

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 8

การทดลองวงจรขยายด้วยออปแอมป์ และการประยุกต์ใช้งาน

หัวข้อเนื้อหา

1. ออปแอมป์อุดมคติ
2. วงจรขยายแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier)
3. วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non-inverting Amplifier)
4. วงจรบวกรวมแบบกลับสัญญาณ
5. วงจรตามแรงดัน (Voltage Follower)
6. การทดลองวงจรขยายด้วยออปแอมป์ และการประยุกต์ใช้งาน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อทดลองให้รู้ถึงการทำงานของออปแอมป์อุดมคติ
2. เพื่อทดลองวงจรขยายแบบกลับเฟส
3. เพื่อทดลองวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส
4. เพื่อทดลองวงจรวกแบบกลับสัญญาณ
5. เพื่อทดลองวงจรตามแรงดัน
6. เพื่อทดลองวงจรขยายด้วยออปแอมป์ และการประยุกต์ใช้งาน

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. วิธีสอน
 - 1.1 วิธีสอนแบบบรรยาย
 - 1.2 วิธีสอนแบบอภิปราย
 - 1.3 วิธีสอนแบบปฏิบัติการ
 - 1.4 วิธีสอนแบบเน้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง
2. กิจกรรมการเรียนการสอน
 - 2.1 อธิบายทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวงจรขยายด้วยออปแอมป์ และการประยุกต์ใช้งาน
 - 2.2 อธิบายขั้นตอนการทดลองวงจรขยายด้วยออปแอมป์
 - 2.3 อธิบายขั้นตอนการทดลองการประยุกต์ใช้งานออปแอมป์
 - 2.4 อธิบายการบันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง
 - 2.5 นักศึกษาทำการทดลอง บันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และตอบคำถาม

ท้ายการทดลอง

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ 1
2. ใบประกอบ

3. แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

การวัดผลและการประเมินผล

1. การเข้าเรียน
2. เอกสารปฏิบัติการ
3. สอบกลางภาค
4. สอบปลายภาค

บทที่ 8

การทดลองวงจรขยายออปแอมป์ และการประยุกต์ใช้งาน

8.1 ออปแอมป์อุดมคติ

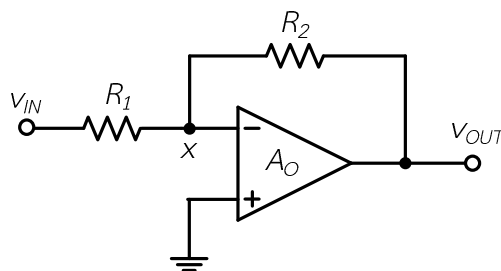
ออปแอมป์เป็นวงจรขยายที่นิยมนำไปประยุกต์ใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างกว้างขวาง เช่น วงจรขยายเชิงเส้น, วงจรคณิตศาสตร์, วงจรกำเนิดสัญญาณ, วงจรกรองสัญญาณ และสามารถประยุกต์เป็นวงจรอื่น ๆ อีกมาก ในการวิเคราะห์วงจรที่นำออปแอมป์ไปประยุกต์ใช้ เราเริ่มจากการวิเคราะห์ออปแอมป์เป็นแบบอุดมคติ ซึ่งออปแอมป์แบบอุดมคติมีคุณลักษณะที่สำคัญดังต่อไปนี้

- ค่าความต้านทานด้านอินพุตมีค่าเป็นอนันต์
- กระแสอินพุตที่ไหลเข้าขาบวกและขาลบมีค่าเท่ากับศูนย์
- ค่าความต้านทานด้านเอาต์พุตมีค่าเท่ากับศูนย์
- อัตราขยายผลต่างสูงมาก ๆ
- แรงดันที่ขาบวกและขาลบเสมือนเท่ากัน

8.2 วงจรขยายแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier)

วงจรขยายแบบกลับเฟสคือ วงจรขยายที่มีสัญญาณเอาต์พุตกลับเฟสกับสัญญาณอินพุต 180° รูปที่ 8.1 แสดงวงจรขยายแบบกลับเฟสซึ่งประกอบด้วยออปแอมป์ ตัวต้านทาน R_1 ต่อระหว่าง อินพุตกับขาลบของออปแอมป์ และตัวต้านทาน R_2 ต่อระหว่างอินพุตขาลบกับเอาต์พุตของออปแอมป์ในลักษณะป้อนกลับแบบลบ อัตราขยายของวงจรสามารถออกแบบได้จากสมการ

$$A_v = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = -\frac{R_2}{R_1} \quad (8.1)$$



รูปที่ 8.1 วงจรขยายแบบกลับเฟส

ตัวอย่างที่ 8.1 การออกแบบวงจรขยายแบบกลับเฟสที่แสดงในรูปที่ 8.1 เพื่อให้วงจรมีอัตราขยาย 4 เท่า

วิธีทำ อัตราขยายวงจรขยายแบบกลับเฟสเท่ากับ

$$A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = -\frac{R_2}{R_1} \quad (8.2)$$

กำหนดให้ $R_2 = 40 \text{ k}\Omega$ และแทนค่า $A_V = 4$

$$4 = \left| -\frac{40\text{k}\Omega}{R_1} \right| \quad (8.3)$$

$$R_1 = \frac{40\text{k}\Omega}{4} \quad (8.4)$$

$$= 10 \text{ k}\Omega$$

ดังนั้น ค่าความต้านทาน R_1 เท่ากับ $10 \text{ k}\Omega$

ตัวอย่างที่ 8.2 หาค่าแรงดันเอาต์พุต (V_{OUT}) วงจรในรูปที่ 8.1 เมื่อกำหนดให้ $V_{IN} = 2 \text{ V}$ $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ และ $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$

วิธีทำ จากสมการ 8.1 สามารถเขียนสมการเพื่อหาแรงดันเอาต์พุตได้ว่า

$$V_{OUT} = -\frac{R_2}{R_1} \times V_{IN} \quad (8.5)$$

$$= -\frac{5\text{k}\Omega}{1\text{k}\Omega} \times 2\text{V} \quad (8.6)$$

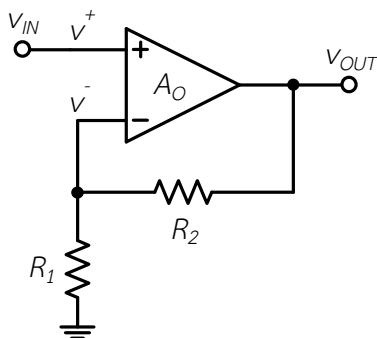
$$= -10 \text{ V}$$

8.3 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non-inverting Amplifier)

รูปที่ 8.2 แสดงวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส ซึ่งวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสคือ วงจรขยายที่มีสัญญาณเอาต์พุตเฟสเดียวกับสัญญาณอินพุต ซึ่งวงจรประกอบด้วยออปแอมป์ ตัวต้านทาน R_1 ต่อกับ

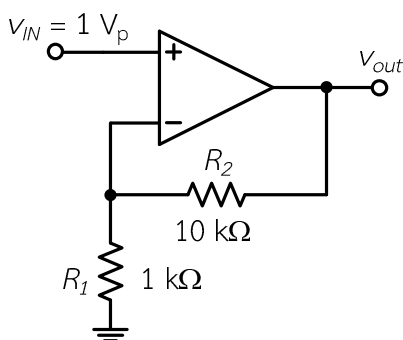
อินพุตขาลบของออปแอมป์กับกราวด์ และตัวต้านทาน R_2 ต่อระหว่างอินพุตขาลบกับเอาต์พุตของออปแอมป์ในลักษณะป้อนกลับแบบลบ อัตราขยายของวงจรสามารถออกแบบได้จากสมการ

$$A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (8.7)$$



รูปที่ 8.2 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

ตัวอย่างที่ 8.3 ทำการคำนวณหาแรงดันเอาต์พุต (V_{out}) ของวงจรขยายที่แสดงในรูปที่ 8.3



รูปที่ 8.3 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

วิธีทำ อัตราขยายวงจรวางแบบไม่กลับเฟสเท่ากับ

$$A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (8.8)$$

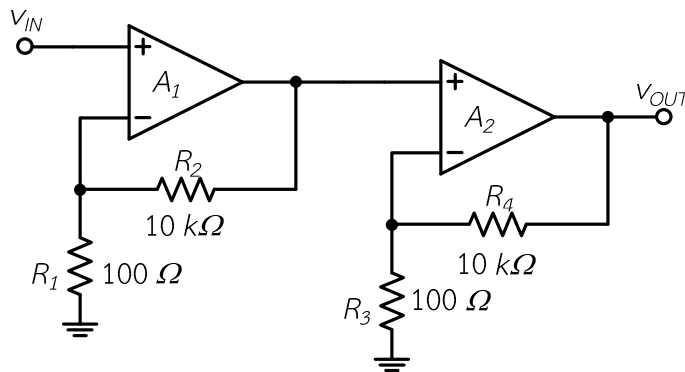
แทนค่า $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ และ $V_{IN} = 1 \text{ V}_p$

$$\frac{V_{OUT}}{1V_p} = 1 + \frac{10\text{k}\Omega}{1\text{k}\Omega} \quad (8.9)$$

$$V_{OUT} = 11 \times 1 V_p = 11 V_p \tag{8.10}$$

ดังนั้น แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 11 V_p

ตัวอย่างที่ 8.4 การคำนวณหาแรงดันเอาต์พุตของวงจรขยายที่แสดงในรูปที่ 8.4 ถ้าไมโครโฟนจ่ายสัญญาณที่มีแรงดัน 1 mV



รูปที่ 8.4 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส 2 ภาค

วิธีทำ วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส 2 ภาค ในรูปที่ 8.4 มีอัตราขยายเท่ากับ

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \tag{8.11}$$

แทนค่า $R_1 = R_3 = 100 \Omega$ และ $R_2 = R_4 = 10 k\Omega$

$$A_v = \left(1 + \frac{10k\Omega}{100}\right) \left(1 + \frac{10k\Omega}{100}\right) \tag{8.12}$$

$$A_v = 10,201 \tag{8.13}$$

ดังนั้น อัตราขยายมีค่าเท่ากับ 10,201 เท่า

8.4 วงจรบวกแบบกลับสัญญาณ

รูปที่ 8.5 แสดงวงจรบวกแบบกลับสัญญาณ วงจรถูกออกแบบโดยอาศัยหลักการของวงจรขยายแบบกลับเฟส วงจรรวมแรงดันมีอินพุตได้หลายอินพุต การทำงานของวงจรสามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อมี

แรงดันอินพุตเข้ามาที่อินพุตของวงจรรวมแรงดัน แรงดันดังกล่าวถูกเปลี่ยนเป็นกระแส แล้วมารวมกัน ดังที่แสดงในสมการ (8.11) และ (8.12)

$$i_{R_1} = \frac{V_1}{R_1}, i_{R_2} = \frac{V_2}{R_2}, \dots, i_{R_n} = \frac{V_n}{R_n} \quad (8.14)$$

ผลรวมของกระแสที่ไหลผ่าน R_f มีค่าเท่ากับ

$$i_{R_f} = i_{R_1} + i_{R_2} + \dots + i_{R_n} \quad (8.15)$$

เราทราบแล้วว่า แรงดัน $v^+ = v^- = 0$ ดังนั้น แรงดันเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ

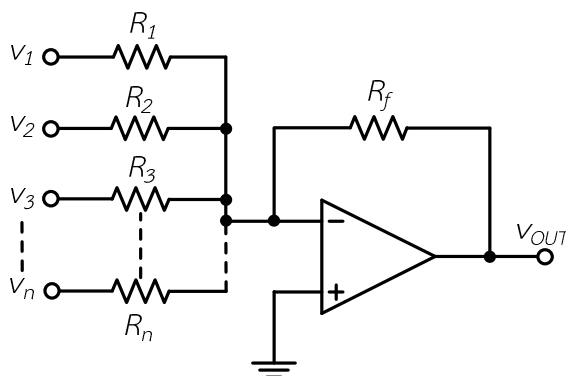
$$V_{OUT} = 0 - i_{R_f} = -i_{R_f} \quad (8.16)$$

ดังนั้น เมื่อนำกระแสจากสมการ (8.14) มาแทนในสมการ (8.15) เราสามารถแสดงได้ว่า

$$V_{OUT} = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \dots + \frac{V_n}{R_n} \right) \quad (8.17)$$

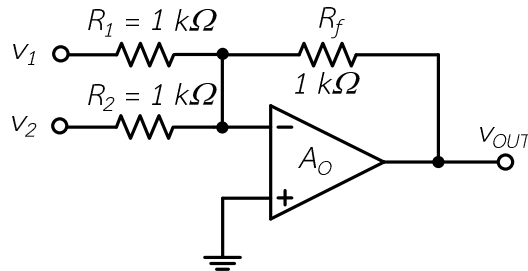
ถ้า กำหนดให้ $R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R$ แรงดันเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ

$$V_{OUT} = -\frac{R_f}{R} (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n) \quad (8.18)$$



รูปที่ 8.5 วงจรบวกสัญญาณแบบกลับเฟส

ตัวอย่างที่ 8.5 การหาค่าแรงดันเอาต์พุต V_{OUT} ของวงจรในรูปที่ 8.6 กำหนดให้ $R_1 = R_2 = R_f = 1\text{ k}\Omega$



รูปที่ 8.6 วงจรบวกสัญญาณแบบกลับเฟส

วิธีทำ แรงดันเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ

$$V_{OUT} = -\frac{R_f}{R_{1,2}}(v_1 + v_2) \tag{8.19}$$

แทนค่า $R_1 = R_2 = R_f = 1\text{ k}\Omega$

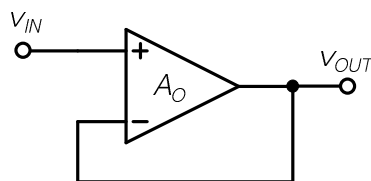
$$V_{OUT} = -\frac{1\text{ k}\Omega}{1\text{ k}\Omega}(v_1 + v_2) \tag{8.20}$$

$$V_{OUT} = -(v_1 + v_2) \tag{8.21}$$

8.5 วงจรตามแรงดัน (Voltage Follower)

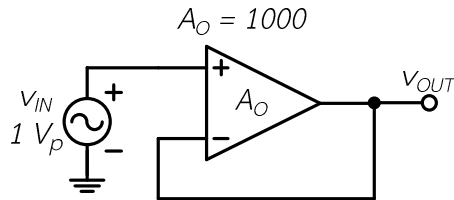
วงจรตามแรงดันคือ วงจรที่ทำหน้าที่ส่งผ่านแรงดันอินพุตไปเอาต์พุต เมื่อวงจรต้องต่อโหลดที่มีค่าความต้านทานต่ำ คุณลักษณะที่สำคัญของวงจรตามแรงดันคือ อัตราขยายวงจรมีค่าเท่ากับหนึ่ง ค่าความต้านทานอินพุตสูงมาก และค่าความต้านทานเอาต์พุตมีค่าน้อยมาก วงจรตามแรงดันถูกแสดงดังรูปที่ 8.7 แรงดันเอาต์พุตมีค่าเท่าแรงดันอินพุตตามสมการ

$$V_{OUT} = V_{IN} \tag{8.22}$$



รูปที่ 8.7 วงจรตามแรงดัน

ตัวอย่างที่ 8.7 รูปที่ 8.8 แสดงวงจรบัฟเฟอร์ ทำการคำนวณหาแรงดันเอาต์พุต ถ้า $V_{IN1} = 1\text{ V}$ และ $A_O = 1000$



รูปที่ 8.8 วงจรตามแรงดัน

วิธีทำ ถ้ากำหนดออปแอมป์มีอัตราขยายเท่ากับอนันต์ แรงดันผลต่างที่อินพุตของออปแอมป์มีค่าประมาณเท่ากับศูนย์ และ $V_{OUT} = V_{IN}$ ดังนั้น อัตราขยายของวงจรตามแรงดันหาได้ดังนี้

$$V_{OUT} = A_O(v^+ - v^-) \tag{8.23}$$

$$= A_O(V_{IN} - V_{OUT}) \tag{8.24}$$

ดังนั้น

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{A_O}{1 + A_O} \tag{8.25}$$

ถ้า $A_O = 1000$ $V_{IN} = 1\text{ V}$ และ $V_{OUT} = 0.999$ และเนื่องจาก $v^+ - v^-$ มีค่าน้อยมาก ดังนั้นแรงดันเอาต์พุตมีค่าเท่ากับแรงดันอินพุต

8.6 การทดลองวงจรขยายด้วยออปแอมป์ และการประยุกต์ใช้งาน

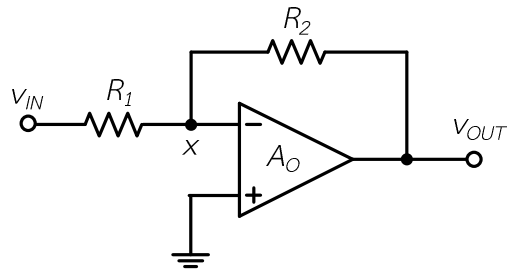
8.6.1 วงจรขยายแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier)

8.6.1.1 ให้นักศึกษาต่อวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสตามรูปที่ 8.9 โดยป้อนแหล่งจ่าย $V_S = \pm 12\text{ V}$ กำหนดให้ $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ $R_2 = 0 - 12\text{ k}\Omega$ และ $V_{IN} = 2V_{p-p}$ sine wave ความถี่ 1 kHz

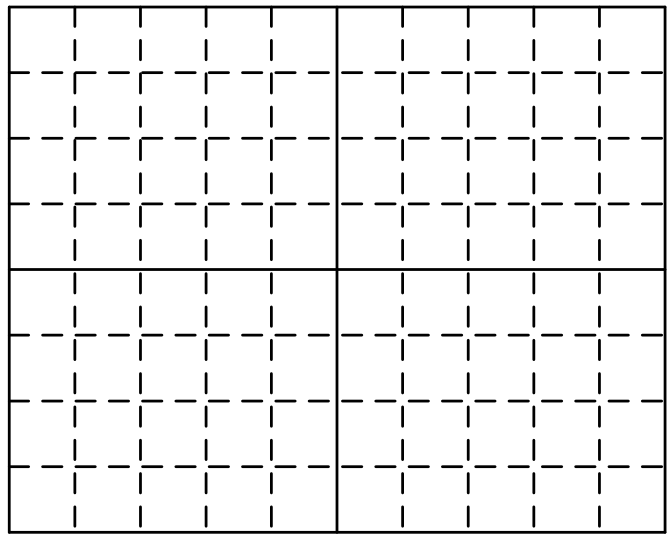
8.6.1.2 วัดสัญญาณ V_{OUT} เทียบกับ V_{IN} และวาดภาพสัญญาณอินพุตเทียบกับเอาต์พุต พร้อมทั้งระบุขนาดต่าง ๆ ให้ชัดเจนลงในรูปที่ 8.10

8.6.1.3 สังเกตมุมต่างเฟสระหว่างสัญญาณ V_{IN} กับ V_{OUT} และขนาดของ V_{OUT}

8.6.1.4 ทำการทดลองและคำนวณตามตารางที่ 8.1 โดยกำหนดให้ $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ และ $V_{IN} = 2 V_{p-p}$



รูปที่ 8.9 วงจรขยายแบบกลับเฟส



รูปที่ 8.10 สัญญาณเอาต์พุตเทียบกับอินพุต

ตารางที่ 8.1 การทดลองของวงจรขยายแบบกลับเฟส

R_2	0	2	4	6	8	10	12	$k\Omega$
V_{OUT}								V
$A_V = -R_2/R_1$								
$A_V = V_{OUT}/V_{IN}$								

8.6.1.5 ทำการวาดกราฟ $A_V = f(R_2)$

8.6.1.6 สรุปผลการทดลอง

.....

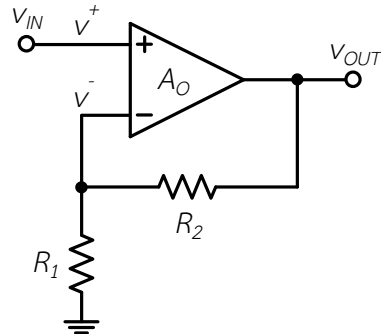
.....

.....

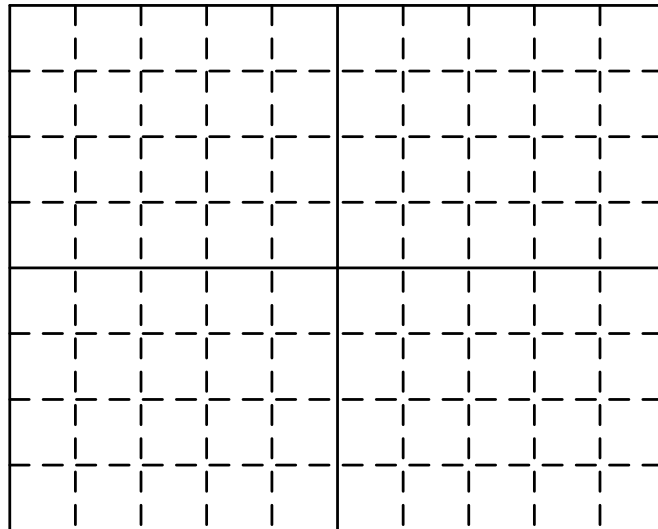
8.6.2 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non-inverting Amplifier)

8.6.2.1 ให้นักศึกษาต่อวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสรูปที่ 8.11 โดยป้อนแหล่งจ่าย $V_S = \pm 12\text{ V}$ กำหนดให้ $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ $R_2 = 0 - 12\text{ k}\Omega$ และ $V_{IN} = 2\text{ V}_{p-p}$ sine wave ความถี่ 1 kHz

8.6.2.2 วัดสัญญาณ V_{OUT} เทียบกับ V_{IN} และวาดภาพสัญญาณอินพุตเทียบกับเอาต์พุต พร้อมทั้งระบุขนาดต่าง ๆ ให้ชัดเจนในรูปที่ 8.12



รูปที่ 8.11 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส



รูปที่ 8.12 สัญญาณเอาต์พุตเทียบกับอินพุต

8.6.2.3 สังเกตมุมต่างเฟสระหว่างสัญญาณ V_{IN} กับ V_{OUT} และขนาดของ V_{OUT}

8.6.2.4 ทำการทดลอง และคำนวณค่าตามตารางที่ 8.2 โดยกำหนดให้ $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ และ $V_{IN} = 2\text{ V}_{p-p}$

ตารางที่ 8.2 การทดลองของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

R_2	0	2	4	6	8	10	12	k Ω
V_{out}								V
$A_V = 1+(R_2/R_1)$								
$A_V = V_{OUT}/V_{IN}$								

8.6.2.5 วาดกราฟ $A_V = f(R)$

8.6.2.6 สรุปผลการทดลอง

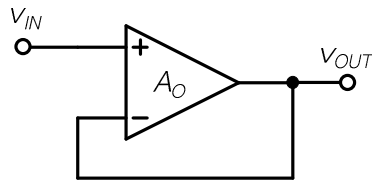
.....

.....

.....

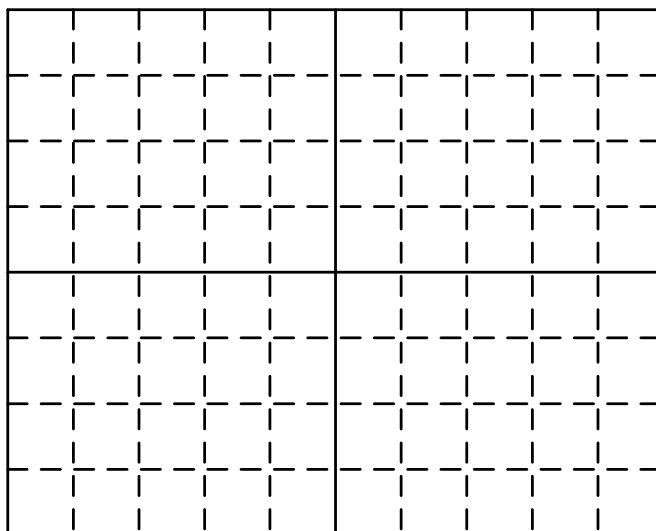
8.6.3 วงจรตามแรงดัน (Voltage Follower)

8.6.3.1 ให้นักศึกษาต่อวงจรตามแรงดันดังรูปที่ 8.13 และป้อนแรงดัน $v_{IN} = 2V_{p-p}$ sine wave ความถี่ 1 kHz



รูปที่ 8.13 วงจรตามแรงดัน

8.6.3.2 วัดสัญญาณ v_{OUT} เทียบกับ v_{IN} และวาดภาพสัญญาณอินพุตเทียบกับเอาต์พุต พร้อมทั้งระบุขนาดต่าง ๆ ให้ชัดเจนในรูปที่ 8.14



รูปที่ 8.14 สัญญาณเอาต์พุตเทียบกับอินพุต

8.6.3.3 สรุปผลการทดลอง

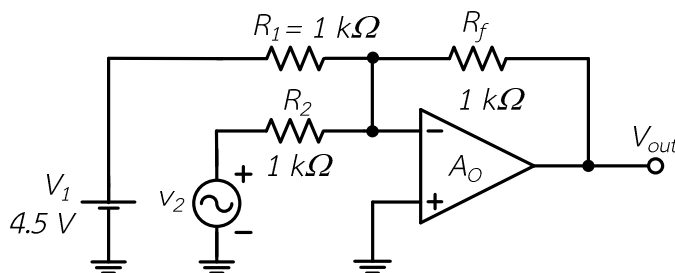
.....

.....

.....

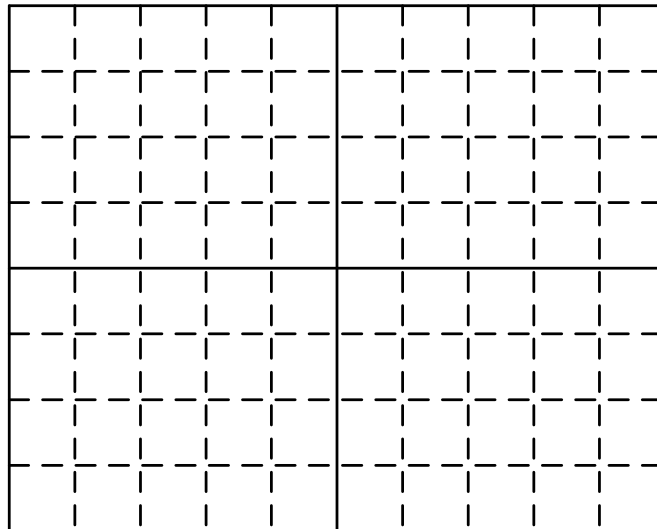
8.6.4 วงจรบวกแบบกลับขั้วสัญญาณ

8.6.4.1 ให้นักศึกษาต่อวงจรตามรูปที่ 8.15 โดยป้อนแหล่งจ่าย $V_S = \pm 12\text{ V}$ ทำการทดลองโดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดหาความสัมพันธ์ระหว่าง V_{OUT} กับ V_{S1} และ V_{S2} เมื่อ $V_1 = 4.5\text{ V}$ และ $V_2 = 1\text{ V sine wave}$ ความถี่ 1 kHz



รูปที่ 8.15 วงจรบวกแบบกลับขั้วสัญญาณ

8.6.4.2 วาดภาพสัญญาณอินพุตเทียบกับเอาต์พุต พร้อมทั้งระบุขนาดต่าง ๆ ให้ชัดเจนในรูปที่ 8.16



รูปที่ 8.16 สัญญาณเอาต์พุตเทียบกับอินพุต

8.6.4.3 เปลี่ยน R_I ให้เป็น 510 Ω และทำการทดลองเหมือน 8.6.4.1

8.6.4.4 สรุปผลการทดลอง

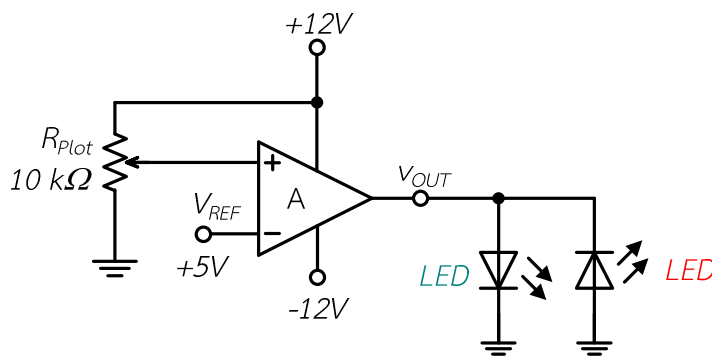
.....

.....

.....

8.6.5 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator)

8.6.5.1 ต่อยังตามรูปที่ 8.17 โดยใช้ออปแอมป์ 741 ต่อแรงดันอ้างอิง 5 V ที่ขา (-) สังเกตการติดดับของ LED กับ V_{IN} แล้วบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 8.17 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

สัญญาณอินพุตมากกว่าแรงดันอ้างอิง LED สี.....แสดง

สัญญาณอินพุตน้อยกว่าแรงดันอ้างอิง LED สี.....แสดง

8.6.5.2 สรุปผลการทดลอง

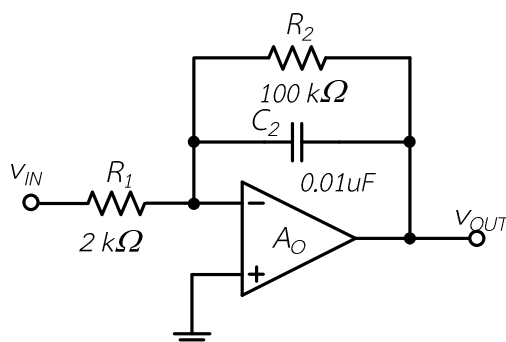
.....

.....

.....

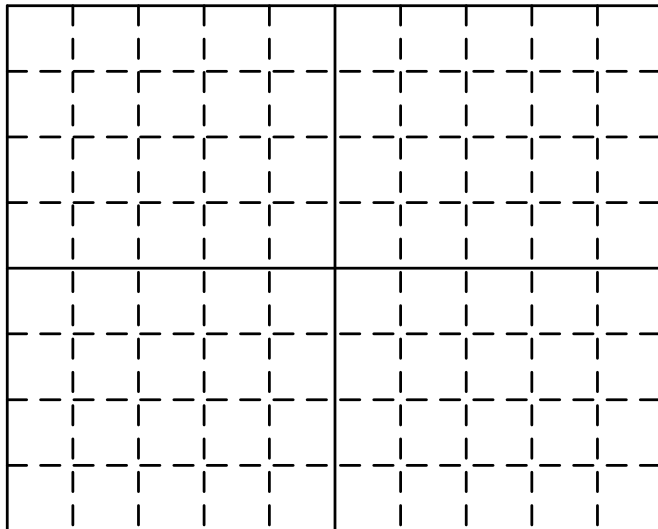
8.6.6 วงจรอินทิเกรเตอร์ (Integrator circuit)

8.6.6.1 ต่อวงจรตามรูปที่ 8.18 ให้ V_{IN} คือ สัญญาณ Sine wave Square wave และ triangle wave มีความถี่เท่ากับ 10 kHz ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ V_{IN} เทียบกับ V_{OUT}

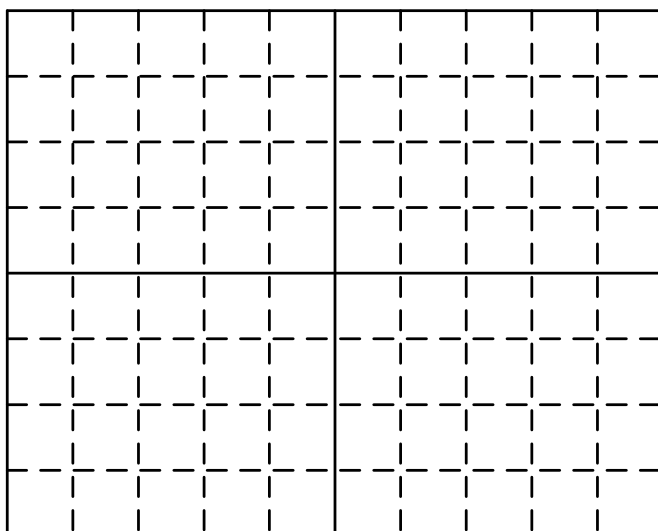


รูปที่ 8.18 วงจรอินทิเกรเตอร์

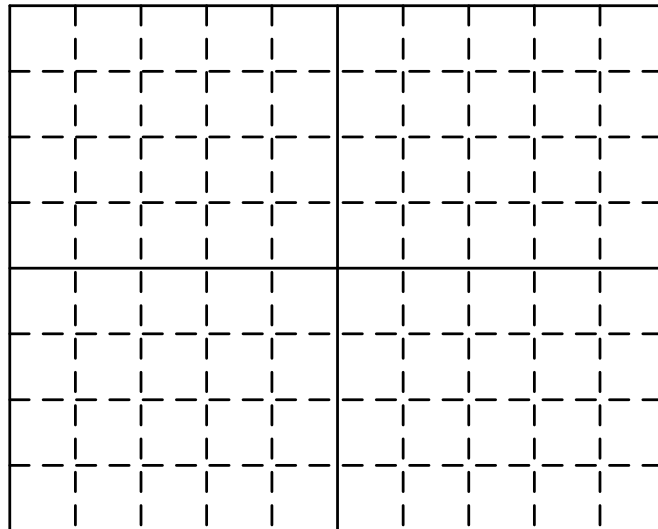
8.6.6.2 วาดภาพสัญญาณอินพุตเทียบกับเอาต์พุต พร้อมทั้งระบุขนาดต่าง ๆ ให้ชัดเจนในรูปที่ 8.19 ถึงรูปที่ 8.21



รูปที่ 8.19 สัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุต Sine wave



รูปที่ 8.20 สัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุต Square wave



รูปที่ 8.21 สัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุต Triangle wave

8.6.6.3 สรุปผลการทดลอง

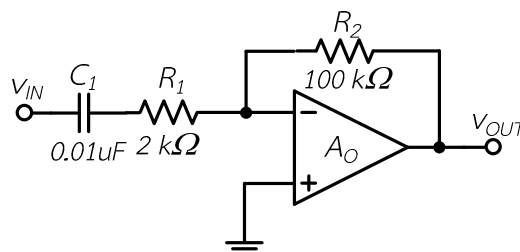
.....

.....

.....

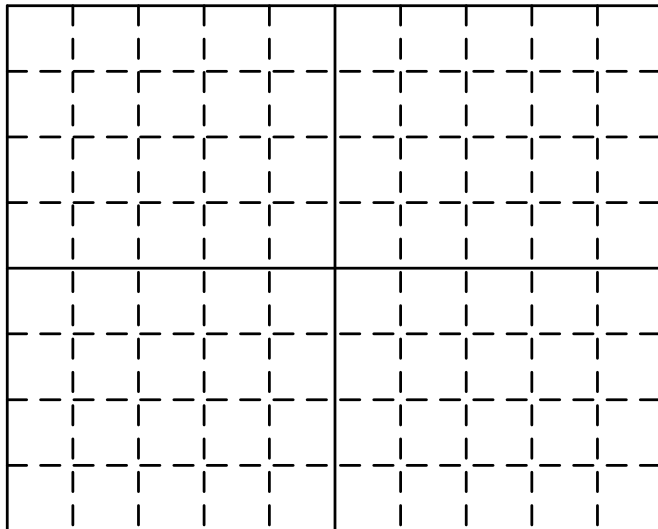
8.6.7 วงจรดิฟเฟอเรนชิเอเตอร์ (Differentiator)

8.6.7.1 ให้นักศึกษาต่อวงจรตามรูปที่ 8.22 ให้ V_{IN} คือ สัญญาณ Sine wave Square wave และ Triangle wave มีความถี่เท่ากับ 10 kHz ใช้ออสซิลโลสโคป วัดเปรียบเทียบกับ V_{IN} และ V_{OUT} ที่ได้

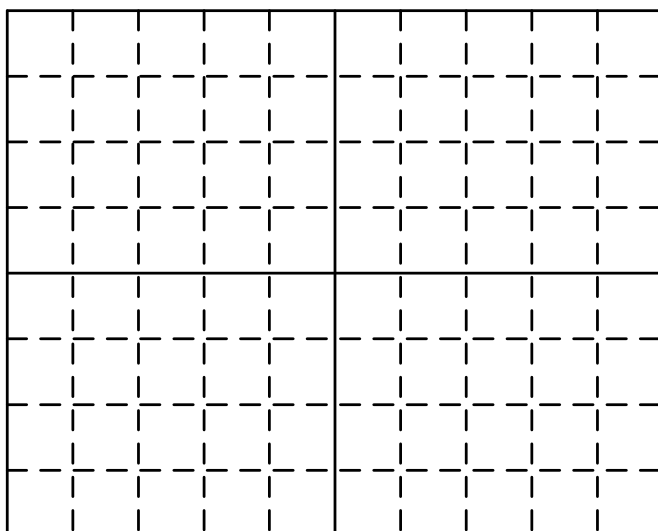


รูปที่ 8.22 วงจรดิฟเฟอเรนชิเอเตอร์

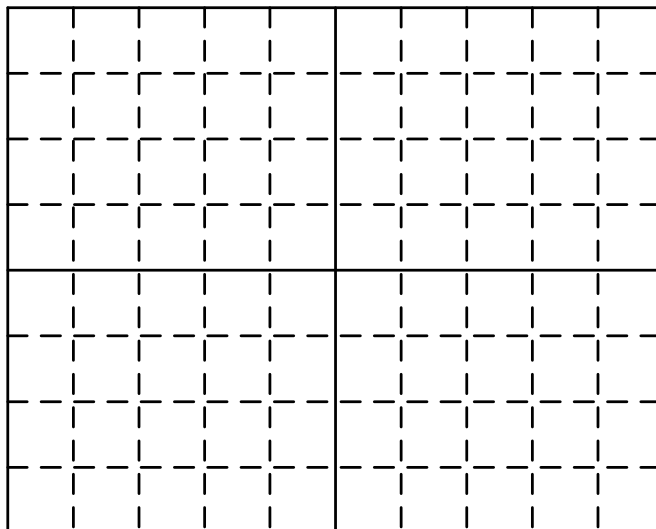
8.6.7.2 วาดภาพสัญญาณอินพุตเทียบกับเอาต์พุต พร้อมทั้งระบุขนาดต่าง ๆ ให้ชัดเจนในรูปที่ 8.23 ถึงรูปที่ 8.25



รูปที่ 8.23 กราฟสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุต Sine wave



รูปที่ 8.24 กราฟสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุต Square wave



รูปที่ 8.25 กราฟสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุต triangle wave

8.6.7.3 สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

8.7 บทสรุป

ออปแอมป์ คืออุปกรณ์ที่มีความสำคัญ และถูกนำไปใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นจำนวนมาก ออปแอมป์ถูกนำไปออกแบบระดับประยุกต์ใช้งานเป็นวงจรขยายแบบกลับเฟส และไม่กลับเฟส และวงจรคำนวณคณิตศาสตร์ เช่น วงจรบวก วงจรอินทิเกรเตอร์ และวงจรดิฟเฟอเรนเชียลเอเตอร์ เนื้อหาตอนท้ายของบทนี้มีการทดลองการประยุกต์ใช้งานออปแอมป์ เนื้อหาดังกล่าวมุ่งเน้นเสริมทักษะการต่อวงจรที่ใช้งานออปแอมป์ และศึกษาการทำงานของวงจรต่าง ๆ

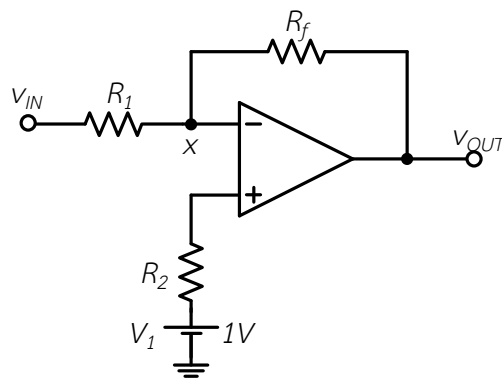
คำถามหลังการทดลอง

1. อัตราขยายของวงจรที่ได้จากการคำนวณ $A_V = -R_2/R_1$ และ $A_V = v_{OUT}/v_{IN}$ เท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุอะไร
2. แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่ เพราะเหตุอะไร
3. อัตราขยายของวงจรที่ได้จากการคำนวณ $A_V = 1 + (R_2/R_1)$ และ $A_V = v_{OUT}/v_{IN}$ เท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุอะไร
4. แรงดันเอาต์พุตที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่ เพราะเหตุอะไร
5. ณ ที่เวลาเท่ากัน แรงดันเอาต์พุตเท่ากับแรงดันอินพุตหรือไม่ เพราะเหตุใด

6. ถ้าต่อโหลด $R_L = 8 \Omega$ ที่เอาต์พุต นักศึกษาคิดว่าแรงดันเอาต์พุตเท่ากับอินพุตหรือไม่ เพราะเหตุใด
7. ให้เขียนสมการเอาต์พุตของวงจร
8. ถ้า V_2 มากกว่า V_1 ผลการทดลองเหมือนเดิมหรือแตกต่างจากเดิมอย่างไร
9. ทำไม LED สีแดง ถึงติด
10. ของการติดดับของ LED กับ V_1 และ V_2
11. ให้อธิบายผลที่ได้จากการทดลองวงจรอินทิเกรเตอร์ทั้ง 3 สัญญาณ พร้อมให้เหตุผล
12. ให้อธิบายผลที่ได้จากการทดลองวงจรดิฟเฟอเรนเชียลอินทิเกรเตอร์ทั้ง 3 สัญญาณ พร้อมให้เหตุผล

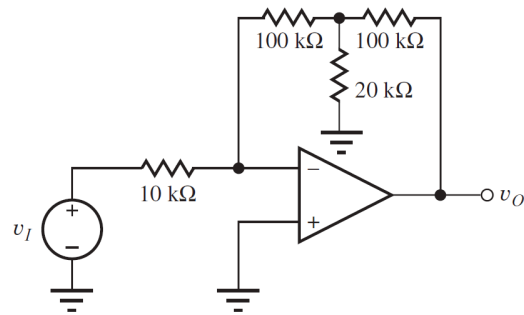
แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จากวงจรในรูปที่ 8.26 จงแสดงวิธีการหาค่าแรงดันเอาต์พุต (V_{OUT}) เมื่อกำหนดให้ $V_{IN} = 2 \text{ V}$ $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ และ $R_f = 5 \text{ k}\Omega$

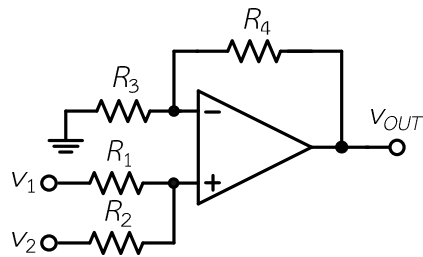


รูปที่ 8.26 วงจรขยายแบบมีแรงดันออฟเซต

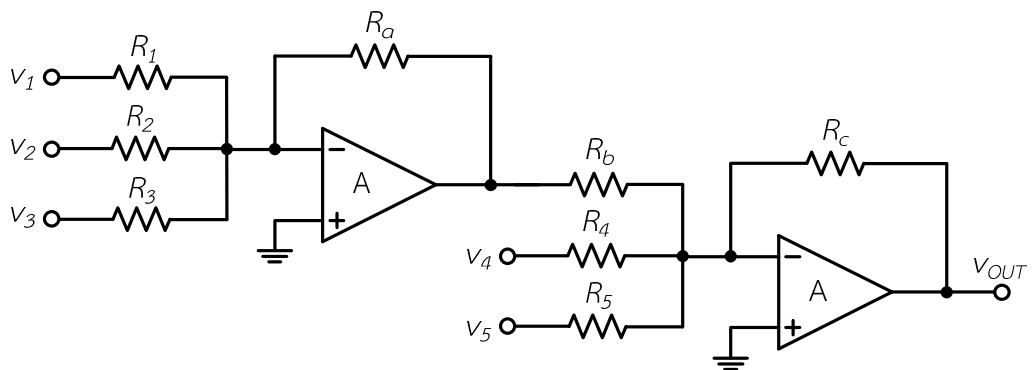
2. จากตัวอย่างที่ 8.1 ถ้าไฟเลี้ยงเท่ากับ $\pm 12 \text{ V}$ แล้วป้อนสัญญาณอินพุต 4 V_p แรงดันเอาต์พุตเท่ากับเท่าไร พร้อมอธิบายผลแรงดันเอาต์พุต
3. จงออกแบบให้วงจรขยายแบบกลับเฟสมีค่า $A_v = 12 \text{ dB}$ กำหนดให้ $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$
4. จงออกแบบให้วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสมีค่า $A_v = 12 \text{ dB}$ กำหนดให้ $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$
5. จงแสดงวิธีการหาสมการแรงดันเอาต์พุต และค่าแรงดันเอาต์พุต (V_{OUT}) ของวงจรในรูปที่ 8.27 กำหนดให้ $V_{IN} = 0.1 \text{ V}$
6. รูปที่ 8.28 แสดงวงจรขยายแบบรวมสัญญาณ กำหนดให้ $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$ $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ และ $R_4 = 9 \text{ k}\Omega$ จงวิธีการหาสมการเอาต์พุตที่สัมพันธ์กับอินพุต
7. จงหาสมการแรงดันเอาต์พุตของวงจรในรูปที่ 8.29 กำหนดให้ $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = 10 \text{ k}\Omega$
8. จงหาสมการแรงดันเอาต์พุตของวงจรในรูปที่ 8.30 กำหนดให้ $R = 10 \text{ k}\Omega$



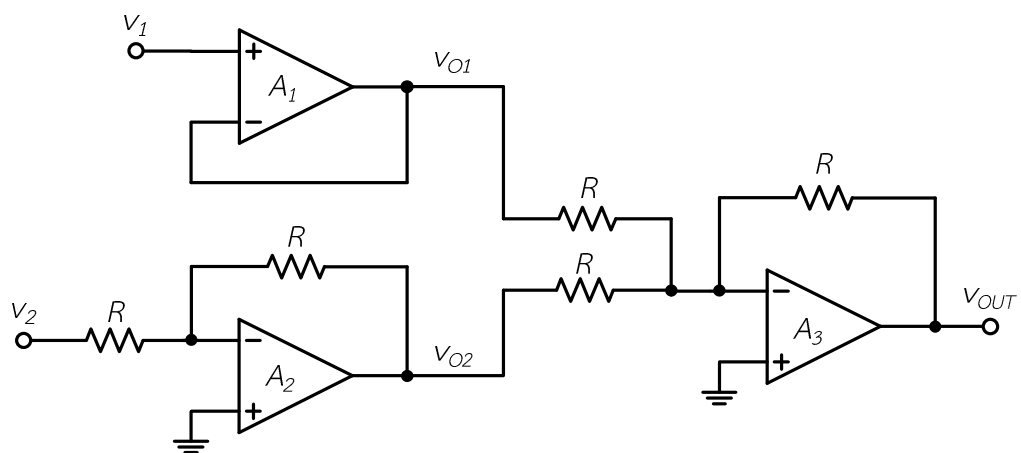
รูปที่ 8.27 วงจรขยายแบบกลับเฟส



รูปที่ 8.28 วงจรขยายแบบรวมสัญญาณ



รูปที่ 8.29 วงจรขยายรวมสัญญาณสองภาค



รูปที่ 8.30 วงจรขยายสองภาค

