คำแนะนำการใช้เอกสารประกอบการสอน

เอกสารประกอบการสอนชุดนี้ ใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ โดยแบ่งออกเป็น 11 หน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยกำหนดให้นักศึกษาปฏิบัติดังนี้

1. นักเรียนจะต้องศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้
2. นักเรียนต้องทำแบบทดสอบก่อนเรียน และตรวจคำตอบในแบบเฉลยด้วยความซื่อสัตย์
3. นักเรียนต้องศึกษาใบเนื้อหาให้ละเอียดเพื่อให้เกิดความเข้าใจ
4. นักเรียนต้องทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียน และตรวจคำตอบการทำแบบฝึกหัดด้วยตนเองร่วมกับครูผู้สอน
5. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนด้วยความซื่อสัตย์
6. นักเรียนเปรียบเทียบผลของคะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการในการเรียนรู้
7. หากนักเรียนได้ผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนไม่ถึงร้อยละ 80 ให้นักเรียนกลับไปศึกษาเอกสารประกอบการสอนใหม่อีกครั้ง
8. นักเรียนทำการทดลองใบงาน บันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง
9. หากนักเรียนมีปัญหาจากการศึกษาเอกสารประกอบการสอนสามารถปรึกษาครูได้ทันที

แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 10 เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบต่างๆ

วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัสวิชา 2105 – 2005**

ข้อสอบจำนวน 12 ข้อ (12 คะแนน) **เวลา 10 นาที**

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวโดยทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ลักษณะการเชื่อมต่อ (Coupling) โดยการนำสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรขยายภาคที่ 1 จากขาคอลเล็กเตอร์ต่อไปยังขาเบสของวงจรขยายภาคที่ 2 เป็นการเชื่อมต่อแบบใด

   ก. แบบ RC Coupling ข. แบบ Transformer Coupling

   ค. แบบ Impedance Coupling ง. แบบ Direct Coupling

2. การเชื่อมต่อแบบ Transformer Coupling คือข้อใด

   ก. ใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุในการเชื่อมต่อวงจร

   ข. ใช้ขดลวดโช้กในการเชื่อมต่อวงจร

   ค. ใช้หม้อแปลงในการเชื่อมต่อวงจร

   ง. ใช้ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และหม้อแปลงในการเชื่อมต่อวงจร

3. การเชื่อมต่อแบบ RC Coupling คือข้อใด

   ก. ใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุในการเชื่อมต่อวงจร

   ข. ใช้ขดลวดโช้กในการเชื่อมต่อวงจร

   ค. ใช้หม้อแปลงในการเชื่อมต่อวงจร

   ง. ใช้หม้อแปลง และตัวเก็บประจุ ในการเชื่อมต่อวงจร

4. การเชื่อมต่อแบบ Impedance Coupling คือข้อใด

   ก. ใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุในการเชื่อมต่อวงจร

   ข. ใช้ขดลวดโช้กในการเชื่อมต่อวงจร

   ค. ใช้หม้อแปลงในการเชื่อมต่อวงจร

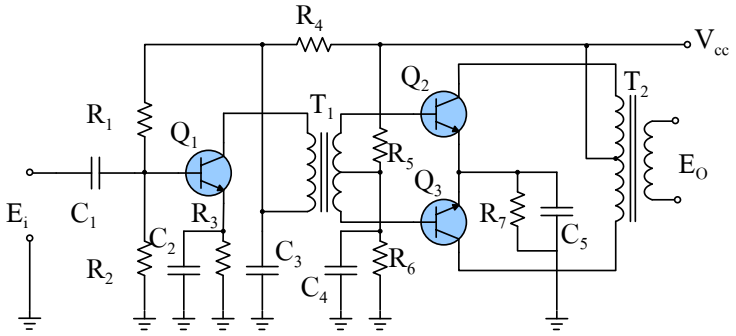
   ง. ใช้หม้อแปลง ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ ในการเชื่อมต่อวงจร

5. การนำเอาวงจรขยายมาต่อร่วมกันหลายภาคเพื่อให้มีอัตราขยายสูงขึ้นตามความต้องการ คือวงจรในข้อใด

   ก. วงจรขยายแบบคาสโคด ข. วงจรขยายแบบคาสเคด

   ค. วงจรขยายแบบพุช-พูล ง. วงจรขยายคัปปลิ้ง

6. จากรูปคือวงจรอะไร



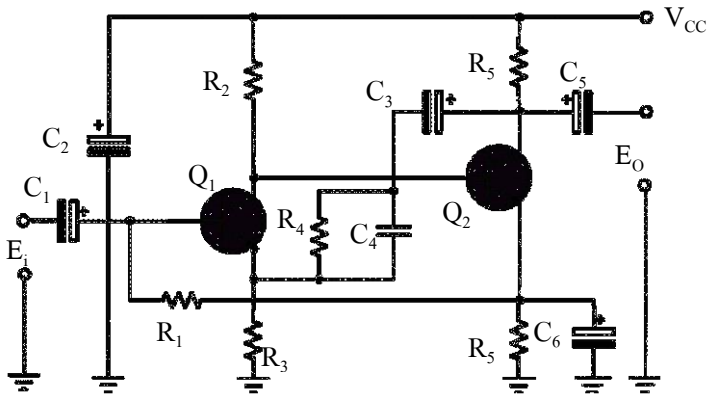
ก. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ Transformer Coupling

ข. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ R-C Coupling

ค. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ Direct Coupling

ง. วงจรขยายแบบคาสโคด

7. จากรูปคือวงจรอะไร



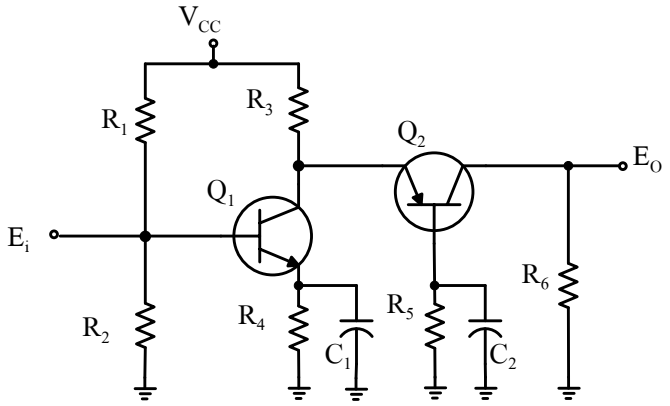
ก. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ Transformer Coupling

ข. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ R-C Coupling

ค. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ Direct Coupling

ง. วงจรขยายแบบคาสโคด

8. จากรูปคือวงจรอะไร



ก. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ Transformer Coupling

ข. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ R-C Coupling

ค. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ Direct Coupling

ง. วงจรขยายแบบคาสโคด

9. การต่อวงจรโดยการนำวงจรขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร์เชื่อมต่อกับวงจรขยายแบบคอมมอนเบส คือวงจรในข้อใด

ก. วงจรคอมพลีเมนตารี ข. วงจรขยายแบบดาร์ลิงตัน

ค. วงจรขยายแบบคาสเคด ง. วงจรขยายแบบคาสโคด

10. การต่อวงจรโดยการใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว นำขาคอลเล็กเตอร์แต่ละตัวต่อเข้าด้วยกัน และใช้ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวแรกต่อไปเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 คือวงจรอะไร

ก. วงจรขยายแบบคาสเคด ข. วงจรขยายแบบคาสโคด

ค. วงจรขยายแบบดาร์ลิงตัน ง. วงจรคอมพลีเมนตารี

11. การต่อวงจรขยายภาคเอาต์พุตที่ใช้ทรานซิสเตอร์แบบคู่แมตช์ - แพร์ (Match Pair) ชนิด NPN คู่กับ PNP คือวงจรอะไร

ก. วงจรขยายแบบคาสเคด ข. วงจรขยายแบบคาสโคด

ค. วงจรขยายแบบดาร์ลิงตัน ง. วงจรคอมพลีเมนตารี

12. การต่อวงจรขยายภาคเอาต์พุตที่ใช้เฟตต่างชนิด 2 ตัว มีคุณสมบัติเหมือนกัน คือวงจรอะไร

ก. วงจรคอมพลีเมนตารี ข. วงจรขยายแบบคาสเคด

ค. วงจรขยายแบบดาร์ลิงตัน ง. วงจรขยายแบบคาสโคด

	เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบต่างๆ	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบต่างๆ		เวลา 2 ชั่วโมง

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน			
ข้อที่	**คำตอบ**	**ข้อที่**	**คำตอบ**
1	ง	**7**	ค
2	ค	**8**	ง
3	ก	**9**	ง
4	ข	**10**	ค
5	ข	**11**	ง
6	ก	**12**	ก

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง

สาระสำคัญ

การต่อวงจรแบบผสมเป็นการนำเอาทรานซิสเตอร์และเฟตมาต่อวงจรเข้าด้วยกันโดยมีจุดประสงค์เพื่อให้มีอัตราการขยายของกระแส อัตราการขยายของแรงดัน และอัตราขยายของกำลังสูงขึ้น ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้ในงานขับลำโพง หรือใช้กับโหลดอื่นๆ ในที่นี้จะกล่าวถึง การเชื่อมต่อสัญญาณ การต่อวงจรแบบคาสเคด การต่อวงจรแบบคาสโคด และการต่อวงจรแบบดาร์ลิงตัน

สาระการเรียนรู้

10.1 การเชื่อมต่อสัญญาณ

10.1.1 การเชื่อมต่อโดยตรง (Direct Coupling)

10.1.2 การเชื่อมต่อด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ(R-C Coupling)

10.1.3 การเชื่อมต่อด้วยอิมพีแดนซ์ (Impedance Coupling)

10.1.4 การเชื่อมต่อด้วยหม้อแปลง (Transformer Coupling)

10.2 การต่อวงจรแบบคาสเคด

10.2.1. วงจรขยายแบบคาสเคด โดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ (Resistor and Capacitor Coupling)

10.2.2 วงจรขยายแบบคาสเคด โดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบหม้อแปลง (Transformer Coupling)

10.2.3 วงจรขยายแบบคาสเคด โดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบโดยตรง (Direct Coupling)

10.3 การต่อวงจรแบบคาสโคด

10.4 การต่อวงจรแบบดาร์ลิงตัน

10.5 การต่อวงจรแบบคอมพลีเมนตารี

10.5.1 ทรานซิสเตอร์คอมพลีเมนตารี

10.5.2 มอสเฟตคอมพลีเมนตารี

10. 6 สรุป

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์ทั่วไป

1.เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจหลักการต่อวงจรขยายแบบผสม

2.เพื่อให้มีกิจนิสัยในการพัฒนาคุณธรรม จริยธรรม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกลักษณะการเชื่อมต่อโดยตรงได้
2. บอกลักษณะการเชื่อมต่อด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุได้
3. บอกลักษณะการเชื่อมต่อด้วยอิมพีแดนซ์ได้
4. บอกลักษณะการเชื่อมต่อด้วยหม้อแปลงได้
5. บอกลักษณะวงจรขยายแบบคาสเคด โดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุได้
6. บอกลักษณะวงจรขยายแบบคาสเคด โดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบหม้อแปลงได้
7. บอกลักษณะวงจรขยายแบบคาสเคด โดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบโดยตรงได้
8. อธิบายการต่อวงจรแบบคาสโคดได้
9. บอกลักษณะการต่อวงจรแบบดาร์ลิงตันได้
10. อธิบายการต่อวงจรทรานซิสเตอร์คอมพลีเมนตารีได้
11. อธิบายการต่อวงจรมอสเฟตคอมพลีเมนตารีได้
12. มีการพัฒนาคุณธรรม จริยธรรม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ที่ผู้สอนสามารถสังเกตเห็นได้ ในด้านมนุษยสัมพันธ์ มีวินัย ความรับผิดชอบ มีความซื่อสัตย์สุจริต ความเชื่อมั่นในตนเอง การประหยัด ความสนใจใฝ่รู้ ความรักสามัคคี ควากตัญญู และละเว้นสิ่งเสพติดการพนัน

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง

10.1 การเชื่อมต่อวงจร (Coupling)

หมายถึงการเชื่อมต่อสัญญาณจากวงจรหนึ่งไปสู่วงจรหนึ่งหรือออกจากทรานซิสเตอร์ตัวหนึ่งไปอีกตัวหนึ่ง ในการเชื่อมต่อวงจรต่าง ๆเข้าด้วยกันมีจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน เช่น เพิ่มคุณภาพ ช่วยในการควบคุม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เพิ่มอัตราการขยาย และการปรับอิมพีแดนซ์ เป็นต้น ในการเชื่อมต่อวงจร
(Coupling) แบ่งออกได้ 4 แบบ คือ

1.การเชื่อมต่อโดยตรง (Direct Coupling)

2.การเชื่อมต่อด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ (R-C Coupling)

3.การเชื่อมต่อด้วยอิมพีแดนซ์ (Impedance Coupling)

4.การเชื่อมต่อด้วยหม้อแปลง (Transformer Coupling)

10.1.1 การเชื่อมต่อโดยตรง (Direct Coupling)

การเชื่อมต่อโดยตรง เป็นการเชื่อมต่อส่งผ่านสัญญาณจากภาคหนึ่งไปยังอีกภาคหนึ่ง การเชื่อมต่อเป็นแบบโดยตรงโดยออกจากเอาต์พุตของภาคที่ 1 ไปยังอินพุตภาคที่ 2 ไม่มีอุปกรณ์ใด ๆ ต่อขวางทางเดินสัญญาณ

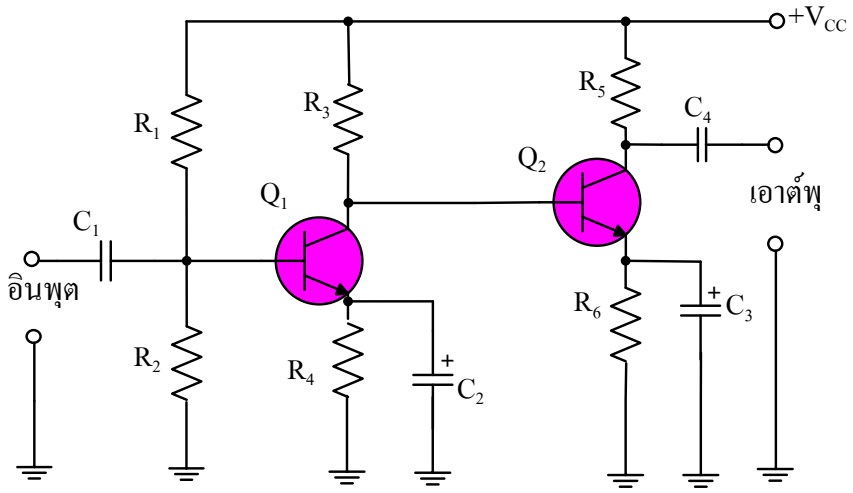
ข้อดี คือ ให้การตอบสนองความถี่ได้ดีทุกความถี่ การเชื่อมวงจรไม่ต้องต่ออุปกรณ์ใด ๆ เพิ่ม ประหยัด

ข้อเสีย คือ ส่วนที่เชื่อมต่อกันอาจไม่เข้ากันหรือไม่เหมาะสมกัน (Miss Match) การส่งผ่านสัญญาณจากภาคหนึ่งไปยังอีกภาคหนึ่ง วงจรจะไม่ค่อยเสถียรเนื่องจากอุณหภูมิกระแสที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของวงจรหนึ่งจะถูกขยายส่งต่อไปยังทุกวงจรที่ต่อร่วมกัน วงจรเชื่อมต่อกันแบบหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 10.1

จากรูปที่ 10.1 แสดงวงจรเชื่อมต่อแบบหนึ่งโดยมีจุดเชื่อมต่อตรงจากขาคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_1 ไปที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 มีตัวต้านทาน R_1 และ R_2 เป็นวงจรแบ่งแรงดันกำหนดแรงดันไบแอสให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1 มีตัวต้านทาน R_3 เป็นภาระของทรานซิสเตอร์ Q_1 และตัวต้านทาน R_5 เป็นตัวต้านทานภาระของทรานซิสเตอร์ Q_2 มีตัวต้านทาน R_4

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง

และ R_6 เป็นตัวต้านทานสร้างเสถียรภาพให้วงจรขยาย ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 ทำงานเสถียรมากยิ่งขึ้น มีตัวเก็บประจุ C_2 และ C_4



รูปที่ 10.1 วงจรเชื่อมต่อโดยตรงแบบหนึ่ง
ที่มา(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์,2553,หน้า82)

ทำหน้าที่กำหนดสัญญาณไฟกระแสสลับ ที่จ่ายออกมาจากขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ ทิ้งลงกราวด์ ทำให้แรงดัน V_E ที่ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์มีเฉพาะแรงดันไฟกระแสตรงจ่ายควบคุมวงจร

วงจรขยายแบบเชื่อมต่อโดยตรง มีแนวโน้มทางด้านเสถียรภาพการขยายลดลง เพราะการเปลี่ยนแปลงของทรานซิสเตอร์ Q_1 จากแหล่งจ่ายแรงดันไฟกระแสตรงเปลี่ยนแปลง หรืออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงก็ตาม ทำให้กระแสคอลเลกเตอร์ I_{C1} ไหลเปลี่ยนแปลงส่งผ่านเข้าไปวงจรขยายทรานซิสเตอร์ Q_2 ขยายสัญญาณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ทำให้กระแสคอลเลกเตอร์ I_{C1} ไหลเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงไม่ควรจัดวงจรขยายโดยตรงมากกว่า 2 ภาค

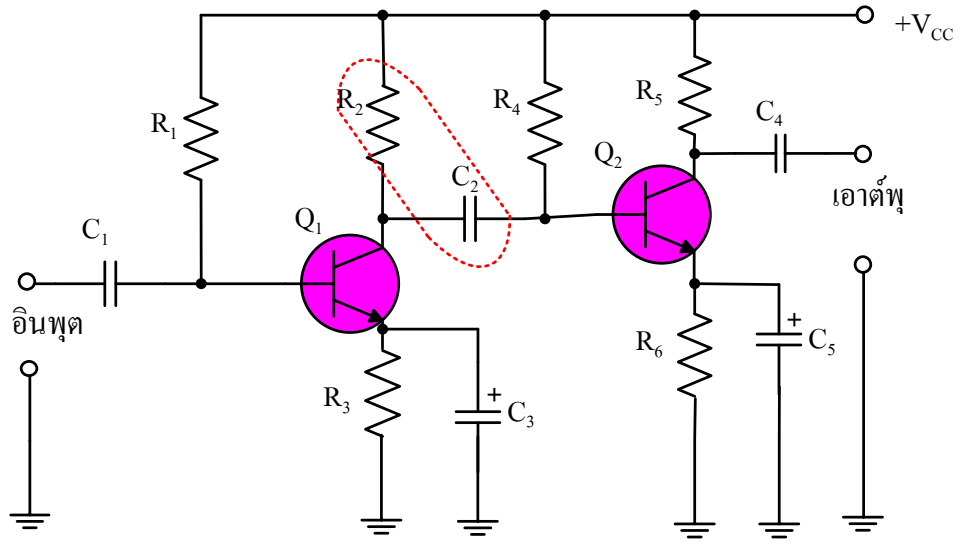
10.1.2 การเชื่อมต่อด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ (Resistor and Capacitor Coupling)

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง

การเชื่อมต่อด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเป็นการเชื่อมต่อที่นิยมใช้มากแบบหนึ่ง โดยใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุต่อร่วมกัน ใช้ส่งผ่านสัญญาณการทำงานจากภาคที่ 1 ไปยัง ภาคที่ 2

ข้อดี คือ การต่อวงจรไม่ยุ่งยาก ใช้พื้นที่น้อย ไม่มีปัญหาเรื่องการรบกวนจากสนามแม่เหล็ก

ข้อเสีย คือ ต้องใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่าสูงมากพอเพื่อที่จะทำให้ความถี่ต่ำผ่านได้ มีผลต่อการตอบสนองต่อความถี่ต่ำได้ไม่ค่อยดี ขนาดของแรงดันที่ส่งมามีผลต่อประสิทธิภาพของการเชื่อมต่อ ขนาดของแรงดันลดลง ประสิทธิภาพการเชื่อมต่อก็ลดลงด้วย แสดงดังรูปที่ 10.2



รูปที่ 10.2 วงจรเชื่อมต่อแบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ (Resistor and Capacitor Coupling)
ที่มา(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, 2553,หน้า83)

จากรูปที่ 10.2 แสดงวงจรเชื่อมต่อแบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ มีตัวต้านทาน R_2 และตัวเก็บประจุ C_2 เป็นการเชื่อมต่อจากขาคอลเลกเตอร์ (ขา C) ของทรานซิสเตอร์ Q_1 ไปที่ขาเบส (ขาB) ของทรานซิสเตอร์ Q_2 และตัวต้านทาน R_2 ยังทำหน้าที่เป็นภาระของวงจรขยายสัญญาณของ

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง

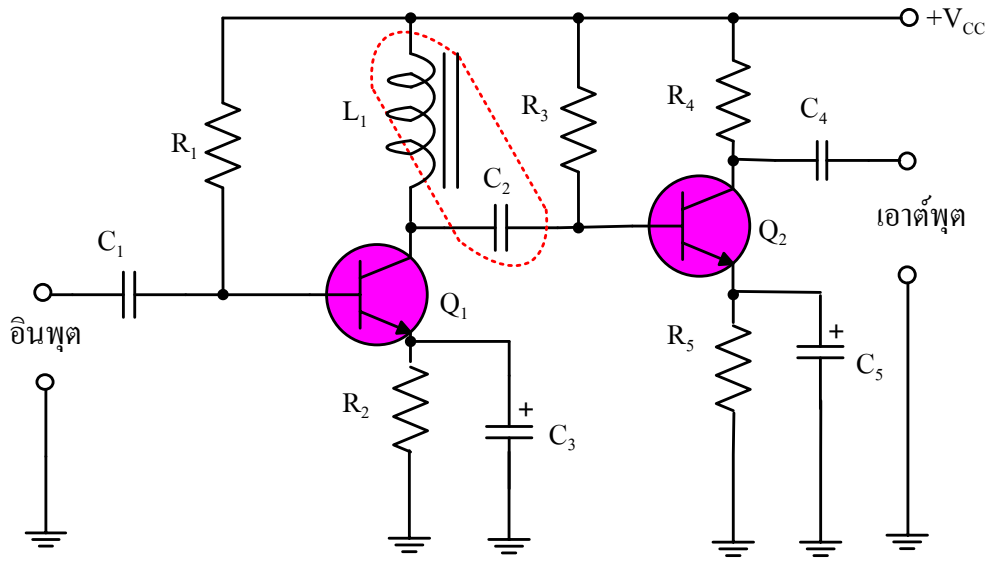
ทรานซิสเตอร์ Q_1 รับสัญญาณตกคร่อมและส่งผ่านออกเอาต์พุตไปภาคต่อไปด้วยตัวเก็บประจุ C_2 มีตัวต้านทาน R_1 และ R_4 เป็นตัวกำหนดไบแอสใช้ขาเบส (ขาB) ของทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 มีตัวต้านทาน R_5 และตัวเก็บประจุ C_4 เป็นวงจรเชื่อมต่อแบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุอีกวงจรหนึ่ง

10.1.3 การเชื่อมต่อด้วยอิมพีแดนซ์ (Impedance Coupling)

การเชื่อมต่อด้วยอิมพีแดนซ์ เป็นการใช้ต่อเหนี่ยวและตัวเก็บประจุต่อร่วมกันใช้เป็นวงจรเชื่อม ส่งผ่านสัญญาณจากการทำงานของภาคที่ 1 ไปยังภาคที่ 2 โดยตัวเหนี่ยวนำยังทำหน้าที่เป็นภาระของวงจรทำงานภาคที่ 1

ข้อดี คือ ค่าความต้านทานในตัวเหนี่ยวนำต่ำ ทำให้แรงดันตกคร่อมขาคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์ภาคแรกเทียบกับกราวด์มีค่าสูงขึ้น มีสัญญาณส่งผ่านไปให้ภาคที่ 2 มากขึ้น

ข้อเสีย คือ เกิดสัญญาณรบกวนจากสนามแม่เหล็กของเหนี่ยวนำที่ใช้งานในวงจร และต้องนำความถี่มาใช้งานให้เหมาะสม ไม่เช่นนั้นอาจทำให้อัตราขยายของวงจรลดลง ลักษณะการจัดวงจรแสดงดังรูปที่ 10.3



รูปที่ 10.3 วงจรเชื่อมต่อแบบอิมพีแดนซ์

ที่มา(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, 2553,หน้า184)

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง

จากรูปที่10.3 แสดงวงจรเชื่อมต่อวงจรโดยใช้ขดลวดโช้ก(Choke Coil ; L_1) เข้ามาต่อร่วมกับตัวเก็บประจุ C_2 เป็นวงจรเชื่อมต่อส่งผ่านสัญญาณจากขาคอลเลกเตอร์ Q_1 ไปขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 ขดลวดโช้ก L_1 ยังทำหน้าที่เป็นภาระของวงจรขยายทรานซิสเตอร์ Q_1 มีตัวต้านทาน R_1 และ R_3 เป็นตัวกำหนดไบแอสให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1และมีตัวต้านทาน R_4และตัวเก็บประจุ C_4เป็นวงจรเชื่อมต่อแบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ส่งสัญญาณออกเอาต์พุต

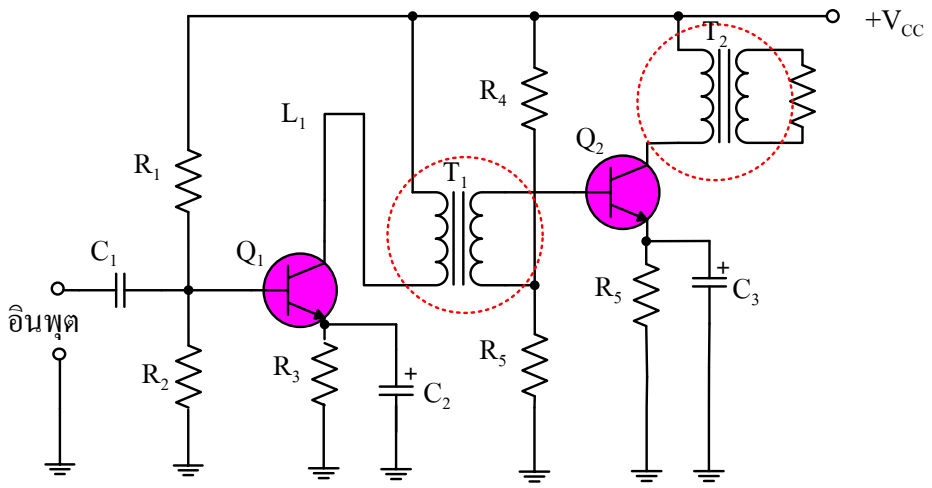
10.1.4 การเชื่อมต่อด้วยหม้อแปลง (Transformer Coupling)

การเชื่อมต่อด้วยหม้อแปลง เป็นการใช้หม้อแปลงในการเชื่อมต่อกันระหว่าง 2 ภาคของวงจร เหมาะสำหรับการเชื่อมต่อที่ต้องการปรับสมดุลของอิมพิแดนซ์ที่จะส่งผ่านถึงกันโดยจัดให้หม้อแปลงมีอิมพิแดนซ์ทางขดทุติยภูมิเหมาะสมกับอินอิมพีแดนซ์ของวงจรภาคที่สองทำให้สัญญาณสามารถส่งผ่านได้สูงสุด

ข้อดีของวงจร คือ สามารถปรับอิมพิแดนซ์ให้มีความเหมาะสมกันระหว่างวงจรทำงานแต่ละวงจร เกิดการส่งผ่านสัญญาณได้สูงสุด มีการสูญเสียจากการส่งผ่านน้อยและมีอัตราขยายสัญญาณสูง

ข้อเสียของวงจร คือ เกิดสัญญาณรบกวนจากสนามแม่เหล็กของตัวหม้อแปลง ทำให้การตอบสนองความถี่ของวงจรไม่ดีเท่ากับการเชื่อมต่อด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ วงจรมีน้ำหนักมากหม้อแปลงมีขนาด ใหญ่ มีราคาแพง ลักษณะของวงจรเชื่อมต่อด้วยหม้อแปลงแสดงดังรูปที่ 10.4

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง



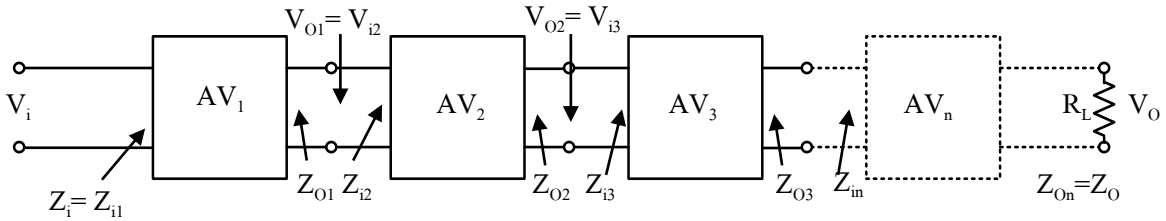
รูปที่ 10.4 การเชื่อมต่อด้วยหม้อแปลง

ที่มา(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, 2553,หน้า185)

จากรูปที่ 10.4 แสดงวงจรเชื่อมด้วยหม้อแปลง มีหม้อแปลง T_1 เป็นตัวเชื่อมวงจรส่งผ่านสัญญาณจากขาคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Qไบอัสขาเบสของทรานซิสเตอร์Q_2และยังทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ระหว่างขาคอลเล็กเตอร์ของ Q_1 กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 ให้เกิดความเหมาะสมกัน ทำให้สัญญาณส่งผ่านได้สูงสุด เกิดการสูญเสียต่ำสุด

10.2 วงจรขยายคาสเคด (Case Cade Amplifier)

วงจรขยายคาสเคด (Case Cade Amplifier) คือการนำเอาวงจรขยายหลายๆวงจรมาเชื่อมต่อกันเพื่อให้อัตราการขยายสูงขึ้นตามความต้องการ ลักษณะการจัดวงจรแสดงดังรูปที่10.5



รูปที่ 10.5 ไดอะแกรมของการต่อวงจรแบบคาสเคด

ที่มา(วีระศักดิ์ สุวรรณเพชร,2557,หน้า 293)

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง

จากรูปที่10.5 สามารถหาค่าต่างๆได้ดังนี้

อัตราขยายแรงดัน (Voltage Gain: A_V)

$$A_V = A_{V1}A_{V2}A_{V3}.....A_{Vn}$$

อัตราขยายกระแส(Current Gain: A_i)

$$A_i = \frac{I_O}{I_i} = \frac{-V_O/R_L}{V_i/Z_i}$$

$$Ai = -A_{VT} \times \frac{Z_i}{R_L}$$

โดยที่ A_V = อัตราขยายแรงดัน

A_{VT} = อัตราขยายแรงดันรวมทั้งหมด

A_i = อัตราขยายกระแส

I_i = กระแสทางด้านอินพุต

I_O = กระแสทางด้านเอาต์พุต

Z_i = อินพุตอิมพีแดนซ์

R_L = ภาระของวงจร(Load)

การต่อวงจรแบบเคสเคดสามารถทำได้ 3 แบบ คือ

10.2.1. วงจรขยายแบบคาสเคด โดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ (Resistor and Capacitor Coupling)

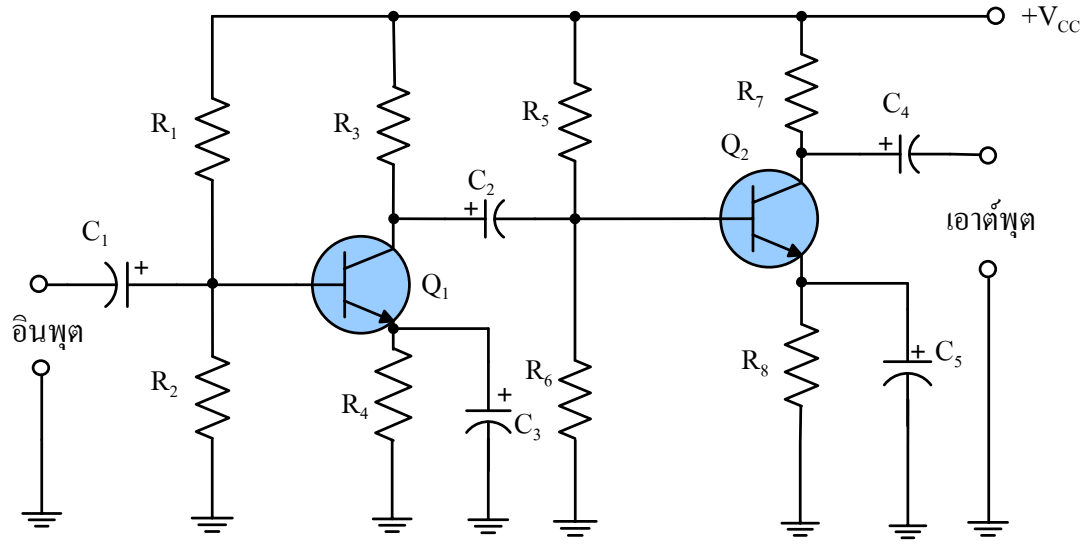
10.2.2 วงจรขยายแบบคาสเคด โดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบหม้อแปลง (Transformer Coupling)

10.2.3 วงจรขยายแบบคาสเคด โดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบโดยตรง (Direct Coupling)

10.2.1 วงจรขยายแบบคาสเคด โดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ (Resistor and Capacitor Coupling)

วงจรขยายแบบคาสเคด โดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเป็นวงจรเชื่อมต่อระหว่างภาคหนึ่งไปอีกภาคหนึ่งโดยใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ แสดงดังรูปที่ 10.6

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง



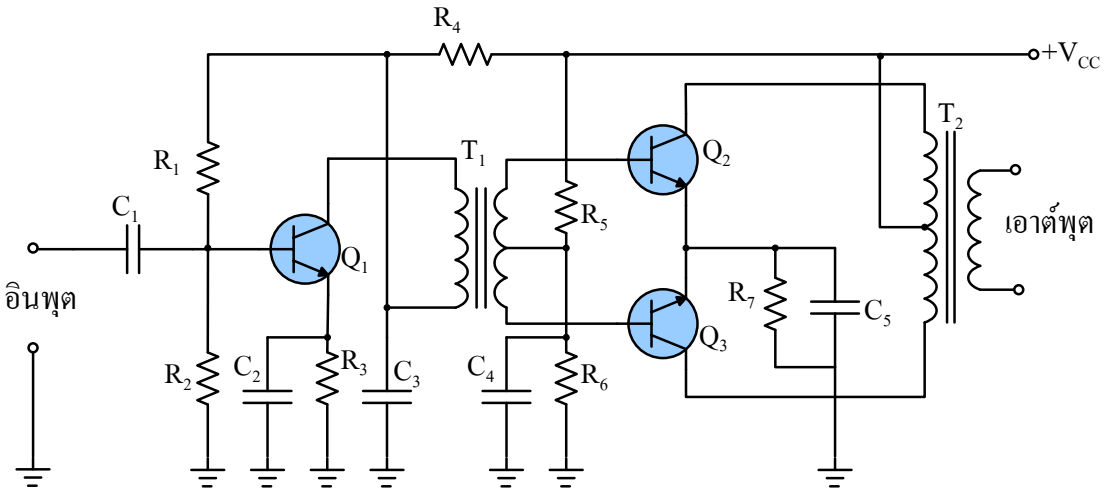
รูปที่ 10.6 วงจรขยายแบบคาสเคด โดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ที่มา(พุทธรักษ์ แสงกิ่ง,2558,หน้า 248)

จากรูปที่ 10.6 เป็นวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ที่เชื่อมต่อกัน 2 ภาค (Stage) วงจรขยายภาคแรกถูกขยายสัญญาณด้วยทรานซิสเตอร์ Q_1 และเชื่อมต่อวงจรภาคที่ 1 จาก ทรานซิสเตอร์Q_1 ผ่านทางตัวเก็บประจุ C_3 เพื่อส่งสัญญาณไปยังภาคที่ 2 ไปสู่ทรานซิสเตอร์ Q_2 โดยที่ทรานซิสเตอร์ Q_2 จะทำการขยายสัญญาณผ่านทางตัวเก็บประจุ C_4 เป็นสัญญาณทางเอาต์พุต

10.2.2 วงจรขยายแบบคาสเคด เชื่อมต่อระหว่างภาคแบบหม้อแปลง (Transformer Coupling)

วงจรขยายแบบคาสเคด เชื่อมต่อระหว่างภาคแบบหม้อแปลง เป็นวงจรเชื่อมต่อระหว่างภาคหนึ่งไปอีกภาคหนึ่งโดยใช้หม้อแปลง (Transformer) แสดงดังรูปที่ 10.7

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง



รูปที่ 10.7 วงจรขยายแบบคาสเคด เชื่อมต่อระหว่างภาคแบบหม้อแปลง

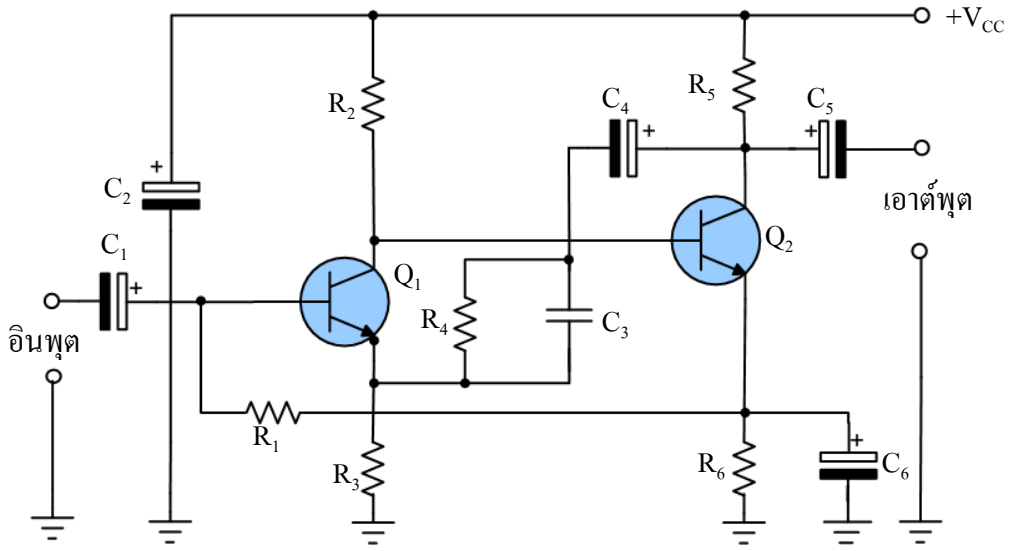
ที่มา(พุทธรักษ์ แสงกิ่ง,2558,หน้า 248)

จากรูปที่ 10.7 เป็นวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ที่เชื่อมต่อกัน 2 ภาค (Stage) วงจรขยายภาคแรกถูกขยายสัญญาณด้วยทรานซิสเตอร์ Q_1 และเชื่อมต่อวงจรภาคที่ 1 จากทรานซิสเตอร์ Q_1 ผ่านทาง หม้อแปลง T_1 จากขดลวดทางเข้าแล้วเกิดการเหนี่ยวนำข้ามไปยังขดลวดตรงข้าม เพื่อส่งสัญญาณไปยังภาคที่ 2 ไปสู่ทรานซิสเตอร์ Q_2 โดยที่ทรานซิสเตอร์ Q_2 จะทำการขยายสัญญาณผ่านทางหม้อแปลง T_2 เป็นสัญญาณทางเอาต์พุต

10.2.3วงจรขยายแบบคาสเคด เชื่อมต่อระหว่างภาคแบบโดยตรง (Direc Copling)

วงจรขยายแบบคาสเคดเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบโดยตรง เป็นวงจรเชื่อมต่อระหว่างภาคหนึ่งไปอีกภาคหนึ่งโดยตรง

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง



รูปที่ 10.8 วงจรขยายแบบคาสเคด เชื่อมต่อระหว่างภาคแบบโดยตรง

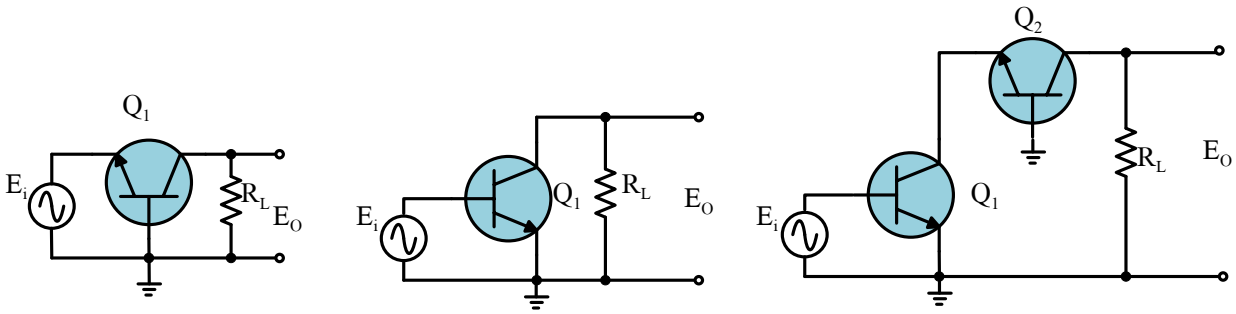
ที่มา(พุทธรักษ์ แสงกิ่ง,2558,หน้า 249)

จากรูปที่ 10.8 เป็นวงจรคอมมอนอิมิตเตอร์ที่เชื่อมต่อกัน 2 ภาค (Stage) วงจรขยายภาคแรกถูกขยายสัญญาณด้วยทรานซิสเตอร์Q_1 และเชื่อมต่อวงจรภาคที่1 จากทรานซิสเตอร์ Q_1 ผ่านทางขาคอลเล็กเตอร์เข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 โดยตรง โดยที่ทรานซิสเตอร์ Q_2 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายภาคที่ 2 และจะทำการขยายสัญญาณแล้วส่งออกผ่านทางตัวเก็บประจุ C_6 เป็นสัญญาณออกทางเอาต์พุต

10.3 การต่อวงจรแบบคาสโคด (Cascode Connection)

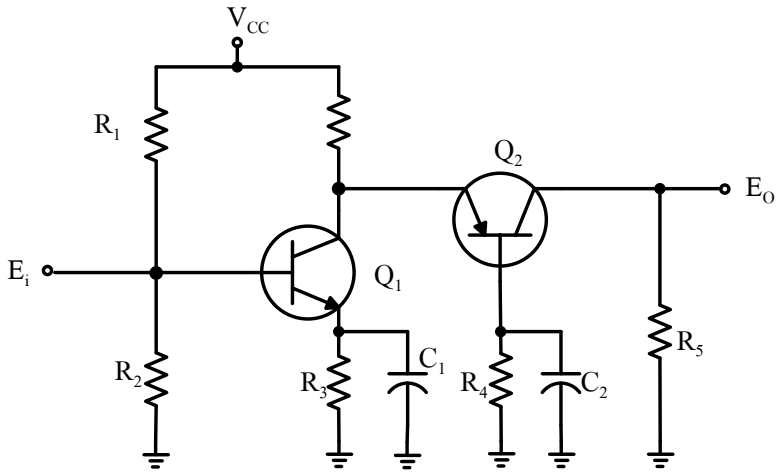
การต่อวงจรแบบคาสโคด (Cascode Connection) คือ การนำวงจรขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร์ซึ่งขาคอลเล็กเตอร์เป็นขาเอาต์พุตของวงจรขยายภาคที่1 จะเชื่อมต่อกับขาอิมิตเตอร์ของวงจรขยายภาคที่2 ซึ่งจัดวงจรเป็นแบบคอมมอนเบส หลักการของการต่อวงจรแบบคาสโคด แสดงดังรูปที่ 10.9

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง



รูปที่ 10.9 การต่อวงจรแบบคาสโคด

ที่มา (วีระศักดิ์ สุวรรณเพชร,2557,หน้า 298)

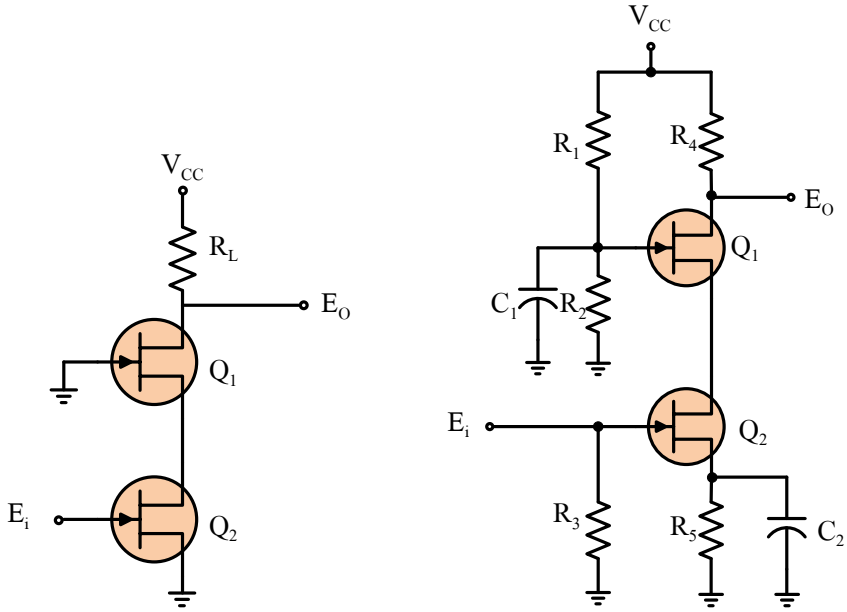


รูปที่ 10.10การต่อวงจรทรานซิสเตอร์แบบคาสโคด

ที่มา (วีระศักดิ์ สุวรรณเพชร,2557,หน้า 298)

จากรูปที่ 10.10 การต่อวงจรตามนี้จะให้ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์สูง แต่ให้อัตราขยายแรงดันต่ำกว่าแบบคาสเคด เหมาะสำหรับการนำไปใช้งานในย่านความถี่สูง เนื่องจากจะลดผลของตัวเก็บประจุเสมือนที่อยู่ภายในทรานซิสเตอร์Q_2

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง



(ก) หลักการของคาสโคด (ข)วงจรขยายคาสโคดในการใช้งาน

รูปที่ 10.11การต่อวงจรเฟตแบบคาสโคด

ที่มา (วีระศักดิ์ สุวรรณเพชร,2557,หน้า 299)

10.4วงจรขยายแบบดาร์ลิงตัน (Darlington Amplifier)

วงจรขยายแบบดาร์ลิงตันเป็นการนำเอาทรานซิสเตอร์มาต่ออนุกรมกันขยายสัญญาณแบบอิมิตเตอร์ตาม (Emitter Follower) เพื่อให้ขยายกระแสได้มากขึ้น ทรานซิสเตอร์ตัวแรกจะเป็นขับกระแสเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ตัวที่สอง ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์กำลังทำให้อัตราขยายสูงหรือเท่ากับอัตราการขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ตัวแรกกับอัตราขยายของกระแสของทรานซิสเตอร์ตัวที่สอง เข้าด้วยกันจึงทำให้มีอัตราการขยายของกระแสสูงมากส่วนด้านอินพุตอิมพีแดนซ์จะมีค่าสูงและค่าเอาต์พุตอิมพีแดนซ์จะมีค่าต่ำ นิยมใช้ในการวงจรภาคขยายเสียง ต่อจากภาคขับกำลัง (Driver) ไปยังภาคขยายเสียงกำลัง (Power Amplifer)วงจรดาร์ลิงตันจัดวงจรได้ 3 แบบด้วย คือ NPN – NPN ดาร์ลิงตัน PNP – PNP ดาร์ลิงตัน และ PNP – NPN ดาร์ลิงตัน ลักษณะการต่อวงจรดาร์ลิงตันแสดงดังรูปที่ 1.1 และอัตราขยายของวงจรสามารถหาได้จากสมการนี้

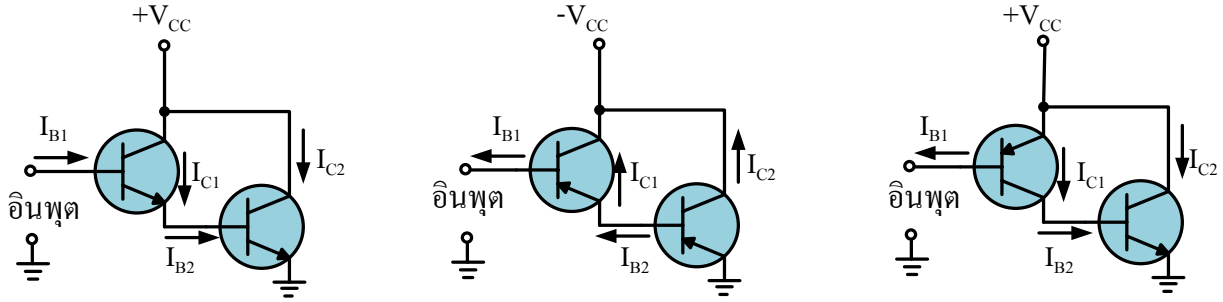
$$\beta_D = \beta_1 \times \beta_2$$

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง

โดย β_D = อัตราขยายกระแสของดาร์ลิงตัน

β_1 = อัตราขยายกระแสของดาร์ลิงตันตัวที่ 1

β_2 = อัตราขยายกระแสของดาร์ลิงตันตัวที่ 2



(ก) NPN – NPN ดาร์ลิงตัน (ข) PNP – PNP ดาร์ลิงตัน (ค) PNP – NPN ดาร์ลิงตัน

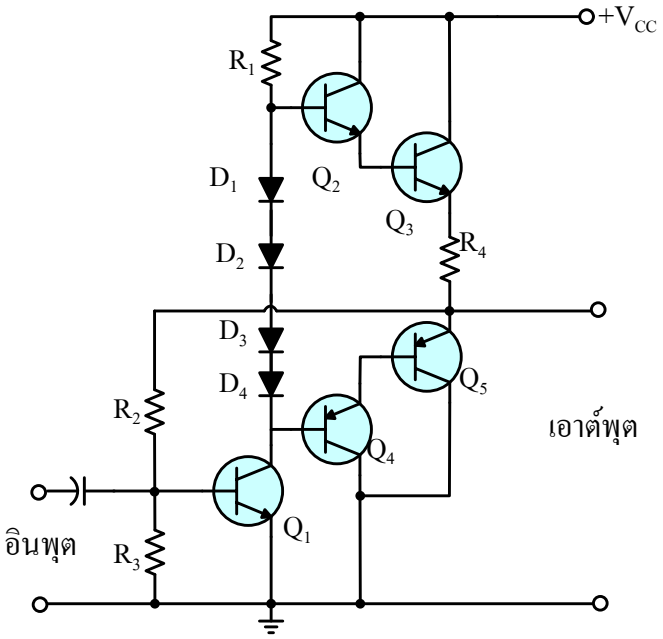
รูปที่ 10.8 วงจรดาร์ลิงตันเบื้องต้น

ที่มา (พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตย์พงศ์,2553,หน้า 86)

จากรูปที่ 10.8 แสดงวงจรดาร์ลิงตันแบบเบื้องต้นทั้ง 3 แบบ สามารถทำงานและขยายสัญญาณได้เหมือนกัน โดยมีทรานซิสเตอร์ Q_1 รับสัญญาณป้อนเข้าที่ขาเบสขยายสัญญาณส่งต่อไปให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_2 ขยายสัญญาณอีกภาคหนึ่ง ส่งออกเป็นสัญญาณเอาต์พุต การต่อแบบดาร์ลิงตันช่วยเพิ่มกำลังขยายกระแสสัญญาณให้สูงขึ้น มีอัตราการขยายกระแสสัญญาณของวงจรเท่ากับผลคูณของอัตราขยายกระแสในการต่อทรานซิสเตอร์แต่ละตัว

วงจรดาร์ลิงตันมีความสามารถในการให้อัตราขยายของกระแสสูงจึงถูกนำมาใช้ในการเพิ่มกำลังการขยายของวงจรขยายเสียง ดังวงจรในรูปที่ 10.9

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง



รูปที่ 10.9 วงจรขยายสัญญาณเสียงแบบดาร์ลิงตัน
ที่มา(พุทธรักษ์ แสงกิ่ง,2558,หน้า250)

จากรูปที่ 10.9 แสดงวงจรขยายสัญญาเสียงแบบดาร์ลิงตันที่ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q_2 กับ Q_3 ต่อแบบดาร์ลิงตันชนิดเอ็นพีเอ็น(NPN) และทรานซิสเตอร์ Q_4 กับทรานซิสเตอร์ Q_5 ต่อแบบดาร์ลิงตันชนิดพีเอ็นพี(PNP) โดยทรานซิสเตอร์ทั้งสองชุด (Q_2 , Q_3) และ(Q_4 , Q_5) จัดเป็นทรานซิสเตอร์เอาต์พุตคู่แมตช์แพร์ (Match Pair)ที่ประกอบกันเป็นวงจรขยายสัญญาณเสียงแบบดาร์ลิงตันคอมพลีเมนทารี ที่ให้กำลังขยายสูง ส่วนในวงจรทางด้านอินพุตที่ประกอบด้วยไดโอดจำนวน 4 ตัว ทำหน้าที่กำหนดในไบแอสให้กับทรานซิสเตอร์คู่แมตช์แพร์ ของวงจรให้มีความเหมาะสม ส่วนตัวต้านทาน R_2 และ R_3 ทำหน้าที่จัดไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 โดยที่ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณทางด้านอินพุตที่เข้ามาทางตัวเก็บประจุ C_1

10.5 การต่อวงจรแบบคอมพลีเมนตารี

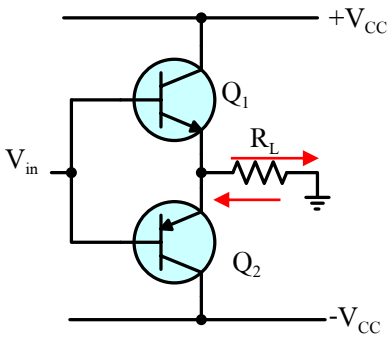
การต่อวงจรขยายแบบคอมพลีเมนตารีประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ต่างชนิดกัน 2 ตัว คือ ชนิดเอ็นพีเอ็น (NPN) และ ชนิดพีเอ็นพี (PNP) เป็นทรานซิสเตอร์แบบคู่แมตช์แพร์(Match Pair)

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง

หรือทรานซิสเตอร์คู่เหมือน ((Transistor Matching) หรือใช้เฟตต่างชนิดกัน แต่มีคุณสมบัติเหมือนกันทั้งค่าพิกัดและ กระแส แรงดัน มาต่อรวมกันคล้ายกับวงจรขยายแบบพุช – พูล โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือทรานซิสเตอร์และมอสเฟต โดยแต่ละแบบมีการทำงานดังนี้

10.5.1 วงจรทรานซิสเตอร์คอมพลีเมนตารี

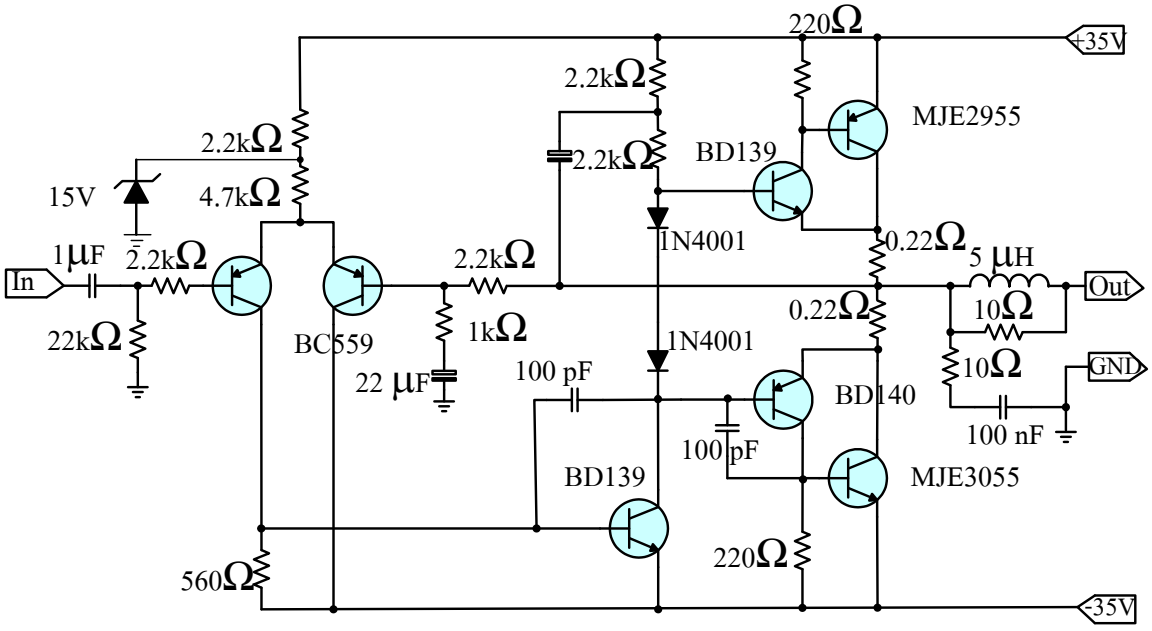
วงจรทรานซิสเตอร์คอมพลีเมนตารีการออกแบบวงจรอาจจะใช้แหล่งจ่ายชุดเดียวหรือสองชุดก็ได้ โดยมีหลักการดังรูปที่ 10.10



รูปที่ 10.10 หลักการเบื้องต้นของวงจรทรานซิสเตอร์คอมพลีเมนตารี

ทรานซิสเตอร์คู่เหมือน (Transistor Matching) คือ ทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็น(NPN) และชนิดพีเอ็นพี (PNP) จะต้องมีคุณสมบัติเหมือนกัน ซึ่งเรียกว่าคู่เหมือนหรือแมตช์แพร์ ยกตัวอย่างเบอร์ที่นิยมใช้ เช่น BD139 (NPN) คู่กับ BD140 (PNP) MJ2955 (PNP) คู่กับ 2N3055 (NPN) ซึ่งตัวอย่างวงจรแสดงดังรูปที่ 10.11

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง

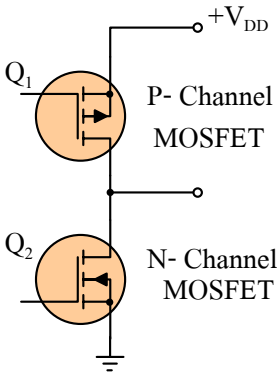


รูปที่ 10.11 ตัวอย่างวงจรขยายเสียงทรานซิสเตอร์แบบคอมพลีเมนตารี
ที่มา(วีระศักดิ์ สุวรรณเพชร,2557,หน้า 301)

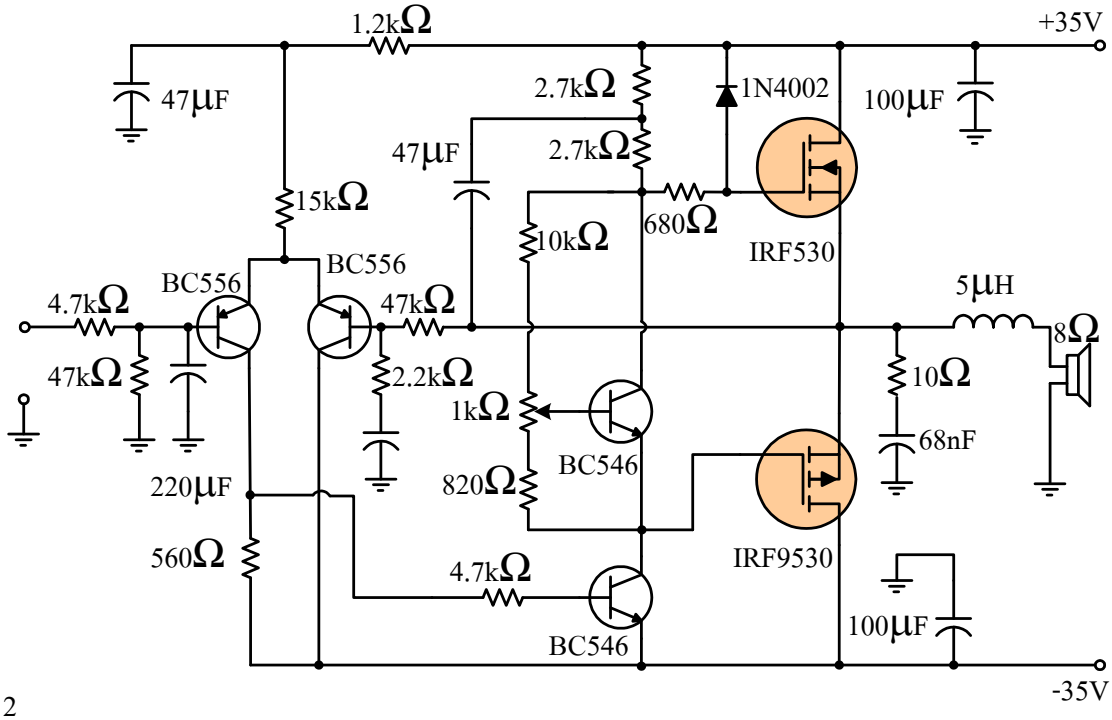
11.5.2 มอสเฟตคอมพลีเมนตารี

การจัดวงจรคอมพลีเมนตารีโดยใช้มอสเฟตต่างชนิดกัน กล่าวคือ ตัวแรกเป็นชนิดพีแชนแนล มอสเฟต (P – Channel MOSFET) และชนิดเอ็นแชนแนล มอสเฟต (N – Channel MOSFET)โดยที่ MOSFET ทั้งสองมีคุณสมบัติเหมือนกัน หลักการเบื้องต้นของวงจรเฟตแบบคอมพลีเมนตารี แสดงดังรูปที่ 10.12

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง



รูปที่ 10.12 หลักการเบื้องต้นของวงจรเฟตแบบคอมพลีเมนตารี
ที่มา(วีระศักดิ์ สุวรรณเพชร,2557,หน้า 302)



2

รูปที่ 10.13 ตัวอย่างวงจรขยายเสียงมอสเฟตต่อแบบคอมพลีเมนตารี
ที่มา(วีระศักดิ์ สุวรรณเพชร,2557,หน้า 302)

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง

จากรูปที่ 10.13 แสดงวงจรขยายเสียงมอสเฟตต่อแบบคอมพลีเมนตารีที่ใช้ภาคขยายกำลังเป็น มอสเฟต Q_3 เบอร์ IRF530 (N-Channel MOSFET) ต่อวงจรคอมพลีเมนตารีกับ มอสเฟต Q_6 เบอร์ IRF9530 (N-Channel MOSFET) ส่วนทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_4 (Differential Amplifier Circuit) และทรานซิสเตอร์ Q_3 และ Q_4 ทำหน้าที่เป็นภาคขับกำลัง (Driver)

ข้อดีของวงจรขยายเสียงมอสเฟต คือไม่จำเป็นต้องใช้ภาคขับกำลังหลายภาคเหมือนกับวงจรขยายที่ใช้ทรานซิสเตอร์ ทำให้วงจรมีขนาดเล็กกว่า เมื่อเทียบกำลังกับเอาต์พุตที่เท่ากัน ดังนั้นในปัจจุบันการออกแบบ วงจรขยายเสียงที่มีกำลังสูง ๆ จึงนิยมใช้ภาคขยายกำลังเป็นมอสเฟตมากขึ้น

10.6 สรุป

วงจรขยายสัญญาณถ้ามีหลายภาคจำเป็นต้องมีวิธีในการเชื่อมต่อวงจร (Coupling) ซึ่งวิธีการเชื่อมต่อสามารถแบ่งออกได้ 4 แบบ ได้แก่ การเชื่อมต่อโดยตรง(Direct Coupling) การเชื่อมต่อด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ(R-C Coupling)การเชื่อมต่อด้วยอิมพีแดนซ์ (Impedance Coupling) และการเชื่อมต่อด้วยหม้อแปลง (Transformer Coupling) ในการใช้งานจำเป็นต้องเลือกให้เหมาะสมเพื่อให้เกิดผลกระทบต่อการส่งสัญญาณน้อยที่สุด

วงจรขยายคาสเคด (Case Cade Amplifier) คือการนำเอาวงจรขยายหลายๆวงจรมาต่อเรียงกันโดยนำเอาต์พุตของวงจรขยายภาคที่ 1 ต่อเข้าอินพุตของวงจรขยาภาคที่ 2 ถ้ามีมากกว่า 2 ภาค ก็ทำในทำนองเดียวกันนี้ไปเรื่อยๆ ทั้งนี้เพื่อให้อัตราการขยายสูงขึ้นตามความต้องการต่อวงจรแบบเคสเคดสามารถทำได้ 3 แบบ คือวงจรขยายแบบคาสเคด โดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ (Resistor and Capacitor Coupling) วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบหม้อแปลง (Transformer Coupling) และวงจรขยายแบบคาสเคด โดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบโดยตรง (Direct Coupling)

วงจรขยายแบบคาสโคด(Casecode Connection) คือการนำเอาวงจรขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร์มาเชื่อมต่อกับวงจรขยายแบบคอมมอนเบส เพื่อทำให้ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์สูง

	ใบความรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบผสม	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบผสม		เวลา 2 ชั่วโมง

แต่อัตราขยายแรงดันต่ำกว่าแบบคาสเคด เหมาะนำไปใช้งานในย่านความถี่สูง

การต่อวงจรดาร์ลิงตันคือการนำทรานซิสเตอร์ชนิดเดียวกันสองตัวมาต่อเป็นวงจรขยายแบบอิมิตเตอร์ตาม(Emitter Follower) โดยการเชื่อมต่อโดยตรง เพื่อให้อัตราการขยายกระแสเพิ่มขึ้น

การต่อวงจรคอมพลีเมนตารีเป็นการนำทรานซิสเตอร์ต่างชนิดกันสองตัว หรือเฟตต่างชนิดกันสองตัว แต่มีคุณสมบัติเหมือนกันทั้งค่าทนกระแส และค่าทนแรงดันซึ่งเรียกว่าคู่แมตช์ - แพร์ (Match Pair) มาต่อร่วมกัน โดยสามารถทำงานได้เหมือนกันทุกประการ

บรรณานุกรม

ธนภัทร ภูรีพิทักษ์. **อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจรภาคทฤษฎี.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์สกายบุ๊กส์, 2545.

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. **ทฤษฎีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, ม.ป.ป.

_____. **ทฤษฎีเครื่องเสียง.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ, 2546.

_____. **วงจรอิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2545.

_____. **อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2542.

_____. **อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ, 2553.

พุทธรักษ์ แสงกิ่ง. **อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ, 2558.

วีระศักดิ์ สุวรรณเพชร. **อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์บริษัทศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด, 2557.

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 10 เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบต่าง ๆ

คำชี้แจง 1. แบบฝึกหัดจำนวน 12 ข้อ ๆ ละ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 12 คะแนน
2. เวลาที่ใช้ในการทำแบบฝึกหัด 10 นาที

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในวงเล็บหน้าข้อที่ถูกและทำเครื่องหมายผิด (×) ลงในวงเล็บ หน้าข้อที่ผิด

( ) 1. จุดประสงค์ของการเชื่อมต่อวงจร (Coupling) คือ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปรับอิมพีแดนซ์เพิ่มอัตราขยายและเพิ่มคุณภาพของวงจร

( ) 2. การเชื่อมต่อโดยตรง มีข้อดี คือให้การตอบสนองความถี่ได้ทุกความถี่

( ) 3. การเชื่อมต่อแบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเป็นแบบที่นิยมใช้งานมากที่สุด

( ) 4. การเชื่อต่อด้วยอิมพีแดนซ์ มีข้อดี คือไม่มีสัญญาณรบกวนจากสนามแม่เหลก

( ) 5. วงจรขยายแบบคลาสเคด คือการนำวงจรขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร์และคอมมอนเบสมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน

( ) 6. วงจรขยายแบบคาสเคดเรียกอีกอย่างว่าวงจรขยายสัญญาณหลายภาค

( ) 7. วงจรขยายแบบคาสเคดที่ไม่มีผลต่อค่าอิมพีแดนซ์และการตอบสนองความถี่คือ วงจรขยายแบบคาสเคด โดยการเชื่อมต่อระหว่างภาคแนบตัวต้านทานและต่อเก็บประจุ

( ) 8. การต่อวงจรขยายแบบคาร์ลิงตันจะใช้ทรานซิสเตอร์ต่างชนิดกันมาต่อเข้าด้วยกัน 2 ตัว

( ) 9. วงจรขยายแบบคาร์ลิงตันจะมีอัตราการขยายกระแสสูงมากถูกนำมาใช้ในการเพิ่มกำลังการขยายของวงจรสัญญาณเสียง

( ) 10. วงจรคอมพลีเมนตารีเน้นการวัดวงจรขยายที่ใช้ทรานซิสเตอร์ต่างชนิดกัน แต่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเหมือนกันมาต่อเข้าด้วยกัน 2 ตัว

( ) 11. วงจรคอมพลีเมนตารีไม่สามารถนำมอสเฟตมาต่อวงจรได้

( ) 12. วงจรคอมพลีเมนตารีไม่นิยมใช้ในวงจรขยายเสียง

เฉลยแบบฝึกหัดหน่วยที่ 10 เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบต่าง ๆ

คำชี้แจง 1. แบบฝึกหัดจำนวน 12 ข้อ ๆ ละ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 12 คะแนน
2. เวลาที่ใช้ในการทำแบบฝึกหัด 10 นาที

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในวงเล็บหน้าข้อที่ถูกและทำเครื่องหมายผิด (×) ลงในวงเล็บ หน้าข้อที่ผิด

(✓) 1. จุดประสงค์ของการเชื่อมต่อวงจร (Coupling) คือ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปรับอิมพีแดนซ์ เพิ่มอัตราขยายและเพิ่มคุณภาพของวงจร

(✓) 2. การเชื่อมต่อโดยตรง มีข้อดี คือให้การตอบสนองความถี่ได้ทุกความถี่

(✓) 3. การเชื่อมต่อแบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเป็นแบบที่นิยมใช้งานมากที่สุด

(×) 4. การเชื่อต่อด้วยอิมพีแดนซ์ มีข้อดี คือไม่มีสัญญาณรบกวนจากสนามแม่เหล็ก

(✓) 5. วงจรขยายแบบคลาสเคด คือการนำวงจรขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร์และคอมมอนเบสมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน

(✓) 6. วงจรขยายแบบคาสเคดเรียกอีกอย่างว่าวงจรขยายสัญญาณหลายภาค

(×) 7. วงจรขยายแบบคาสเคดที่ไม่มีผลต่อค่าอิมพีแดนซ์และการตอบสนองความถี่คือ วงจรขยายแบบคาสเคด โดยการเชื่อมต่อระหว่างภาคแนบตัวต้านทานและต่อเก็บประจุ

(×) 8. การต่อวงจรขยายแบบคาร์ลิงตันจะใช้ทรานซิสเตอร์ต่างชนิดกันมาต่อเข้าด้วยกัน 2 ตัว

(✓) 9. วงจรขยายแบบคาร์ลิงตันจะมีอัตราการขยายกระแสสูงมากถูกนำมาใช้ในการเพิ่มกำลังการขยายของวงจรสัญญาณเสียง

(✓) 10. วงจรคอมพลีเมนตารีเน้นการวัดวงจรขยายที่ใช้ทรานซิสเตอร์ต่างชนิดกัน แต่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเหมือนกันมาต่อเข้าด้วยกัน 2 ตัว

(×) 11. วงจรคอมพลีเมนตารีไม่สามารถนำมอสเฟตมาต่อวงจรได้

(×) 12. วงจรคอมพลีเมนตารีไม่นิยมใช้ในวงจรขยายเสียง

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 10 เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบต่างๆ

วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร **รหัสวิชา 2105 – 2005**

ข้อสอบจำนวน 12 ข้อ (12 คะแนน) **เวลา 10 นาที**

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวโดยทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ลักษณะการเชื่อมต่อ (Coupling) โดยการนำสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรขยายภาคที่ 1 จากขาคอลเล็กเตอร์ต่อไปยังขาเบสของวงจรขยายภาคที่ 2 เป็นการเชื่อมต่อแบบใด

   ก. แบบ Direct Coupling ข. แบบ Transformer Coupling

   ค. แบบ Impedance Coupling ง. แบบ RC Coupling

2. การเชื่อมต่อแบบ Transformer Coupling คือข้อใด

   ก. ใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุในการเชื่อมต่อวงจร

   ข. ใช้ขดลวดโช้กในการเชื่อมต่อวงจร

   ง. ใช้ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และหม้อแปลงในการเชื่อมต่อวงจร

   ง. ใช้หม้อแปลงในการเชื่อมต่อวงจร

3. การเชื่อมต่อแบบ RC Coupling คือข้อใด

   ก. ใช้ขดลวดโช้กในการเชื่อมต่อวงจร

   ข. ใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุในการเชื่อมต่อวงจร

   ค. ใช้หม้อแปลงในการเชื่อมต่อวงจร

   ง. ใช้หม้อแปลง และตัวเก็บประจุ ในการเชื่อมต่อวงจร

4. การเชื่อมต่อแบบ Impedance Coupling คือข้อใด

   ก. ใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุในการเชื่อมต่อวงจร

   ข. ใช้หม้อแปลงในการเชื่อมต่อวงจร

   ค. ใช้ขดลวดโช้กในการเชื่อมต่อวงจร

   ง. ใช้หม้อแปลง ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ ในการเชื่อมต่อวงจร

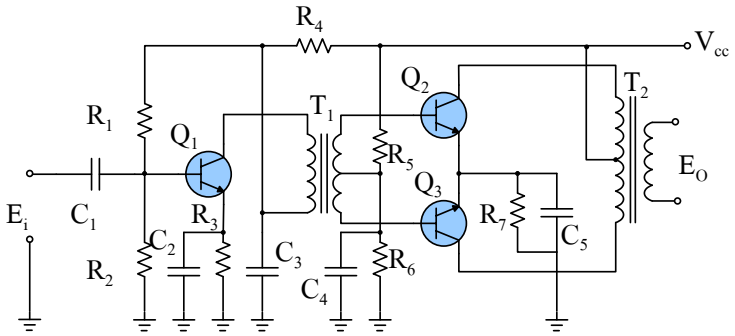
5. การนำเอาวงจรขยายมาต่อร่วมกันหลายภาคเพื่อให้มีอัตราขยายสูงขึ้นตามความต้องการ คือวงจรในข้อใด

   ก. วงจรขยายแบบคาสโคด ข. วงจรขยายคัปปลิ้ง

ค. วงจรขยายแบบพุช-พูล

ง. วงจรขยายแบบคาสเคด

6. จากรูปคือวงจรอะไร



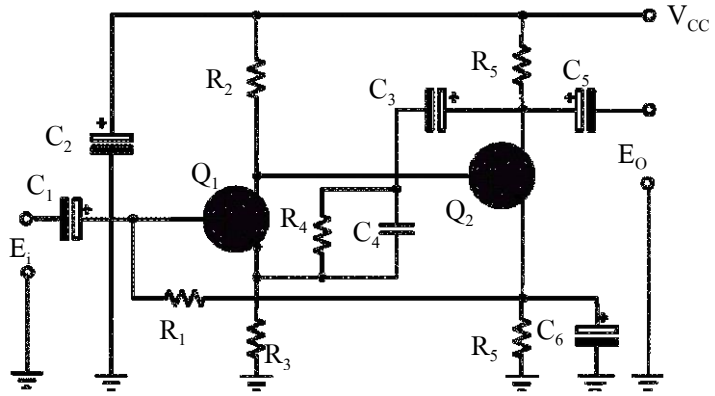
ก. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ R-C Coupling

ข. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ Direct Coupling

ค. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ Transformer Coupling

ง. วงจรขยายแบบคาสโคด

7. จากรูปคือวงจรอะไร



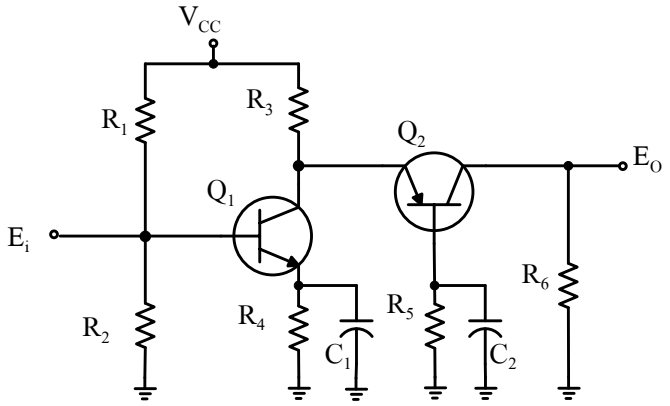
ก. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ Transformer Coupling

ข. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ R-C Coupling

ค. วงจรขยายแบบคาสโคด

ง. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ Direct Coupling

8. จากรูปคือวงจรอะไร



ก. วงจรขยายแบบคาสโคด

ข. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ Transformer Coupling

ค. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ R-C Coupling

ง. วงจรขยายแบบคาสเคดโดยเชื่อมต่อระหว่างภาคแบบ Direct Coupling

9. การต่อวงจรโดยการนำวงจรขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร์เชื่อมต่อกับวงจรขยายแบบคอมมอนเบส คือวงจรในข้อใด

ก. วงจรคอมพลีเมนตารี ข. วงจรขยายแบบคาสโคด

ค. วงจรขยายแบบคาสเคด ง. วงจรขยายแบบดาร์ลิงตัน

10. การต่อวงจรโดยการใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว นำขาคอลเล็กเตอร์แต่ละตัวต่อเข้าด้วยกัน และใช้ขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวแรกต่อไปเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 คือวงจรอะไร

ก. วงจรขยายแบบคาสเคด ข. วงจรขยายแบบคาสโคด

ค. วงจรคอมพลีเมนตารี ง. วงจรขยายแบบดาร์ลิงตัน

11. การต่อวงจรขยายภาคเอาต์พุตที่ใช้ทรานซิสเตอร์แบบคู่แมตช์ - แพร์ (Match Pair) ชนิด NPN คู่กับ PNP คือวงจรอะไร

ก. วงจรขยายแบบคาสเคด ข. วงจรคอมพลีเมนตารี

ค. วงจรขยายแบบดาร์ลิงตัน ง. วงจรขยายแบบคาสโคด

12. การต่อวงจรขยายภาคเอาต์พุตที่ใช้เฟตต่างชนิด 2 ตัว มีคุณสมบัติเหมือนกัน คือวงจรอะไร

ก. วงจรขยายแบบคาสโคด ข. วงจรขยายแบบคาสเคด

ค. วงจรขยายแบบดาร์ลิงตัน ง. วงจรคอมพลีเมนตารี

	เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน	หน่วยที่ 10
	วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา 2105-2005	สอนครั้งที่ 17
	ชื่อหน่วย การต่อวงจรขยายแบบต่างๆ	
เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบต่างๆ		เวลา 2 ชั่วโมง

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน			
ข้อที่	**คำตอบ**	**ข้อที่**	**คำตอบ**
1	ก	**7**	ง
2	ง	**8**	ก
3	ข	**9**	ข
4	ค	**10**	ง
5	ง	**11**	ข
6	ค	**12**	ง

แบบเก็บคะแนนทดสอบก่อนเรียน และทดสอบหลังเรียน

หน่วยที่ 10 เรื่อง การต่อวงจรขยายแบบต่างๆ

ลำดับ	ชื่อ – สกุล	ผลคะแนน	
		Pre-Test	Post-Test
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			