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

สาระสำคัญประจำหน่วย

หน่วยการเรียนรู้ วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปรีแอมปลิฟายเออร์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำความเข้าใจ สร้างและทดสอบ วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปรีแอมปลิฟายเออร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอินทริเกรตแอมปลิไฟเออร์ ขนาด 30 วัตต์ รุ่น 2016-L3 (หรือ 30W - Integrated Amp 2016-L3) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากเอาท์พุทของแหล่งสัญญาณอินพุทหรือสัญญาณจากมอนิเตอร์ พร้อมปรีไมโครโฟนขยายสัญญาณจากไมโครโฟน (เป็นมิกเซอร์ในตัว) ให้เอาท์พุทออกไปยังอินพุทของ วงจรเพาเวอร์แอมป์ ขนาด 30 วัตต์ รุ่น V2016-L3 โดยใช้วงจรส่วนปรับโทนเสียงแบบแอกทีปแบคซัลดัลโทนคอนโทรล (Active Baxandall tone control)

การวัดละทดสอบการทำงานแบ่งออกเป็นไฟดีซี และการทดสอบด้วยสัญญาณเพื่อศึกษาผลตอบสนองเชิงความถี่ทดสอบด้วยสัญญาณไซน์ และการศึกษาผลตอบสนองเชิงเวลาทดสอบด้วยสัญญาณสแควร์เวฟ ส่วนภาคปรีไมโครโฟนมีอัตราการขยายสูงมากทดสอบเฉพาะไฟดีซีและทดลองการทำงานโดยใช้งานจริงกับไมโครโฟน

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 และวงจรปรีแอมปลิฟายเออร์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

สมรรถนะประจำหน่วย

1. อธิบายการสร้าง PCB วงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟนได้ถูกต้อง
2. สร้าง PCB วงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟน (จำนวน 1 ชุด) ได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
3. อธิบายการประกอบวงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟนได้ถูกต้อง
4. ประกอบวงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟนได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
5. อธิบายวิธีตรวจสอบเบื้องต้นผลงานการประกอบวงจรปรีโทนได้ถูกต้อง
6. ตรวจสอบเบื้องต้นผลงานประกอบวงจรปรีโทนได้ถูกต้องตามแบบและใช้งานได้
7. อธิบายการวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรโทนคอนโทรลได้ถูกต้อง
8. วัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรโทนคอนโทรลได้
9. อธิบายการวัดและทดสอบเสียงวงจรปรีไมโครโฟนได้ถูกต้อง
10. วัดและทดสอบเสียงวงจรปรีไมโครโฟนได้

หัวข้อเรื่องและงาน

<u>ทฤษฎี</u>

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

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

ปฏิบัติ

ใบงาน หน่วยที่ 4	สอนครั้งที่
1. สร้าง PCB วงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟน	10
2. ประกอบวงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟน	11
3. วัดและทดสอบวงจรโทนคอนโทรล	12
4. วัดและทดสอบเสียงวงจรปรีไมโครโฟน	13

จิตพิสัย

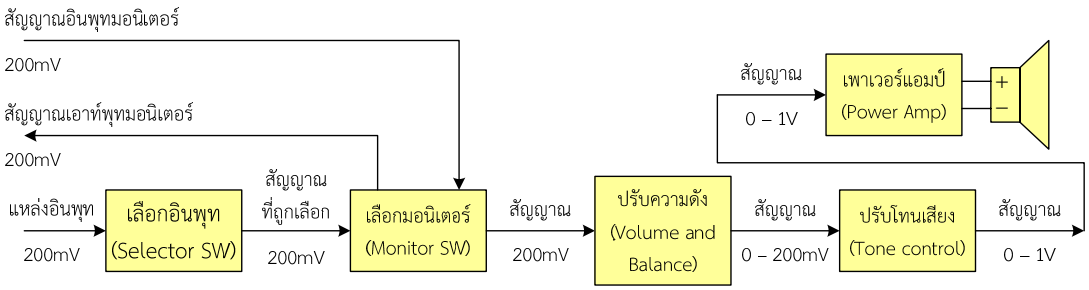
คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม คุณลักษณะอันพึงประสงค์ และหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

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

บทนำ

วงจรโทนคอนโทรล เป็นส่วนหนึ่งของวงจรเครื่องขยายเสียงแบบอินทริเกรตแอมปลิไฟเออร์ (Integrated Amplifier) มีหน้าที่ปรับความถี่เพื่อชดเชยส่วนประกอบ สภาพห้องฟัง และรสนิยมการฟัง โดยมีรายละเอียดการทำงานดังนี้ เลือกแหล่งสัญญาณอินพุท ควบคุมมอนิเตอร์ สมดุลซ้าย – ขวา ควบคุมระดับความดังเสียง ปรับวงจรลาวด์เนส ปรับโทนเสียง

จากบล็อกไดอะแกรมเครื่องขยายเสียงมีโทนคอนโทรลเป็นส่วนประกอบ รูปที่ 4.1 ภาคแรกเลือกอินพุท (Selector switch) ทำหน้าที่เลือกแหล่งสัญญาณเสียงที่ต้องใช้งาน ส่งผ่านมายังภาคเลือกมอนิเตอร์ (Monitor switch) ทำหน้าที่เลือกรับสัญญาณจากสัญญาณที่ถูกเลือกจากซีเล็กเตอร์สวิทช์ เมื่อ “Monitor SW = OFF” และเลือกรับสัญญาณจากสัญญาณจากขั้วสัญญาณอินพุทมอนิเตอร์ (PLAY: IN ของ Monitor) เมื่อ “Monitor SW = ON” โดยมีสัญญาณออกจากขั้วสัญญาณเอาท์พุทมอนิเตอร์ (REC: OUT) เป็นสัญญาณที่ถูกเลือกจากซีเล็กเตอร์สวิทช์ออกมาตลอดเวลา สัญญาณจากมอนิเตอร์สวิทช์จะถูกส่งไปปรับบาลานซ์ซ้าย-ขวา ปรับความดัง และถูกส่งไปปรับโทนเสียงที่ภาคปรับโทนเสียง ได้เป็นสัญญาณไลน์สำหรับป้อนเป็นอินพุทของเพาเวอร์แอมป์ขยายกำลังให้เพียงสำหรับขับลำโพง



รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องขยายเสียงมีโทนคอนโทรลเป็นส่วนประกอบ

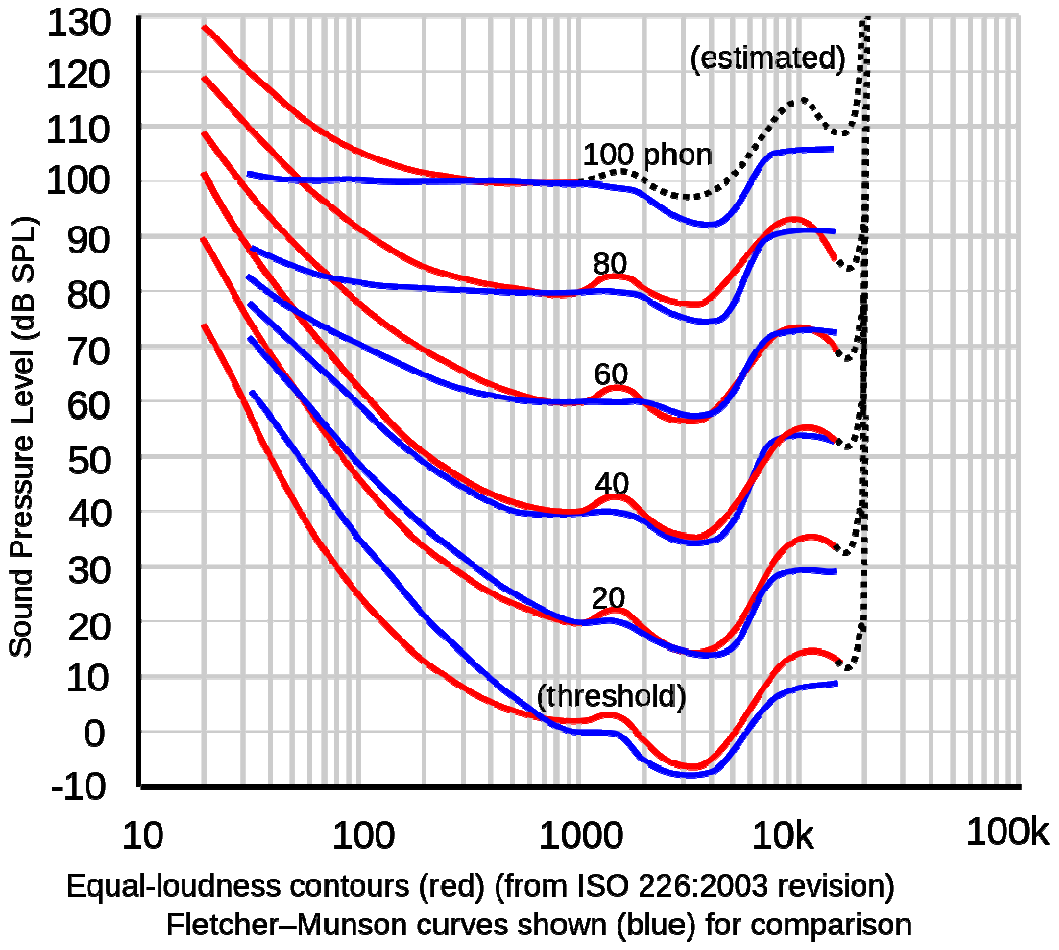
4.1 ผลตอบสนองเชิงความถี่ของหูมนุษย์

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

ต่ำสุดที่หูคนหนุ่มสาวปกติสามารถได้ยิน คือ 10^{-12} W/m^2 ที่ความถี่ 1,000 Hz ใช้เป็นค่าอ้างอิง 0dB สำหรับการวัดระดับความเข้มเสียงในหน่วยเดซิเบล

ผลตอบสนองของหูในแต่ละดับความดังแต่ละความถี่มีความไวไม่เท่ากัน โดยที่ระดับความดันเสียงน้อย หูคนจะมีความไวต่อเสียงความถี่ต่ำ/เสียงเบส ได้ไม่ดีต้องเพิ่มระดับความดันเสียงให้มากกว่าที่ความถี่กลางอย่างมาก ส่วนที่ความถี่สูงเพิ่มอีกเล็กน้อย ก็จะให้ความรู้สึกว่าเสียงแต่ละความถี่มีความดังใกล้เคียงกัน ส่วนที่ระดับความระดับความดันเสียงมากขึ้น ผลของความไวที่จะรับความรู้สึกความดังของเสียงแต่ละความถี่จะใกล้เคียงกันมากขึ้น นั่นคือหูของคนจะรับรู้ความดังแต่ละความ แต่ละระดับความดังของเสียงไม่เป็นเชิงเส้น ดังที่ Fletcher–Munson ได้ทดสอบและได้มีการพัฒนาผลตอบสนองของ เป็นดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 Fletcher–Munson curves

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

4.2 อะคูสติกของห้องฟังเพลงและห้องชมภาพยนตร์

อะคูสติกของห้องฟังเพลงและห้องชมภาพยนตร์ ควรให้มีการสะท้อนเสียงด้วยอัตราการลดทอนให้ระดับเสียงลดลงไป 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 m^3	1.5 m	0.3 s
Classroom	< 200 m^3	2 m	0.4 - 0.6 s
Office	< 1'000 m^3	3.5 m	0.5 - 1.1 s
Lecture Hall	< 5'000 m^3	6 m	1.0 - 1.5 s
Concert Hall, Opera	< 20'000 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

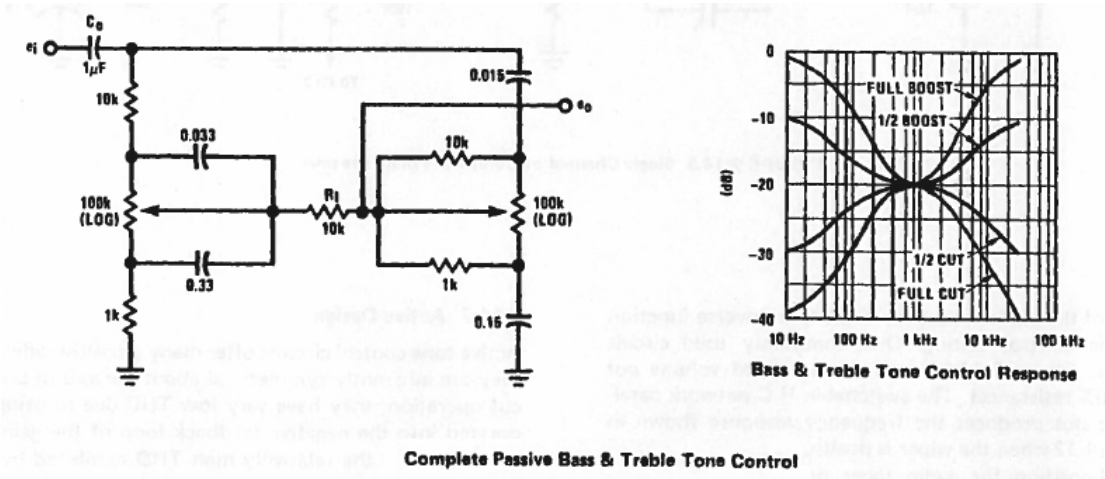
เพื่อให้ได้การรับฟังเสียงในแบบสเตอริโอที่ถูกต้อง ห้องฟังเสียงต้องมีลักษระสมมาตรซ้าย-ขวาด้วย และควรมีสัดส่วน กว้าง ยาว สูง ของห้อง ที่ไม่ก่อให้เกิดสแตนดิ่งเวฟขึ้นพร้อมกัน 2 ด้านและ/หรือ 3 ด้าน ตลอดช่วงความถี่ด้วย ซึ่งหาได้จากความยาวคลื่นเสียง

4.3 วงจรโทนคอนโทรลแบบต่าง ๆ

วงจรโทนคอนโทรลแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบพาสซีฟโทนคอนโทรล (Passive tone control) และแบบแอ็คทีฟโทนคอนโทรล (Active tone control) แบบพาสซีฟโทนคอนโทรลสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟ เนื่องจากไม่ได้ใช้อุปกรณ์แอ็กทีปในการทำงานปรับผลตอบสนองความถี่ แต่ในความเป็นจริงก็ยังต้องใช้อุปกรณ์แอ็กทีปในการขยายสัญญาณและบัฟเฟอร์สัญญาณที่ทางด้านเอาท์พุทเพื่อลดผลของโหลดดิ้งเอฟเฟค (Loading effect) ส่วนแบบแอ็คทีฟโทนคอนโทรลต้องใช้อุปกรณ์แอ็กทีปเป็นส่วนสำคัญในการทำงานร่วมกับเนทเวิร์คเพื่อปรับผลตอบสนองตามที่ต้องการ โดยที่เนทเวิร์คจะทำหน้าที่เป็นวงจรป้อนกลับแบบลบ (Negative feedback) พร้อมให้ไบอัสไปในตัว วงจรโทนคอนโทรลแบบแอคทีฟ “แบ็คซันดอล (Baxandall)” ใช้

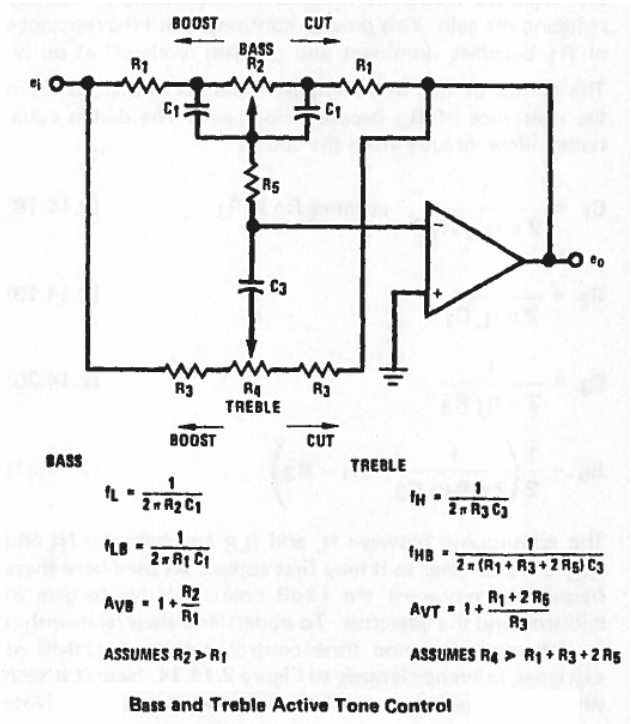
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 4
	เรื่อง วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปรีแอมปลิฟายเออร์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

โพเท็นทิโอมิเตอร์ Taper แบบ B (POT) มาตรฐานอเมริกา หรือแบบ LIN สำหรับปรับ BASS และ TREEBLE ส่วนวงจรแบบพาสซีฟโทนคอนโทรล ใช้โพเท็นทิโอมิเตอร์ 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)



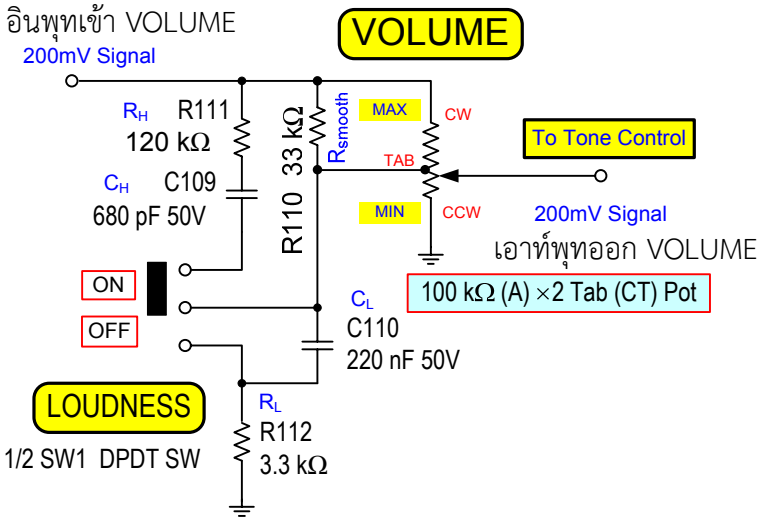
รูปที่ 4.4 วงจรแอ็คทีฟโทนคอนโทรล (Active tone control)

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

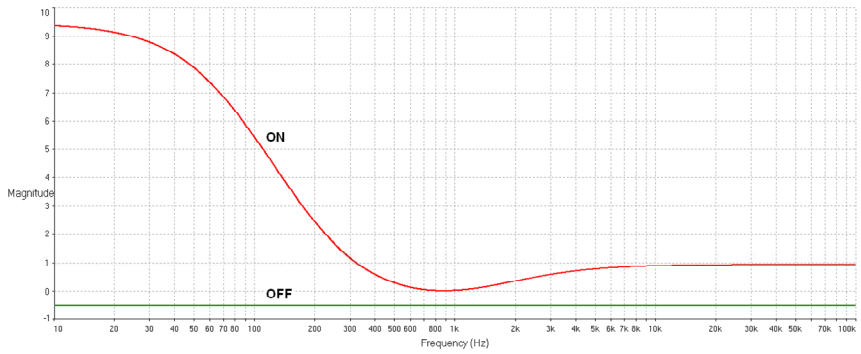
	เอกสารประกอบการเรียนการสอน	หน่วยที่ 4
	เรื่อง วงจรโทนคอนโทรล และวงจรปรีแอมปลิฟายเออร์	รหัสวิชา 2105-2008
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ชื่อวิชา เครื่องเสียง

4.4 วงจรลาวด์เนส

วงจรลาวด์เนสทำหน้าที่ ปรับชดเชยผลตอบสนองเชิงความถี่ที่เน้นเพิ่มเสียงความถี่ต่ำ/เสียงเบส อย่างมากและเพิ่มเสียงความถี่สูงเล็กน้อย/เสียงแหลม เมื่อเปิดฟังเสียงเบา ๆ หมุน Volume น้อย และจะชดเชยน้อยลงเมื่อเปิดเสียงแรงขึ้น หมุน Volume มากขึ้น ซึ่งลาวด์เนสนี้ถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาการได้ยินเสียงของหูของคนที่จะรับรู้ความดังแต่ละความ แต่ละระดับความดังของเสียงไม่เป็นเชิงเส้น ดังที่ Fletcher–Munson ได้ทดสอบไว้ และวงจรลาวด์เนสจะทำงานเมื่อ “ON” และจะไม่ทำงานเมื่อ “OFF” และ Volume ให้ใช้โพเท็นทิโอมิเตอร์ Taper แบบ A (POT) มาตรฐานอเมริกา หรือแบบ LOG



รูปที่ 4.5 วงจรลาวด์เนส (Loudness)

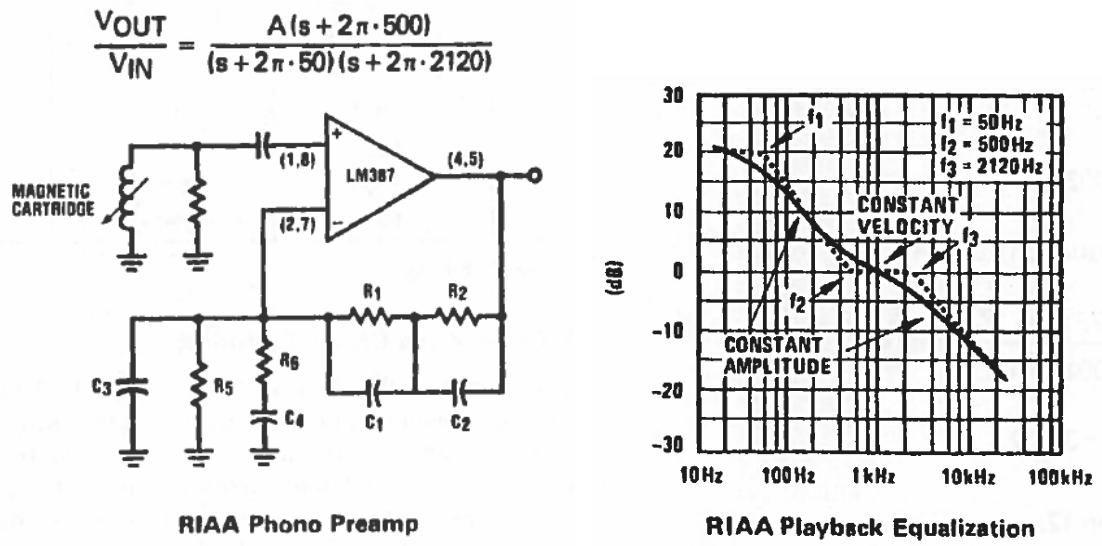


รูปที่ 4.6 ผลตอบสนองเชิงความถี่ของวงจรลาวด์เนส (Loudness frequency response)

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

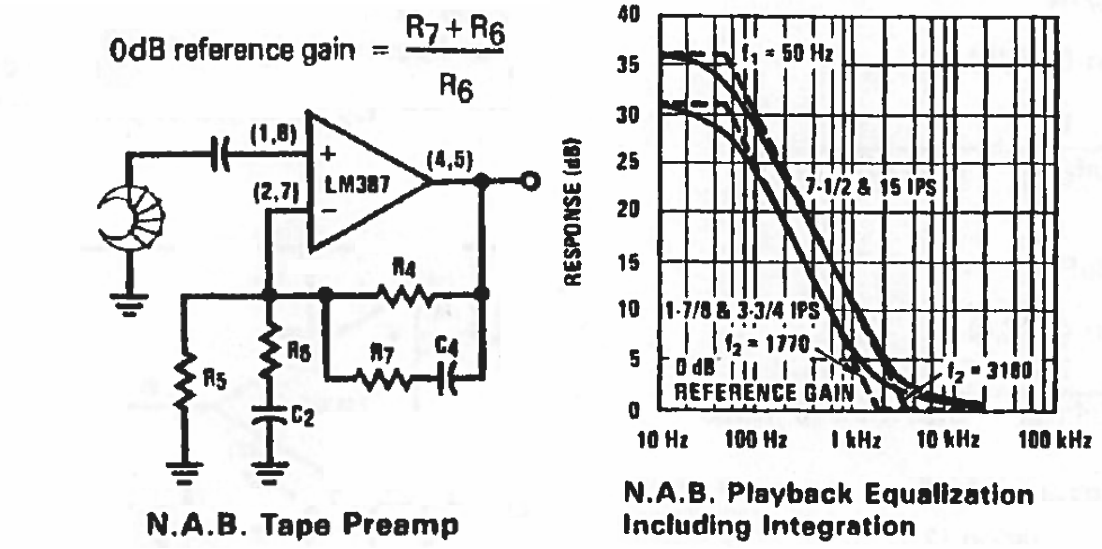
4.5 วงจรปรีแอมปลิฟายเออร์ชนิดต่าง ๆ

วงจรปรีแอมปลิฟายเออร์โดยปกติมีหน้าที่ ขยายสัญญาณเสียงจากจากอุปกรณ์กำเนิดเสียงจากที่มีระดับต่ำให้สูงขึ้น และต้องมีต้องมีผลตอบสนองเชิงความถี่เป็นไปตามมาตรฐาน ฉะนั้นจะให้ผลตอบสนองเชิงความถี่จากการเล่นกลับไม่ถูกต้อง โดยที่วงจรปรีเครื่องเล่นแผ่นเสียงตามมาตรฐาน RIAA และวงจรปรีเทปตามมาตรฐาน N.A.B



รูปที่ 4.7 วงจรปรีเครื่องเล่นแผ่นเสียง ต้องมีผลตอบสนองเชิงความถี่ตามมาตรฐาน RIAA

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



รูปที่ 4.8 วงจรปรีเทป ต้องมีผลตอบสนองเชิงความถี่ตามมาตรฐาน N.A.B

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

นอกจากนี้วงจรปรีแอมปลิฟายเออร์ยังมีวงจรเพิ่มเติมอื่นอีก เช่น วงจรปรีเล่นแผ่นเสียง (Phono preamp) มีหน้าที่ขยายสัญญาณจากคอยล์ของหัวเข็มเครื่องเล่นแผ่นเสียง (Cartridges) ให้ได้ผลตอบสนองตามมาตรฐาน RIAA เป็นหน้าทีหลัก และยังมีหน้าที่รอง คือมีวงจรกรองความถี่สูงผ่าน (กรอง Rumble) หรือวงจรตัดความถี่ต่ำเพื่อใช้ป้องกันเสียงอัมครางไม่ให้ออกทางลำโพง

4.6 การประกอบวงจรโทนคอนโทรลและปรีไมโครโฟน

ประกอบอุปกรณ์ลง PCB ตามแบบวงจรโทนคอนโทรลและวงจรปรีไมโครโฟน (ปรีโทน) ให้บัดกรีเฉพาะซ็อกเก็ตไอซี ห้ามใส่ไอซีลง PCB เด็ดขาด จ่ายไฟเข้าแผง PCB วัดซัพพลายที่ขาไอซีทุกตัวของ วงจรปรีโทนซ็อกเก็ตไอซีขณะยังไม่ใส่ไอซีเทียบกับ GND ต้องวัดแรงดันได้เท่ากับซัพพลาย หากยังไม่ถูกต้องให้แก้ไขให้เรียบร้อยก่อน หากปกติดี ปิดไฟ ใส่ไอซีทุกตัว ลงในซ็อกเก็ตไอซี วัดซัพพลายที่ขาไอซีทุกตัวของ วงจรปรีโทนซ็อกเก็ตไอซีหรือขาไอซีเทียบกับ GND อีกครั้ง ต้องวัดแรงดันได้เท่ากับซัพพลาย หากยังไม่ถูกต้องให้แก้ไขให้เรียบร้อยก่อน หากปกติดีให้วัดแรงดันที่ขาเอาท์พุทของไอซีทุกตัวเทียบกับ GND ต้องได้ประมาณ 0 โวลท์ จึงเป็นปกติ

4.7 การวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรโทนคอนโทรล

กรณีเครื่องต้นแบบต้องวัดไฟตรงก่อนเสมอ การทดสอบผลตอบสนองเชิงความถี่ของวงจรโทนคอนโทรล เพื่อศึกษาการทำงานของ LOUDNESS, BASS และ TREBLE ที่เงื่อนไขต่าง ๆ ให้ทดสอบด้วยอินพุทสัญญาณไซน์ 100mVpk ความถี่ 50Hz, 1kHz และ 20kHz และศึกษาผลตอบสนองเชิงเวลาให้ทดสอบด้วยอินพุทสัญญาณสแควร์เวฟ 100mVpk ความถี่ 400Hz

4.8 การวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรปรีไมโครโฟน

กรณีเครื่องต้นแบบต้องวัดไฟตรงก่อนเสมอ การทดสอบผลตอบสนองเชิงความถี่ของวงจรปรีไมโครโฟนนั้นต้องทำด้วยความละเอียด ทั้งเนื่องจากวงจรมีอัตราการขยายแรงดันสูงมากประมาณ 100 – 400 V/V ทำให้รับสัญญาณรบกวนเข้ามาได้ง่าย และทำให้ผลการทดสอบผิดพลาดได้ ในทางปฏิบัติเบื้องต้นให้ทดสอบโดยการใช้งานจริงก็เพียงพอแล้ว