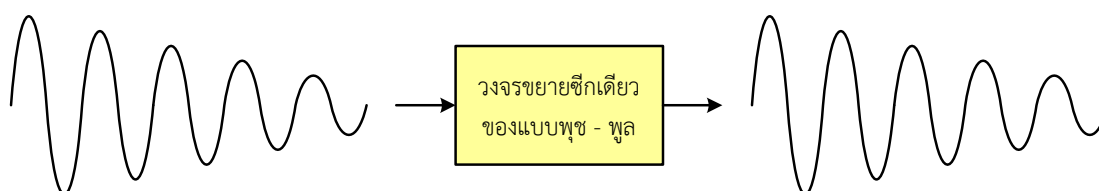
กำลังวัตต์สูงสุดทางด้านเอาต์พุต OCL;
$$P_{OUT,OCL(max)} = \frac{V_{CC}^2}{2 \times R_L} \tag{3.2}$$

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

การทำงานพุช – พูล (Push - Pull) คือการทำงานแบบมีอุปกรณ์แอกทีฟสองชุด ชุดแรกทำงานกับสัญญาณซีกบวกเป็นหลัก อีกชุดหนึ่งทำงานกับสัญญาณซีกลบเป็นหลัก แล้วสลับกันทำงานกรณีเป็นไบอัสแบบ Class B แต่หากสลับกันทำงานโดยมีช่วงทำงานไปด้วยกันบางช่วงเป็นไบอัสแบบ Class AB แต่หากทำงานไปด้วยกันตลอดเวลาเป็น Class A พุดได้ว่าเป็นวงจรแบบผลักระแสออกไปสู่เอาต์พุตและดึงกระแสจากเอาต์พุตเข้ามา หรือวงจรแบบ “ผลัก - ดึง” กระแส

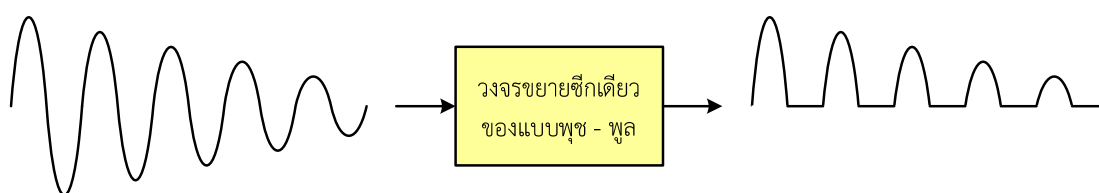
3.2 วงจรขยายเสียงคลาส A, AB, B, C และ D

วงจรเพาเวอร์แอมป์คลาส A, B, AB และ C ทำได้โดยจัดการไบอัสให้อุปกรณ์แอกทีฟทำงานด้วยกระแส Idle เป็นค่าต่าง ๆ กัน หากให้กระแส Idle = ครึ่งหนึ่งของกระแสไหลสูงสุดเป็นวงจรเพาเวอร์แอมป์คลาส A และจะเห็นว่าที่เอาต์พุตขยายสัญญาณได้ครบทั้งสองซีก ดังรูปที่ 3.5




รูปที่ 3.5 วงจรขยายเสียง Class - A

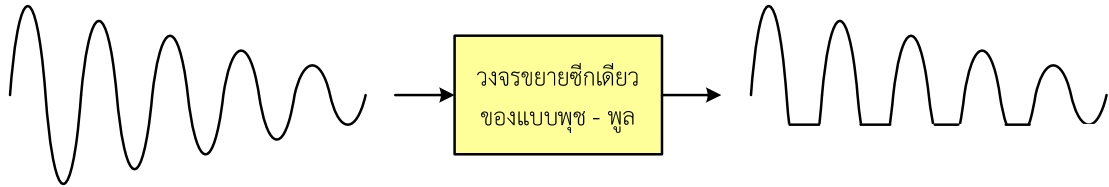
หากให้กระแส Idle = 0 เป็นอุดมคติของ วงจรเพาเวอร์แอมป์คลาส B จะเห็นว่าขยายสัญญาณเพียงซีกเดียว ดังนั้นหากต้องการให้ครบทั้งสองซีกจะต้องเป็นวงจรแบบพุช-พูล ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรขยายเสียง Class - B

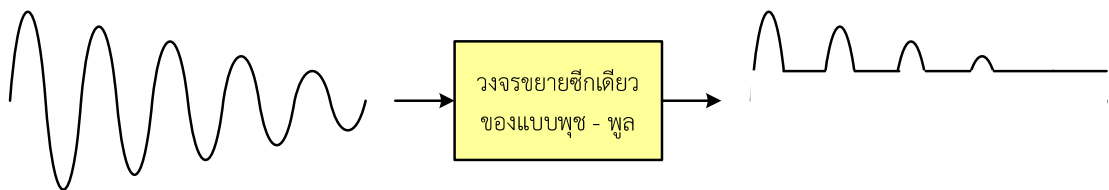
หากให้กระแส Idle = 2% ถึง 5% ของกระแสไหลสูงสุด เป็นวงจรเพาเวอร์แอมป์คลาส AB จะเห็นว่าขยายสัญญาณซีกหนึ่งครบอีกซีกหนึ่งมีระดับต่ำ แต่หากกระดับสัญญาณที่ใช้งานอยู่ในระดับต่ำเพียงพอจะได้เอาต์พุตขยายสัญญาณได้ครบทั้งสองซีกเช่นเดียวกับกับแบบ Class แต่หากกระดับสัญญาณแรงพอจะให้สัญญาณเอาต์พุตคล้ายกับแบบ Class - B ดังนั้นหากต้องการให้ครบทั้งสองซีกจะต้องเป็นวงจรแบบพุช-พูล และการจัดไบอัสแบบ Class - AB นี้จะช่วยลดความเพี้ยนที่รอยต่อสัญญาณแต่ละซีกลง หรือเรียกว่าลวดครอสโอเวอร์ดิสทอร์ชัน (Cross - over distortion) ดังรูปที่ 3.7

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง



รูปที่ 3.7 วงจรขยายเสียง Class - AB

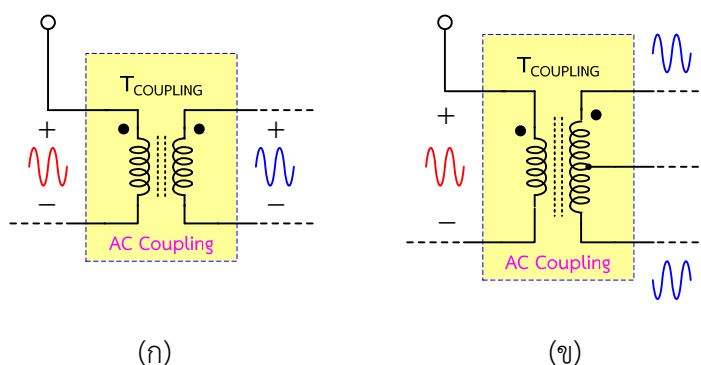
หากให้ไบอัสรีเวอร์ส (Reverse bias) กับอุปกรณ์แอกทีฟ จะทำให้อุปกรณ์แอกทีฟยังไม่พร้อมที่จะทำงาน และให้กระแส Idle = 0 อีกด้วย และอุปกรณ์แอกทีฟจะถึงระดับทำงานได้ต้องป้อนสัญญาณที่อินพุตให้แรงเพียงพอจนถึงระดับจุดทำงาน จึงจะขยายสัญญาณออกไปที่เอาต์พุตได้ ดังนั้นที่ระดับสัญญาณอินพุตเบา ๆ จะไม่มีสัญญาณปรากฏที่เอาต์พุต และหากสัญญาณอินพุตแรงพอจะได้สัญญาณบางส่วนของซิกเดี่ยวนองพุช - พูล ดังรูปที่ 3.8




รูปที่ 3.8 วงจรขยายเสียง Class - C

3.3 วงจรขยายแบบไดเร็กต์คัปปลิง

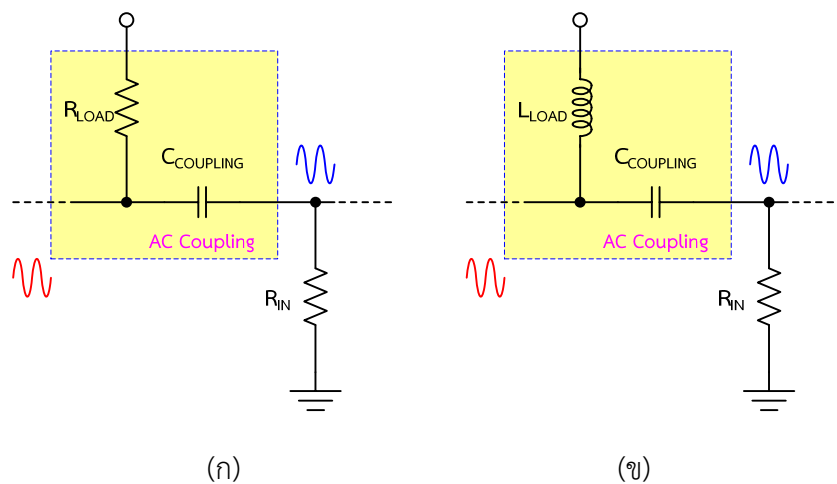
การต่อเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างวงจรย่อยหรือวงจรใด ๆ มีดังต่อไปนี้ แบบใช้หม้อแปลงใช้เป็นแมชซิงไปในตัว ไม่มีผลกระทบต่อการใช้กับวงจรทั้งสองด้าน ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การคัปปลิงสัญญาณด้วยหม้อแปลง (ก) แบบไม่มีแท็บ (ข) แบบมีเซ็นเตอร์แท็บ

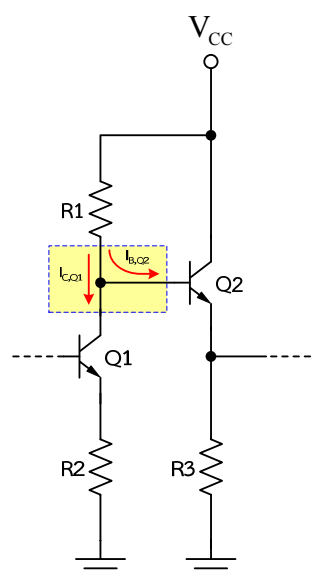
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

แบบใช้การคัปปลิงด้วยคาปาซิเตอร์ มีทั้งแบบ RC และแบบ LC ไม่มีผลกระทบต่อการไบอัสกับวงจรทั้งสองด้าน เนื่องจากคาปาซิเตอร์ทำงานกั้นไฟตรง (DC Block) และเชื่อมโยงทางเอซี (AC Coupling) ดังรูปที่ 3.10




รูปที่ 3.10 การคัปปลิงด้วยคาปาซิเตอร์ (ก) แบบ RC (ข) แบบ LC

แบบใช้ไดเร็กคัปปลิงหรือแบบต่อตรง ทำให้มีผลกระทบต่อการไบอัสกับวงจรทั้งสองด้าน ดังรูปที่ 3.11

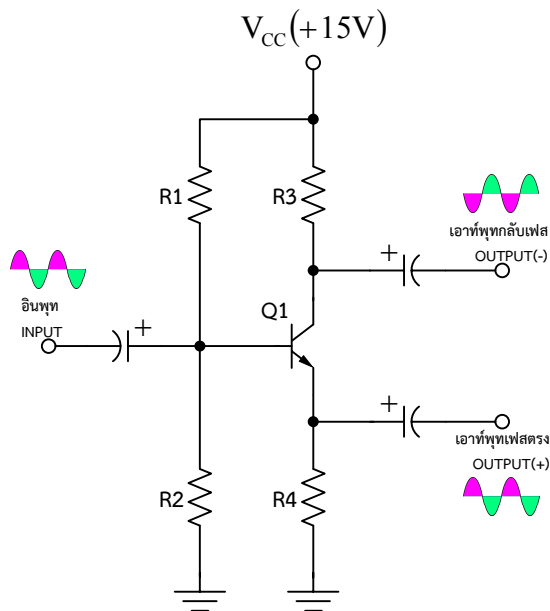


รูปที่ 3.11 การคัปปลิงสัญญาณแบบไดเร็กการคัปปลิง

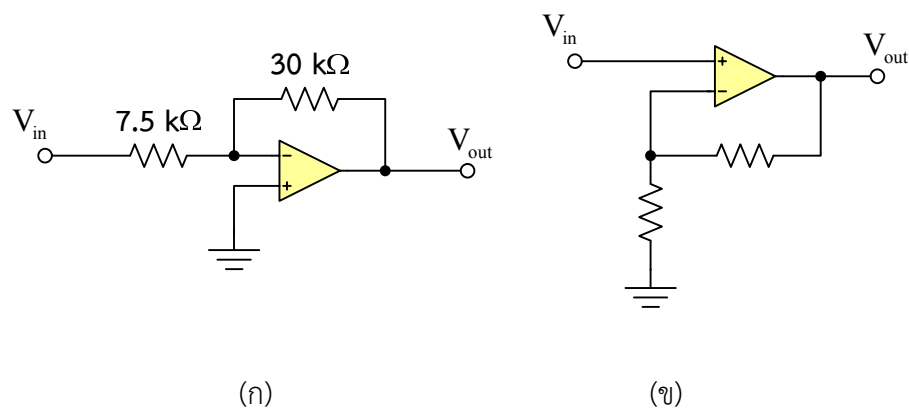
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

3.4 วงจรขยายแรงดันไฟฟ้าและวงจรกลับเฟส


วงจรขยายแรงดันไฟฟ้าแบบไม่กลับและแบบกลับเฟส หมายถึงเฟสของสัญญาณแรงดันเอาต์เทียบกับแรงดันอินพุท หากเฟสของสัญญาณเอาต์ตรงกับอินพุทเรียกว่าแบบไม่กลับเฟส และหากมีเฟสกลับกันกับอินพุทเรียกว่าแบบกลับเฟส บางวงจรจะให้เอาต์ออกมาทั้งแบบกลับเฟสและไม่กลับเฟสในตัว เรียกววงจรแบบนี้ว่าวงจรแยกเฟส (Phase splitter) ดังรูปที่ 3.12 และแยกวงจรขยายสัญญาณทำงาน โดยใช้อปแอมป์ ดังรูปที่ 3.13 (ก) แบบกลับเฟส (ข) แบบไม่กลับเฟส



รูปที่ 3.12 วงจรแยกเฟส (Phase splitter)

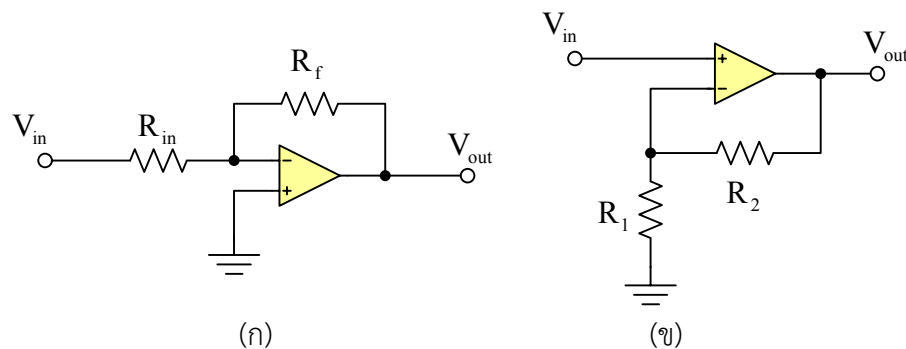


รูปที่ 3.13 วงจรขยายสัญญาณใช้ออปแอมป์ (ก) แบบกลับเฟส (ข) แบบไม่กลับเฟส

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

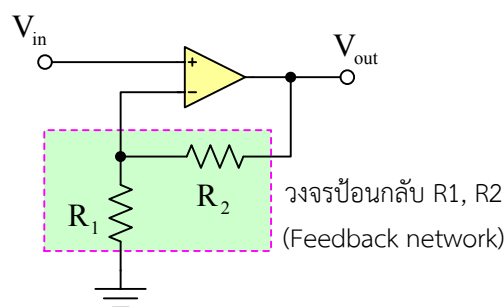
3.5 อัตราการขยายแรงดันและวงจรป้อนกลับ

วงจรขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้าสร้างจากอุปกรณ์แอกที่ประกอบด้วยอุปกรณ์พาสซีฟสำหรับจัดวงจรแบบต่าง ๆ การออกแบบวงจรขยายแบบลูปเปิด (Open loop) ให้มีอัตราการขยายแรงดันสูงนั้น ในปัจจุบันอุปกรณ์แอกที่หาได้ง่ายและราคาถูก จึงไม่เป็นปัญหาในการออกแบบ แต่ปัญหาในการออกแบบที่ยังคงมีอยู่คือ การออกแบบวงจรขยายหลายภาค (Multi stage) ให้มีอัตราการขยายแรงดันตรงตามที่ต้องการใช้งานนั้นออกแบบได้ยากกว่าและเสียเวลามากกว่า




รูปที่ 3.14 วงจรศึกษาอัตราขยายแรงดัน (ก) แบบกลับเฟส (ข) แบบไม่กลับเฟส

จึงเลือกออกแบบวงจร ขยายแบบลูปเปิด (Open loop) ให้มีอัตราการขยายแรงดันสูงแล้วใช้เทคนิคของการป้อนกลับเพื่อลดอัตราการขยาย ให้มีค่าตามที่ต้องการได้โดยใช้รีซิสเตอร์เพียงสองตัวเป็นหลักเท่านั้น มาเป็นตัว กำหนดอัตราการของวงจรป้อนกลับที่ได้ ข้อดีของวงจรป้อนกลับคือ ได้อัตราขยายคงที่โดยขึ้นกับวงจรป้อนกลับ ลดน้อยลง ลดการผิดเพี้ยนของสัญญาณที่รอยต่อสองซีก (Cross over distortion) เพิ่มแบนวิดท์ ดังรูปที่ 3.14 และ 3.15



รูปที่ 3.15 วงจรศึกษาอัตราขยายแรงดันแบบไม่กลับเฟสและแสดงให้เห็นส่วนของวงจรป้อนกลับ

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรวอร์เออร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

อัตราขยายแรงดันของวงจรวอร์เออร์แอมป์แบบกลับเฟส และแบบไม่กลับเฟส ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานควบคุมอัตราการป้อนกลับให้กับวงจรวอร์เออร์แอมป์พื้นฐาน ดังสูตรหาอัตราขยายแรงดัน

อัตราขยายแรงดันวงจรวอร์เออร์แอมป์กลับเฟส;

$$A_v = -\frac{R_2}{R_1} \quad (3.3)$$

อัตราขยายแรงดันวงจรวอร์เออร์แอมป์ไม่กลับเฟส;

$$A_v = \frac{R_2 + R_1}{R_1} \quad (3.4)$$

3.6 บล็อกไดอะแกรมวงจรวอร์เออร์แอมป์

วงจรวอร์เออร์แอมป์ แบ่งการทำงานออกได้เป็น 3 ภาค หลัก ๆ ดังนี้ ภาคที่หนึ่ง / ภาคอินพุท ทำหน้าที่ขยายสัญญาณผลต่างของสัญญาณอินพุทกับสัญญาณป้อนกลับ ภาคที่สอง / ภาคขยายแรงดัน ทำหน้าที่ให้อัตราการขยายแรงดันสูงและแรงดันเอาต์พุทสูงถึงพิกัดแหล่งจ่ายไฟ ภาคที่สาม / ภาคเอาต์พุท ทำหน้าที่ให้อัตราการขยายแรงดันประมาณหนึ่งเท่าและอัตราการขยายกระแสสูง สำหรับใช้ขับโหลดลำโพง ดังรูปที่ 3.16




รูปที่ 3.16 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องขยายเสียง

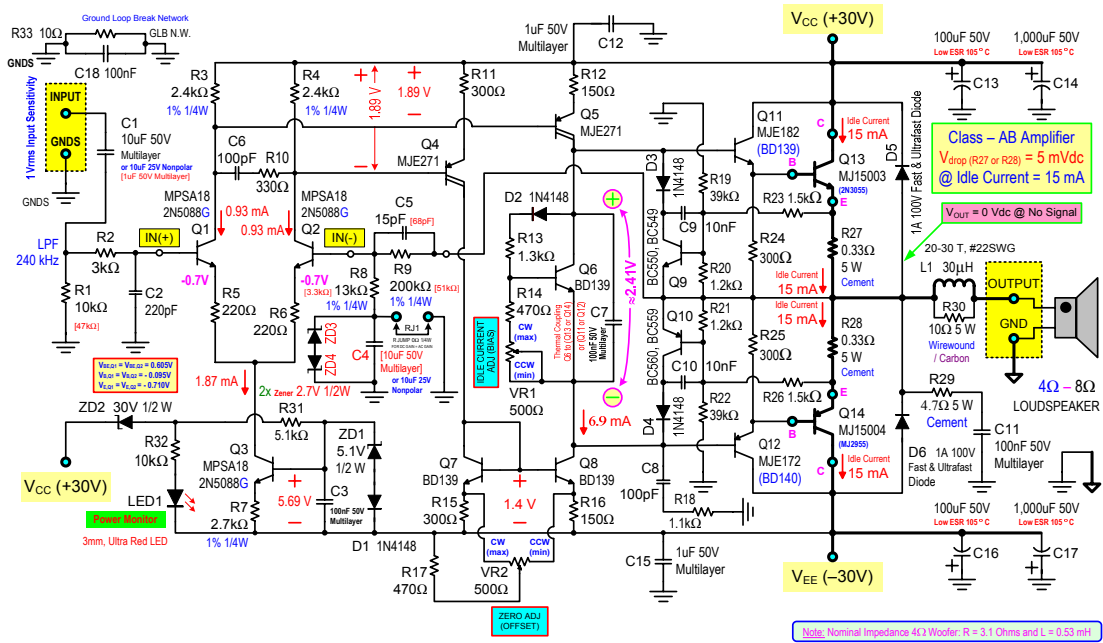
3.7 วงจรวอร์เออร์แอมป์ การทำงาน และการปรับแต่งวงจร

วงจรที่ใช้เรียนรู้เป็นวงจรวอร์เออร์แอมป์ รุ่น 2016-L3 ขนาด 30 วัตต์ แบ่งออกเป็น 3 ภาค คือ (1) ภาคที่หนึ่ง/ภาคอินพุท (2) ภาคที่สอง/ภาคขยายแรงดัน และ (3) ภาคที่สาม/ภาคเอาต์พุท

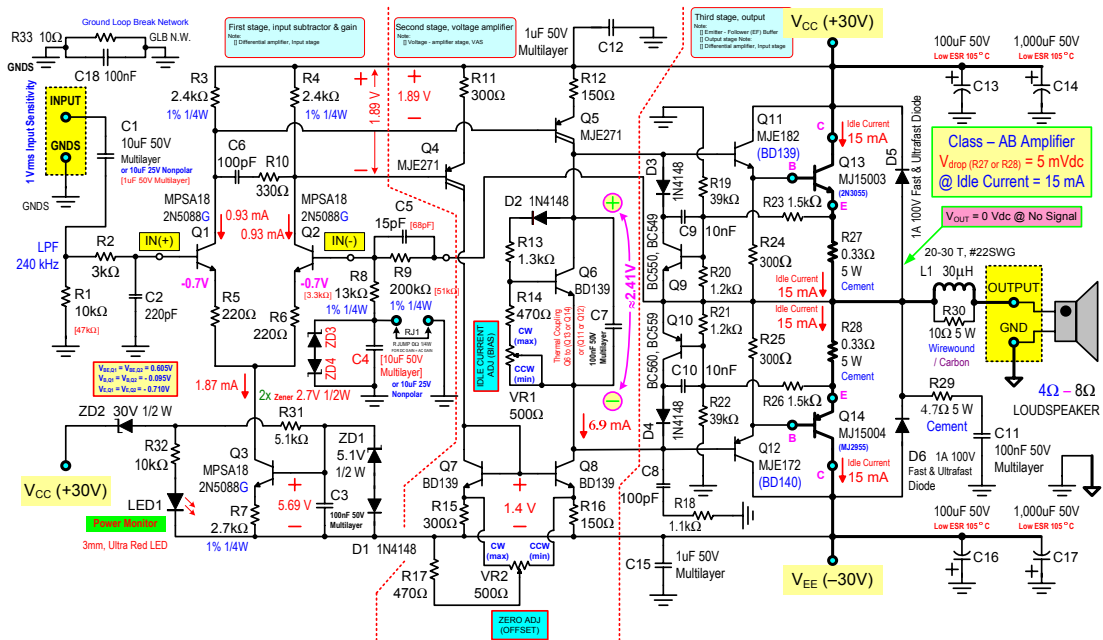
3.7.1 ภาคที่หนึ่ง / ภาคอินพุท

ภาคอินพุทเป็นวงจรดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ Q1 และ Q2 ทำงานขยายสัญญาณผลต่างทำงานร่วมกับ Q3 ทำหน้าที่จ่ายกระแสคงที่ (Constant Current Source) โดยได้รับแรงดันคงที่จากเรกูเลเตอร์แบบขนาน (Shunt regulator) จาก ZD1 และ D1 ร่วมกับตัวต้านทานอนุกรม R31 โดยมี ZD2 ทำหน้าที่ตรวจสอบแรงดันถึงระดับทำงาน ช่วยลดเสียงตุบ (“Pop” noise) ออกลำโพง เมื่อเปิด - ปิด ไฟ


	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

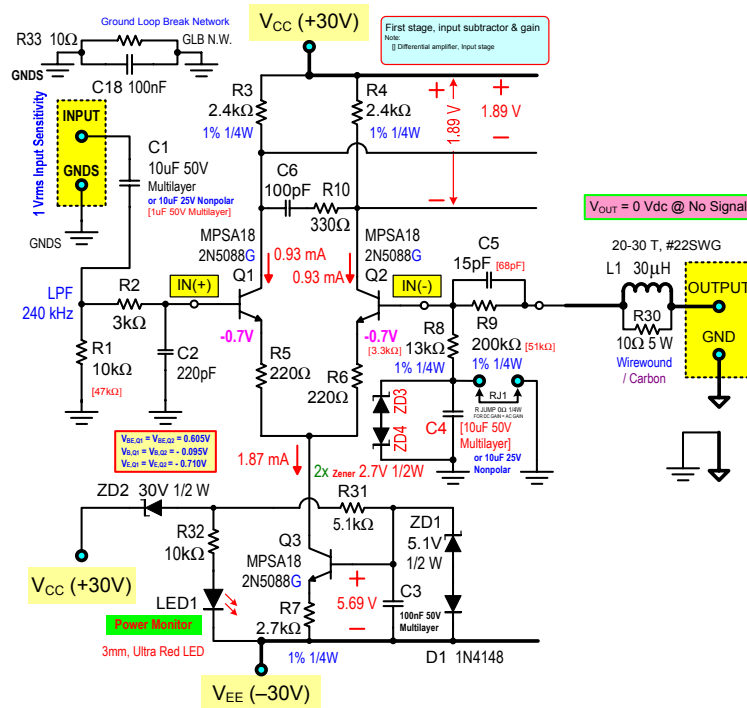


รูปที่ 3.17 วงจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3 ขนาด 30 วัตต์ แสดงวงจรครบสมบูรณ์

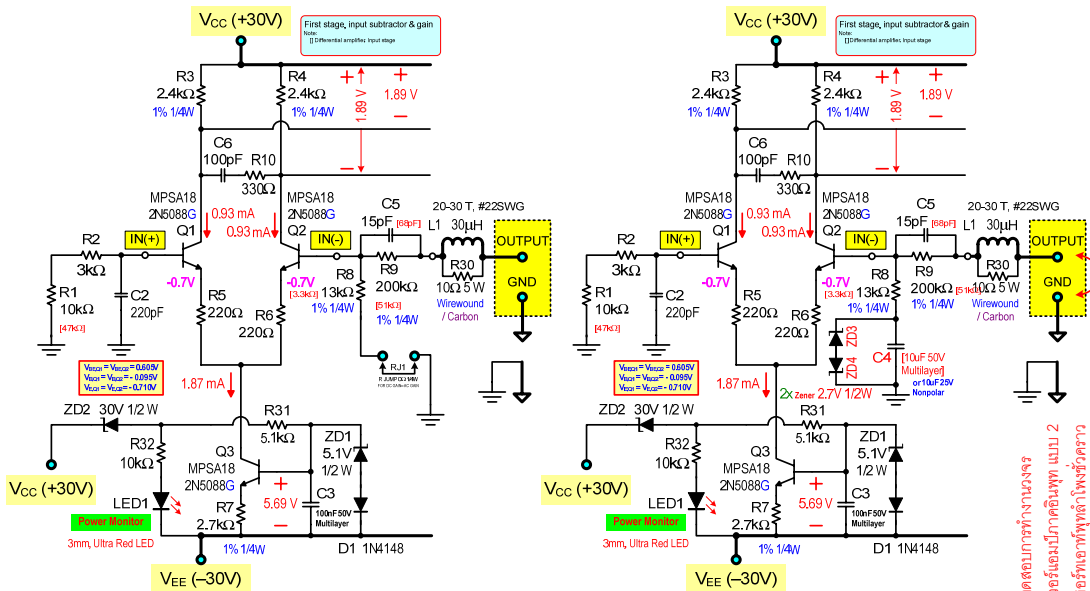


รูปที่ 3.18 วงจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3 ขนาด 30 วัตต์ แสดงวงจรแบ่งเป็น 3 ภาค (Stage)

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง



รูปที่ 3.19 วงจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3 ขนาด 30 วัตต์ แสดงวงจรภาคที่หนึ่ง / ภาคอินพุต



วงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคอินพุต แบบ 1


เพาเวอร์แอมป์แบบ NFB ที่มี DC Gain = AC Gain

วงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคอินพุต แบบ 2

เพาเวอร์แอมป์แบบ NFB ที่มี DC Gain ≠ AC Gain และ DC Gain = 1

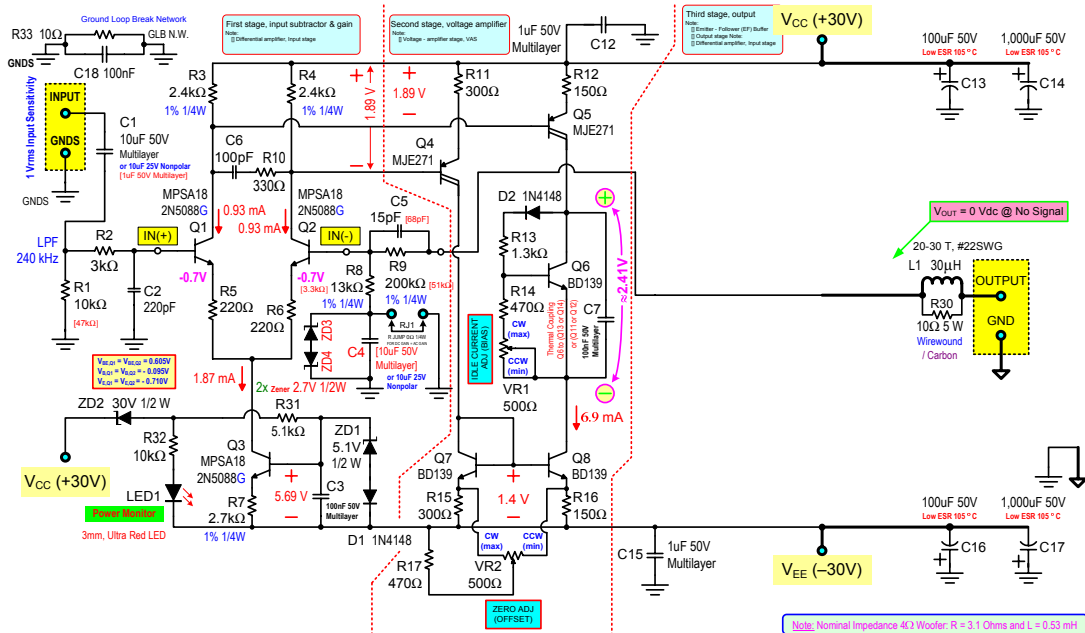
การทดสอบการทำงานวงจร เพาเวอร์แอมป์ภาคอินพุต แบบ 2 คือ เซอร์คิตเพาเวอร์แอมป์วงจรตัว

รูปที่ 3.20 วงจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3 ขนาด 30 วัตต์ แสดงวงจรภาคที่หนึ่ง / ภาคอินพุต แบบที่ 1 และแบบที่ 2

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

3.7.2 ภาคที่สอง / ภาคขยายแรงดัน


ภาคขยายแรงดันทำหน้าที่ขยายแรงดัน โดยมีอัตราการขยายแรงดันสูงและแรงดันเอาต์พุตสูงถึงพิกัดแหล่งจ่ายไฟสำหรับใช้ขับแรงดันภาคเอาต์พุต ประกอบด้วย Q4 ถึง Q8 โดยที่ Q6 ทำงานร่วมกับอุปกรณ์รอบข้างและ VR1 ทำงานเสมือนเป็น Zener Diode แบบปรับค่าแรงดันได้ ใช้ปรับแรงดันไบอัสประมาณ 2.41 V เพื่อปรับกระแส Idle ของภาคเอาต์พุตให้ไหลประมาณ 15mA พร้อมทั้งวงจรขยาย Class - A Push – Pull จาก Q5 กับ Q8 โดยมีตัวปรับการขับสมมาตร VR2 ทำหน้าที่เป็นตัวปรับแรงดันเอาต์พุตดิซี (Zero Adj) ออกล้าโงให้ได้ 0 V (ในขณะไม่ป้อนสัญญาณอินพุต และไม่ต่อล้าโง)



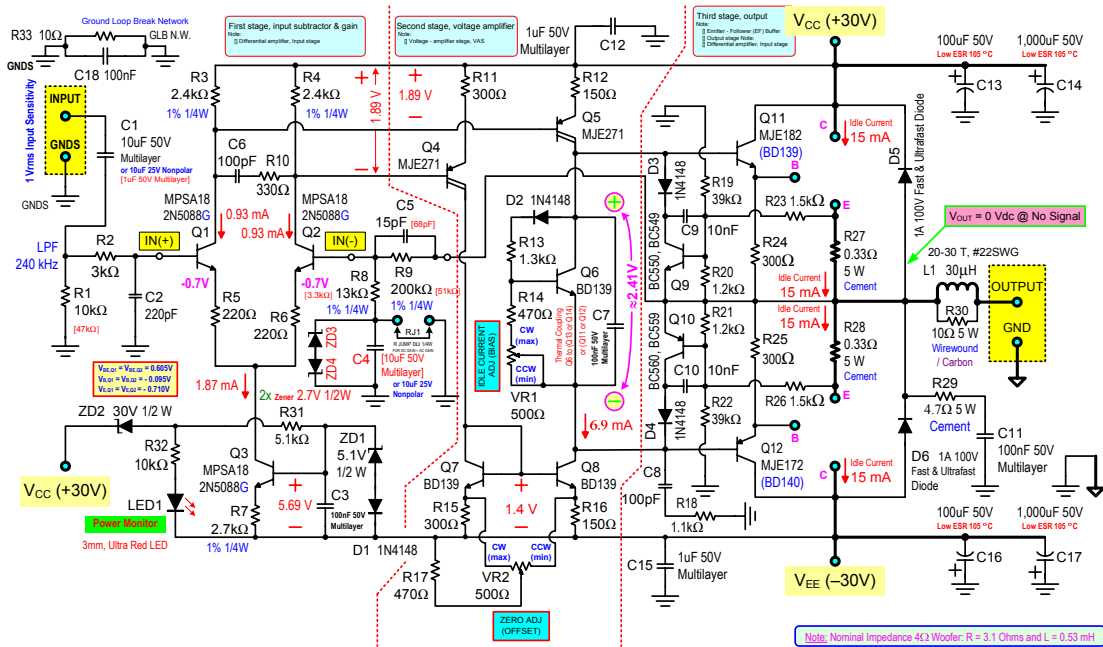
รูปที่ 3.21 วงจรวงจรวจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3 ขนาด 30 วัตต์ แสดงวงจรวจรภาคที่หนึ่ง/ภาคอินพุต และภาคที่สอง / ภาคขยายแรงดัน

3.7.3 ภาคที่สาม / ภาคเอาต์พุต

ภาคเอาต์พุตทำหน้าที่ขยายกระแส และทำให้ได้อัตราการขยายกำลังสำหรับขับโหลดล้าโง โดยมี Q9 และ Q10 ทำหน้าที่เป็นวงจรมอเตอร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มิให้เสียหายจากการถูกชอร์ตเอาต์พุตขับล้าโง Q11 และ Q12 เป็นปริโดเรเวอร์สำหรับขับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q13 และ Q14 ตามลำดับ โดยคู่ Q11 ขับ Q13 และ คู่ Q12 ขับ Q14 เรียกว่าวงจรวจรแบบทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตัน จะได้อัตราการขยายกระแสรวมประมาณ $\beta_T \cong \beta_1 \times \beta_2$ และการทำงานแบบเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตันชนิด NPN คู่กับชนิด PNP นี้เรียกว่าวงจรวจรขยายคอมพลีเมนต์หรือวงจรวจรแบบคู่

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง


ประกอบสมมาตร [Complementary symmetry (push-pull) amplifier] แต่หากใช้กับภาคเอาต์พุตที่ได้จากเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ชนิดเดียวกัน นั่นคือจะมีซิกหนึ่งเป็นเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์คาร์ลิงตัน และอีกซิกหนึ่งเป็นทรานซิสเตอร์พีดแบคแพร์ ซิสเตอร์พีดแบคแพร์ได้จากทรานซิสเตอร์ต่างชนิดกันมาซัปกัน (NPN ซัป PNP ได้ NPN และ PNP ซัป NPN ได้ PNP) ได้อัตราการขยายกระแสรวมประมาณ $\beta_T \cong \beta_1 \times \beta_2$ ภาคเอาต์พุตที่ใช้ซิกหนึ่งเป็นเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์คาร์ลิงตันทำงานคู่กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์พีดแบคแพร์ เรียกว่าวงจรขยายกำลังแบบควอซีคอมพลีเมนทารีหรือวงจรแบบคู่ประกอบกึ่งสมมาตร (Quasi-complementary symmetry amplifier)



รูปที่ 3.22 วงจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3 ขนาด 30 วัตต์ แสดงวงจรทั้ง 3 ภาค

แต่ยังไม่ได้ประกอบเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

ปรับกระแส Idle ของภาคเอาต์พุตให้ไหลประมาณ 15mA ด้วย VR1 โดยที่ในทางปฏิบัตินิยมวัดกระแสในรูปของแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานที่ต่ออนุกรม วัดแรงดันดีซีตกคร่อม R27 และ/หรือ R28 .ได้ประมาณ 5mV และใช้ VR2 ทำหน้าที่เป็นตัวปรับแรงดันเอาต์พุตดีซี (Zero Adj) ออกลำโพงให้ได้ 0 V (ในขณะที่ไม่ป้อนสัญญาณอินพุต และไม่ต่อลำโพง)

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง


3.8 การประกอบวงจรวงจรเพาเวอร์แอมป์

ในทางปฏิบัติ ให้ประกอบวงจรให้ลงแผ่น PCB ให้สมบูรณ์ทั้งหมด เพียงแต่เว้นยังไม่ประกอบเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เข้ากับ PCB ดังแสดงในรูปที่ 3.22 ปรับกระแส Idle ในทิศทางที่จะทำให้ได้กระแสต่ำสุด และใช้ VR2 ทำหน้าที่เป็นตัวปรับแรงดันเอาต์พุต (Zero Adj) ออกล้าโงงให้ได้ 0 V (ในขณะไม่ป้อนสัญญาณอินพุต และไม่ต่อล้าโงง)

จากนั้นประกอบประกอบเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เข้ากับ PCB ดังแสดงในรูปที่ 3.17 หรือ 3.18 ปรับกระแส Idle ของภาคเอาต์พุตให้ไหลประมาณ 15mA ด้วย VR1 โดยที่ในทางปฏิบัตินิยมวัดกระแสในรูปของแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานที่ต่ออนุกรม วัดแรงดันดิซีตกร่อม R27 และ/หรือ R28 .ได้ประมาณ 5mV และใช้ VR2 ทำหน้าที่เป็นตัวปรับแรงดันเอาต์พุต (Zero Adj) ออกล้าโงงให้ได้ 0 V (ในขณะไม่ป้อนสัญญาณอินพุต และไม่ต่อล้าโงง) แล้วทดสอบเสียง

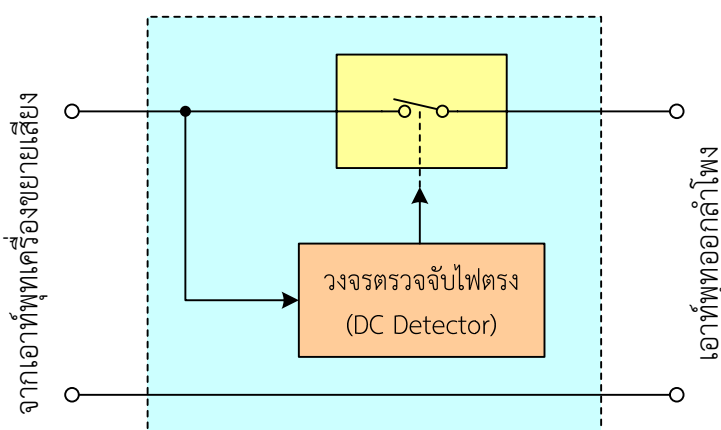
3.9 เสถียรภาพเชิงความถี่และการชดเชยความถี่

จากความนิยมนอกแบบวงจร ขยายแบบลูปเปิด (Open loop) ให้มีอัตราขยายแรงดันสูง แล้วใช้เทคนิคของการป้อนกลับเพื่อลดอัตราขยาย ให้มีค่าตามที่ต้องการได้โดยใช้รีซิสเตอร์เพียงสองตัวเป็นหลักเท่านั้น มาเป็นตัว กำหนดอัตราขยายของวงจรป้อนกลับที่ได้ ข้อดีของวงจรป้อนกลับคือ ได้อัตราขยายคงที่โดยขึ้นกับวงจรป้อนกลับ ลดน้อยส ลดการผิดเพี้ยนของสัญญาณที่รอยต่อสองซีก (Cross over distortion) เพิ่มแบนวิดท์ ซึ่งเป็นข้อดีของวงจรขยายแบบป้อนกลับ ส่วนข้อเสียการป้อนกลับแบบลบ (Negative feedback) คือหากป้อนกลับปริมาณมากถึงจุดหนึ่ง วงจรขยายจะไม่มีเสถียรภาพเชิงความถี่เกิดออสซิลเลทต่อเองได้เอง นั่นคือวงจรขยายจะกลายเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ แต่หากปริมาณการป้อนกลับลงอีกหน่อยวงจรจะหยุดการออสซิลเลทต่อเนื่องลง แต่ในการขยายสัญญาณวงจรจะไม่ราบเรียบ โดยวงจรจะให้อัตราขยายที่ความถี่สูง ๆ มากกว่าที่ความถี่ปานกลางเรียกว่าวงจรมีเสถียรภาพไม่ค่อยดี จะต้องลดปริมาณการป้อนกลับลงอีกจึงจะมีเสถียรภาพดี แต่หากมีความต้องการที่จะต้องป้อนกลับปริมาณมากๆ เราสามารถแก้ปัญหาการขาดเสถียรภาพ/การมีเสถียรภาพน้อยได้โดย “การชดเชยความถี่” ซึ่งคือวิธีการ ลดอัตราขยายที่ความถี่สูงลง หรือการเลื่อนเฟสที่ความถี่สูงให้ล้าหน้ามากขึ้น หรือทำทั้งสองอย่างพร้อม ๆ กัน วงจรในรูปที่ 3.17 หรือ 3.18 มี R8 และ R9 ทำหน้าที่เป็นวงจรป้อนกลับเพื่อกำหนดอัตราขยายที่ต้องการ โดยมี C15 ทำงานร่วมกับ R8 และ R9 ทำงานเป็นวงชดเชยความถี่แบบเฟสล้าหน้า (Phase lead compensation)

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

3.10 วงจรป้องกันลำโพง

วงจรป้องกันลำโพงทำหน้าที่ตัดไฟตรงที่ออกจากเอาต์พุตของวงจรเพาเวอร์แอมป์ มิให้ออกไปที่ลำโพง จากความผิดปกติ/เสียหายของวงจรเพาเวอร์แอมป์ เพื่อป้องกันมิให้ลำโพงเสียหายจากไฟตรงนี้ หลักการทำงานของวงจรป้องกันลำโพงคือมีวงจรตรวจจับไฟตรงหากมีระดับถึงขีดที่กำหนดในระยะเวลาหนึ่ง วงจรจะส่งสัญญาณตัดรีเลย์ที่ทำหน้าที่ต่อเอาต์พุตของวงจรเพาเวอร์แอมป์ไปยังลำโพงออกทันที นอกจากนั้นยังมีหน้าที่เสริมใช้ป้องกันเสียงต๊อบ (“Pop” noise) ออกลำโพง โดยหน่วงเวลาต่อลำโพงเมื่อเปิดเครื่อง และตัดลำโพงทันทีเมื่อปิดเครื่องอีกด้วย



รูปที่ 3.23 ไดอะแกรมการทำงานชุดป้องกันลำโพง

3.11 การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรเพาเวอร์แอมป์

เพื่อใช้วัดหาคุณสมบัติของวงจรขยายเสียง ทั้งการทำงานเชิงไบอัส และเชิงความถี่

3.11.1 คุณลักษณะการตอบสนองความถี่


ทดสอบด้วยสัญญาณไซน์เวฟ โดยอินพุตแปรความถี่ทดสอบจากต่ำสุดถึงสูงสุด ทดสอบเสถียรภาพเชิงความถี่ด้วยสัญญาณสแควร์เวฟ ผลตอบสนองที่ดีที่สุด จะต้องไม่เกิดการออสซิลเลทต่อเนื่อง ผลตอบสนองเร็วที่สุดและมี Overshoot หรือ Ringing ต่ำที่สุด ทดสอบด้วยโหลดตามที่ระบุ

3.11.2 กำลังวัตต์

ทดสอบด้วยสัญญาณไซน์เวฟ ด้วยความถี่ที่ระบุปกติเป็นความถี่ 1 kHz หรือความถี่อื่นด้วยโหลดตามที่ระบุ ให้ได้สัญญาณที่เอาต์พุตมีขนาดสูงที่สุดก่อนคลิป์ วัดแรงดันและคำนวณร่วมกับค่าความต้านทานโหลดจะได้เป็น กำลังวัตต์สูงสุดแบบต่อเนื่อง เรียกว่าวัตต์แบบอาร์เอ็มเอส (RMS)

กำลังวัตต์ RMS;

$$P_{\text{OUT(max)}} = \frac{V_{\text{OUT(rms)}}^2}{R_{\text{LOAD}}} \quad (3.5)$$

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 3
	เรื่อง วงจรเพาเวอร์แอมป์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง


3.11.3 ค่าอินพุทอิมพีแดนซ์

คือค่าความต้านทานเอซีของด้านอินพุทของวงจรเพาเวอร์แอมป์ ปกติเป็นความถี่ 1 kHz วัดหาได้ด้วยอิมพีแดนซ์มิเตอร์ หรือทดสอบด้วยสัญญาณไซน์เวฟ ด้วยความถี่ที่ระบุปกติเป็นความถี่ 1 kHz หรือความถี่อื่น โดยมีตัวต้านทานต่ออนุกรมกับอินพุทของวงจรเพาเวอร์แอมป์ โดยเลือกใช้ค่าความต้านทานให้มีค่าใกล้เคียงกับความต้านทานอินพุทอิมพีแดนซ์ของวงจร วัดหาระดับสัญญาณการแบ่งแรงดันด้วยวิธีวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider) หรืออาจใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ เลือกใช้ที่มีค่าความต้านทานสูงสุดมากกว่าค่าความต้านทานอินพุทอิมพีแดนซ์ของวงจร ป้อนสัญญาณทดสอบวัดหาระดับสัญญาณการแบ่งแรงดันด้วยวิธีวงจรแบ่งแรงดันโดยปรับค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ จนกระทั่งได้แรงดันที่ปรากฏที่อินพุทของวงจรเพาเวอร์แอมป์เป็นครึ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่จะเกิดขึ้นเมื่อค่าความต้านทานที่มาต่ออนุกรมเข้ากับอินพุทของวงจรมีค่าเท่ากับพอดิ ถอดค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ ออกจากวงจรและวัดด้วยโอมมิเตอร์จะได้เป็นค่าด้านอินพุทอิมพีแดนซ์ของวงจร

3.11.4 ค่าเอาต์พุทอิมพีแดนซ์ ค่าแอมป์แฟกเตอร์ของเพาเวอร์แอมป์

ค่าเอาต์พุทอิมพีแดนซ์ของวงจรเพาเวอร์แอมป์ คือค่าความต้านทานทางไฟเอซีเมื่อมองเข้าไปทางด้านเอาต์พุท วัดหาได้ด้วยการวัดหาระดับสัญญาณการแบ่งแรงดันด้วยวิธีวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider) โดยป้อนสัญญาณอินพุททดสอบไซน์เวฟ วัดแรงดันเอาต์พุทด้วยเอซีโวลท์มิเตอร์ความละเอียดสูง วัดแรงดันขณะไม่ต่อโหลด (No load) และวัดแรงดันอีกครั้งในขณะที่มีโหลด (Take load) นำไปคำนวณหาค่าเอาต์พุทอิมพีแดนซ์

ค่าแอมป์แฟกเตอร์คือ ค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถที่จะควบคุมการสั่นของรวลำโพง หาได้จากค่าความต้านทานโหลดหารด้วยค่าความต้านทานเอาต์พุทอิมพีแดนซ์ของวงจรเพาเวอร์แอมป์ โดยค่าเอาต์พุทอิมพีแดนซ์ต่ำ ค่าแอมป์แฟกเตอร์สูง วงจรเพาเวอร์แอมป์มีคุณภาพดี

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 4
	เรื่อง วงจรโทนคอนโทรล และวงจร ปรีแอมพลิฟายเออร์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

สาระสำคัญประจำหน่วย

หน่วยการเรียนรู้ วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปรีแอมพลิฟายเออร์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำความเข้าใจ สร้างและทดสอบ วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปรีแอมพลิฟายเออร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ อินทรีเกรตแอมพลิไฟเออร์ ขนาด 30 วัตต์ รุ่น 2016-L3 (หรือ 30W - Integrated Amp 2016-L3) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากเอาต์พุตของแหล่งสัญญาณอินพุตหรือสัญญาณจากมอเนเตอร์ พร้อมปรีไมโครโฟนขยายสัญญาณจากไมโครโฟน (เป็นมิกเซอร์ในตัว) ให้เอาต์พุตออกไปยังอินพุตของ วงจรเพาเวอร์แอมป์ ขนาด 30 วัตต์ รุ่น V2016-L3 โดยใช้วงจรส่วนปรับโทนเสียงแบบแอกทีฟแบบซัลต์ดัล โทนคอนโทรล (Active Baxandall tone control)

การวัดผลทดสอบการทำงานแบ่งออกเป็นไฟติซี และการทดสอบด้วยสัญญาณเพื่อศึกษาผลตอบสนองเชิงความถี่ทดสอบด้วยสัญญาณไซน์ และการศึกษาผลตอบสนองเชิงเวลาทดสอบด้วยสัญญาณสแควร์เวฟ ส่วนภาคปรีไมโครโฟนมีอัตราการขยายสูงมากทดสอบเฉพาะไฟติซีและทดลองการทำงานโดยใช้งานจริงกับไมโครโฟน


จุดประสงค์การสอน

จุดประสงค์ทั่วไป

1. สามารถสร้าง PCB วงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟนได้ถูกต้อง (ด้านทักษะพิสัย)
2. สามารถประกอบวงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟน (ด้านทักษะพิสัย)
3. สามารถวัดและทดสอบวงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟน (ด้านทักษะพิสัย)
4. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีในการจัดเตรียม ใช้งาน รักษาความสะอาด และจัดเก็บ เครื่องขยายเสียงและอุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง การใช้งานห้องปฏิบัติการ (ด้านจิตพิสัย)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถสร้าง PCB วงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟน (ด้านทักษะพิสัย)
2. สามารถประกอบวงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟน (ด้านทักษะพิสัย)
3. สามารถตรวจสอบเบื้องต้นผลงานประกอบวงจรปรีโทน (ด้านทักษะพิสัย)
4. สามารถวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรโทนคอนโทรล (ด้านทักษะพิสัย)
5. สามารถวัดและทดสอบเสียงวงจรปรีไมโครโฟน (ด้านทักษะพิสัย)
6. มีเจตคติที่ดีในการจัดเตรียม ใช้งาน รักษาความสะอาด และจัดเก็บอุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง อย่างถูกต้อง เหมาะสม รอบครอบและปลอดภัย (ด้านจิตพิสัย)

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 4
	เรื่อง วงจรโทนคอนโทรล และวงจร ปรีแอมพลิฟายเออร์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง


สมรรถนะประจำหน่วย

- อธิบายการสร้าง PCB วงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟนได้ถูกต้อง
- สร้าง PCB วงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟน (จำนวน 1 ชุด) ได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
- อธิบายการประกอบวงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟนได้ถูกต้อง
- ประกอบวงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟนได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
- อธิบายวิธีตรวจสอบเบื้องต้นผลงานการประกอบวงจรปรีโทนได้ถูกต้อง
- ตรวจสอบเบื้องต้นผลงานประกอบวงจรปรีโทนได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
- อธิบายการวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรโทนคอนโทรลได้ถูกต้อง
- วัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรโทนคอนโทรลได้
- อธิบายการวัดและทดสอบเสียงวงจรปรีไมโครโฟนได้ถูกต้อง
- วัดและทดสอบเสียงวงจรปรีไมโครโฟนได้

หัวข้อเรื่องและงาน

ทฤษฎี

หัวข้อเรื่อง หน่วยที่ 4	สอนครั้งที่
1. ผลตอบสนองเชิงความถี่ของหูมนุษย์	10
2. อะคูสติกของห้องฟังเพลงและห้องชมภาพยนตร์	10
3. วงจรโทนคอนโทรลแบบต่าง ๆ	11
4. วงจรลวด์เนส	11
5. วงจรปรีแอมพลิฟายเออร์ชนิดต่าง ๆ	12
6. การประกอบวงจรโทนคอนโทรลและปรีไมโครโฟน	13
7. การวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรโทนคอนโทรล	13
8. การวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรปรีไมโครโฟน	13


	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 4
	เรื่อง วงจรโหนดคอนโทรล และวงจร ปรีแอมพลิฟายเออร์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

ปฏิบัติ

ใบงาน หน่วยที่ 4	สอนครั้งที่
1. สร้าง PCB วงจรโหนดคอนโทรลและวงจรปรีแอมพลิฟายเออร์	10
2. ประกอบวงจรโหนดคอนโทรลและวงจรปรีแอมพลิฟายเออร์	11
3. วัดและทดสอบวงจรโหนดคอนโทรล	12
4. วัดและทดสอบเสียงวงจรปรีแอมพลิฟายเออร์	13

จิตพิสัย

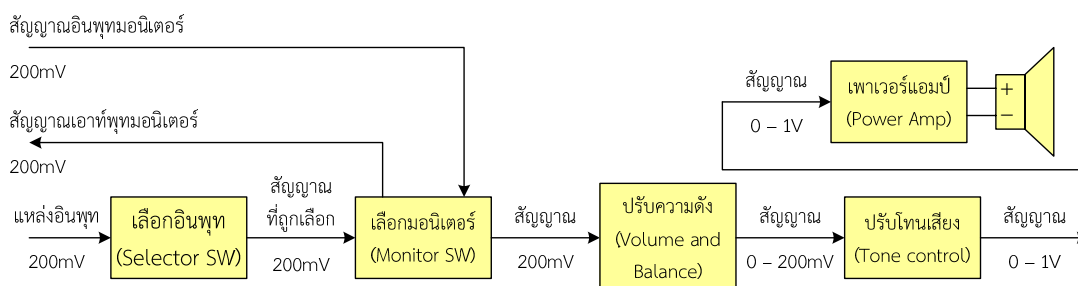
คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม คุณลักษณะอันพึงประสงค์ และหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 4
	เรื่อง วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปริแอมพลิฟายเออร์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

บทนำ

วงจรโทนคอนโทรล เป็นส่วนหนึ่งของวงจรเครื่องขยายเสียงแบบอินทิเกรตแอมพลิไฟเออร์ (Integrated Amplifier) มีหน้าที่ปรับความถี่เพื่อชดเชยส่วนประกอบ สภาพห้องฟัง และรสนิยมการฟัง โดยมีรายละเอียดการทำงานดังนี้ เลือกแหล่งสัญญาณอินพุต ควบคุมมอนิเตอร์ สมดุลซ้าย – ขวา ควบคุมระดับความดังเสียง ปรับวงจรลวดเนส ปรับโทนเสียง

จากบล็อกไดอะแกรมเครื่องขยายเสียงมีโทนคอนโทรลเป็นส่วนประกอบ รูปที่ 4.1 ภาคแรกเลือกอินพุต (Selector switch) ทำหน้าที่เลือกแหล่งสัญญาณเสียงที่ต้องใช้งาน ส่งผ่านมายังภาคเลือกมอนิเตอร์ (Monitor switch) ทำหน้าที่เลือกรับสัญญาณจากสัญญาณที่ถูกเลือกจากซีเล็กเตอร์สวิทช์ เมื่อ “Monitor SW = OFF” และเลือกรับสัญญาณจากสัญญาณจากขั้วสัญญาณอินพุตมอนิเตอร์ (PLAY: IN ของ Monitor) เมื่อ “Monitor SW = ON” โดยมีสัญญาณออกจากขั้วสัญญาณเอาต์พุตมอนิเตอร์ (REC: OUT) เป็นสัญญาณที่ถูกเลือกจากซีเล็กเตอร์สวิทช์ออกมาตลอดเวลา สัญญาณจากมอนิเตอร์สวิทช์จะถูกส่งไปปรับบาลานซ์ซ้าย-ขวา ปรับความดัง และถูกส่งไปปรับโทนเสียงที่ภาคปรับโทนเสียง ได้เป็นสัญญาณไลน์สำหรับป้อนเป็นอินพุตของเพาเวอร์แอมป์ขยายกำลังให้เพียงพอสำหรับขับลำโพง




รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องขยายเสียงมีโทนคอนโทรลเป็นส่วนประกอบ

4.1 ผลตอบสนองเชิงความถี่ของหูมนุษย์

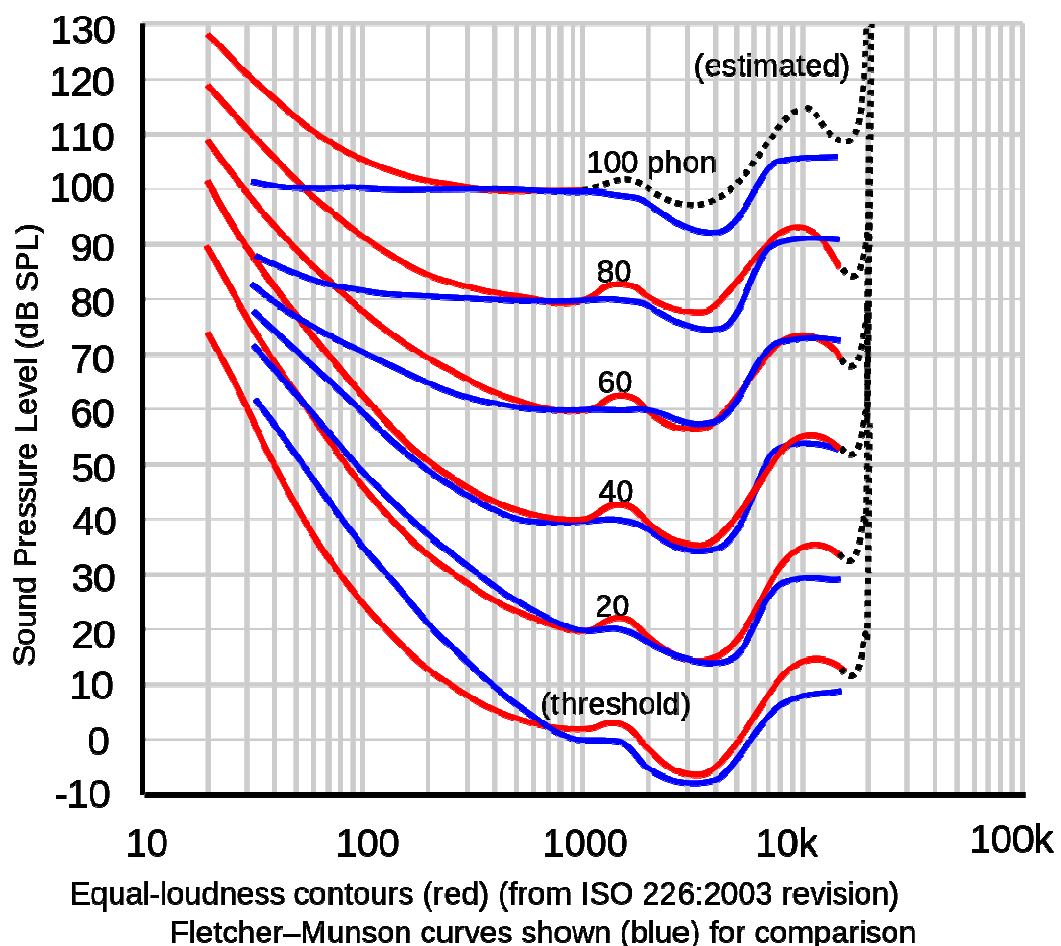
ความดันเสียงและระดับความดันเสียง (Sound pressure and sound pressure level) ความดันเสียงต่ำสุดที่หูคนหนุ่มสาวปกติสามารถได้ยิน คือ 0.00002 N/m^2 หรือ 0.00002 Pascal (Pa) ที่ความถี่ 1,000 Hz ใช้เป็นค่าอ้างอิง 0dB สำหรับการวัดระดับความดันเสียงในหน่วยเดซิเบล

ความเข้มเสียง (Sound intensity) คือ พลังงานเสียงเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ผ่านพื้นที่หนึ่งหน่วยตามทิศทางการกระจายตัวของเสียง มีหน่วยเป็นวัตต์/ตารางเมตร (W/m^2) ความเข้มเสียง

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 4
	เรื่อง วงจรโทคอนโทรล และวงจรปรีแอมพลิฟายเออร์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง


ต่ำสุดที่หูคนหนุ่มสาวปกติสามารถได้ยิน คือ 10^{-12} W/m² ที่ความถี่ 1,000 Hz ใช้เป็นค่าอ้างอิง 0dB สำหรับการวัดระดับความเข้มเสียงในหน่วยเดซิเบล

ผลตอบสนองของหูในแต่ละระดับความดังแต่ละความถี่มีความไวไม่เท่ากัน โดยที่ระดับความดันเสียงน้อย หูคนจะมีความไวต่อเสียงความถี่ต่ำ/เสียงเบส ได้ไม่ดีต้องเพิ่มระดับความดันเสียงให้มากกว่าที่ความถี่กลางอย่างมาก ส่วนที่ความถี่สูงเพิ่มอีกเล็กน้อย ก็จะทำให้ความรู้สึกว่าเสียงแต่ละความถี่มีความดังใกล้เคียงกัน ส่วนที่ระดับความดังระดับความดันเสียงมากขึ้น ผลของความไวที่จะรับรู้ความรู้สึกความดังของเสียงแต่ละความถี่จะใกล้เคียงกันมากขึ้น นั่นคือหูของคนจะรับรู้ความดังแต่ละความถี่ แต่ระดับความดังของเสียงไม่เป็นเชิงเส้น ดังที่ Fletcher–Munson ได้ทดสอบและได้มีการพัฒนาผลตอบสนองของ เป็นดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 Fletcher–Munson curves

ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Fletcher-Munson_curves

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 4
	เรื่อง วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปริแอมพลิฟายเออร์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

4.2 อะคูสติกของห้องฟังเพลงและห้องชมภาพยนตร์

อะคูสติกของห้องฟังเพลงและห้องชมภาพยนตร์ ควรให้มีการสะท้อนเสียงด้วยอัตราการผลิตทอนให้ระดับเสียงลดลงไป 60dB ภายในระยะเวลา 0.3 – 0.6 วินาที ซึ่งจะเรียกว่าค่า RT60 ประมาณ 0.3 – 0.6 วินาที โดยที่ตามมาตรฐาน ISO 3332 แนะนำค่า RT60 ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แนะนำค่า RT60 ตามมาตรฐาน ISO 3332

Location	Volume	Critical Distance D_c	Recommended RT60
Recording Studio	$< 50 \text{ m}^3$	1.5 m	0.3 s
Classroom	$< 200 \text{ m}^3$	2 m	0.4 - 0.6 s
Office	$< 1'000 \text{ m}^3$	3.5 m	0.5 - 1.1 s
Lecture Hall	$< 5'000 \text{ m}^3$	6 m	1.0 - 1.5 s
Concert Hall, Opera	$< 20'000 \text{ m}^3$	11 m	1.4 - 2.0 s
Church (โบสถ์)			2 - 10 s


ที่มา: Reverberation Time RT60 - NTi Audio

<https://www.nti-audio.com/en/applications/room-building-acoustics/reverberation-time-rt60>

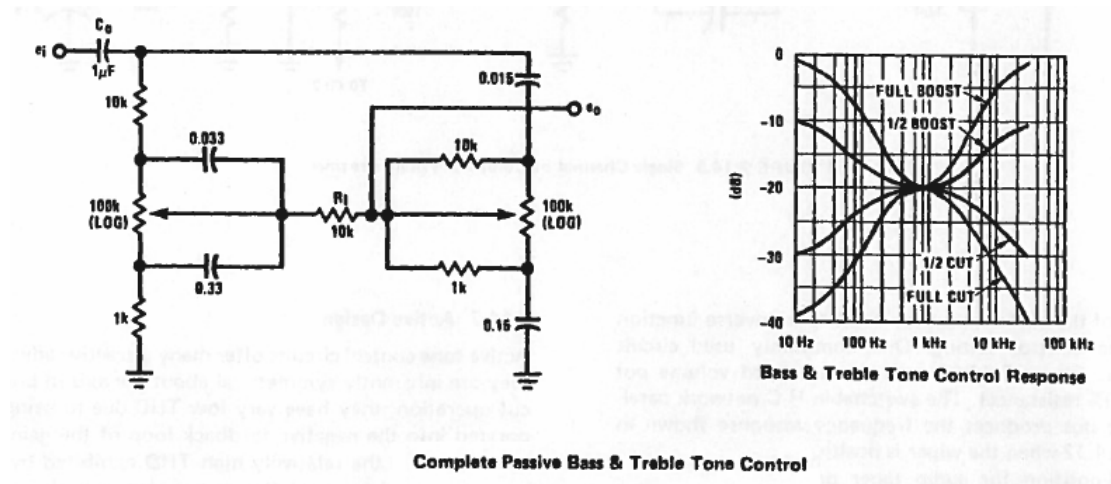
เพื่อให้ได้การรับฟังเสียงในแบบสเตอริโอที่ถูกต้อง ห้องฟังเสียงต้องมีลักษณะสมมาตร ซ้าย-ขวาด้วย และควรมีสัดส่วน กว้าง ยาว สูง ของห้อง ที่ไม่ก่อให้เกิดสแตนด์เวฟขึ้นพร้อมกัน 2 ด้านและ/หรือ 3 ด้าน ตลอดช่วงความถี่ด้วย ซึ่งหาได้จากความยาวคลื่นเสียง

4.3 วงจรโทนคอนโทรลแบบต่าง ๆ

วงจรโทนคอนโทรลแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบพาสซีฟโทนคอนโทรล (Passive tone control) และแบบแอ็คทีฟโทนคอนโทรล (Active tone control) แบบพาสซีฟโทนคอนโทรลสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟ เนื่องจากไม่ได้ใช้อุปกรณ์แอ็คทีฟในการทำงานปรับผลตอบสนองความถี่ แต่ในความเป็นจริงก็ยังต้องใช้ใช้อุปกรณ์แอ็คทีฟในการขยายสัญญาณและบัฟเฟอร์สัญญาณที่ทางด้านเอาต์พุตเพื่อลดผลของโหลดดิ่งเอฟเฟค (Loading effect) ส่วนแบบแอ็คทีฟโทนคอนโทรลต้องใช้อุปกรณ์แอ็คทีฟเป็นส่วนสำคัญในการทำงานร่วมกับเนทเวิร์คเพื่อปรับผลตอบสนองตามที่ต้องการ โดยที่เนทเวิร์คจะทำหน้าที่เป็นวงจรป้อนกลับแบบลบ (Negative feedback) พร้อมให้ออสไซปในตัว วงจรโทนคอนโทรลแบบแอ็คทีฟ “แบ็คซันดอล (Baxandall)” ใช้

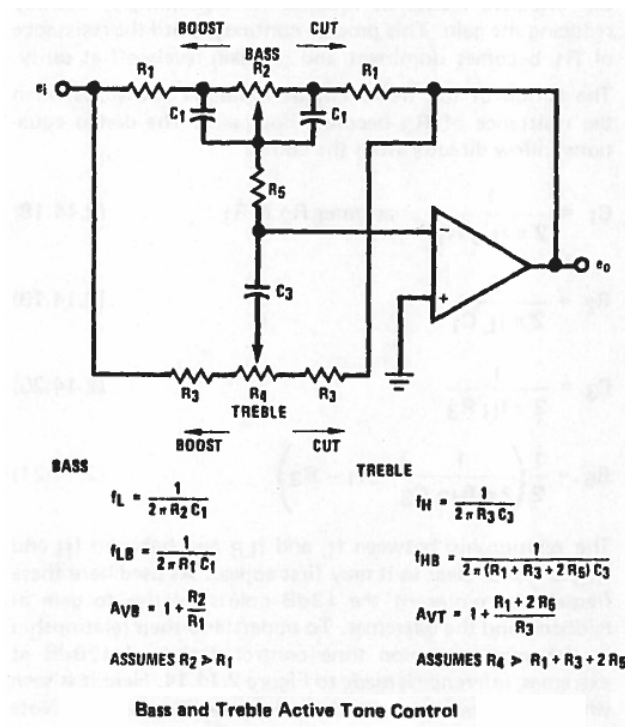
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 4
	เรื่อง วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปริแอมพลิฟายเออร์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

โพเทนทิโอมิเตอร์ Taper แบบ B (POT) มาตรฐานอเมริกา หรือแบบ LIN สำหรับปรับ BASS และ TREEBLE ส่วนวงจรแบบพาสซีฟโทนคอนโทรล ใช้โพเทนทิโอมิเตอร์ Taper แบบ A (POT) มาตรฐานอเมริกา หรือแบบ LOG สำหรับปรับ BASS และ TREEBLE




รูปที่ 4.3 วงจรพาสซีฟโทนคอนโทรล (Passive tone control)

ที่มา: 1980 NSC Audio Handbook - Part 1 (หน้าที่ 2-49)



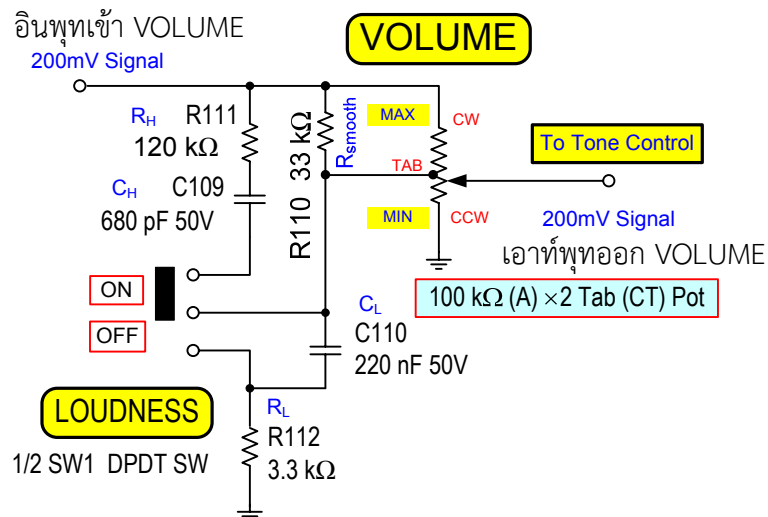
รูปที่ 4.4 วงจรแอ็คทีฟโทนคอนโทรล (Active tone control)

ที่มา: 1980 NSC Audio Handbook - Part 1 (หน้าที่ 2-51)

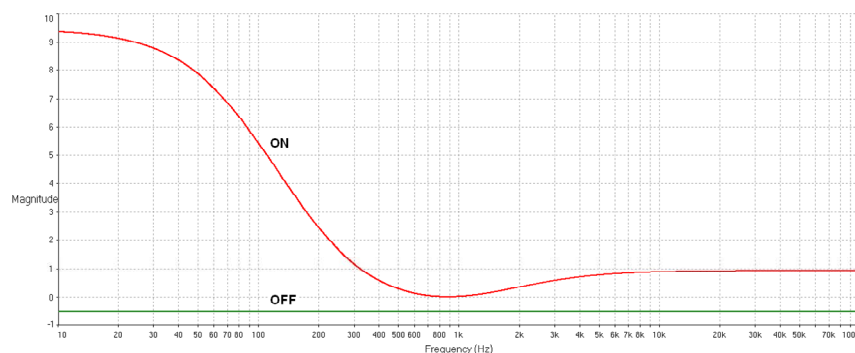
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 4
	เรื่อง วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปริแอมพลิฟายเออร์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

4.4 วงจรลวด์เนส


วงจรลวด์เนสทำหน้าที่ ปรับชดเชยผลตอบสนองเชิงความถี่ที่เน้นเพิ่มเสียงความถี่ต่ำ/เสียงเบส อย่างมากและเพิ่มเสียงความถี่สูงเล็กน้อย/เสียงแหลม เมื่อเปิดฟังเสียงเบา ๆ หมุน Volume น้อย และจะชดเชยน้อยลงเมื่อเปิดเสียงแรงขึ้น หมุน Volume มากขึ้น ซึ่งลวด์เนสนี้ถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาการได้ยินเสียงของหูของคนที่จะรับรู้ความดังแต่ละความ แต่ระดับความดังของเสียงไม่เป็นเชิงเส้น ดังที่ Fletcher–Munson ได้ทดสอบไว้ และวงจรลวด์เนสจะทำงานเมื่อ “ON” และจะไม่ทำงานเมื่อ “OFF” และ Volume ให้ใช้โพเทนทิโอมิเตอร์ Taper แบบ A (POT) มาตรฐานอเมริกา หรือแบบ LOG



รูปที่ 4.5 วงจรลวด์เนส (Loudness)



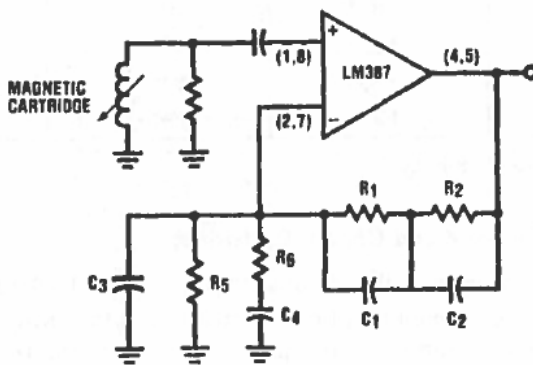
รูปที่ 4.6 ผลตอบสนองเชิงความถี่ของวงจรลวด์เนส (Loudness frequency response)

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 4
	เรื่อง วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปริแอมพลิฟายเออร์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

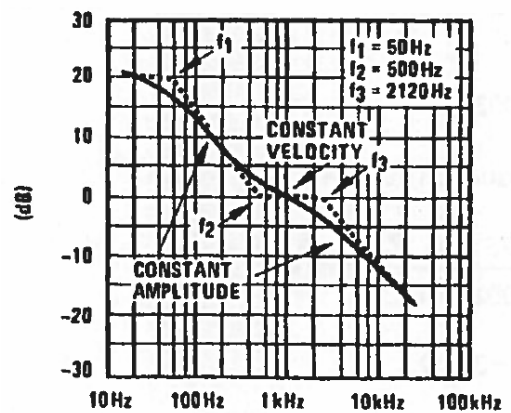
4.5 วงจรปริแอมพลิฟายเออร์ชนิดต่าง ๆ

วงจรปริแอมพลิฟายเออร์โดยปกติมีหน้าที่ ขยายสัญญาณเสียงจากจากอุปกรณ์กำเนิดเสียงจากที่มีระดับต่ำให้สูงขึ้น และต้องมีต้องมีผลตอบสนองเชิงความถี่เป็นไปตามมาตรฐาน ฉะนั้นจะให้ผลตอบสนองเชิงความถี่จากการเล่นกลับไม่ถูกต้อง โดยที่วงจรปริแอมพลิฟายเออร์เล่นแผ่นเสียงตามมาตรฐาน RIAA และวงจรปริแอมพลิฟายเออร์ตามมาตรฐาน N.A.B

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{A(s + 2\pi \cdot 500)}{(s + 2\pi \cdot 50)(s + 2\pi \cdot 2120)}$$



RIAA Phono Preamp

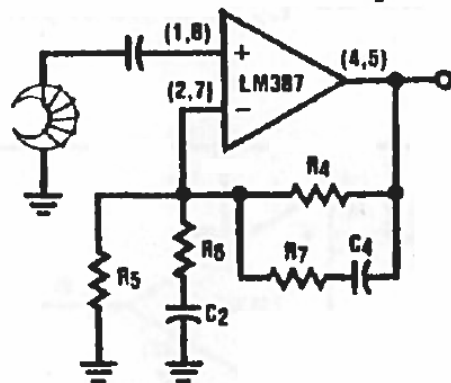


RIAA Playback Equalization

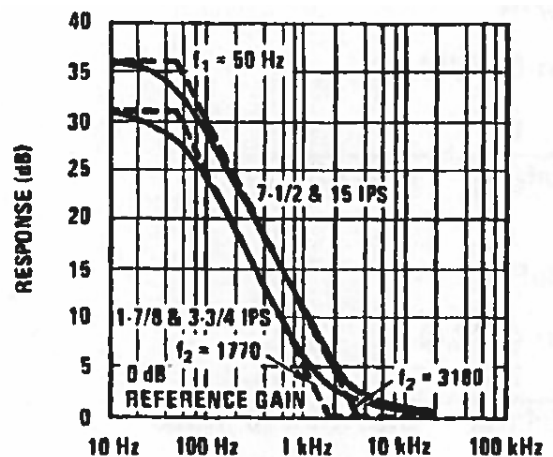
รูปที่ 4.7 วงจรปริแอมพลิฟายเออร์เครื่องเล่นแผ่นเสียง ต้องมีผลตอบสนองเชิงความถี่ตามมาตรฐาน RIAA

ที่มา: 1980 NSC Audio Handbook - Part 1 (หน้าที่ 2-25 และ 2-26)

$$\text{0dB reference gain} = \frac{R_7 + R_6}{R_6}$$




N.A.B. Tape Preamp



N.A.B. Playback Equalization Including Integration

รูปที่ 4.8 วงจรปริแอมพลิฟายเออร์เทป ต้องมีผลตอบสนองเชิงความถี่ตามมาตรฐาน N.A.B

ที่มา: 1980 NSC Audio Handbook - Part 1 (หน้าที่ 2-31 และ 2-33)

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 4
	เรื่อง วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปริแอมพลิฟายเออร์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

นอกจากนี้วงจรปริแอมพลิฟายเออร์ยังมีวงจรเพิ่มเติมอื่นอีก เช่น วงจรปริเล่นแผ่นเสียง (Phono preamp) มีหน้าที่ขยายสัญญาณจากคอยล์ของหัวเข็มเครื่องเล่นแผ่นเสียง (Cartridges) ให้ได้ผลตอบสนองตามมาตรฐาน RIAA เป็นหน้าที่หลัก และยังมีหน้าที่รอง คือมีวงจรกรองความถี่สูงผ่าน (กรอง Rumble) หรือวงจรตัดความถี่ต่ำเพื่อใช้ป้องกันเสียงอัมครางไม่ให้ออกทางลำโพง

4.6 การประกอบวงจรโทนคอนโทรลและปริไมโครโฟน


ประกอบอุปกรณ์ลง PCB ตามแบบวงจรโทนคอนโทรลและวงจรปริไมโครโฟน (ปริโทน) ให้บัดกรีเฉพาะซ็อกเก็ตไอซี ห้ามใส่ไอซีลง PCB เด็ดขาด จ่ายไฟเข้าแผง PCB วัสดุพลาซที่ขาไอซีทุกตัวของ วงจรปริโทนซ็อกเก็ตไอซีขณะยังไม่ใส่ไอซีเทียบกับ GND ต้องวัดแรงดันได้เท่ากับซัพพลาย หากยังไม่ถูกต้องให้แก้ไขให้เรียบร้อยก่อน หากปกติดี ปิดไฟ ใส่ไอซีทุกตัว ลงในซ็อกเก็ตไอซี วัสดุพลาซที่ขาไอซีทุกตัวของ วงจรปริโทนซ็อกเก็ตไอซีหรือขาไอซีเทียบกับ GND อีกครั้ง ต้องวัดแรงดันได้เท่ากับซัพพลาย หากยังไม่ถูกต้องให้แก้ไขให้เรียบร้อยก่อน หากปกติดีให้วัดแรงดันที่ขาเอาต์พุตของ ไอซีทุกตัวเทียบกับ GND ต้องได้ประมาณ 0 โวลต์ จึงเป็นปกติ

4.7 การวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรโทนคอนโทรล

กรณีเครื่องต้นแบบต้องวัดไฟตรงก่อนเสมอ การทดสอบผลตอบสนองเชิงความถี่ของ วงจรโทนคอนโทรล เพื่อศึกษาการทำงานของ LOUDNESS, BASS และ TREBLE ที่เงื่อนไขต่าง ๆ ให้ทดสอบด้วยอินพุตสัญญาณไซน์ 100mVpk ความถี่ 50Hz, 1kHz และ 20kHz และศึกษาผลตอบสนองเชิงเวลาให้ทดสอบด้วยอินพุตสัญญาณสแควร์เวฟ 100mVpk ความถี่ 400Hz

4.8 การวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรปริไมโครโฟน

กรณีเครื่องต้นแบบต้องวัดไฟตรงก่อนเสมอ การทดสอบผลตอบสนองเชิงความถี่ของ วงจรปริไมโครโฟนนั้นต้องทำด้วยความละเอียด ทั้งนี้เนื่องจากวงจรมีอัตราขยายแรงดันสูงมาก ประมาณ 100 – 400 V/V ทำให้รับสัญญาณรบกวนเข้ามาได้ง่าย และทำให้ผลการทดสอบผิดพลาดได้ ในทางปฏิบัติเบื้องต้นให้ทดสอบโดยการใช้งานจริงก็เพียงพอแล้ว

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 5
	เรื่อง การประกอบลงแท่นเครื่องเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

สาระสำคัญประจำหน่วย

การประกอบลงแท่นเครื่องเสียง เริ่มจากการสร้างแท่นเครื่องเสียง การประกอบอุปกรณ์ลงแท่นเครื่องเสียง เดินสายภายในแท่นเครื่องเสียง และตรวจสอบผลงานขั้นสุดท้ายด้วยการวัดและทดสอบเสียง เป็นการประเมินค่าโดยสรุปและประเมินผลงาน/ผลผลิตที่ได้ แบ่งออกเป็นใบงานย่อยได้ดังนี้


จุดประสงค์การสอน

จุดประสงค์ทั่วไป

1. สามารถสร้างแท่นเครื่องเสียงได้ถูกต้อง (ด้านทักษะพิสัย)
2. สามารถติดตั้งส่วนประกอบลงภายในแท่นเครื่องเสียง (ด้านทักษะพิสัย)
3. สามารถติดตั้งส่วนประกอบสำหรับหน้าปัดด้านหน้าและด้านหลังแท่นเครื่องเสียง (ด้านทักษะพิสัย)
4. สามารถเดินสายภายในแท่นเครื่องเสียง (ด้านทักษะพิสัย)
5. สามารถวัดและทดสอบเครื่องเสียง (ด้านทักษะพิสัย)
6. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีในการจัดเตรียม ใช้งาน รักษาความสะอาด และจัดเก็บ เครื่องขยายเสียงและอุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง ใช้งานห้องปฏิบัติการ (ด้านจิตพิสัย)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถสร้างแท่นเครื่องเสียง (ด้านทักษะพิสัย)
2. สามารถติดตั้งส่วนประกอบลงภายในแท่นเครื่องเสียง พร้อมทั้งติดตั้งส่วนประกอบสำหรับหน้าปัดด้านหน้าและด้านหลังแท่นเครื่องเสียง (ด้านทักษะพิสัย)
3. สามารถเดินสายภายในแท่นเครื่องเสียง (ด้านทักษะพิสัย)
4. สามารถวัดและทดสอบเสียงอินทรีเกรตแอมป์ไฟเออร์ (ด้านทักษะพิสัย)
5. มีเจตคติที่ดีในการจัดเตรียม ใช้งาน รักษาความสะอาด และจัดเก็บ เครื่องขยายเสียงและอุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง อย่างถูกต้อง เหมาะสม รอบครอบและปลอดภัย (ด้านจิตพิสัย)
6. แต่งกายในการปฏิบัติงานและใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง ปลอดภัย รักษาบรรยากาศที่ดีในการปฏิบัติงาน และรักษาความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงาน ถูกต้องตามกฎระเบียบการใช้ห้องปฏิบัติการได้ (ด้านจิตพิสัย)

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 5
	เรื่อง การประกอบลงแทนเครื่องเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง


สมรรถนะประจำหน่วย

1. อธิบายการสร้างแทนเครื่องเสียงได้ถูกต้อง
2. สร้างแทนเครื่องเสียงได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
3. อธิบายติดตั้งส่วนประกอบลงในแทนเครื่องเสียง พร้อมทั้งติดตั้งส่วนประกอบสำหรับหน้าปัดด้านหน้าและด้านหลังแทนเครื่องเสียงได้ถูกต้อง
4. ติดตั้งส่วนประกอบลงในแทนเครื่องเสียง พร้อมทั้งติดตั้งส่วนประกอบสำหรับหน้าปัดด้านหน้าและด้านหลังแทนเครื่องเสียงได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
5. อธิบายการเดินสายภายในแทนเครื่องเสียงได้ถูกต้อง
6. สร้างแทนเครื่องเสียงได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
7. อธิบายการวัดและทดสอบเสียงอินทริเกรตแอมป์ไฟเออร์ได้ถูกต้อง
8. วัดและทดสอบเสียงอินทริเกรตแอมป์ไฟเออร์ได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้

หัวข้อเรื่องและงาน

ทฤษฎี

หัวข้อเรื่อง หน่วยที่ 5	สอนครั้งที่
1. การสร้างแทนเครื่องเสียง หน้าปัดด้านหน้าและด้านหลังแทนเครื่องเสียง	14
2. การติดตั้งส่วนประกอบลงในแทนเครื่องเสียง	14
3. การติดตั้งส่วนประกอบสำหรับหน้าปัดด้านหน้าและด้านหลังแทนเครื่องเสียง	15
4. การเดินสายภายในแทนเครื่องเสียง	16
5. การตรวจสอบเครื่องสำเร็จขั้นตอนสุดท้าย	16


	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 5
	เรื่อง การประกอบลงแทนเครื่องเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

ปฏิบัติ

ใบงาน หน่วยที่ 5	สอนครั้งที่
1. สร้างแทนเครื่องเสียง	14
2. ติดตั้งส่วนประกอบลงในแทนเครื่องเสียง พร้อมทั้งติดตั้งส่วนประกอบสำหรับหน้าปัดด้านหน้าและด้านหลังแทนเครื่องเสียง	15
3. เดินสายภายในแทนเครื่องเสียง วัดและทดสอบเสียง	16

จิตพิสัย

คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม คุณลักษณะอันพึงประสงค์ และหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 5
	เรื่อง การประกอบลงแทนเครื่องเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

บทนำ

การประกอบลงแทนเครื่องเสียง เป็นขั้นตอนนำเอาแผงวงจร PCB ที่ประกอบและทดสอบการทำงานผ่านมาเรียบร้อยแล้ว มาประกอบยึดลงแทนทั้งอุปกรณ์ประกอบหน้าปิดหน้าแทนและหน้าปิดหลังแทน ต่อสายไฟสำหรับงานกำลัง ต่อสายสัญญาณ ทดสอบการทำงานอีกครั้ง ทั้งเชิงดีซีและการทำงานขยายสัญญาณเสียง การฟังเสียง ซึ่งอาจรวมไปถึงงานออกแบบแทน งานออกแบบหน้าปิดหน้าแทนและหน้าปิดหลังแทน




รูปที่ 5.1 หน้าปิดด้านหน้า ของอินทิเกรตแอมพลิไฟเออร์ ที่ใช้ในการแข่งขันทักษะอาชีพ ปี 2559



รูปที่ 5.2 หน้าปิดด้านหลัง ของอินทิเกรตแอมพลิไฟเออร์ ที่ใช้ในการแข่งขันทักษะอาชีพ ปี 2559

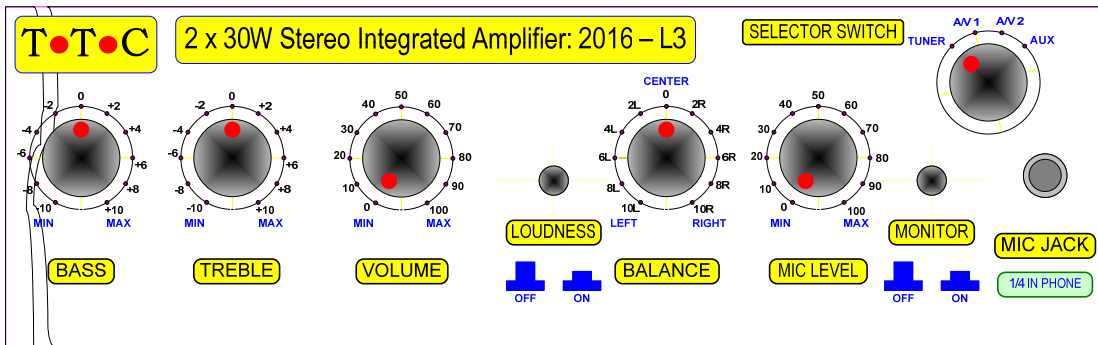


รูปที่ 5.3 การติดตั้งอุปกรณ์หน้าปิดด้านหน้า ของอินทิเกรตแอมพลิไฟเออร์ ที่ใช้ในการแข่งขันทักษะ

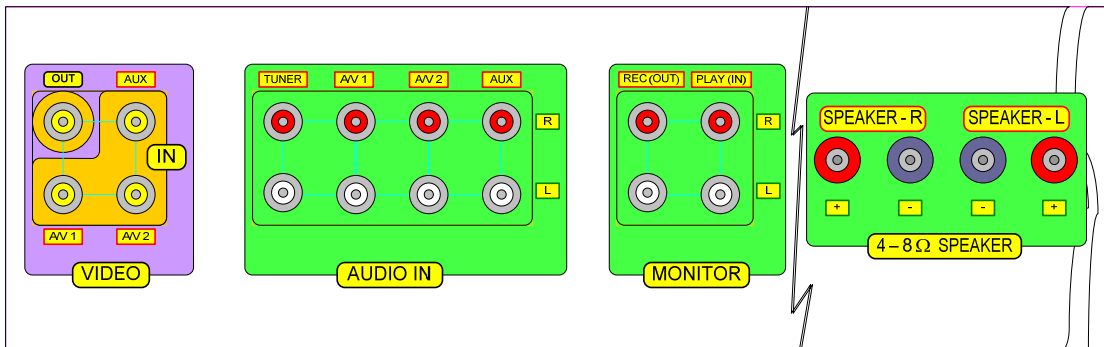
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 5
	เรื่อง การประกอบลงแผ่นเครื่องเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

5.1 การสร้างแผ่นเครื่องเสียง หน้าปัดด้านหน้าและด้านหลังแผ่นเครื่องเสียง

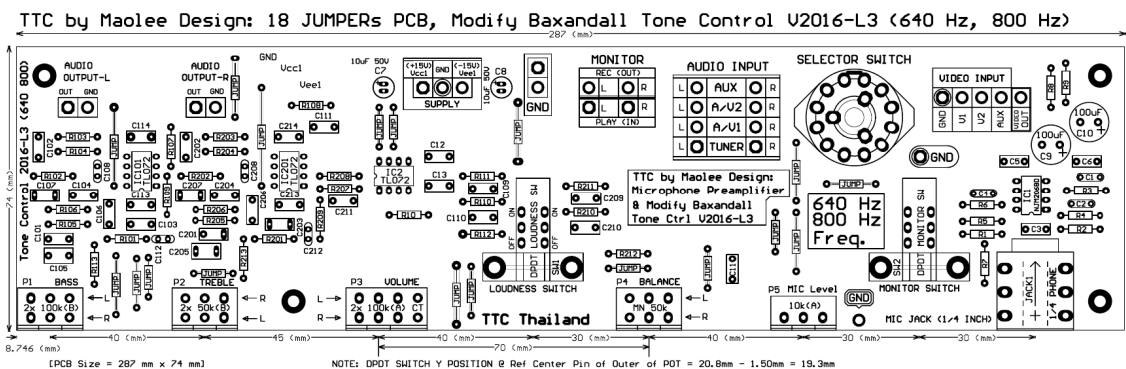
งานออกแบบหน้าปัดหน้าแผ่นและหน้าปัดหลังแผ่น จะต้องออกแบบให้สอดคล้องกันกับงานออกแบบแผ่นวงจร PCB ของวงจรปริ๊ทอน เกี่ยวกับปุ่มควบคุมต่าง ๆ และระยะการเจาะยึด ดังรูป




รูปที่ 5.4 หน้าปัดด้านหน้า ของอินทริเกรตแอมป์ไฟเออร์ ขนาด 30 วัตต์ รุ่น 2016-L3



รูปที่ 5.5 หน้าปัดด้านหลัง ของอินทริเกรตแอมป์ไฟเออร์ ขนาด 30 วัตต์ รุ่น 2016-L3

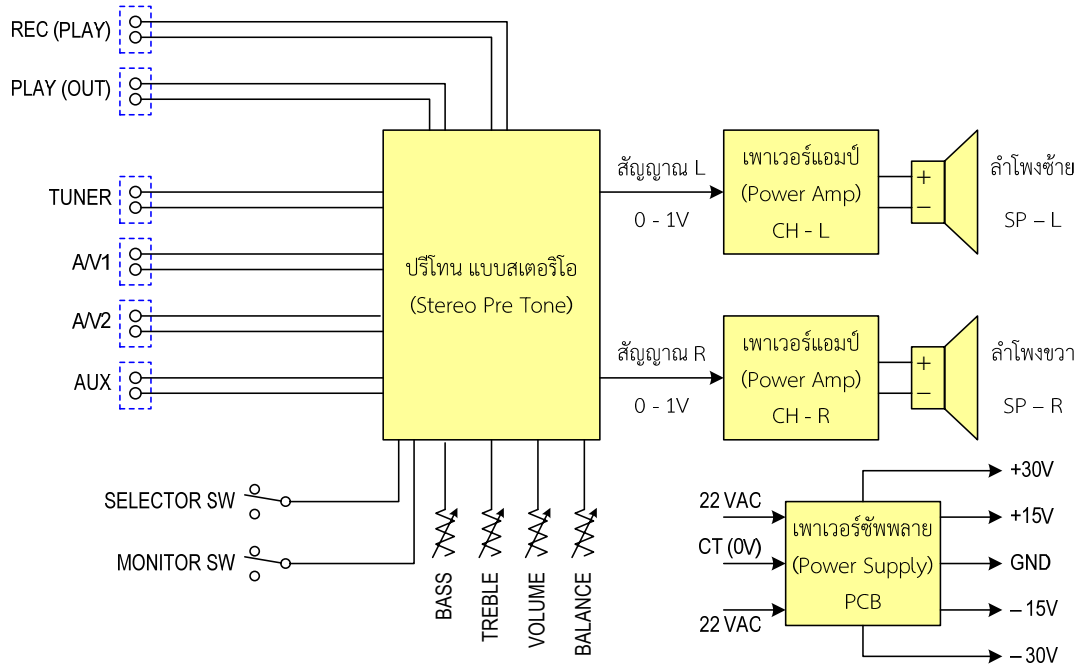


รูปที่ 5.6 แสดงการระบุขนาดตำแหน่งยึดอุปกรณ์หน้าปัดหน้าแผ่น จากวงจรปริ๊ทอน รุ่น 2016-L3

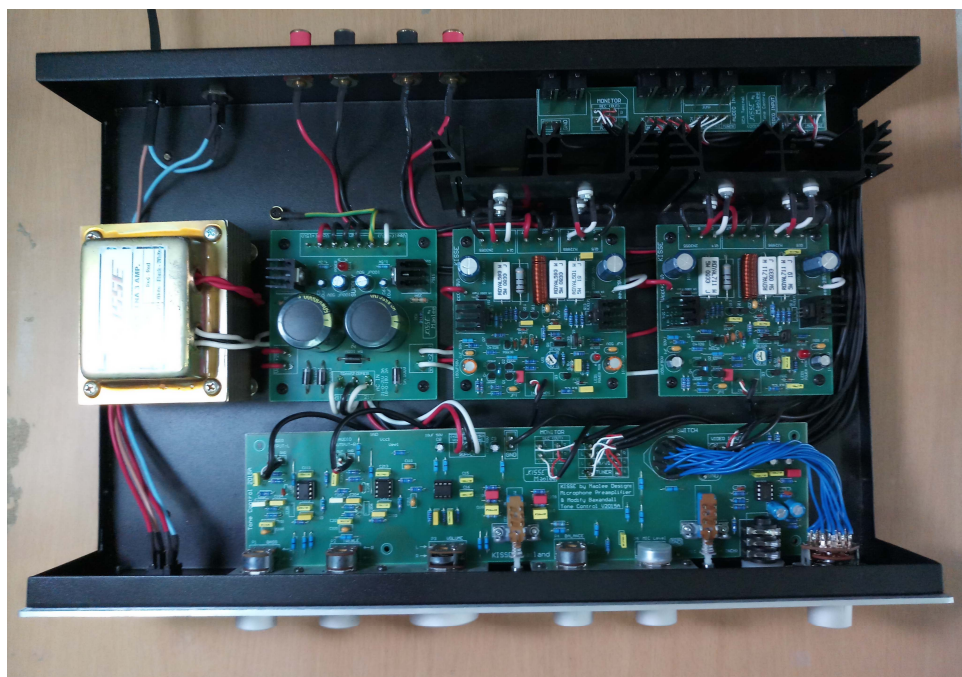
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 5
	เรื่อง การประกอบลงแผ่นเครื่องเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

5.2 การติดตั้งส่วนประกอบลงภายในแผ่นเครื่องเสียง


การออกแบบการติดตั้งบอร์ด PCB ลงภายในแผ่น ให้ดูทิศทางขั้วสายไฟต่าง ๆ ให้เหมาะสม คือสั้นที่สุด และไม่เดินสายที่มีสัญญาณกำลังสูง ๆ กระแสสูง ๆ เข้าใกล้สายสัญญาณเกินไป



รูปที่ 5.7 สายกำลังไฟฟ้า สายลำโพง และสายสัญญาณ อินทิเกรตแอมพลิไฟเออร์ รุ่น 2016-L3



รูปที่ 5.8 การติดตั้งอุปกรณ์ลงแผ่น ของอินทิเกรตแอมพลิไฟเออร์ ที่ใช้ในการแข่งขันทักษะ

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 5
	เรื่อง การประกอบลงแผ่นเครื่องเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

ฝาปิดและผนังแทนของสเตอริโออินทรีเกรตแอมป์ไฟเออร์ กรณีใช้โลหะจะมีรูเจาะรอบ ๆ หม้อแปลงและฮีตซิงค์ใหญ่ให้อากาศไหลผ่านภายในชั้นที่สูง รู/ช่องต้องมีคุณสมบัติช่องสล็อตป้องกัน เหยี่ยุขนาดเล็ก รุกลมป้องกันนิ้วมือเด็ก และผนังโลหะห่างแผ่น PCB 6-8 mm

การติดตั้งส่วนประกอบลงภายในแทนเครื่องเสียง ควรติดตั้งให้วงจรปริโตนอยู่ด้านหน้า เพื่อให้เห็นสายควบคุมของวงจรปริโตนได้สั้นที่สุด และให้วงจรเพาเวอร์แอมป์อยู่ด้านหลัง หม้อแปลงอยู่ด้านหลัง

ควรหันทิศทางหม้อแปลง ด้านข้างของแผ่นเหล็กอัดซ้อนของหม้อแปลง ไปทางวงจรปริโตน เพราะด้านนี้ของหม้อแปลงมีสัญญาณรบกวนแพร่กระจายออกไปรบกวนวงจรปริโตนได้ต่ำที่สุด

5.3 การติดตั้งส่วนประกอบสำหรับหน้าปิดด้านหน้าและด้านหลังแทนเครื่องเสียง

การติดตั้งส่วนประกอบสำหรับหน้าปิดด้านหน้า และด้านหลังแทนเครื่องเสียง ให้ติดตั้งตามที่ได้วางแผนออกแบบหน้าปิดแทนเครื่องหน้าปิดด้านหน้า และด้านหลังแทนเครื่องเสียง โดยเริ่มจากยึดแผง PCB ปริโตนก่อน

5.3.1 สาย AC ปลั๊กไฟ AC

นำไฟฟ้า 220VAC เข้ามาในแทนเครื่องเสียงโดยให้ร้อยยางหรือติดวัสดุกันแทนขนาดสายด้วย โดยที่สายปลั๊กไฟ AC ขาแบน 2 ขา สลับขาใช้ได้ แต่ตามมาตรฐาน “Nema-1-15-Mains-Plug” กำหนดให้ใช้ขาปลั๊กที่กว้างกว่าเป็นนิวทรัล (Neutral: N) ขาแคบกว่าเป็นไฟ (Hot/Line: L)

5.3.2 ฐานฟิวส์ และลูกฟิวส์

สเตอริโออินทรีเกรตแอมป์ไฟเออร์คุณภาพดีปกติใช้ ฐานฟิวส์และลูกฟิวส์ ชนิดฟิวส์แบบ หลอด (Cartridge fuses) ขนาด 5x20 [mm] และ 6x32 [mm] และใช้ขนาดทนกระแสให้ถูกต้อง

5.3.3 สวิตช์ AC


ทำหน้าที่ควบคุมการปิด-เปิดไฟ สเตอริโออินทรีเกรตแอมป์ไฟเออร์ ควรให้ สวิตช์ AC อยู่ระหว่างกับหม้อแปลง โดยอยู่ที่ตำแหน่งหลังฟิวส์ และก่อนหม้อแปลง

5.3.4 ขั้วต่อสายลำโพง

ขั้วต่อสายลำโพง สำหรับยึดแทนแทนสเตอริโออินทรีเกรตแอมป์ไฟเออร์ หากใช้แบบไปตั้ง โปสขนานกันกับแจ๊คสปีกคอน SPEAKON 4 ขั้ว แบบแยกแชนแนลซ้าย-ขวา ต้องต่อแจ๊คสปีกคอน โดยให้ แจ๊คสปีกคอนขั้ว 1- ซอร์ทขั้วกับ 2- เป็นขั้วลบ และ 1+ ซอร์ทขั้วกับ 2+ เป็นขั้วบวก

5.3.5 ปลั๊ก แจ็ค สำหรับไมโครโฟน

แจ๊คสำหรับไมโครโฟนสำหรับ แทนสเตอริโออินทรีเกรตแอมป์ไฟเออร์ ควรใช้โฟนแจ๊ค ขนาดมาตรฐาน ให้ใช้โฟนแจ๊ค 1/4 นิ้ว แบบ TS หรือ TRS เนื่องจากมีวงจรซอร์ทขั้วอัตโนมัติ

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 5
	เรื่อง การประกอบลงแทนเครื่องเสียง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

5.3.6 ปลั๊ก แจ็ค RCA

แทนสเตอริโออินทรีเกรตแอมป์ไฟเออร์ ปกติจะใช้แจ็ค RCA เป็นแจ็ควินพุท เนื่องจากใช้งานกับสัญญาณแบบ Unbalance

5.3.7 สายสัญญาณและสายลำโพง

การใช้งานสายสัญญาณและสายลำโพง ในแทนสเตอริโออินทรีเกรตแอมป์ไฟเออร์ ควรใช้สายชีลด์ใช้กับสัญญาณต่ำ สายตีเกลียวเล็กใช้กับสัญญาณปานกลางและใหญ่ใช้กับลำโพง

5.3.8 แมตซิงแบบ Balance และแบบ Unbalance

สามารถใช้แจ๊คแบบ XRL3 ต่อกับสายสัญญาณแบบ “Balance” แยกแขนแนลซ้าย-ขวา สำหรับแทนสเตอริโออินทรีเกรตแอมป์ไฟเออร์ ทำได้โดยให้ต่อ ขา 1 = GND (Shield), ขา 2 = สัญญาณ Hot (+), ขา 3 = สัญญาณ COLD (-)

5.4 การเดินสายภายในแทนเครื่องเสียง

ต้องเดินสายให้ลงแทน ให้แยกสายที่มีระดับสัญญาณระดับต่ำออก ให้ออกห่างจากสายที่มีระดับสัญญาณระดับขนาดใหญ่หรือมีกระแสสูง และใช้สายให้ถูกประเภท

5.4.1 สายจ่ายกำลังไฟฟ้า สายลำโพง สายสัญญาณ สายชีลด์


ควรเดินสาย สายกำลังไฟฟ้าและสายสัญญาณ ในแทนสเตอริโออินทรีเกรตแอมป์ โดยให้สายแหล่งจ่ายแต่ละวงจรแยกต่อกันไปวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย ทุกวงจรลง GND จุดเดียว

5.4.2 กราวด์

เดินสายสายกราวด์ (Ground wiring) ภายในแทนสเตอริโออินทรีเกรตแอมป์ จะต้องไม่มีการต่อกราวด์รูป สายชีลด์ลงกราวด์ตรงด้านเดียว ทุกจุดลงแทนได้โดยผ่าน $C = 100\text{nF}$ เท่านั้น

5.5 การตรวจสอบเครื่องสำเร็จขั้นตอนสุดท้าย

การตรวจสอบเครื่องสำเร็จขั้นตอนสุดท้าย สำหรับงานต้นแบบสเตอริโออินทรีเกรตแอมป์ หลังจากลงแทนแล้ว ก่อนบรรจุลงบรรจุภัณฑ์อย่างน้อยควร ตรวจสอบการจับยึด ตรวจสอบการบัดกรีสาย การจัดสาย เศษวัสดุตกค้าง วัดไฟดีซีเอาท์พุท แล้วจึงปิดฝาแทน ตรวจสอบการทำงานด้วยการเปิดเครื่องและอาจทดสอบเสียงอีกครั้ง ก่อนบรรจุลงบรรจุภัณฑ์

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 6
	เรื่อง ลำโพง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

สาระสำคัญประจำหน่วย

ลำโพงทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียง (พลังงานไฟฟ้า) ให้เป็นเสียง (พลังงานกล) แบ่งตามการตอบสนองย่านเสียงได้เป็น 2 ย่าน คือ ลำโพง Woofer ตอบสนองย่านความถี่ต่ำ และลำโพง Tweeter ตอบสนองย่านความถี่สูง และหากแบ่งตามการตอบสนองย่านเสียงเพิ่มเติมได้เป็น 3 ย่าน โดยเพิ่มลำโพง Mid Range ตอบสนองย่านความถี่กลาง หรือยังแบ่งเพิ่มเติมได้อีกมีลำโพง Subwoofer ตอบสนองย่านความถี่ต่ำมาก

ตู้ลำโพงทำหน้าที่ป้องกันเสียงความถี่ต่ำจากด้านหน้าและด้านหลังหักล้างกันและเป็นสาเหตุให้เสียงเบสเบาลง และพนักลำโพงยังทำหน้าที่ป้องกันเสียงความถี่กลางขึ้นไปรบกวนกันอีกด้วย วงจรครอสโอเวอร์เน็ตเวิร์คสำหรับลำโพงในตู้ลำโพง แบ่งแยกความถี่ที่เหมาะสมส่งออกไปยังลำโพงแต่ละชนิดตามที่ต้องการ วงจรครอสโอเวอร์เน็ตเวิร์คสำหรับลำโพงในตู้ลำโพง “แบบเฟิร์ทออร์เดอร์” แบบของวงจรเป็นเอทพุทจาก C ไปยังลำโพงทวิตเตอร์ (Tweeter) จาก L ไปยังลำโพงวูฟเฟอร์ (Woofer) กรณีวงจรครอสโอเวอร์เน็ตเวิร์คสำหรับลำโพงในตู้ลำโพง “แบบเซ็คเก็นออร์เดอร์” ต้องต่อลำโพงตัวนั้นจากวงจรครอสโอเวอร์เน็ตเวิร์คแบบกลับขั้ว การทดสอบเสียงจากตู้ลำโพง “ในห้องฟังเพลง” ต้องวางลำโพงเบื้องต้น ให้วางลำโพงห่างกัน 1.6 เมตร และห่างจากผนังด้านหลังหนึ่งในสามของห้องฟังเพลงและหันหน้าลำโพงเข้าสู่จุดผู้ฟังบริเวณหัวไหล่ห่างจากผนัง


จุดประสงค์การสอน

จุดประสงค์ทั่วไป

1. สามารถประกอบอุปกรณ์เข้ากับตู้ลำโพงได้ถูกต้อง (ด้านทักษะพิสัย)
2. สามารถวัดและทดสอบลำโพง (ด้านทักษะพิสัย)
3. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีในการจัดเตรียม ใช้งาน รักษาความสะอาด และจัดเก็บ เครื่องขยายเสียงและอุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง ใช้งานห้องปฏิบัติการ (ด้านจิตพิสัย)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถประกอบอุปกรณ์เข้ากับตู้ลำโพง (ด้านทักษะพิสัย)
2. สามารถวัดและทดสอบลำโพง (ด้านทักษะพิสัย)
3. มีเจตคติที่ดีในการจัดเตรียม ใช้งาน รักษาความสะอาด และจัดเก็บ เครื่องขยายเสียงและอุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง อย่างถูกต้อง เหมาะสม รอบครอบและปลอดภัย (ด้านจิตพิสัย)

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 6
	เรื่อง ลำโพง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

4. แต่งกายในการปฏิบัติงานและใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง ปลอดภัย รักษาบรรยากาศที่ดีในการปฏิบัติงาน และรักษาความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงาน ถูกต้องตามกฎระเบียบการใช้ห้องปฏิบัติการได้ (ด้านจิตพิสัย)

สมรรถนะประจำหน่วย

1. อธิบายการประกอบอุปกรณ์เข้ากับตู้ลำโพงได้ถูกต้อง
2. ประกอบอุปกรณ์เข้ากับตู้ลำโพงได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
3. อธิบายการวัดและทดสอบลำโพงได้ถูกต้อง
4. วัดและทดสอบลำโพงได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้

หัวข้อเรื่องและงาน

ทฤษฎี


หัวข้อเรื่อง หน่วยที่ 1	สอนครั้งที่
1. ดอกลำโพง	17
2. ตู้ลำโพง	17
3. วงจรครอสโอเวอร์เน็ตเวิร์ค	18
4. การทดสอบเสียง	18

ปฏิบัติ

ใบงาน หน่วยที่ 1	สอนครั้งที่
1. ประกอบอุปกรณ์เข้ากับตู้ลำโพง	17
2. ดและทดสอบลำโพง	18

จิตพิสัย

คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม คุณลักษณะอันพึงประสงค์ และหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 6
	เรื่อง ลำโพง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

บทนำ

ลำโพงทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียง (พลังงานไฟฟ้า) ให้เป็นเสียง (พลังงานกล) โดยต้องมีผลตอบสนองราบเรียบตลอดช่วงความถี่ที่ใช้งาน ลำโพงที่มีคุณภาพดีควรจะตอบสนองได้ตลอดย่านความถี่ 20 Hz ถึง 20kHz และมีความไวสูงในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นความดันเสียง

5.1 ดอกลำโพง


ลำโพงในปัจจุบันที่นิยมใช้งานเป็นชนิดไดนามิกส์ แบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

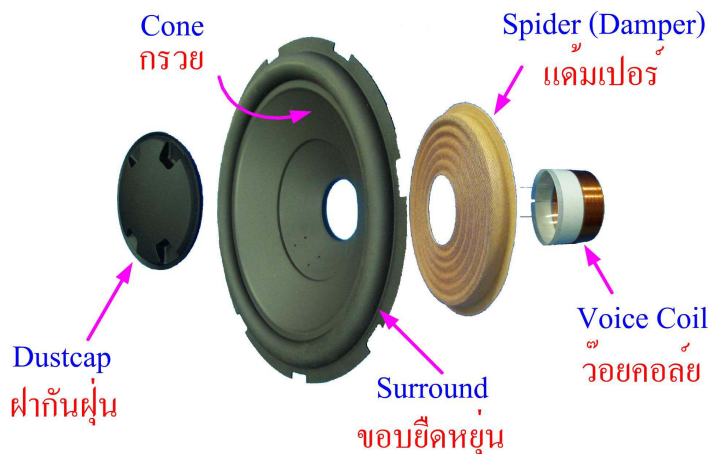
- (1) ลำโพงทวิตเตอร์ (Tweeter) เป็นลำโพงเสียงแหลม ตอบสนองความถี่สูง
- (2) ลำโพงวิสเซอโรโคน (whizzer cone) เป็นลำโพงที่มีกรวยเล็กยึดเพิ่มที่ปากว้อยคอยล์ เพิ่มการตอบสนองย่านความถี่สูงให้ดีขึ้น
- (3) ลำโพงมิดเรนจ์ (Mid-range speaker) เป็นลำโพงเสียงกลาง ตอบสนองความถี่สกกลาง
- (4) ลำโพงวูฟเฟอร์ (Woofer) เป็นลำโพงเสียงทุ้ม/เสียงเบส ตอบสนองความถี่ต่ำ
- (5) ลำโพงซับวูฟเฟอร์ (Subwoofer) เป็นลำโพงเสียงทุ้มต่ำ ตอบสนองความถี่ต่ำมาก
- (5) ลำโพงฟูลเรนจ์ (Full range) เป็นลำโพงเสียงย่านกว้าง ตอบสนองความถี่ตลอดย่าน



รูปที่ 6.1 แสดงลำโพงวูฟเฟอร์ (Woofer) ขนาด 8 นิ้ว

ส่วนประกอบของลำโพง (เบื้องต้นชนิดไดนามิก) มีดังรูปที่ 5.7 ประกอบได้ด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนอยู่กับที่ และส่วนเคลื่อนที่

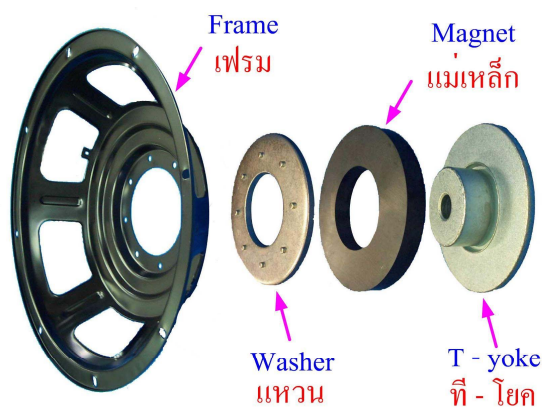
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 6
	เรื่อง ลำโพง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง



ภาพแสดงการประกอบกรวยและวอยคอลล์ลำโพง

รูปที่ 6.2 แสดงส่วนประกอบของลำโพง ส่วนเคลื่อนที่

ที่มา: เมาลี กลิ่นหอม




ภาพแสดงการประกอบเฟรมและแม่เหล็กลำโพง

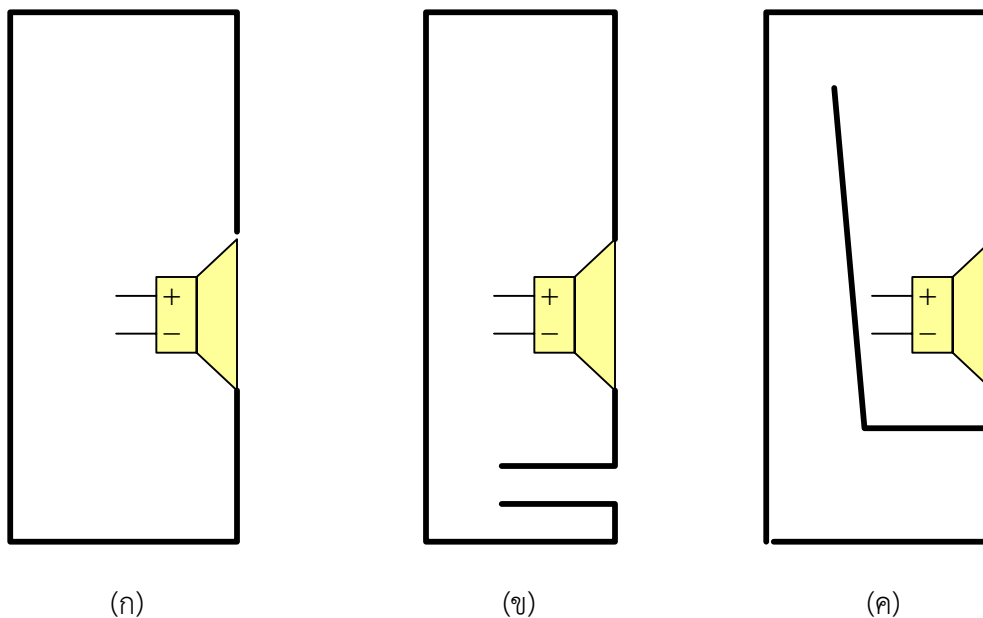
รูปที่ 6.3 แสดงส่วนประกอบของลำโพง ส่วนอยู่กับที่

ที่มา: เมาลี กลิ่นหอม

5.2 ตู้ลำโพง

ตู้ลำโพง มีหน้าที่เบื้องต้น คือ ไขป้องกันเสียงความถี่ต่ำจากด้านหน้าและด้านหลังหักล้างกัน และป้องกันความถี่กลางขึ้นไปรบกวนกัน

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 6
	เรื่อง ลำโพง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง




รูปที่ 6.3 ตู้ลำโพง (ก) แบบปิด (ข) แบบเปิดหรือแบบสะท้อนเบส
(ค) แบบเขาวงกต (Transmission line box)

- (1) ตู้ลำโพงแบบปิด (Closed box) ให้เสียงต่ำลงได้ลึกแต่พลังงานน้อย
- (2) ตู้ลำโพงแบบเปิด (Vent/Port box) ให้เสียงต่ำมีประสิทธิภาพดี อาศัยการเกิดเรโซแนนซ์ด้วยท่อที่อากาศภายในตู้ มาเสริมกันกับเสียงจากด้านหน้าลำโพง
- (3) แบบเขาวงกต (Transmission line box) ให้เสียงต่ำมีประสิทธิภาพดี อาศัยการดีเลย์ของสัญญาณผ่านท่อด้วย $\lambda/4$ มาเสริมกันกับเสียงจากด้านหน้าลำโพง

5.3 วงจรครอสโอเวอร์เน็ตเวิร์ค

การติดตั้งส่วนประกอบสำหรับหน้าปัดด้านหน้า และด้านหลังแทนเครื่องเสียง ให้ติดตั้งตามที่ได้วางแผนออกแบบหน้าปัดแทนเครื่องหน้าปัดด้านหน้า และด้านหลังแทนเครื่องเสียง โดยเริ่มจากยึดแผง PCB ปรีโทนก่อน

สามารถใช้แจ๊คแบบ XRL3 ต่อกับสายสัญญาณแบบ “Balance” แยกแขนแนลซ้าย-ขวา สำหรับแทนสเตอริโออินทรีเกรตแอมป์ไฟเออร์ ทำได้โดยให้ต่อ ขา 1 = GND (Shield), ขา 2 = สัญญาณ Hot (+), ขา 3 = สัญญาณ COLD (-)

	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 6
	เรื่อง ลำโพง	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

5.4 การทดสอบเสียง

การทดสอบเสียงจากตู้ลำโพง “ในห้องฟังเพลง” ต้องวางลำโพงเบื้องต้นโดยให้วางลำโพงห่างกัน 1.6 เมตร และห่างจากผนังด้านหลังหนึ่งในสามของห้อง และบริเวณจุดผู้ฟัง (Sweet spot) อยู่ห่างจากผนังด้านหลังสองในสามของห้อง และหันหน้าลำโพงทำมุมเอียงเข้าหาจุดนั่งฟัง (โทอิน) โดยให้ลำโพงเอียงเข้าหาประมาณไหล่ของผู้ฟัง