	<b>ใบงาน ที่ 3</b>	หน่วยที่ 3
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	สอนครั้งที่ 5 - 9
	รหัสวิชา 2105-2008 ชื่อวิชา เครื่องเสียง	รวมเวลา 15 ชั่วโมง
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์แอมป์		ใบงานรวม 13 หน้า

### สาระสำคัญของใบงาน

ใบงาน หน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์แอมป์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำความเข้าใจ สร้างและทดสอบ วงจรเพาเวอร์แอมป์แบบสเตอริโอ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอินทรีเกรตแอมพลิไฟเออร์ ขนาด 30 วัตต์ รุ่น 2016-L3 (หรือ 30W - Integrated Amp 2016-L3) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากเอาต์พุตของวงจรปริโตนักซัลดาตแบบสเตอริโอพร้อมปริโมโครโฟน รุ่น V2016-L3 (หรือ Baxandall Tone Ctrl - V2016-L3) เพื่อขับลำโพง โดยในการเรียนรู้นี้จะประกอบเป็นวงจรแยกย่อย เพื่อให้สะดวกในการศึกษาเรียนรู้ โดยเริ่มประกอบลง PCB จากวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคอินพุตเน้นศึกษาการจัดไบอัส และการขยายสัญญาณเอซีของวงจขยายแบบดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ (ใบงานที่ 3.2) จากนั้นประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคขยายแรงดันเน้นศึกษาการจัดไบอัสและผลของไดเรคต์คัปปลิงการปรับกระแส Idle (ใบงานที่ 3.3) จากนั้นประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคเอาต์พุต โดยจะยังไม่ต่อเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ปรับแรงดันเอาต์พุตให้ได้ศูนย์ แล้วจึงประกอบเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ทำการปรับกระแส Idle และตรวจสอบ/ปรับแรงดันเอาต์พุตให้ได้ศูนย์ (ใบงานที่ 3.4) ทดสอบการทำงานการขยายสัญญาณ การขับโหลด (ใบงานที่ 3.5) แบ่งออกเป็นใบงานย่อยได้ ดังนี้

ใบงานที่ 3.1 สร้าง PCB วงจรเพาเวอร์แอมป์

ใบงานที่ 3.2 ประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคอินพุตและวัดการทำงาน


ใบงานที่ 3.3 ประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคขยายแรงดัน วัดและทดสอบการทำงาน

ใบงานที่ 3.4 ประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ภาคเอาต์พุต วัดและปรับแต่งการทำงาน

ใบงานที่ 3.5 วัดและทดสอบคุณสมบัติของวงจรเพาเวอร์แอมป์

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม


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

	<b>ใบงาน ที่ 3</b>	หน่วยที่ 3
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	สอนครั้งที่ 5 - 9
	รหัสวิชา 2105-2008 ชื่อวิชา เครื่องเสียง	รวมเวลา 15 ชั่วโมง
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์แอมป์		ใบงานรวม 13 หน้า

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

#### **สมรรถนะ**

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

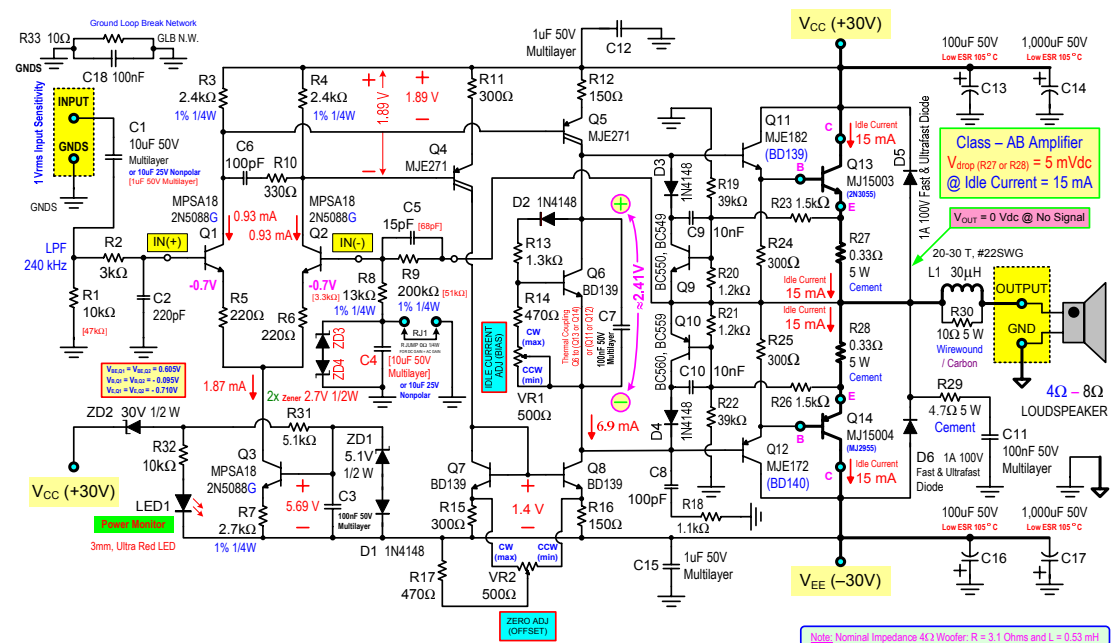
	<b>ใบงาน ที่ 3</b>	หน่วยที่ 3
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	สอนครั้งที่ 5 - 9
	รหัสวิชา 2105-2008 ชื่อวิชา เครื่องเสียง	รวมเวลา 15 ชั่วโมง
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์แอมป์		ใบงานรวม 13 หน้า

**ความรู้และข้อมูลเชิงปฏิบัติการ**

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

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

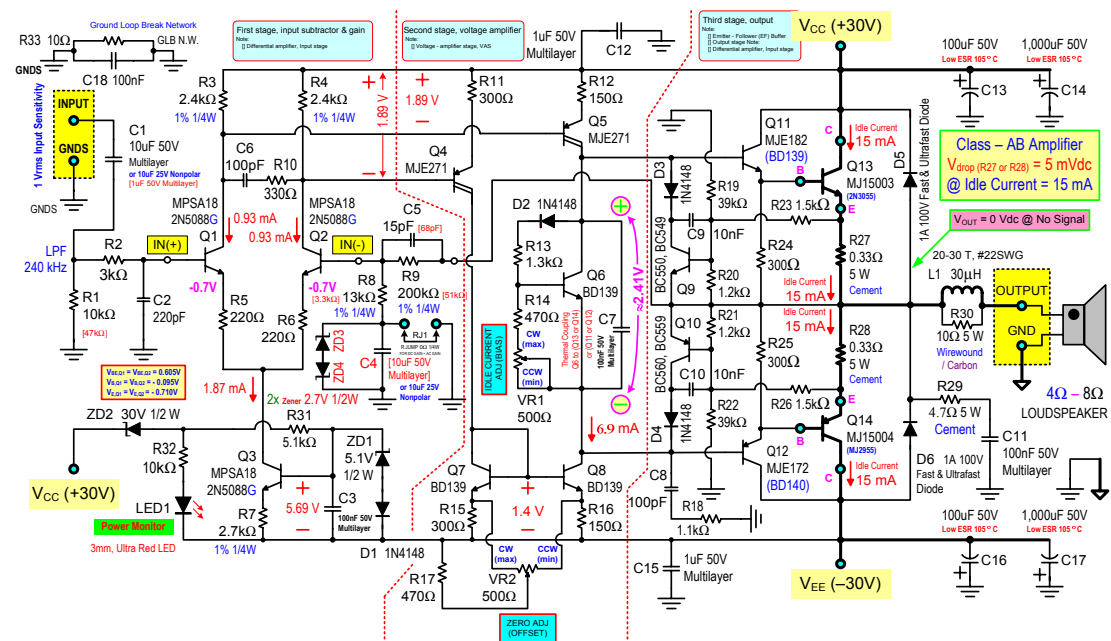
ภาคขยายแรงดันทำหน้าที่ขยายแรงดัน โดยมีอัตรากาขยายแรงดันสูงและแรงดันเอาต์พุทสูงถึงพิกัดแหล่งจ่ายไฟสำหรับใช้ขับแรงดันภาคเอาต์พุท ประกอบด้วย Q4 ถึง Q8 โดยที่ Q6 ทำงานร่วมกับอุปกรณ์รอบข้างและ VR1 ทำงานเสมือนเป็น Zener Diode แบบปรับค่าแรงดันได้ ใช้ปรับแรงดันไบอัสประมาณ 2.41 V เพื่อปรับกระแส Idle ของภาคเอาต์พุทให้ไหลประมาณ 15mA พร้อมทั้งวงจรถ่วงขยาย Class - A Push - Pull จาก Q5 กับ Q8 โดยมีตัวปรับการขับสมมาตร VR2 ทำหน้าที่เป็นตัวปรับแรงดันเอาต์พุทดิซี (Zero Adj) ออกลำโพงให้ได้ 0 V (ในขณะที่ไม่ป้อนสัญญาณอินพุท และไม่ต่อลำโพง)




รูปที่ 3.1 วงจรถ่วงเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3 ขนาด 30 วัตต์ แสดงวงจรครบสมบูรณ์

	<b>ใบงาน ที่ 3</b>	หน่วยที่ 3
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	สอนครั้งที่ 5 - 9
	รหัสวิชา 2105-2008 ชื่อวิชา เครื่องเสียง	รวมเวลา 15 ชั่วโมง
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์แอมป์		ใบงานรวม 13 หน้า

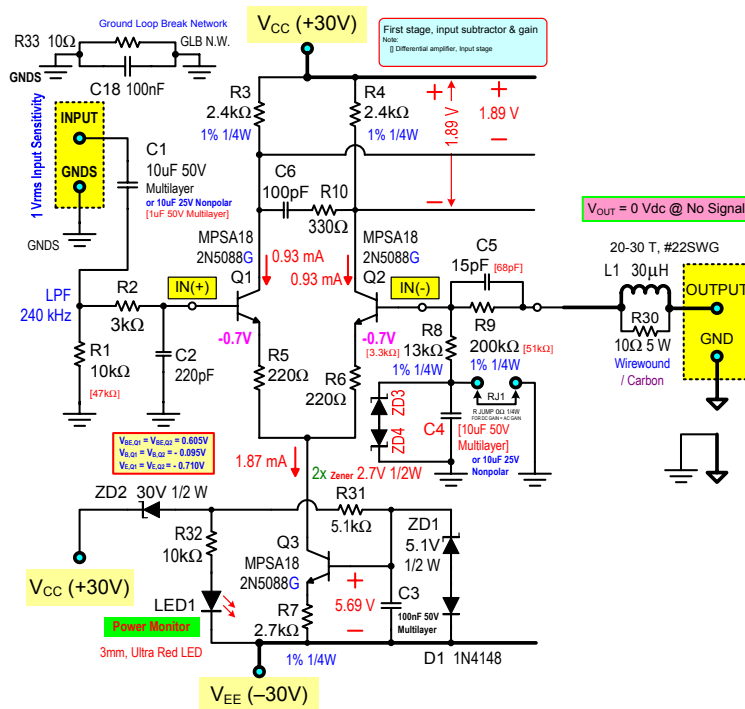
ภาคเอาต์พุตทำหน้าที่ขยายกระแส และทำให้ได้อัตราการขยายกำลังสำหรับขับโหลดลำโพง โดยมี Q9 และ Q10 ทำหน้าที่เป็นวงจรป้องกันเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มิให้เสียหายจากการถูกชอร์ตเอาต์พุตขับลำโพง Q11 และ Q12 เป็นปริ๊ตริเวอร์สำหรับขับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q13 และ Q14 ตามลำดับ โดยคู่ Q11 ขับ Q13 และ คู่ Q12 ขับ Q14 เรียกว่าวงจรแบบทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตัน ได้อัตราการขยายกระแสรวมประมาณ  $\beta_T \cong \beta_1 \times \beta_2$  และการทำงานแบบเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตันชนิด NPN คู่กับชนิด PNP นี้เรียกว่าวงจรขยายคอมพลิเมนต์หรือวงจรแบบคู่ประกอบสมมาตร [Complementary symmetry (push-pull) amplifier] แต่หากใช้กับภาคเอาต์พุตที่ได้จากเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ชนิดเดียวกัน นั่นคือจะมีซิกหนึ่งเป็นเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตัน และอีกซิกหนึ่งเป็นทรานซิสเตอร์พีดแบคแพร์ ซิสเตอร์พีดแบคแพร์ได้จากทรานซิสเตอร์ต่างชนิดกันมาขับกัน (NPN ขับ PNP ได้ NPN และ PNP ขับ NPN ได้ PNP) ได้อัตราการขยายกระแสรวมประมาณ  $\beta_T \cong \beta_1 \times \beta_2$  ภาคเอาต์พุตที่ใช้ซิกหนึ่งเป็นเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตันทำงานคู่กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์พีดแบคแพร์ เรียกว่าวงจรขยายกำลังแบบควอซีคอมพลิเมนต์หรือวงจรแบบคู่ประกอบกึ่งสมมาตร (Quasi-complementary symmetry amplifier)



รูปที่ 3.2 วงจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3 ขนาด 30 วัตต์ แสดงวงจรแบ่งเป็น 3 ภาค (Stage)

	<b>ใบงาน ที่ 3</b>	หน่วยที่ 3
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	สอนครั้งที่ 5 - 9
	รหัสวิชา 2105-2008 ชื่อวิชา เครื่องเสียง	รวมเวลา 15 ชั่วโมง
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์แอมป์		ใบงานรวม 13 หน้า


ปรับกระแส Idle ของภาคเอาต์พุตให้ไหลประมาณ 15mA ด้วย VR1 โดยที่ในทางปฏิบัติ นิยมวัดกระแสในรูปของแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานที่ต่ออนุกรม วัดแรงดันดีซีตกคร่อม R27 และ/หรือ R28 .ได้ประมาณ 5mV และใช้ VR2 ทำหน้าที่เป็นตัวปรับแรงดันอินพุตดีซี (Zero Adj) ออกลำโพงให้ได้ 0 V (ในขณะไม่ป้อนสัญญาณอินพุต และไม่ต่อลำโพง)

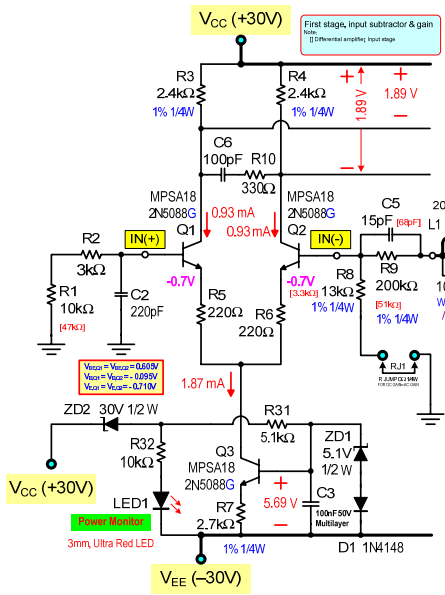


รูปที่ 3.3 วงจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3 ขนาด 30 วัตต์ แสดงวงจรภาคที่หนึ่ง / ภาคอินพุต สำหรับวงจรเพาเวอร์แอมป์แบบที่ 1 และแบบที่ 2 รวมกัน (เป็นลายวงจรบน PCB)

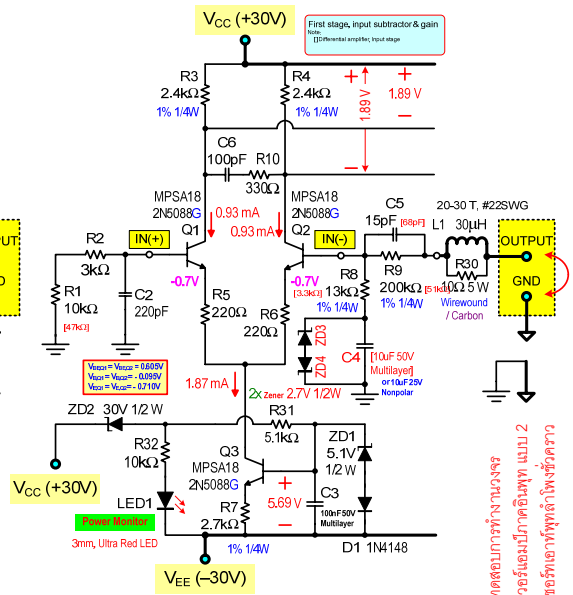
ตารางที่ 3.1 รายการอุปกรณ์ที่แยกตามแบบสำหรับการประกอบวงจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3

อุปกรณ์	วงจรเพาเวอร์แอมป์แบบที่ 1	วงจรเพาเวอร์แอมป์แบบที่ 2
C4	<b>วงจรแบบที่ 1 ไม่ต้องประกอบ</b>	10uF 50V Multilayer / Nonpolar Electrolytic Cap
C5	15pF 50V Ceramic Capacitor	68pF 50V Ceramic Capacitor
R1	10kΩ 1% (5%) 1/4W Metal Film Resistor	47kΩ 1% (5%) 1/4W Metal Film Resistor
R8	13kΩ 1% 1/4W Metal Film Resistor	3.3kΩ 1% 1/4W Metal Film Resistor
R9	200kΩ 1% 1/4W Metal Film Resistor	51kΩ 1% 1/4W Metal Film Resistor
RJ1	JUMP Jumper R 0 Ω 1/4 W	<b>วงจรแบบที่ 2 ห้ามประกอบเด็ดขาด</b>
ZD3	<b>วงจรแบบที่ 1 ไม่ต้องประกอบ</b>	2.7V 1/2W Zener หรืออาจใช้ 3.3V 1/2W Zener
ZD4	<b>วงจรแบบที่ 1 ไม่ต้องประกอบ</b>	2.7V 1/2W Zener หรืออาจใช้ 3.3V 1/2W Zener

	<b>ใบงาน ที่ 3</b>	หน่วยที่ 3
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	สอนครั้งที่ 5 - 9
	รหัสวิชา 2105-2008 ชื่อวิชา เครื่องเสียง	รวมเวลา 15 ชั่วโมง
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์แอมป์		ใบงานรวม 13 หน้า



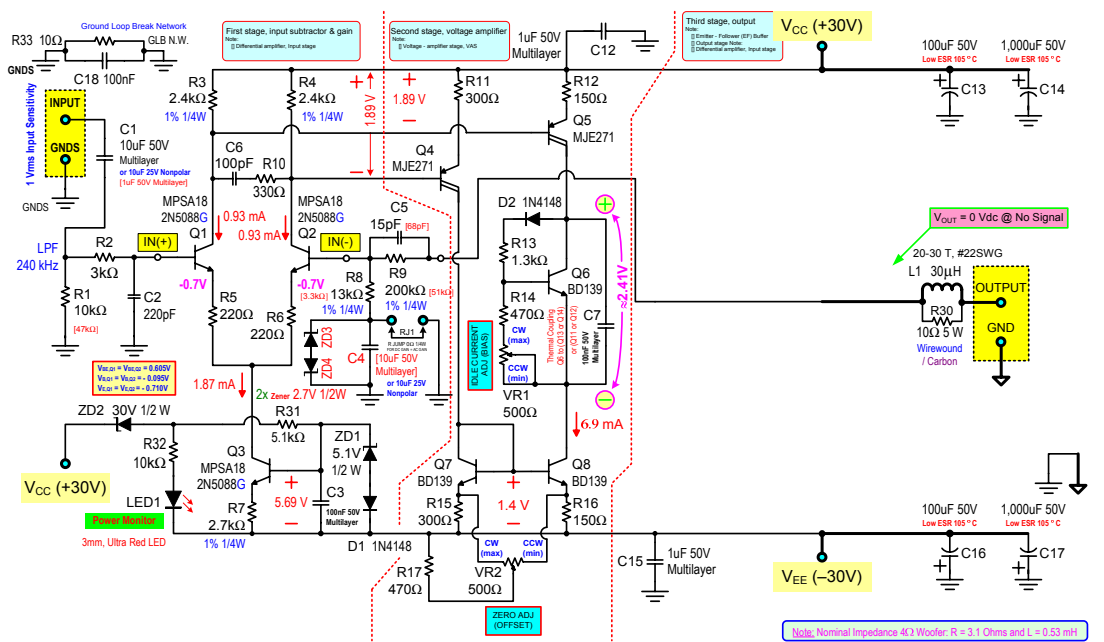
วงจรถอแอมป์ภาคอินพุท แบบ 1  
เพาเวอร์แอมป์แบบ NFB ที่มี DC Gain = AC Gain




วงจรถอแอมป์ภาคอินพุท แบบ 2  
เพาเวอร์แอมป์แบบ NFB ที่มี DC Gain ≠ AC Gain และ DC Gain = 1

การทดสอบการทำงานวงจร  
เพาเวอร์แอมป์ภาคอินพุท แบบ 2  
ต้องชอกรหัสจากพัลส์ลำโพงให้ชัดเจน

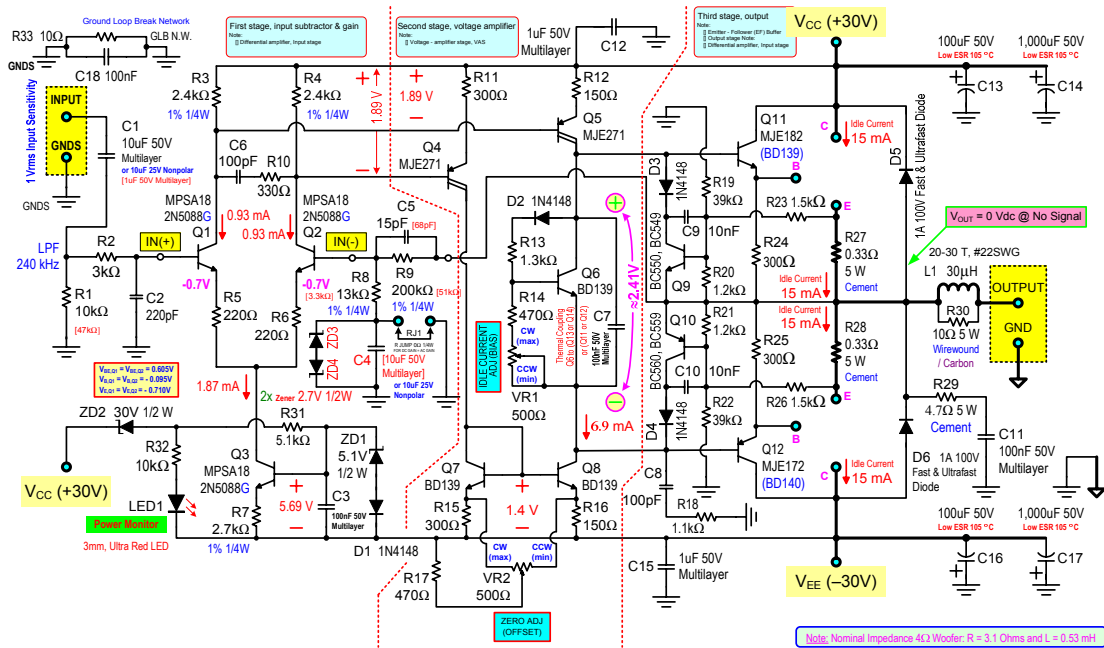
รูปที่ 3.4 วงจรถอแอมป์ รุ่น 2016-L3 ขนาด 30 วัตต์ แสดงวงจรภาคที่หนึ่ง / ภาคอินพุท  
แบบที่ 1 และแบบที่ 2



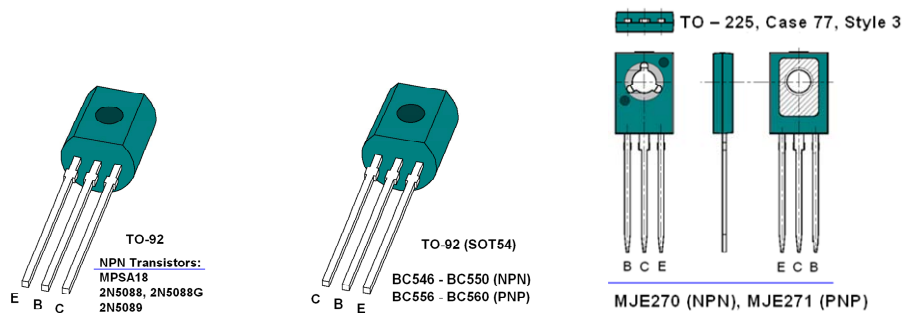
รูปที่ 3.4 วงจรถอแอมป์ วงจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3 ขนาด 30 วัตต์ แสดงวงจรภาคที่หนึ่ง / ภาคอินพุท

	<b>ใบงาน ที่ 3</b>	หน่วยที่ 3
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	สอนครั้งที่ 5 - 9
	รหัสวิชา 2105-2008 ชื่อวิชา เครื่องเสียง	รวมเวลา 15 ชั่วโมง
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์แอมป์		ใบงานรวม 13 หน้า

และภาคที่สอง / ภาคขยายแรงดัน

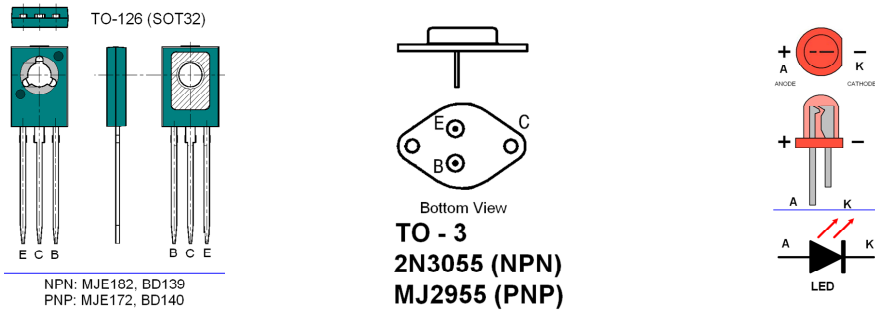


รูปที่ 3.5 วงจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3 ขนาด 30 วัตต์ แสดงวงจรทั้ง 3 ภาค  
แต่ยังไม่ได้ประกอบเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

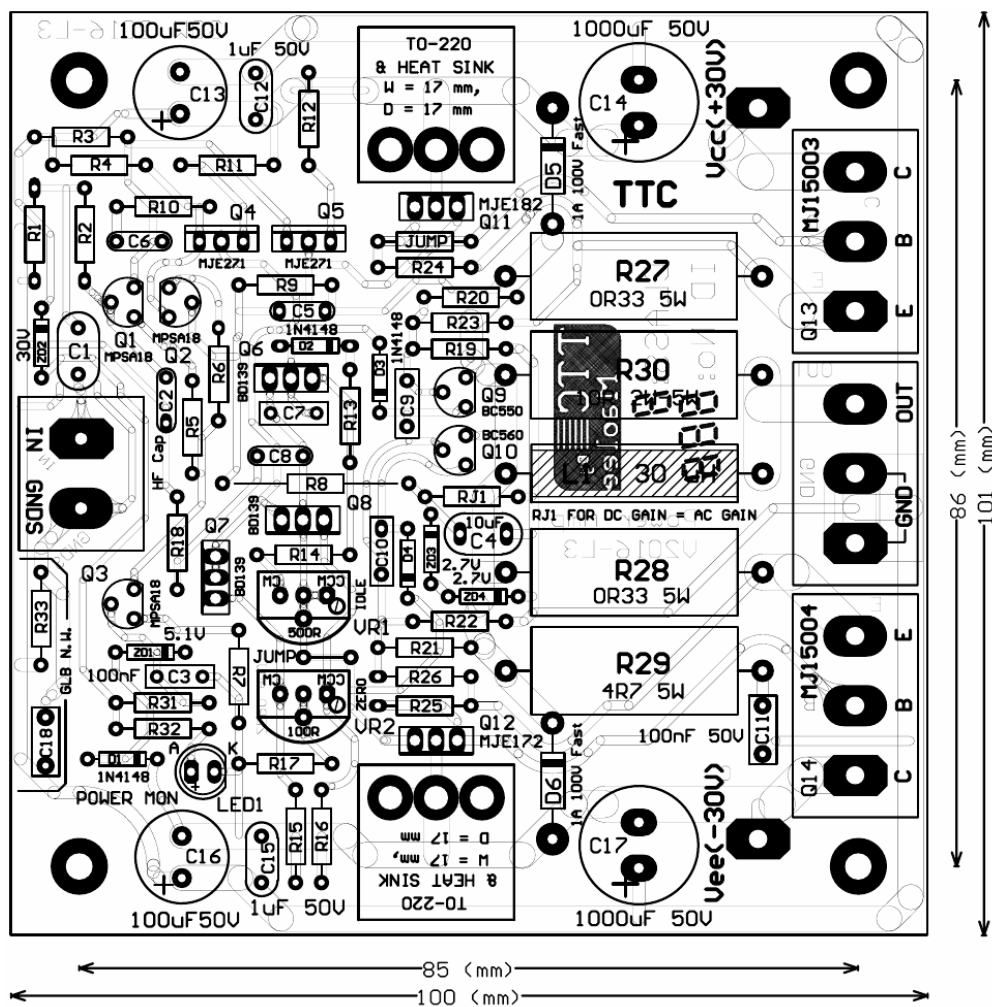


รูปที่ 3.6 แสดงขาของบางส่วนของอุปกรณ์วงจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3

	<b>ใบงาน ที่ 3</b>	หน่วยที่ 3
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	สอนครั้งที่ 5 - 9
	รหัสวิชา 2105-2008 ชื่อวิชา เครื่องเสียง	รวมเวลา 15 ชั่วโมง
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์แอมป์		ใบงานรวม 13 หน้า




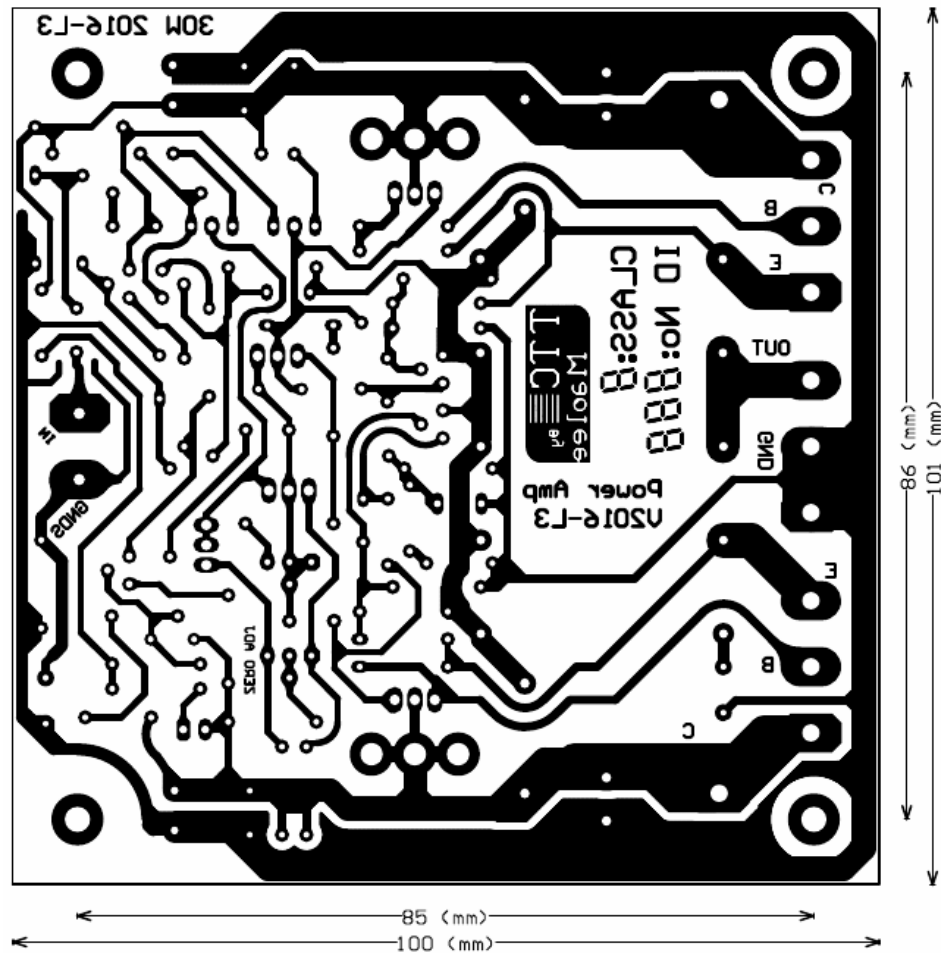
รูปที่ 3.7 แสดงขาของบางส่วนของอุปกรณ์วงจรวจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3




รูปที่ 2.3 แสดงมุมมองด้านบนของลายวางอุปกรณ์พร้อมลาย PCB แบบเส้นร่าง ของวงจรวจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3

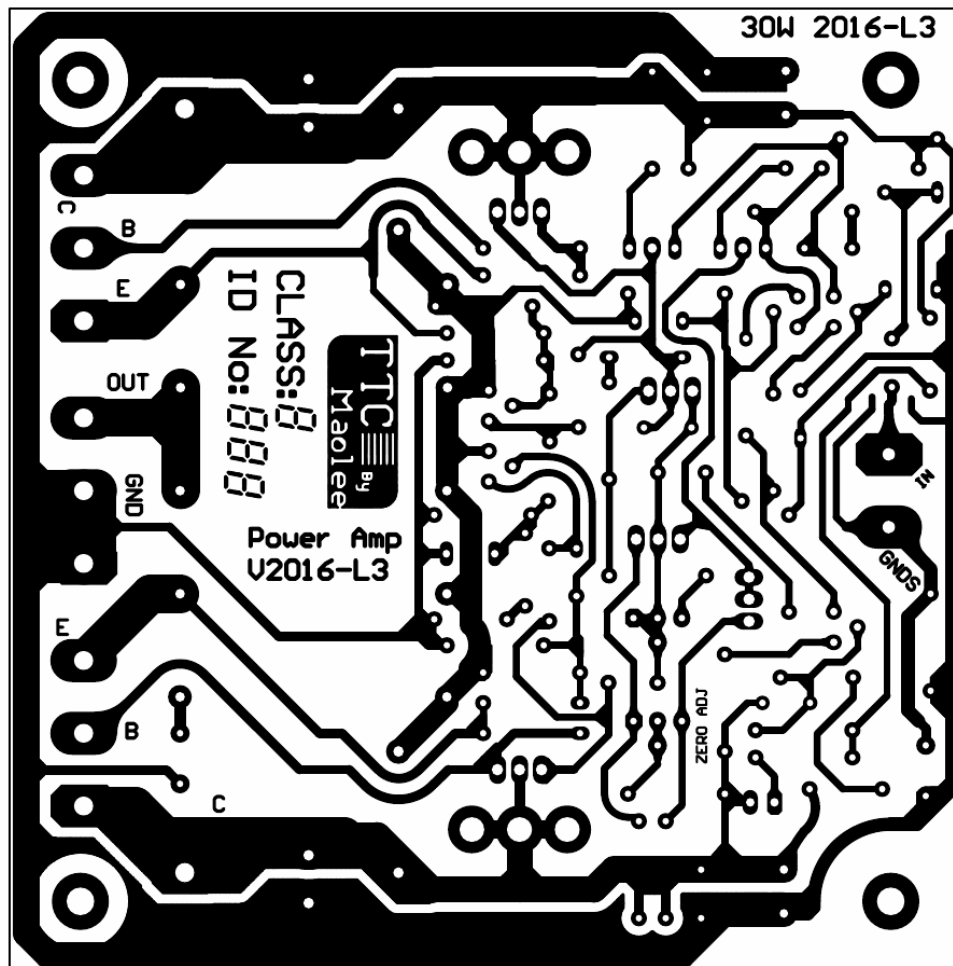


	ใบงาน ที่ 3	หน่วยที่ 3
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	สอนครั้งที่ 5 - 9
	รหัสวิชา 2105-2008 ชื่อวิชา เครื่องเสียง	รวมเวลา 15 ชั่วโมง
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์แอมป์		ใบงานรวม 13 หน้า



รูปที่ 2.4 แสดงมุมมองด้านบนของลาย PCB (มองทะลุผ่านแผ่นฉนวน) ของวงจรเพาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3 (ห้ามนำลายวงจรนี้ไปทำแผ่น PCB เพราะจะทำให้ขนาดผิดพลาด)


	ใบงาน ที่ 3	หน่วยที่ 3
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	สอนครั้งที่ 5 - 9
	รหัสวิชา 2105-2008 ชื่อวิชา เครื่องเสียง	รวมเวลา 15 ชั่วโมง
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์แอมป์	ใบงานรวม 13 หน้า	




รูปที่ 2.5 แสดงมุมมองด้านล่างของลาย PCB ของวงจรถาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3 สำหรับตรวจสอบและแต่งเส้นลาย PCB ที่ได้จากการรีดปรินท์ (Toner Transfer Method) ให้ถูกต้อง

ตารางที่ 3.2 รายการอุปกรณ์สำหรับการประกอบวงจรถาเวอร์แอมป์ รุ่น 2016-L3


อุปกรณ์	รายการอุปกรณ์ (Component)	ตัวถัง (Case / Footprint)	Stage
C1	10uF [1uF] 50V Multilayer / Nonpolar Electrolytic Cap	C PCM 5.0, W 3.75 mm	1-st Stage
C2	220pF 50V Ceramic Capacitor	C Ceramic PCM = 5 mm	1-st Stage
C3	100nF 50V Multilayer/Ceramic Capacitor	C PCM 5.0, W 2.5 mm	1-st Stage
[ C4 ]	10uF 50V Multilayer / Nonpolar Electrolytic Cap ใช้สำหรับวงจรแบบที่ 2 <i>วงจรแบบที่ 1 ไม่ต้องประกอบ</i>	C PCM 5.0, W 3.75 mm	1-st Stage

	<b>ใบงาน ที่ 3</b>	หน่วยที่ 3
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	สอนครั้งที่ 5 - 9
	รหัสวิชา 2105-2008 ชื่อวิชา เครื่องเสียง	รวมเวลา 15 ชั่วโมง
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์แอมป์		ใบงานรวม 13 หน้า

อุปกรณ์	รายการอุปกรณ์ (Component)	ตัวถัง (Case / Footprint)	Stage
C5	15pF 50V Ceramic Capacitor ใช้สำหรับวงจรแบบที่ 1	C Ceramic PCM = 5 mm	1-st Stage
C5	68pF 50V Ceramic Capacitor ใช้สำหรับวงจรแบบที่ 2	C Ceramic PCM = 5 mm	1-st Stage
C6	100pF 50V Ceramic Capacitor	C Ceramic PCM = 5 mm	1-st Stage
C7	100nF 50V Multilayer/Ceramic Capacitor	C PCM 5.0, W 2.5 mm	2-nd Stage
C8	100pF 50V Ceramic Capacitor	C Ceramic PCM = 5 mm	2-nd Stage
C9	10nF 50V Multilayer/Ceramic Capacitor	C PCM 5.0, W 2.5 mm	3-rd Stage
C10	10nF 50V Multilayer/Ceramic Capacitor	C PCM 5.0, W 2.5 mm	3-rd Stage
C11	100nF 50V Multilayer/Ceramic Capacitor	C PCM 5.0, W 2.5 mm	3-rd Stage
C12	1uF 50V Multilayer / Nonpolar Electrolytic Cap	C PCM 5.0, W 2.5 mm	1-st Stage
C13	100uF 50V Electrolytic Capacitor	C Radial 10.2 mm	3-rd Stage
C14	1000uF 50V Electrolytic Capacitor	C Radial 13 mm	3-rd Stage
C15	1uF 50V Multilayer / Nonpolar Electrolytic Cap	C PCM 5.0, W 2.5 mm	1-st Stage
C16	100uF 50V Electrolytic Capacitor	C Radial 10.2 mm	3-rd Stage
C17	1000uF 50V Electrolytic Capacitor	C Radial 13 mm	3-rd Stage
C18	100nF 50V Multilayer/Ceramic Capacitor	C PCM 5.0, W 2.5 mm	1-st Stage
ตาไก่ ขั้ว INPUT	ตาไก่ทองเหลือง 1.3 mm	รวม จำนวน 2 ตัว สำหรับ 1 PCB	ประกอบก่อน
ตาไก่ ที่ เหลือ	ตาไก่ทองเหลือง 2.0 mm	รวม จำนวน 11 ตัว สำหรับ 1 PCB	ประกอบก่อน
D1	1N4148	Axial: SOD27; DO-35	1-st Stage
D2	1N4148	Axial: SOD27; DO-35	2-nd Stage
D3	1N4148	Axial: SOD27; DO-35	3-rd Stage
D4	1N4148	Axial: SOD27; DO-35	3-rd Stage
D5	1A 100V Fast Diode: Fast Diode = SFR102 - SFR107, 1N4934 - 1N4937, RGP10B/D/G/J/K/M Ultrafast Diode: UF4002 - UF4007, MUR110, MUR115, MUR120, MUR130, MUR140, MUR160	Axial: DO-204AL (D)-41), or DO-15	3-rd Stage
D6	1A 100V Fast Diode: Fast Diode = SFR102 - SFR107, 1N4934 - 1N4937, RGP10B/D/G/J/K/M Ultrafast Diode: UF4002 - UF4007, MUR110, MUR115, MUR120, MUR130, MUR140, MUR160	Axial: DO-204AL (D)-41), or DO-15	3-rd Stage
L1	30 uH (สร้างได้จากลวดทองแดงอบน้ำยาพันบนแกนอากาศ)	Axial: L - NARROW	3-rd Stage
LED1	5mm Red LED	LED 5mm PACKAGE ตัวถังกลม	1-st Stage
Q1	MPSA18 (หรืออาจใช้ NPN Tr. # 2N5088G)	TO-92	1-st Stage

	<b>ใบงาน ที่ 3</b>	หน่วยที่ 3
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	สอนครั้งที่ 5 - 9
	รหัสวิชา 2105-2008 ชื่อวิชา เครื่องเสียง	รวมเวลา 15 ชั่วโมง
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์แอมป์		ใบงานรวม 13 หน้า

อุปกรณ์	รายการอุปกรณ์ (Component)	ตัวถัง (Case / Footprint)	Stage
Q2	MPSA18 (หรืออาจใช้ NPN Tr. # 2N5088G)	TO-92	1-st Stage
Q3	MPSA18 (หรืออาจใช้ NPN Tr. # 2N5088G)	TO-92	1-st Stage
Q4	MJE271	TO-225 [Case 77, Style 3]	2-nd Stage
Q5	MJE271	TO-225 [Case 77, Style 3]	2-nd Stage
Q6	BD139	SOT-32, TO-126	2-nd Stage
Q7	BD139	TO-126	2-nd Stage
Q8	BD139	TO-126	2-nd Stage
Q9	BC550, BC549	TO-92	3-rd Stage
Q10	BC560, BC559	TO-92	3-rd Stage
Q11	MJE182 (หรืออาจใช้ NPN Tr. # MJE181, BD139)	TO-225AA [Case 77-09, Style 1]	3-rd Stage
Q12	MJE172 (หรืออาจใช้ PNP Tr. # MJE171, BD140)	TO-225AA [Case 77-09, Style 1]	3-rd Stage
Q13	MJ15003 (หรืออาจใช้ NPN Tr. # 2N3055)	TO-3	เมื่อทดสอบผ่าน
Q14	MJ15004 (หรืออาจใช้ PNP Tr. # MJ2955)	TO-3	เมื่อทดสอบผ่าน
Heatsink 1	TO-220 / TO-126V with Footprint Area = 17X17 (mm)	ไม่ต้องใช้ชุดฉนวน	2-nd Stage
Heatsink 2	TO-220 / TO-126V with Footprint Area = 17X17 (mm)	ไม่ต้องใช้ชุดฉนวน	2-nd Stage
Heatsink 3	TO-3 แบบตัวคู่ พร้อมชุดฉนวนและหางปลา 2 ชุด	Footprint=35X118, สูง 80 (mm)	3-rd Stage
R1	10k $\Omega$ 1% (5%) 1/4W Metal Film Resistor วงจรแบบที่ 1	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R1	47k $\Omega$ 1% (5%) 1/4W Metal Film Resistor วงจรแบบที่ 2	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R2	3k $\Omega$ 1% (5%) 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R3	2.4k $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R4	2.4k $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R5	220 $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R6	220 $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R7	2.7k $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R8	13k $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor วงจรแบบที่ 1	R 1/4W (S x2.0), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R8	3.3k $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor วงจรแบบที่ 2	R 1/4W (S x2.0), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R9	200k $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor วงจรแบบที่ 1	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R9	51k $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor วงจรแบบที่ 2	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R10	330 $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R11	300 $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	2-nd Stage
R12	150 $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	2-nd Stage
R13	1.3k $\Omega$ 1% (5%) 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	2-nd Stage
R14	470 $\Omega$ 1% (5%) 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	2-nd Stage
R15	300 $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	2-nd Stage
R16	150 $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	2-nd Stage
R17	470 $\Omega$ 1% (5%) 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	2-nd Stage

	<b>ใบงาน ที่ 3</b>	หน่วยที่ 3
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	สอนครั้งที่ 5 - 9
	รหัสวิชา 2105-2008 ชื่อวิชา เครื่องเสียง	รวมเวลา 15 ชั่วโมง
ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์แอมป์		ใบงานรวม 13 หน้า

อุปกรณ์	รายการอุปกรณ์ (Component)	ตัวถัง (Case / Footprint)	Stage
R18	1.1k $\Omega$ 1% 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	2-nd Stage
R19	39k $\Omega$ 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	3-rd Stage
R20	1.2k $\Omega$ 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	3-rd Stage
R21	1.2k $\Omega$ 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	3-rd Stage
R22	39k $\Omega$ 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	3-rd Stage
R23	1.5k $\Omega$ 1/4W Metal Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	3-rd Stage
R24	300 $\Omega$ 1/4W Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	3-rd Stage
R25	300 $\Omega$ 1/4W Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	3-rd Stage
R26	1.5k $\Omega$ 1/4W Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	3-rd Stage
R27	0.33 $\Omega$ 5W Cement / Wirwound	R 5W Ceramic (R กระเบื้อง)	3-rd Stage
R28	0.33 $\Omega$ 5W Cement / Wirwound	R 5W Ceramic (R กระเบื้อง)	3-rd Stage
R29	4.7 $\Omega$ 5W Cement / Wirwound	R 5W Ceramic (R กระเบื้อง)	3-rd Stage
R30	10 $\Omega$ 2W-5W Cement / Wirwound	R 5W Ceramic (R กระเบื้อง)	3-rd Stage
R31	5.1k $\Omega$ 1/4W Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R32	10k $\Omega$ 1/4W Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
R33	10 $\Omega$ 1/4W Film Resistor	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	3-rd Stage
RJ1	JUMP Jumper R 0 $\Omega$ 1/4 W {ประกอบเฉพาะ Model 1} ใช้สำหรับวงจรแบบที่ 1 วงจรแบบที่ 2 ห้ามประกอบเด็ดขาด	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	1-st Stage
RJ2	JUMP Jumper R 0 $\Omega$ 1/4 W	R 1/4 W (S), Axial; L = 6.8 mm	2-nd Stage
VR1	500 $\Omega$ 25T top adj / 1T Trimpot	VR 1T + 25T-UP	2-nd Stage
VR2	500 $\Omega$ 25T top adj / 1T Trimpot	VR 1T + 25T-UP	2-nd Stage
ZD1	5.1V 1/2W Zener: 1N5231B, 1N5523, BZX79C5V1, BZX83C5V1, 1N4733A	Axial: SOD27; DO-35 (DO-204AH)	1-st Stage
ZD2	30V 1/2W Zener: 1N5256B, 1N5545, BZX79C30, BZX83C30, 1N4751A	Axial: SOD27; DO-35 (DO-204AH)	1-st Stage
[ ZD3 ]	2.7V 1/2W Zener: 1N5223B, BZX79C2V7, BZX83C2V7, HZ3A2[Renesas]  หรืออาจใช้ 3.3V 1/2W Zener: 1N5226B, BZX79C3V3, BZX83C3V3, HZ3C2[Renesas]	Axial: SOD27; DO-35 (DO-204AH)  ใช้สำหรับวงจรแบบที่ 2 วงจรแบบที่ 1 ไม่ต้องประกอบ	1-st Stage
[ ZD4 ]	2.7V 1/2W Zener: 1N5223B, BZX79C2V7, BZX83C2V7, HZ3A2[Renesas]  หรืออาจใช้ 3.3V 1/2W Zener: 1N5226B, BZX79C3V3, BZX83C3V3, HZ3C2[Renesas]	Axial: SOD27; DO-35 (DO-204AH)  ใช้สำหรับวงจรแบบที่ 2 วงจรแบบที่ 1 ไม่ต้องประกอบ	1-st Stage