หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

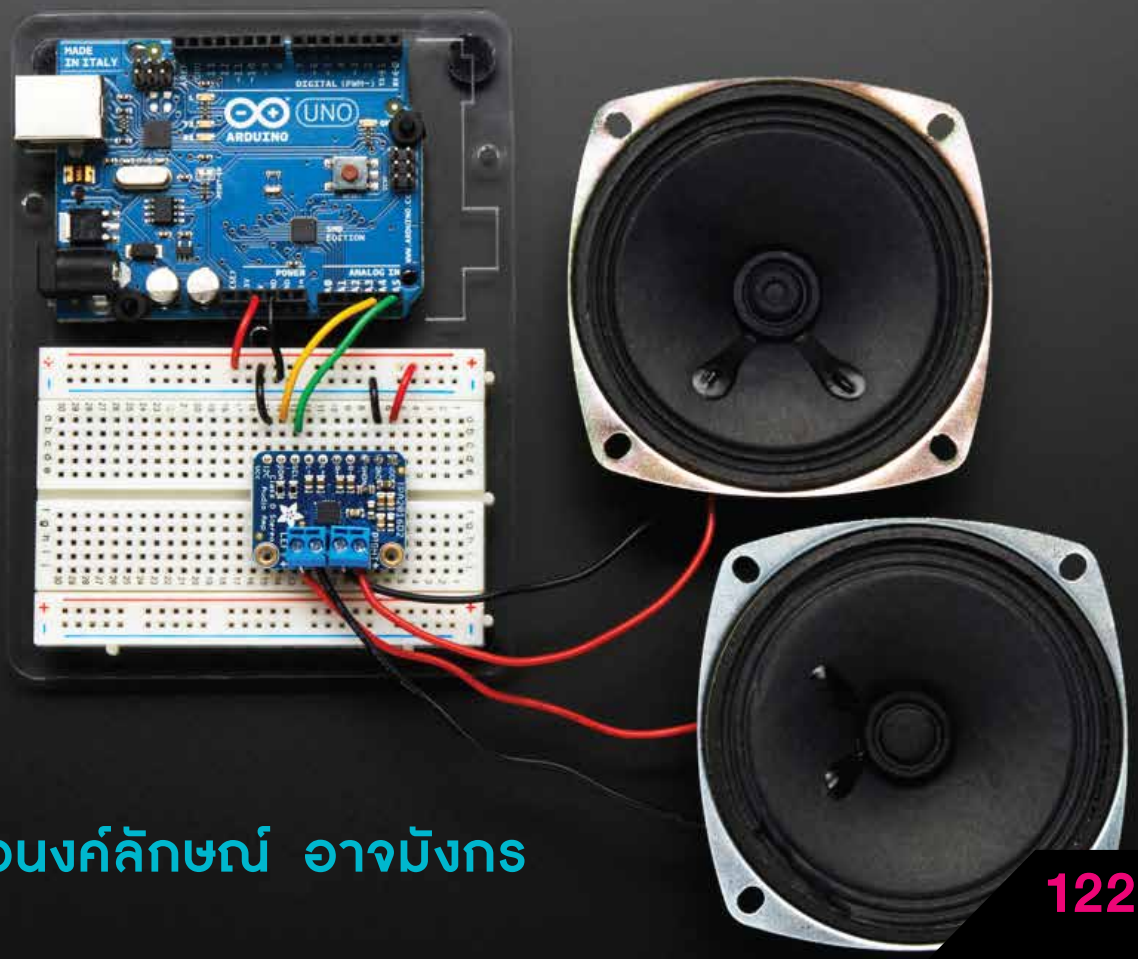
วังอักษร

รหัสวิชา 20105-2008

(ประเภทวิชาอุตสาหกรรม)

ได้ผ่านการตรวจการประเมินคุณภาพจากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ครั้งที่ 2
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ ประกาศลำดับที่ 328

เครื่องเสียง
Audio Equipment



อนงค์ลักษณ์ อาจมังกร

122.-

เครื่องเสียง
(Audio Equipment)

รหัสวิชา 20105-2008

หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ

เรียบเรียงโดย
อนงค์ลักษณ์ อาจมังกร

เครื่องเสียง

(Audio Equipment)

ISBN 978-616-495-028-3

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย

บริษัทวังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร 0-2472-3293-5 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile : 08-8585-1521

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร e-Mail Address : wangaksorn9@gmail.com

http://www.wangaksorn.com ID Line : @wangaksorn

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2562 จำนวนพิมพ์ 3,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ.2537

โดยบริษัทวังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย โดยบริษัทวังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

เครื่องเสียง

(Audio Equipment)

รหัสวิชา 20105-2008

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการทำงานของวงจรภาคต่าง ๆ ในเครื่องขยายเสียง
2. มีทักษะเกี่ยวกับการประกอบวงจรเครื่องขยายเสียงแบบต่าง ๆ
3. มีทักษะในการใช้เครื่องมือวัดและทดสอบคุณสมบัติของเครื่องขยายเสียง
4. มีเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพ มีกิจนิสัยในการค้นคว้าเพิ่มเติม ปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ คำนึงถึงความถูกต้องและปลอดภัย

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการใช้งานเครื่องขยายเสียง
2. ประกอบ ทดสอบ ปรับแต่งและใช้งานวงจรเครื่องขยายเสียง

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับสัญญาณเสียง บล็อกไดอะแกรมของเครื่องขยายเสียง วงจรขยายเสียงคลาส A, AB, B, C และ D วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย วงจรขยายแรงดันไฟฟ้าและวงจรกลับเฟส วงจรขยายกำลังแบบ OTL, OCL การคับปลิง วงจรลิมิตเตอร์ วงจรป้อนกลับ โทนคอนโทรล ปรีแอมปลิฟายเออร์ มิกเซอร์ วงจรเครื่องขยายเสียงแบบโมโน สเตริโอ วงจรครอสโอเวอร์เน็ทเวิร์ค วงจรป้องกันลำโพง อุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง ลำโพง ไมโครโฟน สายสัญญาณ แมตชิงแบบ Balance และแบบ Unbalance ปลั๊ก แจ๊ค การประกอบ ทดสอบและปรับแต่งวงจรเครื่องขยายเสียง การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรและอุปกรณ์เครื่องเสียง หลักการบันทึกเสียงบนสื่อบันทึกข้อมูล แถบเทป และ CD เพื่อหาคุณลักษณะการตอบสนองความถี่ กำลังวัตต์ ค่าอิมพีแดนซ์และค่าอื่น ๆ การต่อเครื่องขยายเสียงกับระบบเสียงอื่น ๆ

ตารางวิเคราะห์สมรรถนะรายวิชา

วิชาเครื่องเสียง รหัสวิชา 20105-2008

ท-ป-น 1-3-2 จำนวน 4 คาบ/สัปดาห์ รวม 72 คาบ

	แสดงความรู้เกี่ยวกับการใช้งานเครื่องขยายเสียง	ประกอบ ทดสอบ ปรับแต่งและใช้งานวงจรเครื่องขยายเสียง
1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องขยายเสียง	✓	✓
2. วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย วงจรขยายแรงดัน และวงจรกลับเฟส	✓	✓
3. วงจรขยายกำลังและวงจรขยายแบบไดเร็กคับปลิง	✓	✓
4. วงจรป้อนกลับ วงจรลิมิตเตอร์ วงจรโทนคอนโทรล วงจรปรีแอมปลิฟายเออร์ และวงจรมิกเซอร์	✓	✓
5. วงจรเครื่องขยายเสียงแบบโมโน สเตอริโอ วงจรครอสโอเวอร์เน็ทเวิร์ค และวงจรป้องกันลำโพง	✓	✓
6. อุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง	✓	✓
7. การสร้างและทดสอบเครื่องขยายเสียง	✓	✓
8. หลักการบันทึกเสียงบนแถบเทปและซีดี และการต่อเครื่องขยายเสียงกับระบบอื่น ๆ	✓	✓

คำนำ

วิชาเครื่องเสียง รหัสวิชา **20105-2008** จัดอยู่ในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 8 บทเรียน ได้จัดแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated) ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา คำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญ ส่วนที่เป็นความรู้ ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ ตัวอย่าง แบบฝึกปฏิบัติ และคำถามเพื่อการทบทวนเพื่อฝึกทักษะประสบการณ์ เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer) เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้จัดการชี้แนะ (Teacher Roles) จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปทำงานได้ (Competency) สอนความรักความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพอันยังประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใด เป็นคนดี ทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

ส่งเสริมสนับสนุนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (Vocational Qualification System) สอดคล้องตามมาตรฐานอาชีพ (Occupational Standard) สร้างภูมิคุ้มกัน เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ กำลังแรงงาน การพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานระดับชาต (National Benchmarking) และการวิเคราะห์หน้าที่การงาน (Functional Analysis) เพื่อให้เกิดผลสำเร็จในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม ทุกสาขาอาชีพ เป็นการเตรียมความพร้อมเข้าสู่ประชาคมอาเซียน

อนงค์ลักษณ์ อาจมังกร

สารบัญ

บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องขยายเสียง 1

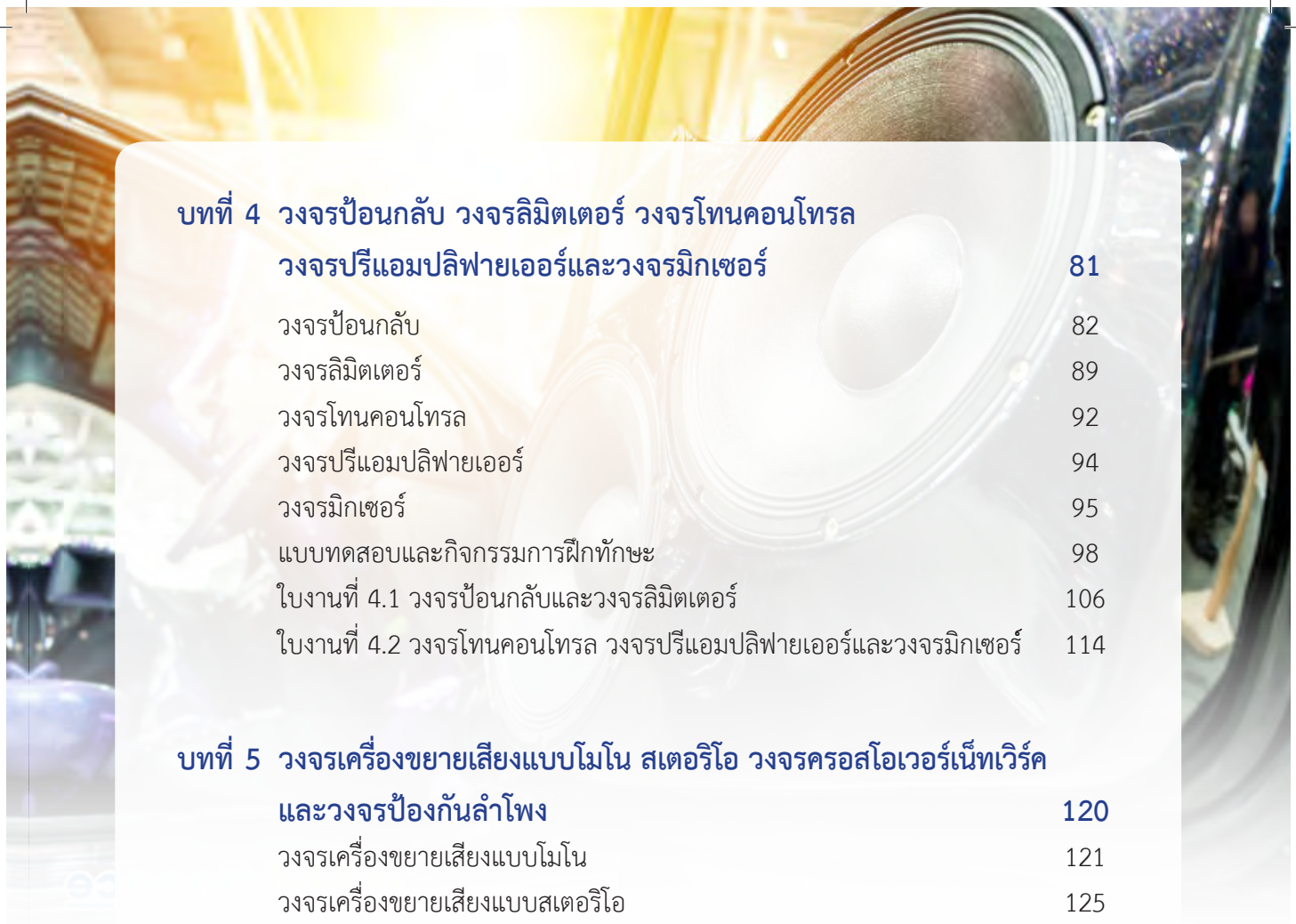
สัญญาณเสียง 2
บล็อกไดอะแกรมของเครื่องขยายเสียง 5
คลาสของวงจรขยายเสียง 7
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 17
ใบงานที่ 1.1 วงจรขยายเสียงคลาส A 21

บทที่ 2 วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย วงจรขยายแรงดันไฟฟ้า และวงจรกลับเฟส 24

วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย 25
วงจรขยายแรงดันไฟฟ้า 31
วงจรกลับเฟส 33
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 36
ใบงานที่ 2.1 วงจรเพาเวอร์ซัพพลายชุดเดียว 40
ใบงานที่ 2.2 วงจรขยายแรงดันไฟฟ้า 43
ใบงานที่ 2.3 วงจรกลับเฟสที่ใช้ขยายสัญญาณเสียงจากไมโครโฟน 45

บทที่ 3 วงจรขยายกำลังและวงจรขยาย แบบไดเร็กคับปลิง 48

บทนำ 49
วงจรขยายกำลังแบบ OT 49
วงจรขยายกำลังแบบ OTL 53
วงจรขยายกำลังแบบ OCL 57
วงจรขยายกำลังแบบไดเร็กคับปลิง 61
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 64
ใบงานที่ 3.1 วงจรขยายกำลังแบบ OTL 12 W 69
ใบงานที่ 3.2 วงจรขยายกำลังแบบ OCL 14 W 73
ใบงานที่ 3.3 วงจรขยายแบบไดเร็กคับปลิง 77



บทที่ 4 วงจรป้อนกลับ วงจรลิมิตเตอร์ วงจรโทนคอนโทรล วงจรปรีแอมปลิฟายเออร์และวงจรมิกเซอร์ **81**

วงจรป้อนกลับ 82
วงจรลิมิตเตอร์ 89
วงจรโทนคอนโทรล 92
วงจรปรีแอมปลิฟายเออร์ 94
วงจรมิกเซอร์ 95
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 98
ใบงานที่ 4.1 วงจรป้อนกลับและวงจรลิมิตเตอร์ 106
ใบงานที่ 4.2 วงจรโทนคอนโทรล วงจรปรีแอมปลิฟายเออร์และวงจรมิกเซอร์ 114

บทที่ 5 วงจรเครื่องขยายเสียงแบบโมโน สเตอริโอ วงจรครอสโอเวอร์เน็ทเวิร์ค และวงจรป้องกันลำโพง **120**

วงจรเครื่องขยายเสียงแบบโมโน 121
วงจรเครื่องขยายเสียงแบบสเตอริโอ 125
วงจรครอสโอเวอร์เน็ทเวิร์ค 128
วงจรป้องกันลำโพง 131
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 135
ใบงานที่ 5.1 วงจรเครื่องขยายเสียงแบบโมโนและวงจรเครื่องขยายเสียงแบบสเตอริโอ 142
ใบงานที่ 5.2 วงจรครอสโอเวอร์เน็ทเวิร์ค 2 ทาง แบบแพสซีฟ 150
ใบงานที่ 5.3 วงจรป้องกันลำโพง 152

บทที่ 6 อุปกรณ์ประกอบเครื่องขยายเสียง **155**

ไมโครโฟน 156
ไมโครโฟนแบบไร้สายและหลักการทำงาน 159
ลำโพง 163
การต่อวงจรของลำโพง 169
สายสัญญาณ ปลั๊กและแจ๊ค 175

แมตชิงทรานส์ฟอร์เมอร์ 181
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 184
ใบงานที่ 6.1 การต่อลำโพง 188
ใบงานที่ 6.2 ระบบเสียงตามสาย ใช้แมตชิงทรานส์ฟอร์เมอร์ 3 ชุด 191

บทที่ 7 การสร้างและทดสอบเครื่องขยายเสียง 192
การประกอบ ทดสอบ และปรับแต่งวงจรเครื่องขยายเสียง 193
การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรและอุปกรณ์เครื่องเสียง 197
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 203
ใบงานที่ 7.1 การสร้างและทดสอบวงจรภาคขยายกำลัง ใช้ไอซี TDA2030 206

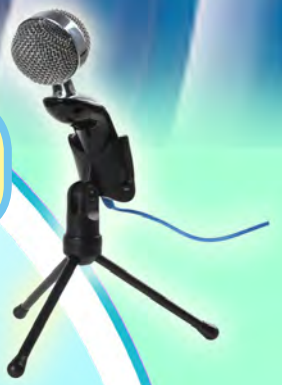
บทที่ 8 หลักการบันทึกเสียงบนแถบเทปและซีดีและการต่อเครื่องขยายเสียงกับระบบอื่น ๆ 211
หลักการบันทึกเสียงบนแถบเทป 212
เครื่องเล่นคอมแพคดิสก์ 214
การต่อเครื่องขยายเสียงกับระบบอื่น ๆ 218
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 221
ใบงานที่ 8.1 การบำรุงรักษา เครื่องเล่นเทปคาสเซตและเครื่องเล่นคอมแพคดิสก์ 224
ใบงานที่ 8.2 การต่อเครื่องขยายเสียงกลางแจ้งชุดเล็ก 225

บรรณานุกรม 226

บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องขยายเสียง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)
หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักศึกษาจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายสัญญาณเสียงรูปคลื่นไซน์และสัญญาณดิจิทัล
2. อธิบายบล็อกไดอะแกรมของเครื่องขยายเสียงชนิดเหมือนจริงใกล้เคียงกับธรรมชาติ
3. เขียนบล็อกไดอะแกรมของวงจรภาคขยายกำลัง
4. จำแนกคลาสของวงจรขยายเสียง
5. อธิบายหลักการทำงานของวงจรขยายเสียงคลาส A
6. สรุปหลักการทำงานวงจรขยายเสียงคลาส B
7. เขียนกราฟการทำงานของสัญญาณเสียงอินพุตและสัญญาณเสียงเอาต์พุตของวงจรขยายเสียงคลาส AB
8. สรุปวิธีการนำวงจรขยายเสียงคลาส C ไปใช้ในงานวิทยุสื่อสารและโทรคมนาคม
9. อธิบายบล็อกไดอะแกรมของวงจรขยายเสียงคลาส D



บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องขยายเสียง

สัญญาณเสียง

เสียง (Sound) เกิดจากโมเลกุลของอากาศถูกรบกวนด้วยระบบการเคลื่อนไหวที่เกิดจากการสั่นของวัตถุ เช่น เมื่อนำช้อนตีไปที่ขวดแก้วจะทำให้ขวดแก้วเกิดสั่นขึ้นมา ซึ่งการสั่นของขวดแก้วจะเกิดการเคลื่อนตัวกลับไปกลับมาในอัตราที่แน่นอน เรียกว่า **ความถี่ของการสั่น (Frequency of Vibration)** ซึ่งรูปที่ 1.1 แสดงรูปคลื่นการสั่นของขวดแก้ว

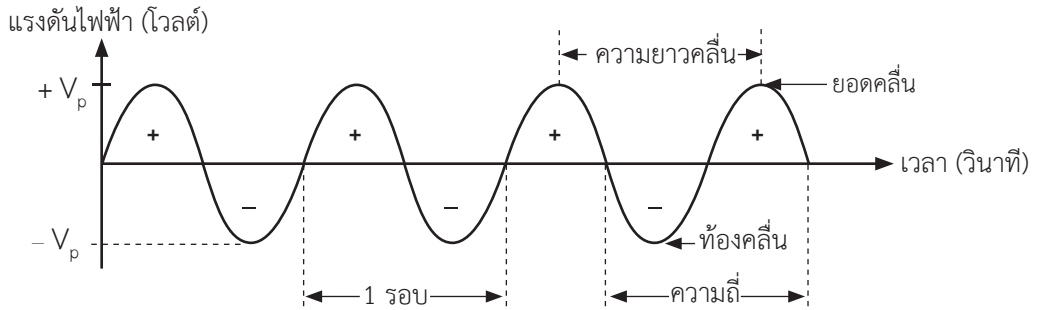
รูปที่ 1.1 การสั่นของขวดแก้ว

จากรูปที่ 1.1 แสดงการสั่นของขวดแก้ว ในตอนแรกที่นำช้อนตีกับขวดแก้วจะทำให้ความแรงของสัญญาณมีมาก เมื่อเวลาผ่านไปจะทำให้ความแรงของสัญญาณต่ำลงเรื่อย ๆ จนเป็นศูนย์

ระบบประสาทสัมผัสการรับฟังเสียงของมนุษย์จะรับฟังคลื่นเสียงในรูปความดังและคลื่นความถี่เสียง โดยแบ่งลักษณะการรับฟังตามแหล่งกำเนิดเสียงคือ เสียงคนพูด (Voice) มีความถี่เสียงระหว่าง 20 Hz ถึง 4 kHz ในขณะที่เสียงดนตรี (Music) มีความถี่ระหว่าง 20 Hz ถึง 15 kHz เป็นต้น

สัญญาณเสียงที่เป็นรูปคลื่นไซน์

การเปลี่ยนคลื่นสัญญาณเสียงให้เป็นคลื่นสัญญาณไฟฟ้าทำหน้าที่โดยไมโครโฟน (Microphone) ซึ่งความดังของสัญญาณเสียงเป็นระดับของแรงดันไฟฟ้า ดังนั้น คลื่นเสียงจึงแสดงเป็นคลื่นความถี่ ของคลื่นไฟฟ้ามีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hertz, Hz) แสดงในรูปที่ 1.2 ซึ่งเป็นรูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1.2 รูปคลื่นเสียงที่เป็นคลื่นไซน์ (Sine Wave)

1. **รอบ** หมายถึง รอบคลื่นที่เกิดการเคลื่อนที่ในช่วงเฟสบวก 1 ครั้ง และช่วงลบอีก 1 ครั้ง เป็นการเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบ

2. **ความยาวคลื่น** หมายถึง ระยะห่างของท้องคลื่นลูกหนึ่งกับท้องคลื่นอีกลูกหนึ่ง (ความยาวคลื่นช่วงเฟสลบ) หรือระยะห่างจากยอดคลื่นลูกหนึ่งกับยอดคลื่นอีกลูกหนึ่ง (ความยาวคลื่นช่วงเฟสบวก)

3. **ความแรงของสัญญาณเสียง** หมายถึง ความดังของเสียงที่ได้จากปริมาณแรงดันไฟฟ้า โดยที่แรงดันไฟฟ้าสูงสุดช่วงบวก เรียกว่า **โวลต์พีคบวก (Positive Peak Voltage, +Vp)** แรงดันไฟฟ้าสูงสุดช่วงลบ เรียกว่า **โวลต์พีคลบ (Negative Peak Voltage, -Vp)** ดังนั้น ความดังของเสียงจะมากขึ้นก็ต่อเมื่อปริมาณแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณเสียงมากขึ้น และความดังของเสียงจะลดลงก็ต่อเมื่อปริมาณแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณเสียงมีค่าลดลง

4. **ความถี่** หมายถึง ค่าความเร็วรอบ 1 ลูกคลื่น ที่คลื่นเสียงเกิดเคลื่อนตัวในเวลา 1 วินาที

ความถี่ (Frequency, F) = $\frac{1}{T}$, T คือ เวลา (Time)

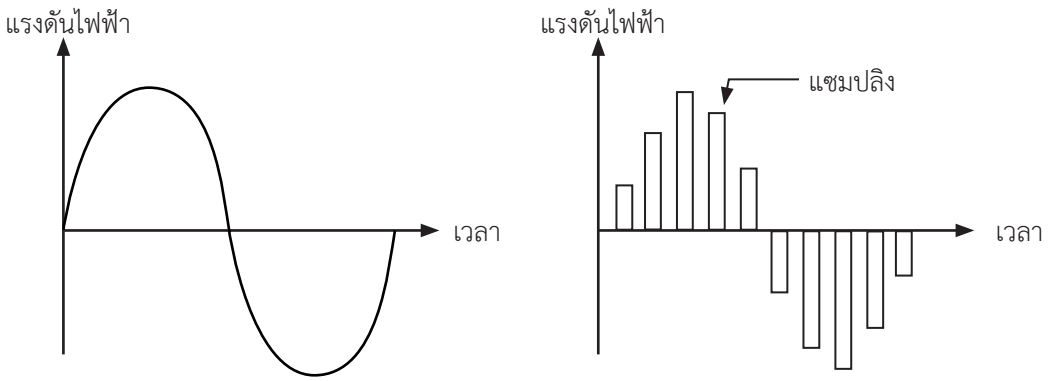
ดังนั้น ความถี่ของคลื่นเสียงจะสูงขึ้นก็ต่อเมื่อคาบเวลาที่ได้มีค่าน้อยลงและความถี่ของคลื่นเสียงจะลดลงก็ต่อเมื่อคาบเวลาที่ได้มีค่ามากขึ้น

อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้กลับมาเป็นสัญญาณเสียง จะต้องนำสัญญาณไฟฟ้าผ่านออกไปที่ลำโพงก็จะทำให้เราได้ยินเสียง ซึ่งสัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปสัญญาณไฟฟ้านี้เรียกว่า **สัญญาณแอนะล็อก (Analog)**

สัญญาณเสียงแบบแอนะล็อกเป็นสัญญาณเสียงดั้งเดิมถูกใช้มาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และมีข้อเสียคือ มีความผิดเพี้ยน (Distortion) และสัญญาณเกิดการรบกวนสูง เพื่อทำให้ความผิดเพี้ยนของสัญญาณมีค่าต่ำลง ในอนาคตจึงจำเป็นต้องใช้สัญญาณเสียงแบบดิจิทัล (Digital Signal) เข้ามาแทนในระบบ

สัญญาณเสียงดิจิทัล

ลักษณะการทำงานของระบบเสียงดิจิทัล เมื่อเปลี่ยนคลื่นสัญญาณเสียงเป็นคลื่นไฟฟ้า (สัญญาณแอนะล็อก) แล้วจะทำการเปลี่ยนรหัส (Code) สัญญาณเสียงดิจิทัลอีกครั้ง จากนั้น จึงขยายสัญญาณผ่านไปที่ระบบต่าง ๆ เมื่อต้องการฟังเสียงระบบก็จะเปลี่ยนสัญญาณเสียงดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกอีกครั้ง แล้วส่งผ่านออกไปที่ลำโพงเพื่อเปลี่ยนเป็นคลื่นเสียงต่อไป



(ก) สัญญาณเสียงแบบแอนะล็อก (ข) สัญญาณเสียงแบบดิจิทัล

รูปที่ 1.3 การเปลี่ยนสัญญาณเสียงแบบแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

การเปลี่ยนสัญญาณเสียงแบบแอนะล็อกเป็นสัญญาณเสียงแบบดิจิทัล แสดงในรูปที่ 1.3 มีวิธีการ คือแบ่งสัญญาณเสียงออกเป็นส่วน ๆ เรียกว่า **แซมปลิง (Sampling)** หรือสุ่มตัวอย่าง ความถี่ในการแซมปลิง (Sampling Frequency) จะกำหนดไว้ที่ประมาณ 2 เท่า ของความถี่เสียงที่ใช้งาน เช่น แถบความถี่กว้างของเสียงพูดจากมนุษย์ (Voice Bandwidth) ที่มีค่า 4 kHz จะทำให้ความถี่ในการแซมปลิงมีค่าเท่ากับ 8 kHz และแถบความถี่กว้างของเสียงดนตรี (Music Bandwidth) ที่มีค่า 15 kHz จะทำให้เกิดความถี่ในการแซมปลิงประมาณ 32 kHz เป็นต้น

ระดับความดังเสียงจะแบ่งการอ่านค่าออกเป็นระดับเสียงมาตรฐานของระบบเสียงดิจิทัล คือ ระบบเสียง 8 บิต เท่ากับ 256 ระดับ (2^8 = 256) และระบบเสียง 16 บิต เท่ากับ 65,536 ระดับ (2^{16} = 65,536) ซึ่งการกำหนดระดับเสียงมากระดับจะทำให้การเปลี่ยนสัญญาณเสียงดิจิทัลกลับมาเป็นสัญญาณเสียงแบบแอนะล็อกจะมีสัญญาณเสียงเหมือนต้นฉบับเดิมทุกประการ

บล็อกไดอะแกรมของเครื่องขยายเสียง

เครื่องขยายเสียง (Amplifier) มีรูปแบบหลากหลายถูกใช้งานในบ้าน รถยนต์ งานกลางแจ้ง เป็นต้น ซึ่งเครื่องขยายเสียงที่ดีมีประสิทธิผลจะต้องเกิดสัญญาณรบกวนต่ำที่สุด ตอบสนองต่อความถี่เสียงระหว่าง 20 Hz ถึง 20 kHz ได้ดีที่สุด และเปอร์เซนต์ความผิดเพี้ยนจะต้องน้อยที่สุดด้วย ซึ่งบล็อกไดอะแกรมของเครื่องขยายเสียง มีดังนี้

บล็อกไดอะแกรมของระบบเสียงเหมือนจริงใกล้เคียงกับธรรมชาติ

รูปที่ 1.4 ระบบเสียงเหมือนจริงใกล้เคียงกับธรรมชาติ

ระบบเสียงเหมือนจริงใกล้เคียงกับธรรมชาติ เรียกว่า **ระบบเสียงไฮ - ไฟ** ซึ่ง ไฮ-ไฟ มาจากคำว่า High Fidelity แสดงในรูป 1.4 มีรายละเอียดดังนี้

1. อินพุต (Input) หมายถึง สัญญาณเสียงที่เข้ามาในระบบเสียง เช่น ไมโครโฟน เทป คอมแพกต์ดิสก์ (Compact Dise, CD) จูนเนอร์ (Tunner) จากเครื่องรับวิทยุ AM/FM เป็นต้น ซึ่งสัญญาณอินพุตที่เข้ามานั้นจะต้องมีความแรงของสัญญาณที่ได้มาตรฐานและเกิดความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด

2. ปรีแอมปลิฟายเออร์ (Preamplifier) หมายถึง เครื่องขยายเสียงส่วนหน้าหรือเครื่องขยายเสียงตอนต้น ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงทางด้านอินพุตให้มีความแรงของสัญญาณให้มีค่าสูงขึ้น โดยสัญญาณเสียงที่ถูกขยายจะต้องปราศจากสัญญาณรบกวนและเกิดความผิดเพี้ยนของสัญญาณน้อยที่สุด

3. โทนคอนโทรล (Tone Control) หมายถึง ภาคควบคุมปรับแต่งเสียงทุ้ม (Bass) กับเสียงแหลม (Treble) เพื่อเพิ่มอรรถรสในการฟังเสียงให้ดียิ่งขึ้น โทนคอนโทรล มี 2 ชนิด คือ แอกทีฟ โทนคอนโทรล (Active Tone Control) กับ แพสซีฟ โทนคอนโทรล (Passive Tone Control)

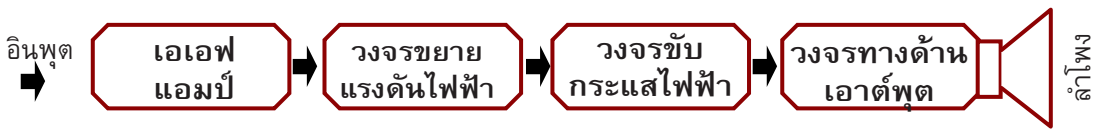
แอกทีฟ โทนคอนโทรล (Active Tone Control) ใช้อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์หรือไอซี ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงต่อร่วมกับอุปกรณ์ตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุไฟฟ้า ช่วยทำให้อัตราขยายแรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น นิยมใช้มากในปัจจุบัน

แพสซีฟ โทนคอนโทรล (Passive Tone Control) ใช้อุปกรณ์ตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุไฟฟ้า ทำหน้าที่แบ่งแยกความถี่เสียงให้กับระบบ

4. วงจรขยายกำลัง (Power Amplifier) หมายถึง วงจรขยายเสียงที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงให้มีความแรงสูงสุด โดยปราศจากความผิดเพี้ยนของสัญญาณ จากนั้นจึงนำสัญญาณเสียงที่ขยายได้ส่งออกไปที่ลำโพงทำให้เราได้ยินเสียง

บล็อกไดอะแกรมของระบบเสียงจากภาคขยายกำลัง

บล็อกไดอะแกรมจากภาคขยายกำลัง แสดงในรูปที่ 1.5 อธิบายรายละเอียดได้ดังนี้



รูปที่ 1.5 ระบบเสียงจากภาคขยายกำลัง

1. วงจรภาคขยายกำลังมีรูปแบบที่หลากหลาย เช่น วงจรขยายกำลังชนิด OT, OTL, OCL เป็นต้น ซึ่งวงจรขยายกำลังอาจใช้ไฟฟ้าเลี้ยงชุดเดียวหรือใช้ไฟฟ้าเลี้ยงสองชุดก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบเสียงเป็นสำคัญ

2. เอเอฟ แอมป์ มาจากคำว่า AF Amplifier เป็นวงจรขยายทางด้านหน้า นิยมใช้วงจรขยายความแตกต่าง (Differrential Amplifier) ทำหน้าที่ปรับตั้งกระแสไฟฟ้าในวงจรให้ถูกต้องเสมอ โดยจะต้องขยายสัญญาณอย่างไม่ผิดเพี้ยนหรือสัญญาณเกิดการผิดเพี้ยนน้อยที่สุด และต้องตอบสนองต่อความถี่เสียงในช่วง 20 Hz ถึง 20 kHz ได้เป็นอย่างดีมีมาตรฐาน

3. วงจรขยายแรงดันไฟฟ้า (Voltage Amplifier Circuit) เรียกว่า **วงจรขยายก่อนขับกระแสไฟฟ้า** ทำหน้าที่ขยายแรงดันไฟฟ้าจากภาคเอเอฟ แอมป์ ให้มีความแรงของสัญญาณสูงขึ้น และจะต้องปรับตั้งค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรให้ถูกต้องตลอดเวลา

4. ภาคขับกระแสไฟฟ้า (Current Driver) เป็นวงจรขับกระแสไฟฟ้าทางด้านเฟสบวกและเฟสลบให้กับวงจรขยายทางด้านเอาต์พุต โดยเกิดความผิดเพี้ยนต่ำที่สุด

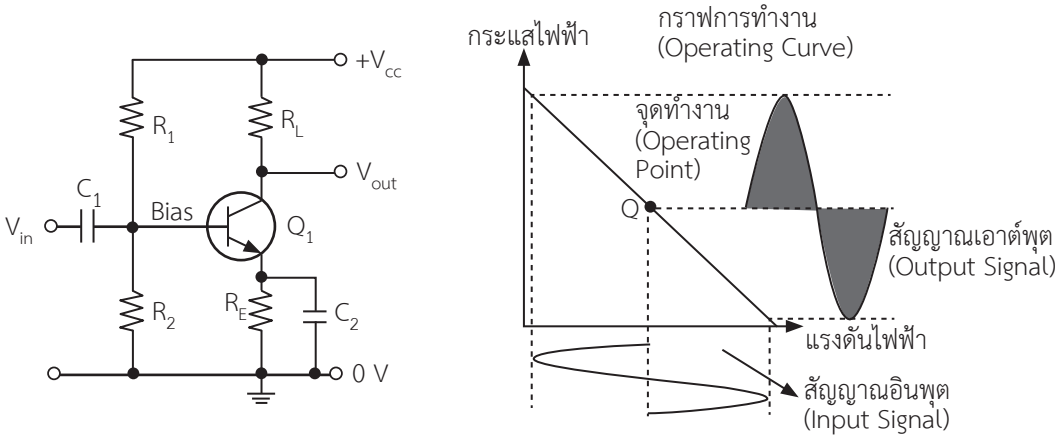
5. วงจรทางด้านเอาต์พุต (Output) เป็นวงจรทำหน้าที่ขยายสัญญาณในรูปของกระแสไฟฟ้าให้สัญญาณเกิดความแรงสูงสุดมีทั้งวงจรขยายเสียงเฟสบวก และวงจรขยายสัญญาณเสียงเฟสลบ ซึ่งวงจรทางด้านเอาต์พุตอาจเลือกใช้ทรานซิสเตอร์กำลัง มอสเฟตกำลัง เป็นต้น

คลาสของวงจรขยายเสียง

คลาสของวงจรขยายเสียง (Class of Amplifier Circuit) หมายถึง ระดับชั้นของการขยายเสียงที่สามารถขับกระแสไฟฟ้าส่งผ่านลำโพงออกไปได้สูงสุด โดยเกิดความผิดเพี้ยนต่ำที่สุดประกอบด้วยคลาสต่าง ๆ ดังนี้

วงจรขยายเสียงคลาส A

วงจรขยายเสียงคลาส A (Class A Amplifier) คือ วงจรขยายเชิงเส้น โดยกำหนดจุดทำงาน (Q-Point) ที่จุดกึ่งกลางของเส้นโหลด (Load Line) แสดงในรูปที่ 1.6 มีรายละเอียดดังนี้



(ก) วงจรขยายคลาส A (ข) กราฟการทำงานของสัญญาณเสียง

รูปที่ 1.6 *วงจรขยายเสียงคลาส A*

1. วงจรขยายคลาส A ใช้ทรานซิสเตอร์ 1 ตัว ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงจัดเป็นคอมมอน อิมิตเตอร์ (Common Emitter) ซึ่งกำหนดขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์เป็นจุดร่วมสัญญาณระหว่างสัญญาณอินพุต V_{in} กับสัญญาณเอาต์พุต V_{out} โดยวงจรนี้จะทำงานเป็นวงจรขยายเชิงเส้นในกรณีที่สัญญาณอินพุตที่เข้ามามีระดับต่ำ

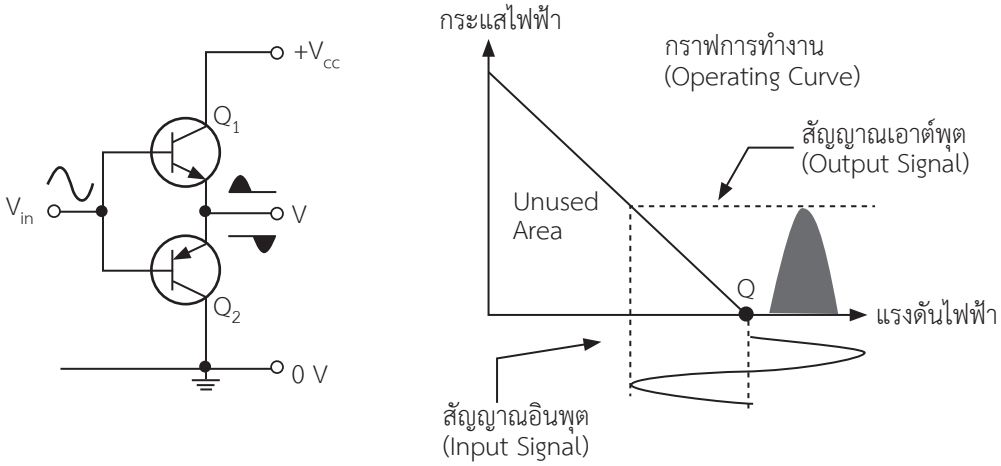
2. ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะขยายอินพุตตลอดทั้ง 1 ไซเกิล (Cycle) จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 ทำงานตลอดเวลาถึงแม้ว่าจะไม่มีสัญญาณอินพุตเข้ามาก็ตาม ส่งผลให้ประสิทธิภาพของวงจรต่ำลง

3. ตัวต้านทาน R_1 กับ R_2 ทำหน้าที่ไบแอส (Bias) แบบแบ่งแรงดันไฟฟ้า ขณะที่ R_L ทำหน้าที่เป็นโหลดให้กับระบบ และ R_E กับ C_2 กำหนดเสถียรภาพการไบแอสอย่างเหมาะสมและถูกต้อง

4. เมื่อสัญญาณอินพุตที่เป็นเฟสลบป้อนเข้ามาที่ระบบ ส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 ทำงานได้น้อยลง แรงดันไฟฟ้าทางขาคอลเล็กเตอร์ของ Q_1 จึงสูงขึ้น ทำให้สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากการขยายเป็นเฟสบวก และเมื่อสัญญาณอินพุตที่เป็นเฟสบวกป้อนเข้ามาที่ระบบ ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 ทำงานได้มากขึ้น ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าทางขาคอลเล็กเตอร์ของ Q_1 มีค่าลดลง Q_1 จึงขยายสัญญาณเสียงออกไปเป็นเฟสลบและจะหมุนวนสลับอย่างนี้เรื่อยไปตลอดเวลา

วงจรขยายเสียงคลาส B

วงจรขยายเสียงคลาส B (Class B Amplifier) คือวงจรขยายกำลังที่กำหนดจุดทำงาน (Q – Point) อยู่ที่จุดคัต – ออฟ (Cut – off) พอดี แสดงในรูปที่ 1.7 มีรายละเอียดดังนี้



(ก) วงจรขยายคลาส B (ข) กราฟการทำงานของสัญญาณเสียง

รูปที่ 1.7 วงจรขยายเสียงคลาส B

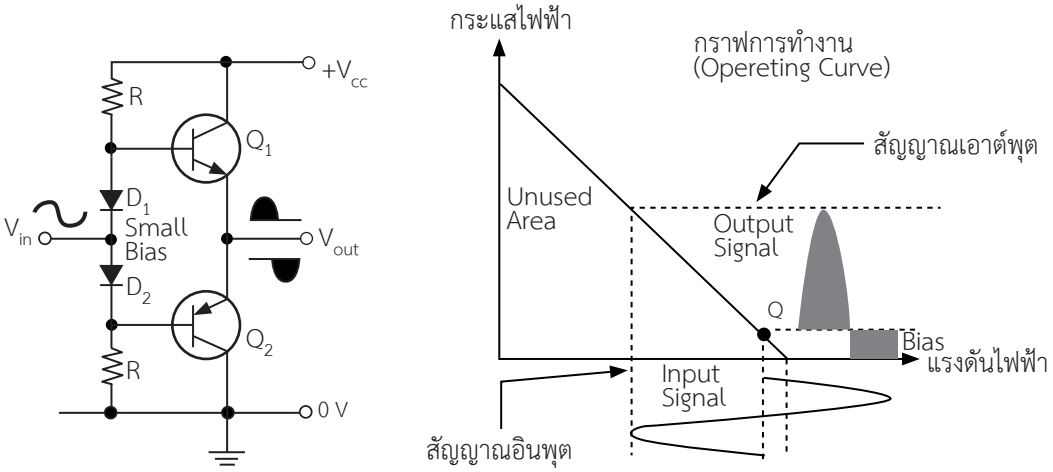
1. วงจรขยายเสียงคลาส B ใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ทำงานร่วมกัน (Q_1 และ Q_2) โดยทรานซิสเตอร์แต่ละตัวจะผลัดกันทำงานครั้งละครึ่งไซเกิล จึงเรียกว่า **วงจรขยายแบบพุช – พูล (Push – Pull Amplifier)**

2. เมื่อวงจรอยู่ในสภาวะอยู่นิ่งหรือไม่มีสัญญาณอินพุตป้อนเข้ามาที่ระบบ ทำให้วงจรขยายคลาส B นี้ ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน กำลังงานสูญเสียที่ทรานซิสเตอร์ทั้งสองก็จะลดลง โดยทรานซิสเตอร์แต่ละตัวจะขยายสัญญาณเพียงครึ่งคาบสัญญาณ (Half Cycle) ส่วนอีกครึ่งไซเกิลก็จะไม่ถูกขยายสัญญาณ

3. เมื่อสัญญาณอินพุตเฟสบวกป้อนเข้ามาที่วงจรขยายคลาส B ณ เวลานี้ ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 ทำงานได้มากขึ้น ส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ Q_2 หยุดทำงาน ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้ Q_1 ขยายสัญญาณเสียงออกไปเป็นเฟสบวก ในทำนองตรงกันข้ามเมื่อสัญญาณอินพุตเฟสลบป้อนเข้ามาที่ระบบ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 หยุดทำงานส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ Q_2 ทำงานได้มากขึ้น Q_2 จึงขยายสัญญาณเสียงออกไปเป็นเฟสลบ

วงจรขยายเสียงคลาส AB

วงจรขยายเสียงคลาส AB (Class AB Amplifier) คือวงจรขยายกำลังที่กำหนดจุดทำงาน (Q – Point) เหนือจุดคัต – ออฟเพียงเล็กน้อย แสดงในรูปที่ 1.8 มีรายละเอียดดังนี้



(ก) วงจรขยายคลาส AB (ข) กราฟการทำงานของสัญญาณเสียง

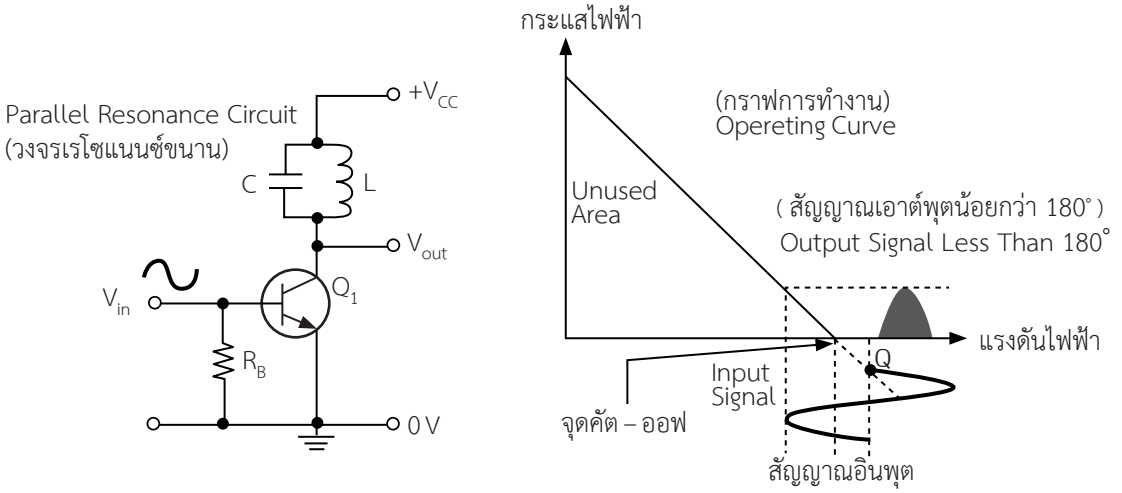
รูปที่ 1.8 วงจรขยายเสียงคลาส AB

1. วงจรขยายเสียงคลาส B จะเกิดการผิดเพี้ยนของสัญญาณเอาต์พุตบริเวณรอยต่อของสัญญาณเสียงเฟสบวกและเฟสลบ เนื่องจากสัญญาณเสียงเฟสบวกจะต้องมีค่ามากกว่า หรือเท่ากับ 0.7 V จึงจะได้สัญญาณเอาต์พุตออกมา (แรงดันไฟฟ้าขนาด 0.7 V คือ แรงดันไฟฟ้าไบแอสเบสกับอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ที่ทำหน้าที่ขยายเสียงเฟสบวก) และสัญญาณเสียงเฟสลบจะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ –0.7 V จึงจะได้สัญญาณเอาต์พุตออกมา (แรงดันไฟฟ้าขนาด –0.7 V คือ แรงดันไฟฟ้าไบแอสเบสกับอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ ชนิด PNP ที่ทำหน้าที่ขยายเสียงเฟสลบ) ดังนั้น สัญญาณเสียงในช่วงแรงดันไฟฟ้า +0.7 V ถึง –0.7 V ก็จะไม่มีสัญญาณเอาต์พุต ทำให้สัญญาณเอาต์พุตเกิดการผิดเพี้ยนขึ้น เรียกว่า **ครอสโอเวอร์ ดิสทอร์ชัน (Crossover Distortion)**

2. วงจรขยายเสียงคลาส AB จึงเข้ามาแก้ปัญหาให้กับวงจรขยายเสียงคลาส B นั่นคือ ใช้ทรานซิสเตอร์ Q_1 กับ Q_2 (Q_1 ขยายเสียงเฟสบวก Q_2 ขยายเสียงเฟสลบ) ให้มีการทำงานอยู่ระหว่างคลาส A กับคลาส B โดยจุดทำงานของคลาส AB จะอยู่เหนือกว่าคลาส B ประมาณ 0.7 V สังเกตได้จากมีการนำไดโอด D_1 กับ D_2 มาทำหน้าที่ไบแอสขนาดเล็ก (Small Bias) ให้กับทรานซิสเตอร์ Q_1 กับ Q_2 ดังกล่าว

วงจรขยายเสียงคลาส C

วงจรขยายเสียงคลาส C (Class C Amplifier) คือ วงจรขยายกำลังที่กำหนดจุดทำงาน (Q – Point) ต่ำกว่าจุดคัต – ออฟ แสดงในรูปที่ 1.9 มีรายละเอียดดังนี้



(ก) วงจรขยายคลาส C (ข) กราฟการทำงานของสัญญาณเสียง

รูปที่ 1.9 วงจรขยายเสียงคลาส C

1. วงจรขยายเสียงคลาส C เหมาะกับการขยายสัญญาณที่ต้องการกำลังงานสูงๆ มากกว่าต้องการความเที่ยงตรงของสัญญาณ (ไม่สามารถนำมาทำเป็นวงจรขยายเสียงได้) เช่น วงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุ FM ที่ต้องการส่งออกอากาศไปได้ไกล เป็นต้น

2. กรณีที่ไม่มีสัญญาณเสียงอินพุตป้อนเข้ามาที่ระบบ ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะหยุดทำงาน ระบบของวงจรจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อสัญญาณอินพุตมีความแรงมากพอที่จะทำให้ขาเบสของ Q_1 ได้รับไบแอสตรง Q_1 ก็จะขยายสัญญาณออกมาได้เพียงซีกเดียว ซึ่งสัญญาณเอาต์พุตดังกล่าว จะน้อยกว่า 180 องศา

วงจรขยายเสียงคลาส D

วงจรขยายเสียงคลาส D (Class D Amphifier) โดยทั่วไปจะนำสัญญาณเสียงรูปคลื่นไซน์มาเปรียบเทียบกับสัญญาณพัลส์ (Pulse Signal) จากนั้นจึงนำสัญญาณพัลส์ที่ถูกขยายได้มาผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ (Low Pass Filtre) แล้วจึงได้สัญญาณเสียงแบบแอนะล็อกส่งผ่านออกไปที่ลำโพง ซึ่งบล็อกไดอะแกรมของวงจรขยายเสียงคลาส D แสดงในรูปที่ 1.10 มีรายละเอียดดังนี้