

การทำเครื่องขยายเสียงหลอดสูญญากาศ

จัดทำโดย

กองบริการการศึกษา กรมยุทธศึกษาทหารเรือ



จัดทำโดย

แผนกผลิตสื่อผสม

แผนกซ่อมบำรุง กบศ.ยศ.ทร.

ประวัติความเป็นมา

กรมยุทธศึกษาทหารเรือ มีหน้าที่ อำนวยการ ประสานงาน แนะนำ กำกับการ และดำเนินการ เกี่ยวกับการฝึกหัดศึกษาและตำรา การอนุศาสนาจารย์ งานประวัติศาสตร์และพิพิธภัณฑ์ทหาร การศึกษา วิเคราะห์ จัดทำ และประเมินยุทธศาสตร์และกำหนดหลักนิยมของกองทัพเรือ ตลอดจน การฝึก การศึกษาวิชาการทหารเรือ และวิทยาการที่เกี่ยวข้องของสถานศึกษาในบังคับบัญชา และสถานศึกษาในกำกับ มีเจ้ากรมยุทธศึกษาทหารเรือ เป็นผู้บังคับบัญชารับผิดชอบ

วิสัยทัศน์ : “เป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ ก้าวทันเทคโนโลยี จัดการศึกษาที่มีคุณภาพตามมาตรฐานสากล เป็นที่ปรึกษาทางวิชาการ ที่เชื่อถือได้ และเป็นเลิศทางด้านกิจการทางทะเล เป็นต้นแบบในความเป็นมืออาชีพ

กองบริการการศึกษา กรมยุทธศึกษาทหารเรือ (กบศ.ยศ.ทร.)

ตามพระราชกฤษฎีกาแบ่งส่วนราชการกำหนดหน้าที่ของส่วนราชการ กองทัพเรือ กองทัพไทยกระทรวงกลาโหม พ.ศ. ๒๕๕๒ ราชกิจจานุเบกษา เมื่อ ๓๐ มีนาคม ๒๕๕๒ โดยให้สถาบันวิชาการทหารเรือชั้นสูง ปรับยุบรวมกับ กรมยุทธศึกษาทหารเรือ นั้น กองเครื่องช่วยการศึกษา ยศ.ทร. ซึ่งเป็นหน่วยขึ้นตรง ยศ.ทร.เดิม ปรับยุบรวมกับ กองวิชาการ ยศ.ทร. จำนวน ๓ แผนก ได้แก่ แผนกกรรมวิธีข้อมูล แผนกผลิต และแผนกครั้งตำรา ของ กสน.สรส. อีก ๒ แผนก ได้แก่ แผนกผลิตตำราและเอกสาร และแผนกเครื่องช่วยการศึกษา รวมเป็นหน่วยใหม่ คือ กองบริการการศึกษา กรมยุทธศึกษาทหารเรือ มีสถานที่ตั้งอยู่ ๒ แห่ง คือ พื้นที่กรุงเทพมหานคร ตั้งอยู่ บ้านเลขที่ ๒ ซอยวังเดิม ๓ ถนนวังเดิม แขวง วัดอรุณ เขต บางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร อีกส่วนหนึ่งอยู่ในพื้นที่ศาลายา ตั้งอยู่เลขที่ ๑๐๔ หมู่ ๕ ถนน ไทยาวาส ตำบล ศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม

กองบริการการศึกษา เป็นส่วนราชการระดับกอง อยู่ในการกำกับดูแลและบังคับบัญชาของ เจ้ากรมยุทธศึกษาทหารเรือ มีผู้บริหารสูงสุดคือ ผู้อำนวยการกองบริการการศึกษา ส่วน รองผู้อำนวยการกองบริการการศึกษา ไปกำกับดูแลพื้นที่ ศาลายา



การทำเครื่องขยายเสียงหลอดสุญญากาศ

วัตถุประสงค์

กองบริการการศึกษา กรมยุทธศึกษาทหารเรือ มีหน้าที่พิจารณากำหนดอัตราและความต้องการ การผลิต เก็บรักษา จัดหา ควบคุม ซ่อมบำรุง จำหน่าย และบริการพัสดุประเภทเครื่องช่วยการศึกษาและตำรา ให้แก่หน่วยต่างๆในกองทัพเรือ การบันทึกภาพต่างๆตามที่กองทัพเรือมอบหมาย การดำเนินการด้านสารสนเทศ การผลิตสื่อต่างๆ การเขียนประกาศนียบัตรและปริญญาบัตรให้แก่สถานศึกษาในบังคับบัญชาและในกำกับ

เครื่องขยายเสียงแบบหลอดสุญญากาศรุ่นเก่าๆที่ กบศ.ยศ.ทร.เคยจัดซื้อมาใช้งานตามหน่วยต่างๆของกองทัพเรือ ปัจจุบันได้ล้าสมัยและได้ทำการลុจจำหน่ายไปเกือบหมดแล้ว กองบริการการศึกษาได้เห็นคุณค่าของหลอดสุญญากาศว่ามันยังคงใช้ได้ไม่เสื่อมสภาพไปทั้งหมด จึงนำมาทำเป็นเครื่องขยายเสียงเพื่อการศึกษาและสนทนาการและเผยแพร่ให้กำลังพลได้รู้จักและอนุรักษ์ไว้สืบไป

สารบัญ

หน้า

๑. หลอดสูญญากาศคืออะไร	๑
๒.ทำไมหลอดสูญญากาศจึงน่าสนใจ	๑
๓.หลอดสูญญากาศชนิดต่างๆ	๓
๔.ขั้นตอนการทำแอมป์หลอดสูญญากาศ	๑๖

หลอดสูญญากาศคืออะไร

หลอดสูญญากาศคืออุปกรณ์ Active electronic ชนิดหนึ่งมีหน้าที่เพิ่มขยายสัญญาณไฟฟ้า เป็นพื้นฐานวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบอนาลอกที่ใช้กันมายาวนาน

ทำไมหลอดสูญญากาศจึงน่าสนใจ

หลอดสูญญากาศให้เสียงในโทนที่อบอุ่น นุ่มนวล เสียงร้องฉ่ำหวานละมียดละไมฟังแล้วลึนไหล ผ่อนคลาย แต่ในความเป็นจริงคือความเพี้ยนของสัญญาณ(Hamonic Distortion อย่างหนึ่งแต่ฟังแล้วไพเราะ นุ่มนวลเป็นที่ชื่นชอบของหลายๆคน เบสของหลอดสูญญากาศ นุ่มนวลแรงปะทะไม่มาก เสียงแหลงที่พริ้วละเอียดปลายเสียงไม่คมฟังสบายหูและฟังได้นานๆ สรุปสี่เหตุผลที่เรายังชอบหลอดสูญญากาศ

1.หลอดสูญญากาศมีวงจรที่เรียบง่าย ทนทาน อุปกรณ์น้อยชิ้น ทางเดินสัญญาณสั้น

2.หลอดสูญญากาศสามารถรองรับภาระเกินกำลังได้อย่างราบรื่น สัญญาณดนตรีมีช่วงไดนามิกที่กว้างในภาคขยายเสียงที่ใช้หลอดสูญญากาศเมื่อถูกขับจนเต็มกำลังการคลิบของยอดคลื่นเสียงจะเกิดขึ้นอย่างนุ่มนวลค่อยเป็นค่อยไปโดยมี Hamonic ตามลำดับเลขคู่ในระดับต่ำ พฤติกรรมเหล่านี้ทำให้เสียงของแอมป์หลอดสูญญากาศยังคงมีความน่าฟังอยู่บ้างแม้จะเกิดภาวะวิกฤติแตกต่างจากภาคขยายแบบโซลิตสเตทที่ในเวลาที่ถูกใช้งานจนเต็มกำลังแล้วจะสร้างความเพี้ยนเป็น Hamonic ลำดับเลขคี่ออกมา ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพเสียง ทำให้เกิดความหยาบกร้านระคายหู ดังนั้นแม้ว่าตัวเลขความเพี้ยนของแอมป์หลอดสูญญากาศมักปรากฏเป็นค่าตัวเลขที่สูงกว่า แต่ในความเป็นจริงแล้วเป็นความเพี้ยน Hamonic ในลำดับเลขคู่ที่ไม่ทำลายคุณภาพของเสียงมากเท่ากับความเพี้ยน Hamonic ลำดับเลขคี่ของแอมป์แบบโซลิตสเตท นอกจากนั้นที่ระดับกำลังสูงสุดความเพี้ยนที่เกิดขึ้นในแอมป์ลิตสเตทจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจนเกือบจะมีลักษณะคล้ายกับสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นสัญญาณไฟฟ้ามีองค์ประกอบของไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ในปริมาณมากและไฟฟ้ากระแสตรงเหล่านี้สามารถทำลายตัวขับของลำโพงได้

3.หลอดสูญญากาศมีความเป็นเชิงเส้นมากกว่าและฟังพาดการป้อนกลับลบที่ในระดับต่ำกว่า หลอดสูญญากาศเป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณประเภทขยายแรงดันไฟฟ้า แตกต่างจากโซลิตสเตทที่ทำหน้าที่ขยายกระแสไฟฟ้า ส่งผลให้หลอดสูญญากาศเป็นเทคโนโลยีที่มีความเป็นเชิงเส้น(คุณภาพเสียงไม่เปลี่ยนแม้จะเปิดดังหรือเบาในการขยายสัญญาณมากกว่า ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องฟังพาดการป้อนกลับลบในระดับต่ำกว่าโซลิตสเตท

การป้อนกลับแบบรวมคือการนำสัญญาณขาออกส่วนหนึ่งป้อนกลับมาที่สัญญาณขาเข้าด้วยเฟส สัญญาณที่ต่างกัน 180 องศา (กลับเฟสกันเพื่อใช้ประเมินเปรียบเทียบความแตกต่าง และแก้ไขความ ไม่เป็นเชิงเส้นและลดความเพี้ยน ทว่าการป้อนกลับในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้การตอบสนอง ของภาคขยายเสียงนั้นมีความหน่วงช้า ขณะเดียวกันก็ยังลดทอนความมีชีวิตชีวาและอารมณ์ร่วมใน เสียงดนตรีลงไปด้วย วงจรเสียงที่ใช้ในการป้อนกลับในปริมาณมากมักให้เสียงที่ปลอม น่าเบื่อ และ ไม่มีชีวิตชีวา ซึ่งเป็นตรงกันข้ามกับการใช้การป้อนกลับในปริมาณน้อยๆ อย่างไรก็ตามการใช้การ ป้อนกลับในปริมาณที่เหมาะสมก็มีข้อดีเช่นกัน เช่น ช่วยลดอิมพีแดนซ์ขาออกของวงจรขยายเสียง เพิ่มแอมป์แพคเตอร์ ทำให้วงจรขยายเสียงสามารถควบคุมลำโพงดีขึ้นโดยทั่วไปแล้วการป้อนกลับ ในระดับที่ไม่เกิน 20 ดีบี ถือว่าเป็นเรื่องที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งค่านี้เพียงพอสำหรับความเป็นเชิงเส้น ในภาคขยายเสียงที่ใช้หลอดสุญญากาศ แต่สำหรับภาคขยายเสียงที่เป็นแบบโซลิตสเตท โดยทั่วไปแล้ว จำเป็นต้องพึงพาการป้อนกลับในระดับที่สูงกว่า 50 ดีบีเพื่อให้ได้ความเป็นเชิงเส้น อย่างไรก็ตาม สำหรับวงจรขยายเสียงหลอดสุญญากาศที่เป็นแบบซิงเกิลเอนด์และไม่มีการป้อนกลับเลย เพื่อทำ ให้วงจรมีความเรียบง่ายมากที่สุด จะมีอิมพีแดนซ์ขาออกที่สูงมาก และเนื่องจากมีกระแสตรงปริมาณ มากปรากฏที่หม้อแปลงเอาต์พุต ทำให้หม้อแปลงเอาต์พุตที่ม้วนตัวได้ง่ายมาก ส่งผลให้ได้ภาคขยายเสียง ที่มีกำลังขับน้อยและมีช่วงตอบสนองความถี่ที่แคบมาก

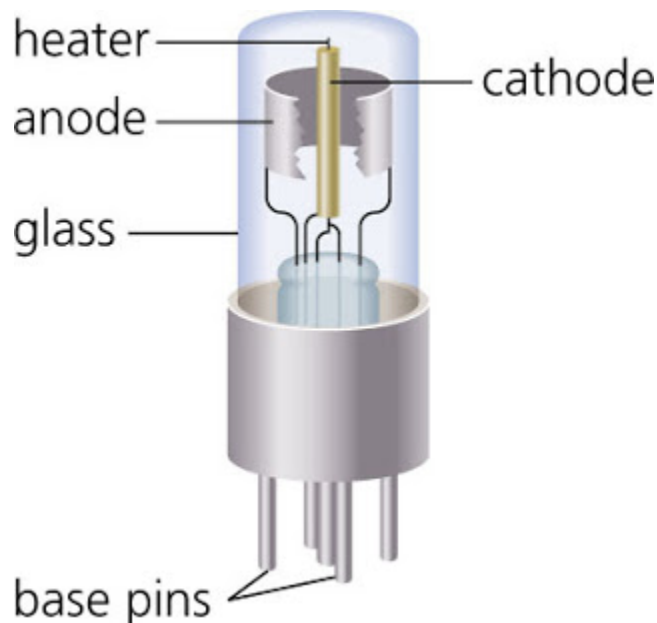
4. หลอดสุญญากาศกับเทคโนโลยีสมัยใหม่

ในปัจจุบันสำหรับเครื่องเสียงหลอดสุญญากาศสมัยใหม่ นอกจากจะมีการพัฒนาใช้งานหลอดยุค ใหม่ที่มีคุณภาพดีขึ้นแล้ว องค์ประกอบอื่นๆก็ยังพัฒนาตามกันไปด้วยเมื่อเทียบกับยุคก่อนหน้านี้เช่น ไดโอดเรกติไฟร์ที่เบ้โซลิตสเตท ตัวเก็บประจุอิเล็กโทรไลต์รุ่นใหม่ ๆมีส่วนช่วยให้เสียงมีความกระชับ แน่นมากขึ้นโดยเฉพาะในย่านความถี่ต่ำ วัสดุสมัยใหม่ที่นำมาทำเป็นฉนวนมีคุณภาพดีขึ้น สามารถ นำมาผลิตหม้อแปลงเอาต์พุตที่มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นมีการสูญเสียน้อยลง และตอบสนองความถี่ได้ กว้างขึ้น สามารถจ่ายกระแสให้กับลำโพงได้เต็มที่ ส่งผลให้เสียงที่ได้ดีขึ้นทั้งในด้านเสียงทุ้มที่มีน้ำหนัก ความกระชับแน่นมีรายละเอียดดีขึ้น ในย่านความถี่สูงสามารถทอดประกายเสียงได้อย่างอิสระมากขึ้น ในแอมป์หลอดสมัยใหม่บางรุ่นยังได้มีการนำเทคโนโลยีไมโครโปรเซสเซอร์มาช่วยปรับค่าไบอัสโดย อัตโนมัติ ตลอดจนการทำหน้าที่คอยควบคุมการทำงานของหลอด หรือแม้แต่คอยรายงานความ ผิดปกติต่างๆ ทำให้แอมป์หลอดสุญญากาศสมัยใหม่นอกจากจะเสียงดีขึ้นแล้วยัง user friendly มาก ขึ้นด้วย

หลอดสุญญากาศชนิดต่างๆ

1.หลอดไดโอด(Diode Tube

เป็นหลอดสุญญากาศแบบง่ายๆคือหลอดแบบ 2 ขั้วประกอบด้วยแคโทดเป็นพื้นผิวให้ความร้อนหรือไส้หลอด(filament และเพลทหรือแอโนดกระแสที่ไหลจะมากจะน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะห่างระหว่างเพลทและแคโทด



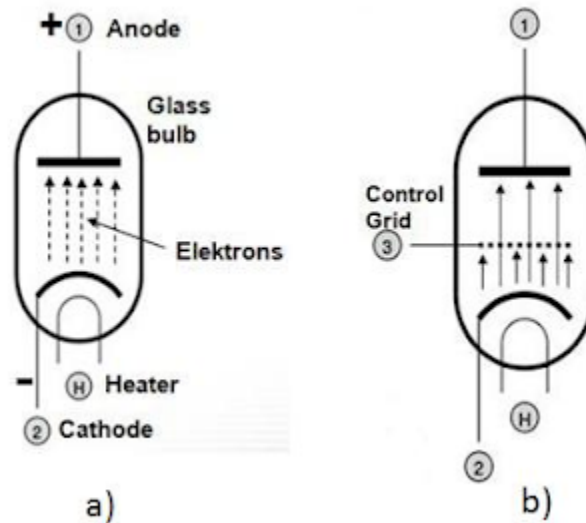
การใช้งานและประโยชน์ของหลอดไดโอด

ถ้าอุณหภูมิของความร้อนที่แคโทดสูงขึ้น กระแสจะเพิ่มขึ้นด้วย แต่ ณ จุดหนึ่งแม้ว่าจะเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น กระแสจะไม่เพิ่มขึ้นอีกต่อไป จุดนี้เรียกว่าจุดอิ่มตัว หรือ Saturation Point หลอดไดโอด มีประโยชน์หลากหลายในการทำหน้าที่เป็นหลอดเรียงกระแส (Rectifier) สำหรับแปลงไฟฟ้า

กระแสสลับ (Alternating Current) เป็นไฟกระแสตรงที่มีแรงดันสูง ๆ (High Voltage)

ถ้าอุณหภูมิของความร้อนที่แคโทดสูงขึ้น กระแสจะเพิ่มขึ้นด้วย แต่ ณ จุดหนึ่งแม้ว่าจะเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น กระแสจะไม่เพิ่มขึ้นอีกต่อไป จุดนี้เรียกว่าจุดอิ่มตัว หรือ Saturation Point หลอดไดโอด มีประโยชน์หลากหลายในการทำหน้าที่เป็นหลอดเรียงกระแส (Rectifier) สำหรับแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) เป็นไฟกระแสตรงที่มีแรงดันสูง ๆ (High Voltage)

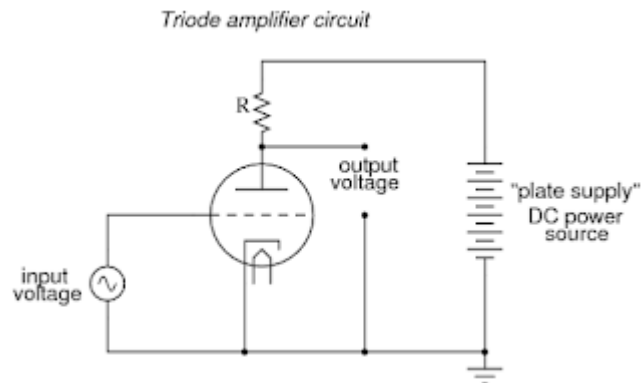
การทำงานของหลอด Diode



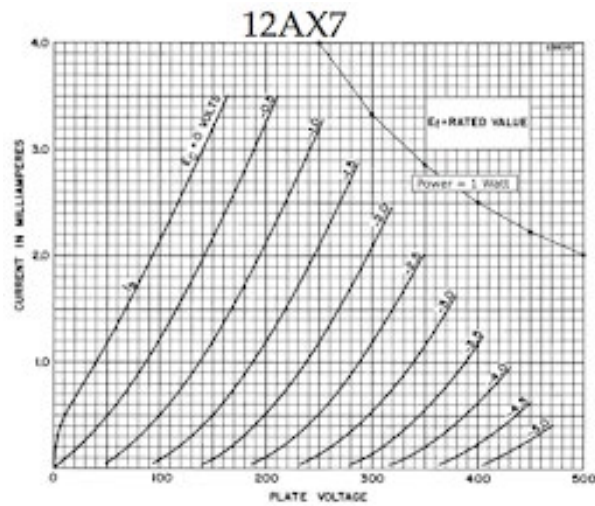
จากภาพด้านบน a) แสดงให้เห็นถึงหลอด Diode จะมีขั้วไฟฟ้า 3 ขั้ว คือ Anode Cathode และ Heater เมื่อเราจุดไส้หลอด Heater ให้ร้อน Heater จะไปเผาแผ่น Cathode ให้ร้อนด้วยเช่นกัน เมื่อ Cathode ร้อนจะทำให้เกิด Electron อิสระที่พร้อมจะหลุดออกมาจากตัว Cathode ดังที่กล่าวไปแล้วในเรื่องของ Edison Effect ข้างต้น และเมื่อเราใส่กระแสไฟขั้วบวกเข้าที่ Anode และขั้วลบเข้าที่ Cathode ทำให้ Electron ซึ่งเป็นขั้วลบ วิ่งเข้าหา Anode ซึ่งเป็นขั้วบวก ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอด ในทางกลับกันหากเรากลับขั้วใส่ไฟลบให้กับ Anode และให้ไฟบวกกับ Cathode จะไม่เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในหลอด

2.หลอด Triode

หลอดแบบต่อมาที่เราจะมาทำความเข้าใจกันคือหลอด Triode ซึ่งหลอดยอดนิยม 12AX7 นั้นก็เป็นหลอด Triode ประเภทหนึ่งจากภาพ b) เราจะเห็นว่าในหลอดสุญญากาศ มีขั้วไฟฟ้าเพิ่มมาอีก 1 ขั้ว มีชื่อว่า Grid มีลักษณะเป็นตะแกรง กั้นระหว่าง Anode และ Cathode

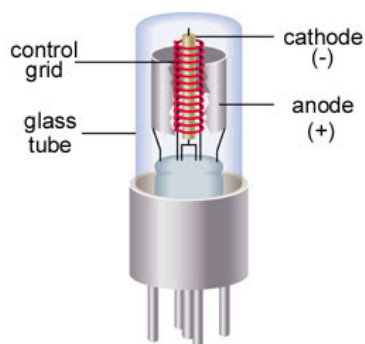


เมื่อเราใส่สัญญาณ Input ที่เป็น - เข้าไปความต่างศักย์ไฟฟ้า ของ Grid เทียบกับ Cathode เป็นบวกมากขึ้น ทำให้กระแสไฟไหลจาก Anode ไปยัง Cathode มากขึ้น ทำให้ศักย์ไฟฟ้าระหว่าง Anode และ Cathode ลดลง เกิดเป็นสัญญาณซีกลบเกิดขึ้นที่ Output และเมื่อถึงสัญญาณ Input ซีก + ความต่างศักย์ไฟฟ้า ของ Grid เทียบกับ Cathode เป็นลบมากขึ้น ทำให้กระแสไฟไหลจาก Anode ไปยัง Cathode ลดลง ทำให้ศักย์ไฟฟ้าระหว่าง Anode และ Cathode เพิ่มขึ้น เกิดเป็นสัญญาณซีกบวกเกิดขึ้นที่ Output จะเห็นได้ว่าการกลับเฟสของสัญญาณระหว่าง Output และ Input แต่ในความเป็นจริงแล้ววงจรลักษณะดังภาพยังไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากไม่มีวงจร Bias ที่จะทำให้หลอดทำงานได้ ซึ่งสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ทั่วไป ใน Google ปรากฏการณ์ดังกล่าว เราสามารถนำมา Plot เป็นกราฟการทำงานของหลอดสุญญากาศได้ตามด้านล่าง



จากกราฟ แกน Y แสดงให้เห็นถึง กระแสที่วิ่งผ่าน Anode ไปยัง Cathode แกน x คือแรงดันระหว่าง Anode และ Cathode เส้นกราฟแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน Grid กับ แรงดัน และกระแสระหว่าง Anode และ Cathode จะเห็นได้ว่าหลอดสูญญากาศ มีการทำงานที่เป็นเชิงเส้นแค่ในบางช่วงเท่านั้น นั่นหมายถึงเมื่อเราใช้งานหลอดสูญญากาศไปในเขตที่หลอดสูญญากาศที่ไม่ตอบสนองเป็นเชิงเส้น เสียงที่ใส่เข้าไป กับเสียงที่ได้ออกมา จะมีเสียงที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งนี่คือคุณลักษณะสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อเสียงที่เป็นลักษณะเฉพาะของหลอดสูญญากาศ และการไหลของอิเล็กตรอน จะเปลี่ยนไปตามค่าศักดาไฟฟ้าที่กริด ของหลอดไตรโอด ซึ่งหลอดแบบนี้จะมีขั้ว 3 ขั้วคือ

1. คาโทด
2. กริด
3. เฟลต หรือ แอโนด



3. หลอด Pentode

ในหลอดเพนโทดจะมีขากกริดที่สองจะเป็นประจุบวกถูกวางไว้ในสุญญากาศระหว่างกริดแรกกับแผ่นเพลต ระยะห่างของทั้งสองและจำนวนรอบของลวดคอยล์ที่สองจะมากกว่าลวดของ กริดแรก ขากกริดที่สองในเพนโทดนี้หรือเรียกอีกชื่อว่า electrostatic shield วางไว้ระหว่างกริดกับเพลต หรือบางทีก็เรียกว่า สกรีนกริด โดยมีหน้าที่ป้องกันสนามไฟฟ้าจากที่อื่นเข้ามาจนอิเล็กตรอนภายในหลอดขดลวดที่นำมาใช้ทำสกรีนกริดนี้จะเป็นแผ่นโลหะโดยจะหุ้มล้อมรอบแคโทด กริดและเพลตทั้งหมดเมื่ออิเล็กตรอนวิ่งเข้ามาอย่างรวดเร็วที่เพลตอาจจะชนกันอิเล็กตรอนตัวอื่นได้ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นหรือที่เรียกว่าการแพร่กระจายครั้งที่สอง ในหลอดไตรโอดอิเล็กตรอนที่เป็นอิสระจะหาทางไปยังเพลตได้เอง แต่ในเพนโทดอิเล็กตรอนจะต้องไหลผ่านสกรีน กริดที่เป็นประจุบวกด้วยแต่อิเล็กตรอนจะวิ่งไปในทิศทางที่ผิดและปรากฏการณ์นี้เองทำให้กระแสลดลงไป

จากปัญหาข้างต้นนั้นเมื่อกริดที่สามได้ถูกนำมาใช้เรียกว่า Suppressor grid กริดที่ปิดกั้น จะเป็นขดลวดอีกชนิดหนึ่ง โดยจะพันขดรอบสกรีนกริดอีกทีหนึ่งโดยเว้นระยะห่างไว้เล็กน้อย กริดที่สามนี้จะถูกเชื่อมทางไฟฟ้ากับแคโทด โดยใช้แรงดันร่วมกัน

ตั้งแต่กริดที่สามนี้ถูกนำมาใช้ที่แคโทดแผ่นเพลตจะมีประจุเป็นลบและจะคอยผลักอิเล็กตรอนอิสระให้กลับไปเพลต จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับหลอดอีกด้วยและยังมีการหุ้มป้องกันสัญญาณรบกวนจาก แคโทดไปถึงเพลตอีกด้วย

3.1 Pentode Characteristics

จากรูปที่ 1.4 แสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะของหลอดเพนโทด 6AU6 จากเส้นกราฟจะแตกต่างจากกราฟของไตรโอดโดยจะมีส่วนที่เพิ่มมานั่นก็คือค่าความเปลี่ยนแปลงที่ค่าแตกต่างกันออกไป

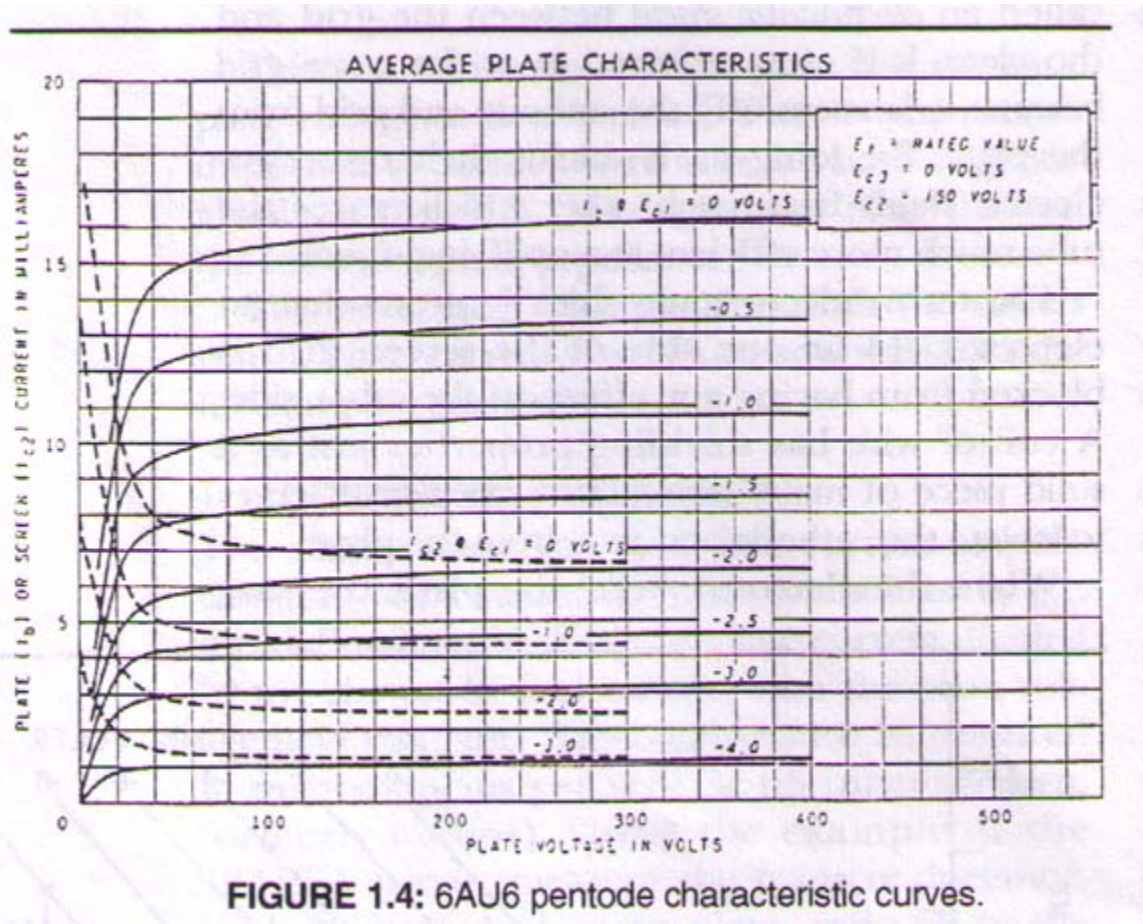


FIGURE 1.4: 6AU6 pentode characteristic curves.

จากรูปที่ 1.4 แสดงกราฟคุณลักษณะของหลอดเพนโทด 6AU6

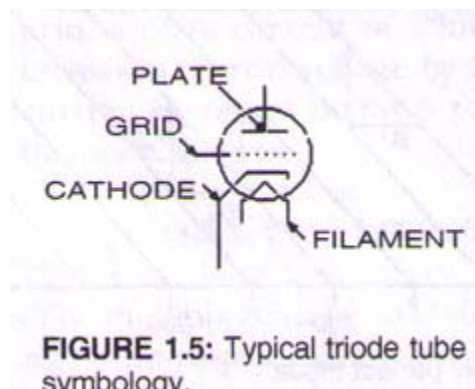
โดยส่วนมากแล้วส่วนสำคัญคือช่วงที่เส้นกราฟราบแบน จะบอกถึงขนาดของแรงดันที่สกรีนกริด แรงดันที่ต่างกันไปตามจุดต่างๆ ส่วนแรงดันที่เพลตจะมีการเปลี่ยนแปลงมาก่อนนี้แล้วทำให้กระแสที่เพลตเปลี่ยนแปลงตาม แรงดันที่เพิ่มขึ้นมากถึง 100V ส่งผลให้กระแสเพิ่มตามด้วย แรงดันที่เพลตจะไม่ค่อยมีผลโดยตรงกับกระแสที่เพลตมากเท่าไร แต่สกรีนกริดที่ครอบป้องกันสัญญาณกวนจากเพลตไปถึงแคโทดแล้วนั้นจะมีผลกระทบมากกว่า

ในความเป็นจริงแล้วแรงดันสกรีนกริดสามารถหาได้จากการคำนวณกระแสที่เพลตและแรงดันที่กริดเท่าไรก็ได้แต่แรงดันที่เพลตจะต้องมีค่ามากกว่าแรงที่สกรีนกริดด้วย

ในการคำนวณค่าไดนามิกอิมพีแดนซ์ของหลอดเพนโทรดดูจากกราฟจะเข้าใจยากกว่าการคำนวณ เพราะว่าเป็นการยากที่เราจะดูจากความชันของกราฟที่ราบแบนแบบนั้น ในการคำนวณ สมมุติให้ r_p ที่สัญญาณต่ำ(พลังงานต่ำเท่ากับ $1,000k\Omega$ ตรงนี้จะเห็นได้ว่ามากกว่าหลอดไทรโอดถึงหนึ่งร้อยเท่า แต่ค่า Transconductance ง่ายต่อการดูจากกราฟ ให้แรงดันที่เพลตเท่ากับ $200V$ แรงดันที่กริดเปลี่ยนจาก -1.5 เป็น -1.0 กระแสที่เพลตเพิ่มขึ้นอีก $2mA$ ค่า g_m จึงเท่ากับ $0.002A / 0.5A \times 1,000,000 = 4,000 S$ ซึ่งเพียงพอสำหรับไทรโอดมากแต่ก็ยังไม่มากถึงที่สุด ดังนั้นค่า Gain ที่ได้เพิ่มเข้ามานี้มาจากไหน จากการคำนวณตามสูตรเพื่อหาค่า Amplification Factor สำหรับหลอดเพนโทรดแล้วนั้นค่า Gain ที่ได้เพียงพอแล้วสำหรับการนำไปใช้ ส่วนหลอดเพนโทรดก็คล้ายกันกับหลอดเพนโทรดเพียงแต่ว่าไม่มีกริดที่สาม ความชันของกราฟจึงชันขึ้นมามากขึ้นและค่า factor จะลดลงโดยส่วนมากแล้วหลอดเพนโทรดจะถูกใช้เป็นหลอดเอาต์พุตซะส่วนมาก

3.2 Tube Capacitance

หลอดบางชนิดมีค่าอิมพีแดนซ์ที่สูงแต่สามารถนำมาใช้ในวงจรเครื่องเสียงได้นั้นเป็นเพราะหลอดมีค่าการเก็บประจุอยู่มีหน่วยเป็น pF ตัวเก็บประจุจะวางขนานกันกับแผ่นเพลตโลหะหรือเรียกว่า อิเล็กโทรด โดยจะแบ่งออกเป็นชั้นในแต่ละชั้นอาจจะเป็นแผ่นโพลีเอสเตอร์ หรือเป็นอากาศ หรือสุญญากาศก็ได้ ตามความเป็นจริงแล้วหลอดสุญญากาศที่มีแผ่นเพลตโลหะนั้นจะมีค่าตัวเก็บประจุแฝงอยู่ด้วยสำหรับหลอดไทรโอดจะมีค่าตัวเก็บประจุเกิดขึ้นระหว่างแผ่นเพลตกับแท่งแคโทด จากกริดถึงแคโทดและจากกริดถึงแผ่นเพลตด้วยเช่นเดียวกันตามรูปที่ 1.5 จะเป็นคู่ของตัวเก็บประจุระหว่างแคโทดกับไส้หลอดซึ่งจะทำหน้าที่เป็น factor สำหรับคลื่นความถี่วิทยุ

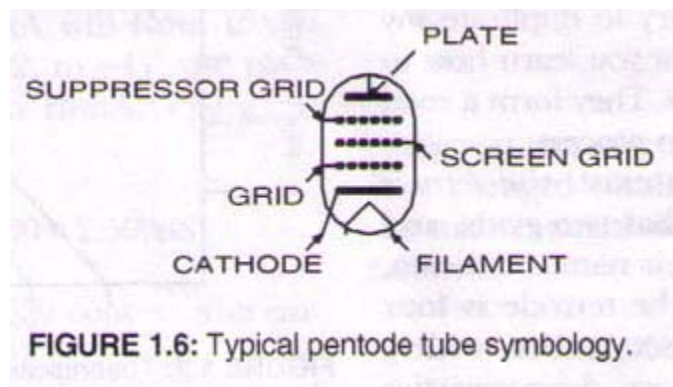


รูปที่ 1.5 แสดงสัญลักษณ์ของหลอด ไทรโอด

ค่าอิมพีแดนซ์ของตัวเก็บประจุจะปรับเปลี่ยนตามค่าความถี่ ที่ความถี่สูงจะมีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ การคำนวณค่าอิมพีแดนซ์สำหรับตัวเก็บประจุก็สามารถคำนวณได้ตามสูตรนี้

$$\text{Capacitive Impedance} = 1 / (6.28 \times f \times C)$$

ให้ f คือความถี่ C คือค่าความจุของของ Capacitor ค่าความเก็บประจุระหว่างกริดกับเพลตในเพนโทดจะคูณด้วย 100 ซึ่งจะต่ำกว่าในไตรโอด และยังมีการหุ้มป้องกันสัญญาณรบกวนที่สกรีนกริดอีกด้วย ดูได้จากรูปที่ 1.6 ค่าประสิทธิภาพของวงจรจะถูกอธิบายในบทความต่อไปครับ

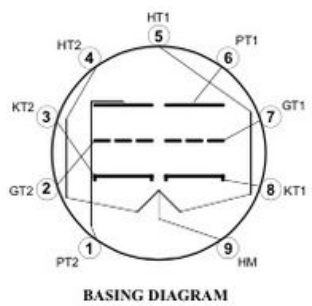
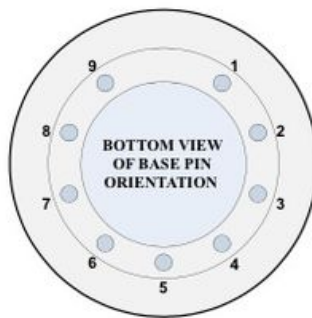
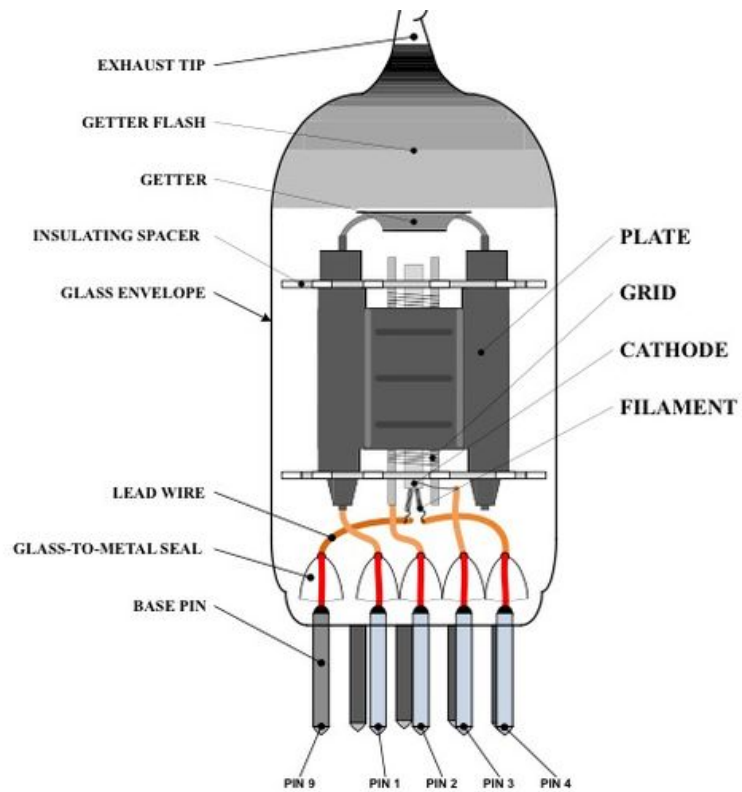


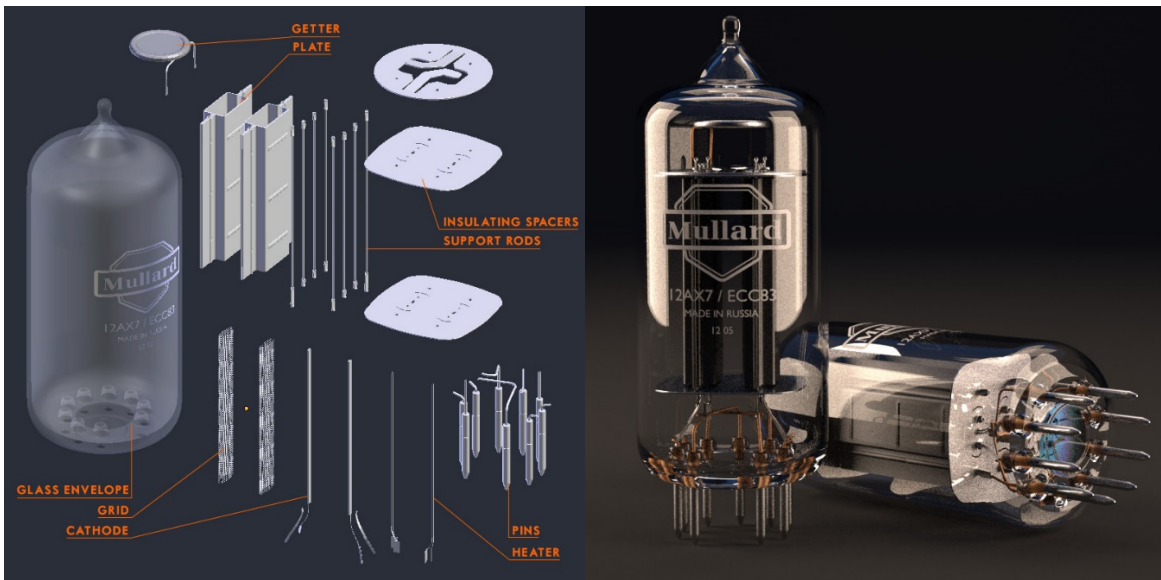
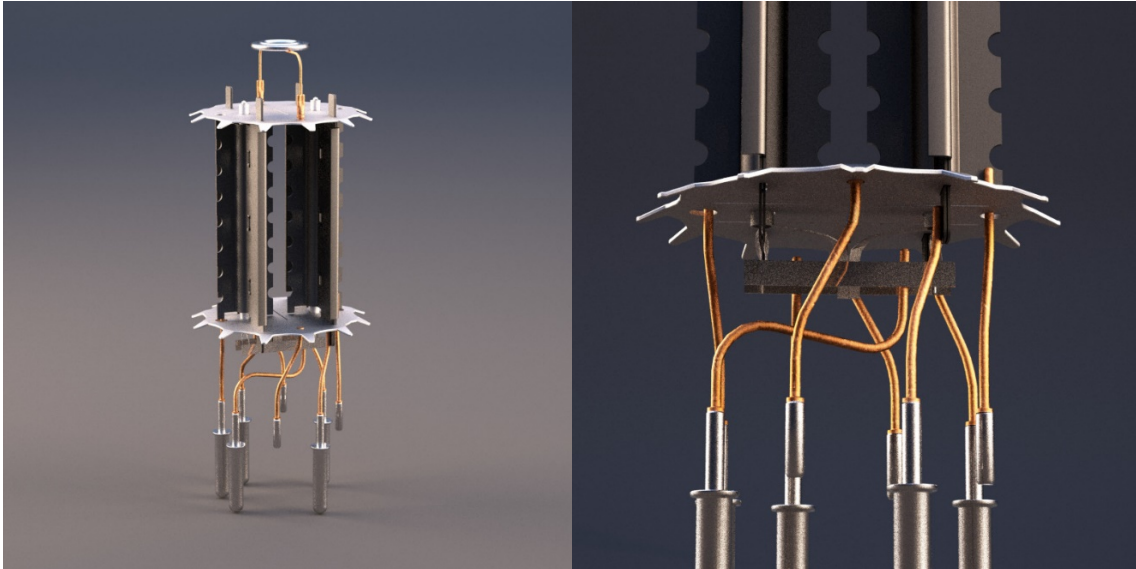
รูปที่ 1.6 แสดงสัญลักษณ์ของหลอด เพนโทด

หลอดประเภทต่างๆ

- 2 ขั้วเรียกว่า หลอด Diode
- 3 ขั้วเรียกว่า หลอด Triode
- 4 ขั้วเรียกว่า หลอด Pentode
- 5 ขั้วเรียกว่า หลอด Tretode
- 6 ขั้วเรียกว่า หลอด Hexode
- 7 ขั้วเรียกว่า หลอด Heptode
- 8 ขั้วเรียกว่า หลอด Octode

ตัวอย่างโครงสร้างของหลอด







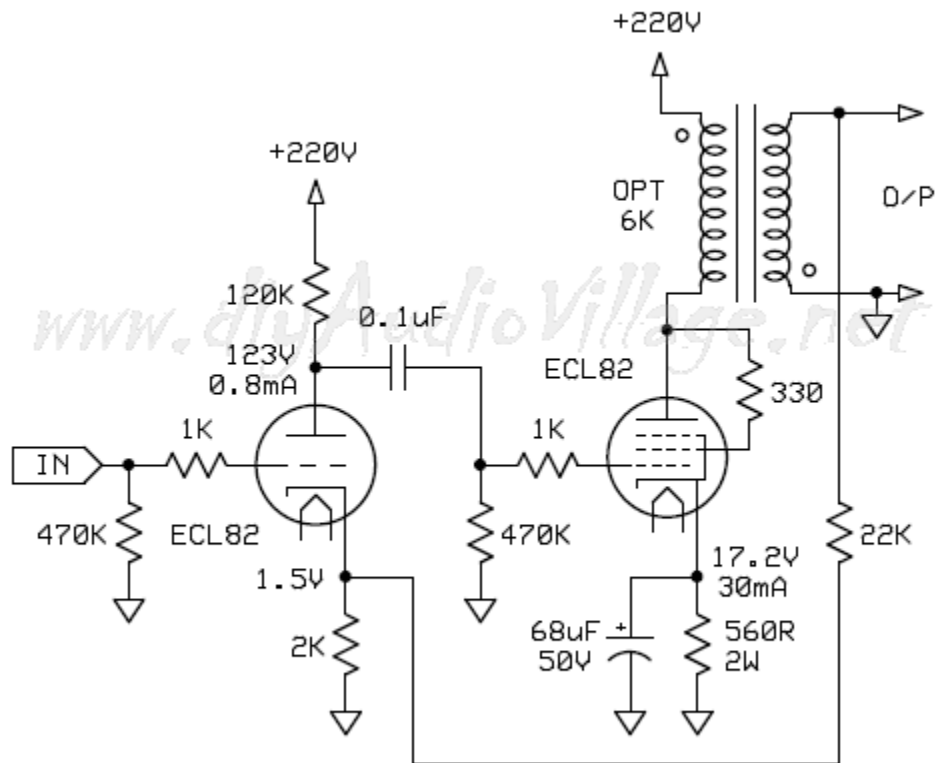


ขั้นตอนการทำแอมป์หลอดสุญญากาศ

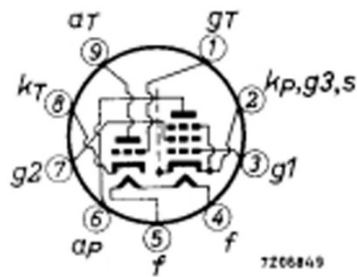
1. วงจร

วงจรสามารถหาได้ทั่วไปในอินเทอร์เน็ต เลือกวงจรที่เรามีหลอดอยู่เน้นทำง่ายไม่ยุ่งยาก อุปกรณ์น้อย
ขึ้น ในที่นี้เราเลือกวงจร ECL,PCL 82SE เมื่อได้วงจรมาแล้วก็จัดหาอุปกรณ์ตามวงจรที่ได้มา

(<http://www.diyaudiovillage.net/index.php>)



จากวงจรจะเห็นได้ว่า ใช้หลอด PCL-82 เพียงสองหลอด แต่ละหลอดแบ่งเป็น 2 ซีก ซีกหนึ่งTRIODE ทำหน้าที่เป็นปรี DRIVE ส่วนอีกรั้งซีกPENTODE ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ จากนั้นก็หาคุณลักษณะของหลอด(data cheet จากในอินเทอร์เน็ต <https://tubedata.tubes.se/sheets61.html>



- ขา1. *gT* กริด ซีก *triode*
- ขา2. *kp,g3* คาโทดเชื่อมกับกริด3 ซีก *pentode*
- ขา3. *g1* กริด1 ซีก *pentode*
- ขา4,5. *f* ไฟจุดไส้หลอด 16.0 v
- ขา6. *ap* เพลท ซีก *pentode*
- ขา7. *g2* กริด ซีก *pentode*
- ขา8. *kT* คาโทด ซีก *triode*
- ขา9. *aT* เพลท ซีก *triode*

การนับขาหลอดให้หันตูดหลอดเข้าหาตัว นับจากโกดไปตามเข็มนาฬิกาขาแรกคือขา1 แล้วนับวนตามเข็มนาฬิกาไปจนครบขา ขั้นตอนนี้ห้ามผิดเพราะจะเกิดความเสียหาย

TRIODE-OUTPUT PENTODE

The triode section is intended for use as frame oscillator and A.F. amplifier.
The pentode section is intended for use as frame output tube and A.F. power amplifier.

QUICK REFERENCE DATA			
<u>Triode section</u>			
Anode current	I_a	3.5	mA
Transconductance	S	2.2	mA/V
Amplification factor	μ	70	-
<u>Pentode section</u>			
Anode peak voltage	V_{ap}	max. 2.5	kV
Anode current	I_a	41	mA
Transconductance	S	7.5	mA/V
Amplification factor	$\mu_{g_2g_1}$	9.5	-
Output power	W_o	3.3	W

HEATING: Indirect by A.C. or D.C.; series supply

Heater current

I_f 300 mA

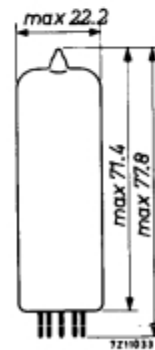
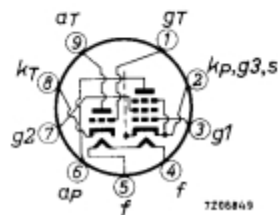
Heater voltage

V_f 16 V

DIMENSIONS AND CONNECTIONS

Dimensions in mm

Base: Noval



PCL 82		
CAPACITANCES		
<u>Triode section</u>		
Anode to all except grid	$C_{a(g)}$	4.3 pF
Grid to all except anode	$C_{g(a)}$	2.7 pF
Anode to grid	C_{ag}	4.4 pF
Grid to heater	C_{gf}	max. 0.02 pF
<u>Pentode section</u>		
Anode to all except grid No.1	$C_{a(g_1)}$	8.0 pF
Grid No.1 to all except anode	$C_{g_1(a)}$	9.3 pF
Anode to grid No.1	C_{ag_1}	max. 0.3 pF
Grid No.1 to heater	C_{g_1f}	max. 0.3 pF
<u>Between triode and pentode sections</u>		
Anode triode to grid No.1 pentode	C_{aTg_1P}	max. 0.02 pF
Grid triode to anode pentode	C_{gTaP}	max. 0.02 pF
Grid triode to grid No.1 pentode	C_{gTg_1P}	max. 0.025 pF
Anode triode to anode pentode	C_{aTaP}	max. 0.25 pF
TYPICAL CHARACTERISTICS		
<u>Triode section</u>		
Anode voltage	V_a	100 V
Grid voltage	V_g	0 V
Anode current	I_a	3.5 mA
Transconductance	S	2.2 mA/V
Amplification factor	μ	70 -
<u>Pentode section</u>		
Anode voltage	V_a	170 V
Grid No.2 voltage	V_{g_2}	170 V
Grid No.1 voltage	V_{g_1}	-11.5 V
Anode current	I_a	41 mA
Grid No.2 current	I_{g_2}	9 mA
Transconductance	S	7.5 mA/V
Amplification factor	$\mu_{g_2g_1}$	9.5 -
Internal resistance	R_i	16 k Ω
2		January 1970

จัดหาอุปกรณ์ตามที่ระบุไว้ในวงจรให้ครบ คำนวณการกินกระแสของแต่ละหลอด ไฟจุดไส้หลอดแต่ละหลอดใช้ไฟกี่โวลท์แอมป์ ตาม data sheet และวงจร หลังจากคำนวณไฟได้แล้วสั่งพิมพ์หม้อแปลง จ่ายไฟและหม้อแปลง output ซึ่งในวงจรแอมป์หลอดทุกเครื่องต้องมี ค่าความต้านทานจะเป็นแบบเฉพาะของแต่ละวงจร วงจรของเราใช้ค่า 6K เป็นต้น อุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำมี หัวแร้ง,มิเตอร์วัดไฟ เป็นต้น



2.แท่นเครื่อง

แท่นเครื่องก็ออกแบบตามใจชอบ เครื่องนี้ออกแบบและทำโดยหมวดประดิษฐ์กรรม แผนกผลิตสื่อผสม กบศ.ทร.มีส่วนประกอบดังนี้ พับแผ่นอลูมิเนียม ตามรูป ทำไม้ข้างแอมป์ ไม้แผ่นหน้า ไม้ยึดตัวซีเพื่อความสวยงามตามรูป



ทำไม้ข้างสองข้าง ไม้หน้าแอมป์ ไม้ยึดตัวซี ชัดด้วยกระดาษทราย เตรียมพ่นแลคเกอร์



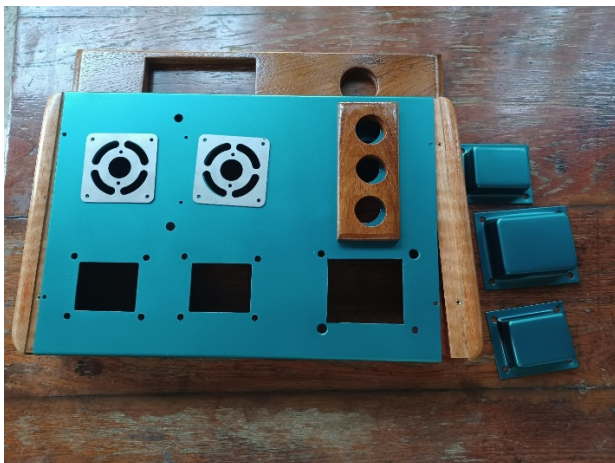
ก่อนพ่นสีและแลคเกอร์ก็ทำการประกอบดูว่าพอดีหรือไม่จะได้แก้ไขก่อนจะพ่นสี



ฟันแตกเกอร์ ฟันสืตัวเครื่อง เพื่อความสวยงาม



ประกอบแทนเครื่องใส่หม้อแปลง



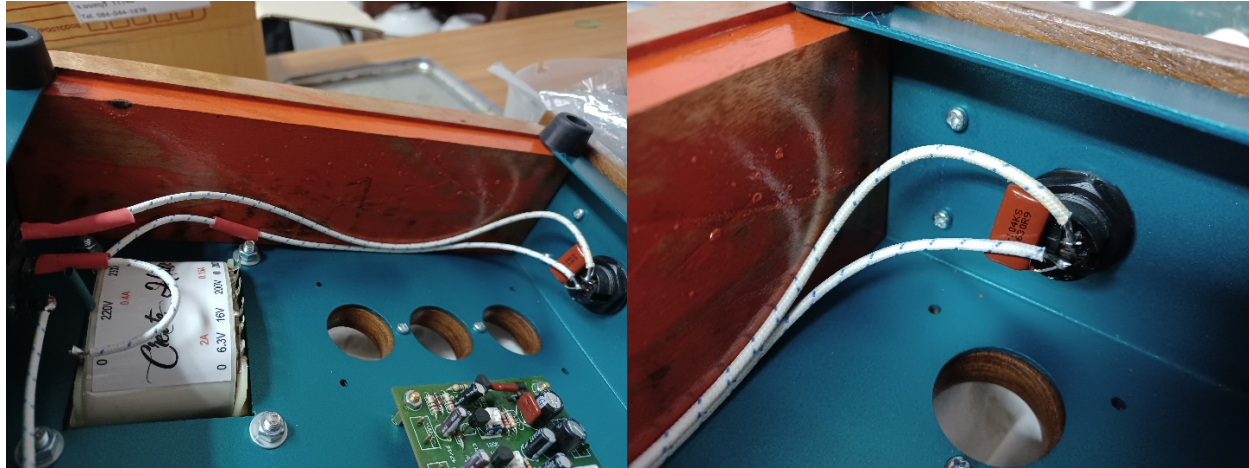


ประกอบใส่อุปกรณ์ที่จำเป็นตามที่ออกแบบไว้ตามรูป

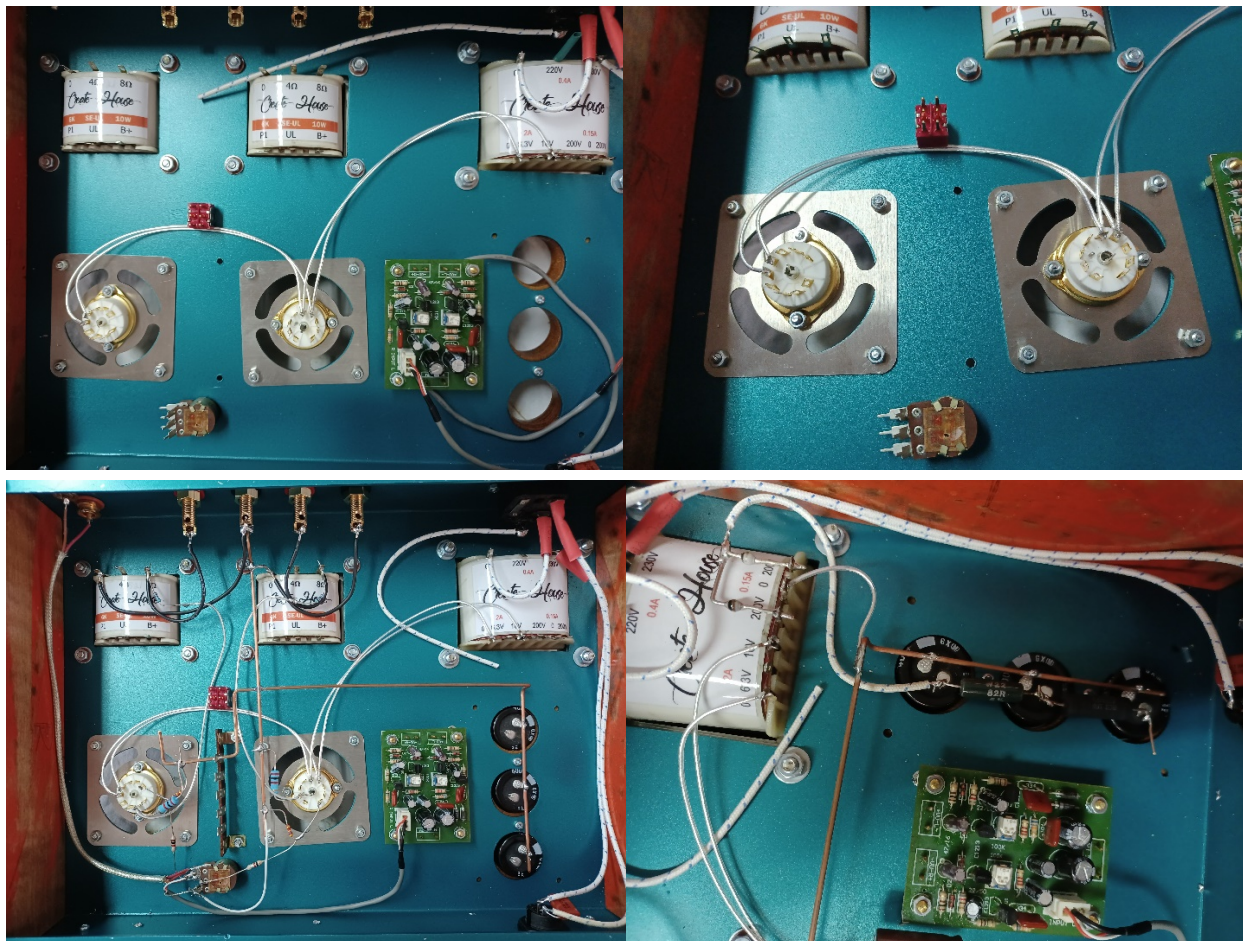


3.การทำในส่วนของวงจร(ไวรั้งสาย

ไวรั้งสายต่างๆ โดยเริ่มที่สายไฟเข้าเครื่อง ต่อผ่านฟิวส์ สวิตช์ปิดเปิด แล้วมาลงที่หม้อจ่ายไฟตามรูป



ต่อไฟจุดไส้หลอดและอุปกรณ์อื่นๆตามวงจรให้ครบถ้วน จัดความเป็นระเบียบให้สวยงามเท่าที่จะทำได้(วงจร VU เป็นวงจรสำเร็จนำมาใส่เริ่มความสวยงาม



เมื่อเรียบร้อยแล้วก็เสียบหลอดวัตไฟให้ได้ตามวงจรโดยใช้มิเตอร์วัดไฟตามจุดที่เขียนไว้ในวงจร ถ้าเราทำถูกต้อง อุปกรณ์ไม่เสียบต้องวัดไฟได้ตามวงจร



เมื่อเสร็จได้ไฟตามวงจรก็เปิดฟังเพลงเพราะๆ เพื่อสันทนการต่อไปครับ



