



บทที่ 5

ออปเปอเรชันแนล แอมพลิไฟร์ เบื้องต้น

วัตถุประสงค์

1. บอกคุณสมบัติของออปแอมป์ในอุดมคติได้
2. บอกคุณลักษณะและค่านวนค่าในวงจรขยายแบบกลับเฟส และแบบ

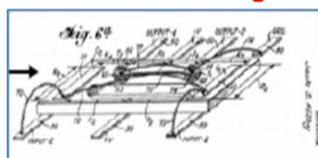
ไม่กลับเฟสได้

3. บอกคุณลักษณะค่านวนค่าในวงจรขยายแบบรวมสัญญาณ และวงจรขยายสัญญาณผลต่างได้
4. บอกคุณสมบัติของวงจรขยายแบบแรงดันตามได้

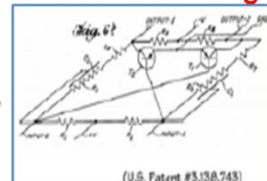
5.1 วงจรรวม

วงจรรวม (Integrated circuits หรือ IC) คือ วงจรที่นำเอาอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และองค์ประกอบวงจรต่าง ๆ มาประกอบรวมกันบนแผ่นวงจรขนาดเล็ก ในปัจจุบันแผ่นวงจรนี้จะทำด้วยแผ่นซิลิคอน บางที่อาจเรียกว่า ชิป(Chip) หรือนิยมเรียกกันสั้นๆว่า ไอ.ซี. ไอ.ซี. ตัวหนึ่งสามารถบรรจุส่วนประกอบวงจรได้จำนวนมาก ภายในตัว ไอ.ซี. อาจจะมีส่วนของวงจรลอจิกที่ซับซ้อนจำนวนมาก ตัวอย่างกลุ่มวงจรรวมที่มีความซับซ้อนสูงมากๆ เช่น ไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งใช้ทำงานเพื่อควบคุมเครื่องคอมพิวเตอร์ จนถึงในสมาร์ตโฟน และ พวกไอ.ซี.หน่วยความจำ (RAM) เป็นต้น การที่นักวิทยาศาสตร์สามารถรวมวงจรที่ซับซ้อนมากๆ เข้ามาบรรจุไว้ในวงจรเดียวกัน ทำให้วงจรรวมมีขนาดเล็กลง บางและเบา รวมถึงการใช้กำลังไฟฟ้าลดลง มีความน่าเชื่อถือสูงและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น วงจรรวมแบ่งออกเป็นสอง กลุ่มคือ วงจรรวมแอนะล็อก(Analog ICs) และวงจรรวมดิจิทัล(Digital ICs) ออปเปอเรชันแนล แอมพลิไฟร์นั้น ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของ วงจรรวมแอนะล็อก หรือ วงจรรวมเชิงเส้น(Linear ICs)

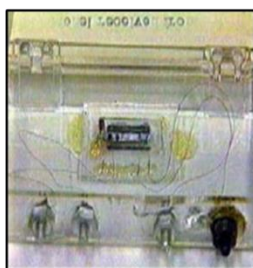
Pictorial drawing



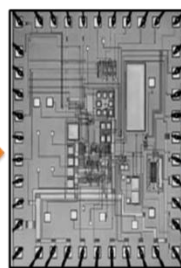
Schematic drawing



First IC in 1958



Modern OP-Amp IC in 1995



Modern OP-Amp package



รูปที่ 1 การพัฒนางจรรวม

5.2 ออปเปอเรชันแนล แอมพลิไฟร์

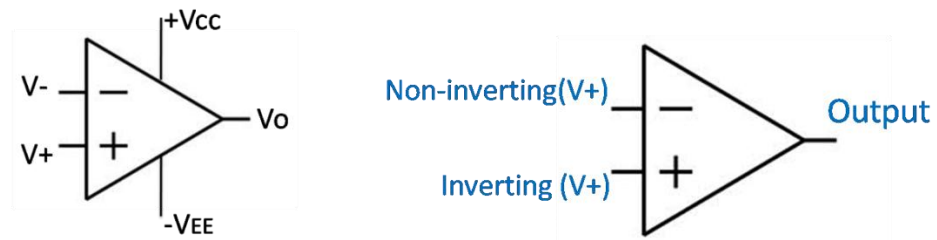
ออปเปอเรชันแนล แอมพลิไฟร์ (Operational amplifier) นิยมเรียกสั้นๆว่า “ออปแอมป์” เป็นวงจรรวมในกลุ่มวงจรรวมแอนะล็อก เริ่มพัฒนาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2491 เพื่อใช้งานกับแอนะล็อกคอมพิวเตอร์ ใช้งานคำนวณทางคณิตศาสตร์เท่านั้น ออปแอมป์ เป็นกลุ่มวงจรรวมที่ใช้งานมากสุดแบบหนึ่งในวงจรรวมอิเล็กทรอนิกส์ มีการใช้ออปแอมป์ในวงจรขยายเสียง วงจรรีจูลเตอร์ วงจรเครื่องมือวัด จงจรกิจสัญญาณ วงจรในระบบควบคุมอัตโนมัติ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ วงจรแปลงสัญญาณ วงจรอินเทอร์เฟซระหว่างสัญญาณแอนะล็อก และดิจิทัล และวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้า และอื่น ๆ เป็นต้น ออปแอมป์ นับว่าเป็นวงจรรวมกลุ่มแอนะล็อก หรือ กลุ่มเชิงเส้น ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด

5.2.1 ออปแอมป์ ในอุดมคติ

สัญลักษณ์ ของ ออปแอมป์ แสดงในรูปที่ 2 เป็นรูปสามเหลี่ยม มี 2 อินพุต คือ อินพุตลบ (inverting input, -) และ อินพุตบวก (non-inverting input, +) มี 1 เอาต์พุต V_{cc} คือแรงดันไบแอสบวก และ V_{EE} คือแรงดันไบแอสลบ



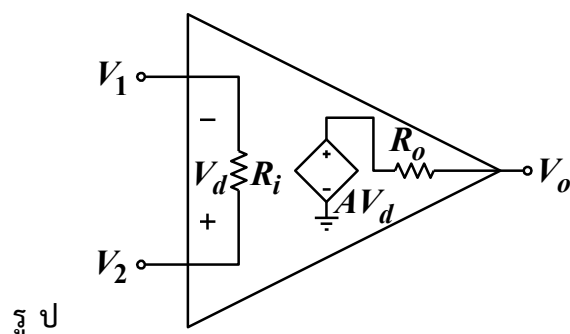
ศึกษาเรื่องออปแอมป์อุดมคติเพิ่มเติมที่ <http://www.youtube.com/watch?v=Xr2VaSmSsOg>



รูปที่ 2 สัญลักษณ์ ของ ออปแอมป์

ภายในตัวออปแอมป์เมื่อพิจารณาถึงวงจรภายใน ในสถานะที่ไม่เป็นอุดมคติ (Non-ideal) จะประกอบไปด้วยวงจรสมมูล ดังรูปที่ 3 โดยกำหนดให้

- R_i คือความต้านทานอินพุต
- V_d คือผลต่างของแรงดันอินพุต ($V_d = V_2 - V_1$)
- R_o คือความต้านทานเอาต์พุต
- A คืออัตราขยายแรงดัน (voltage gain)
- V_o คือแรงดันเอาต์พุต
- V_1 คือแรงดันอินพุตที่ขา ลบ
- V_2 คือแรงดันอินพุตที่ขา บวก



รูป

ที่ 3 วงจรออปแอมป์ ในสถานะที่ไม่เป็นอุดมคติ

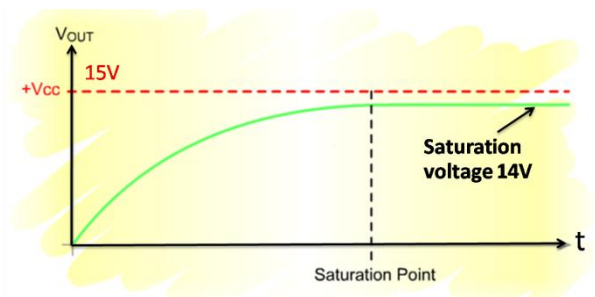
สมการแรงดันเอาต์พุต ของวงจรออปแอมป์ ในสถานะที่ไม่เป็นอุดมคติ เป็นดังสมการที่ 5-1

$$V_o = AV_d = A(V_2 - V_1) \quad (5-1)$$

โดยที่อัตราขยาย(A) หาได้จาก $A = V_o/V_{in} = V_o/(V_2-V_1)$

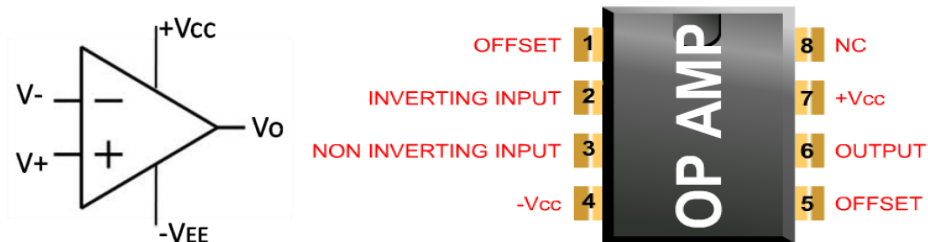
การไบอัส สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายไบอัสให้กับตัว ไอ.ซี. ออปแอมป์ ปกติจะใช้ไบอัสแบบคู่ คือ $V_{CC}=+, V_{EE}=-$ ค่าแรงดันบวกและลบปกติไม่เกิน **15V** และต้องไบอัสทั้งสองขั้วด้วยแรงดันเท่ากันเสมอ ทั้งนี้ควรพิจารณาจากคู่มือออปแอมป์อีกครั้งหนึ่ง ในหนังสือเล่มนี้หากวงจรใดไม่ได้บอกค่าแรงดันไบอัส หมายความว่า วงจรออปแอมป์นั้น ได้รับแรงดัน $V_{CC}=+15V, V_{EE}=-15V$

แรงดันอิ่มตัว แรงดันเอาต์พุตของออปแอมป์ ไม่สามารถเกินกว่าค่าแรงดันไบอัสที่ป้อนให้กับตัวออปแอมป์ได้ นี่คือการจำกัด เรียกว่า แรงดันอิ่มตัว(Saturation output voltage) โดยปกติ**ค่าแรงดันอิ่มตัวสูงสุดจะต่ำกว่าค่าแรงดันไบอัส ประมาณ 1 – 1.5 V** ดังรูปที่ 4



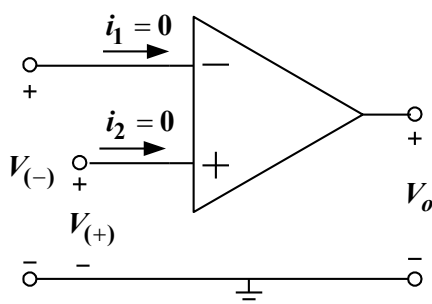
รูปที่ 4 แรงดันอิ่มตัวของออปแอมป์

การจัดวางขา การจัดวางขาของ ไอ.ซี.ออปแอมป์ ที่นิยมใช้กันมากคือ เบอร์ 741 เป็นแบบตัวถัง 8 pin Dual in Line(DIL) ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การจัดวางขาออปแอมป์เบอร์ 741

ในเบื้องต้น การพิจารณาวงจรออปแอมป์ ให้เข้าใจง่ายและ สะดวกต่อการคำนวณโดยที่สามารถออกแบบให้วงจรออปแอมป์ทำงานได้ไม่ผิดพลาด เป็นไปตามทฤษฎี เรานิยมใช้วิธีการมองวงจรออปแอมป์ในอุดมคติ(Ideal Opamp)แทนแบบเดิม วงจรออปแอมป์ในอุดมคติ แสดงในรูปที่ 6



การพิจารณาออปแอมป์ในอุดมคติจะกำหนดให้อัตราขยาย
ลูปเปิดมีค่าเป็นอนันต์ ความต้านทานอินพุตมีค่าเป็นอนันต์ และ
ความต้านทานเอาต์พุตมีค่าเป็นศูนย์

$$A = \infty$$

$$R_i = \infty$$

$$R_o = 0$$

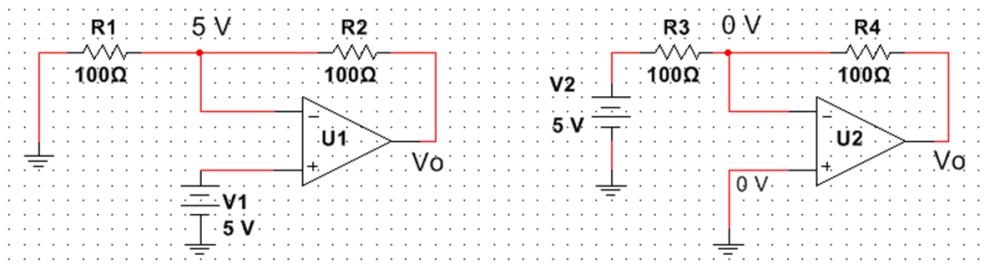
รูปที่ 6 วงจรออปแอมป์ ในสถานะที่เป็นอุดมคติ

ดังนั้นกระแสที่ไหลเข้าออปแอมป์ทางด้านอินพุตจะมีค่าเท่ากับศูนย์ดังสมการ(5-2) และแรงดันที่ขาบวกและขาลบจะมีค่าเท่ากันเสมอ ดังสมการ (5-3)

$$i_1 = 0, i_2 = 0 \quad \text{หรือ} \quad i_1 = i_2 \quad (5.2)$$

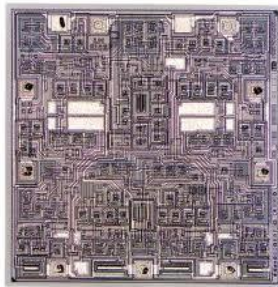
$$V_{(+)} = V_{(-)} \quad (5.3)$$

Note: วิธีง่ายๆในการหาค่าของ $V_{(+)} , V_{(-)}$ โดยการสังเกตที่วงจรถ้าขั้วใดขั้วหนึ่งต่อลงกราวด์ค่าแรงดันอีกขั้วหนึ่งจะเท่ากับศูนย์ ดังรูป 7(b) หรือถ้าเกิดต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันที่ขั้วใดขั้วหนึ่ง ค่าแรงดันอีกขั้วหนึ่งก็จะมีค่าเท่ากับค่าแรงดันที่แหล่งจ่ายนั้น ดังรูป 7(a)



รูปที่ 7(a) อินพุต(+) เท่ากับ 5V ทำให้ อินพุต(-) เท่ากับ 5V รูปที่ 7(b) อินพุต(+) เท่ากับ 0V ทำให้ อินพุต(-) เท่ากับ 0V

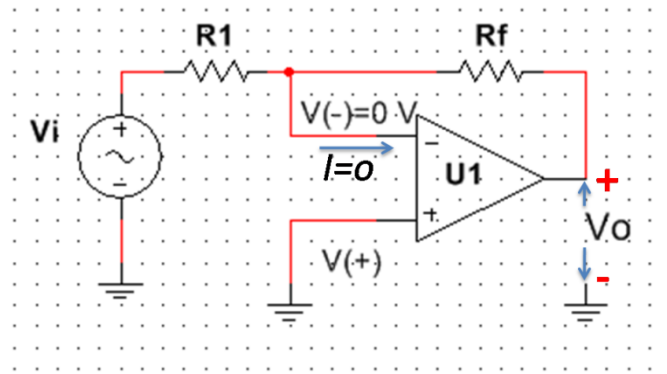
สรุป คุณสมบัติของออปแอมป์ในอุดมคติคือ



1. อัตราการขยายสูงเป็นอนันต์ $A = \infty$
2. อินพุตอิมพีแดนซ์สูงเป็นอนันต์ $Z_{in} = \infty$
(ทำให้ไม่มีกระแสไหลเข้าอินพุต)
3. เอาต์พุตอิมพีแดนซ์เท่ากับศูนย์ $Z_{out} = 0$
4. การทำงานไม่ขึ้นกับความถี่ $BW = \infty$ ($BW = \text{Bandwidth}$)
5. เมื่อแรงดันอินพุตเป็นศูนย์ ทำให้แรงดันเอาต์พุตเป็นศูนย์ด้วย
6. การทำงานของออปแอมป์ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ

5.2.2 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier)

วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส คือ วงจรออปแอมป์ที่ขยายและกลับสัญญาณอินพุตให้มีเครื่องหมายตรงกันข้ามกับของเดิม โดยสัญญาณอินพุตจะป้อนเข้าที่อินพุตลบ(Inverting input)



รูปที่ 8 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส

พิจารณาจากรูปที่ 8 ความสัมพันธ์ของแรงดันอินพุต คือ

$$V_{(-)} = 0 = V_{(+)}$$

(ขั้วบวกของออปแอมป์ต่อลงกราวด์ แรงดันที่ขั้วมันจึงมีค่าเท่ากับศูนย์)

$$\frac{V_{(-)} - V_i}{R_1} + \frac{V_{(-)} - V_o}{R_f} = 0$$

พิจารณาที่โนด $V_{(-)}$ ด้วยกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

เมื่อแทนค่า $V_{(-)} = 0$ ในสมการข้างต้น จะได้สมการความสัมพันธ์ คือ

$$-\frac{V_i}{R_1} - \frac{V_o}{R_f} = 0$$

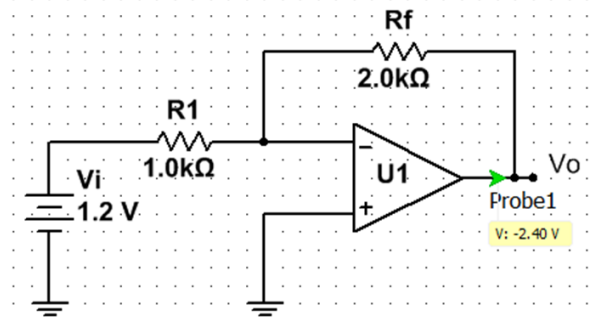
$$V_o = -\frac{R_f}{R_1} V_i$$

(5.4)

$-\frac{R_f}{R_1}$ คือ A หรือ อัตราขยายแรงดัน (voltage gain)

จะเห็นได้ว่าค่าอัตราขยายแรงดันมีค่าติดลบ ซึ่งเป็นชี้ให้เห็นว่าวงจรดังกล่าวทำหน้าที่กลับสัญญาณ

ตัวอย่าง 5.1 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส ดังรูป จงหาค่าของ อัตราขยายแรงดัน และ แรงดันเอาต์พุต



รูปที่ 9

วิธีทำ

$$V_o = A(V_i)$$

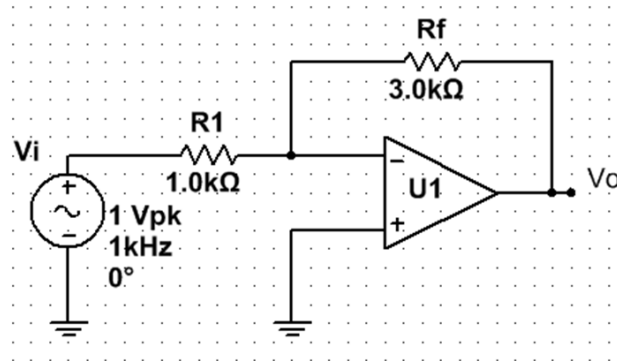
$$A = -R_f/R_i$$

$$= -(2K/1K) = -2$$

ตอบ

$$V_o = -2(1.2V) = -2.4 V$$

ตัวอย่าง 5.2 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส ดังรูป จงเขียนรูปคลื่นของแรงดันเอาต์พุต



รูปที่ 10

วิธีทำ

$$A = -R_f/R_i$$

$$= -(3K/1K) = -3$$

ตอบ

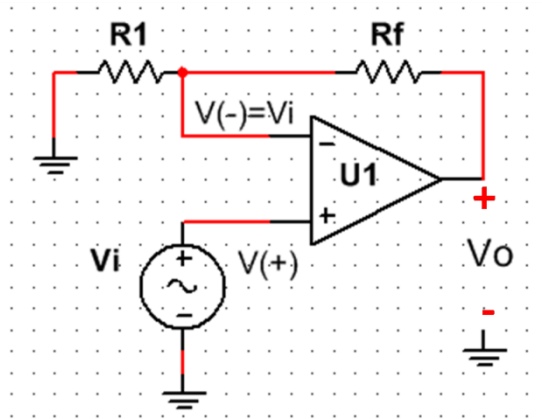
$$V_o = -3(1V_p) = -3 V_p$$



รูปที่ 11 รูปคลื่น V_o เปรียบเทียบกับ V_i

5.2.3 วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส (Non-inverting Amplifier)

วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส คือ วงจรออปแอมป์ที่ออกแบบมาเพื่อให้ voltage gain มีค่าเป็นบวกหรือให้ค่าเอาต์พุตคงค่าเครื่องหมายเหมือนเดิม โดยสัญญาณอินพุตจะป้อนเข้าที่อินพุตบวก(Non-inverting input)



รูปที่ 12 วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส

พิจารณาจากรูปจะได้

$$V_{(+)} = V_i = V_{(-)}$$

(ขั้วบวกของ Op amp ต่อกับแหล่งจ่ายแรงดัน แรงดันที่ขั้วบวกจึงมีค่าเท่ากับแรงดันที่แหล่งจ่ายนั้น)

พิจารณาที่โหนด $V_{(-)}$ ด้วยกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

$$\frac{V_{(-)}}{R_1} + \frac{V_{(-)} - V_o}{R_f} = 0$$

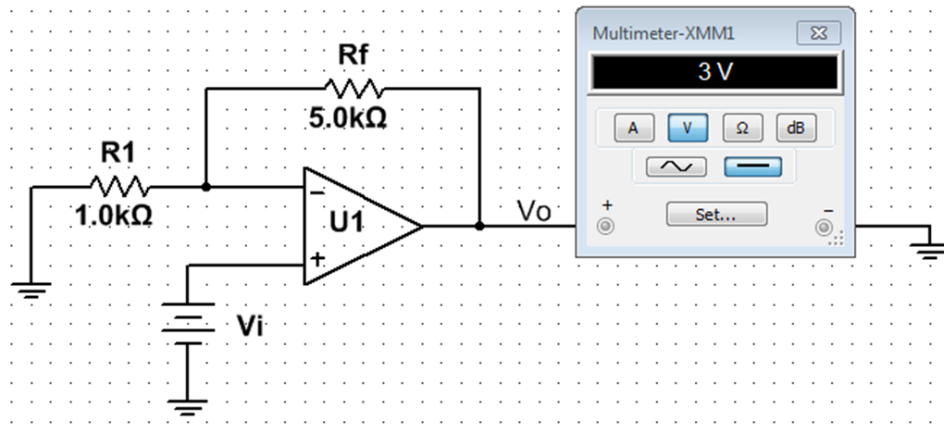
เมื่อแทนค่า $V_{(-)} = V_i$ ใน

สมการข้างต้น จะได้

$$\frac{V_i}{R_1} + \frac{V_i - V_o}{R_f} = 0$$

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) V_i \quad (5.5)$$

ตัวอย่าง 5.3 จากวงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส ดังรูป จงหาค่าของ แรงดันอินพุต (V_i) เมื่อแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 3 V



รูปที่ 13

วิธีทำ

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) V_i$$

$$5V = \left(1 + \frac{5K}{1K}\right) V_i$$

$$5V = (6) V_i$$

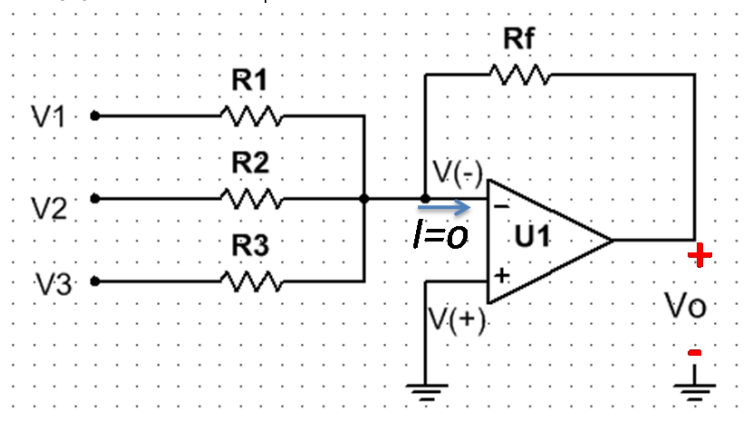
$$V_i = \left(\frac{5V}{6}\right)$$

$$V_i = (0.833 V)$$

ตอบ

5.2.3 วงจรขยายสัญญาณแบบรวมสัญญาณ (Summing Amplifier)

วงจรขยายสัญญาณแบบรวมสัญญาณ คือ วงจรออปแอมป์ที่รวมอินพุตตั้งแต่ 2 อินพุตขึ้นไปมารวมกัน และแรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับผลรวมของแรงดันอินพุต คูณกับอัตราขยายของวงจร รูปที่ 14 ตัวอย่างวงจรขยายรวมสัญญาณแบบ 3 อินพุต



รูปที่ 14 วงจรขยายสัญญาณแบบรวมสัญญาณ

พิจารณาจากรูปที่ 14 (สังเกตที่ขั้วอินพุตบวก) จะได้

$$V_{(+)} = 0 = V_{(-)}$$

พิจารณาที่โหนด $V_{(-)}$ ด้วยกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

$$\frac{V_{(-)} - V_1}{R_1} + \frac{V_{(-)} - V_2}{R_2} + \frac{V_{(-)} - V_3}{R_3} + \frac{V_{(-)} - V_o}{R_f} = 0$$

เมื่อแทนค่า $V_{(-)} = 0$ ในสมการข้างต้น จะได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต คือ

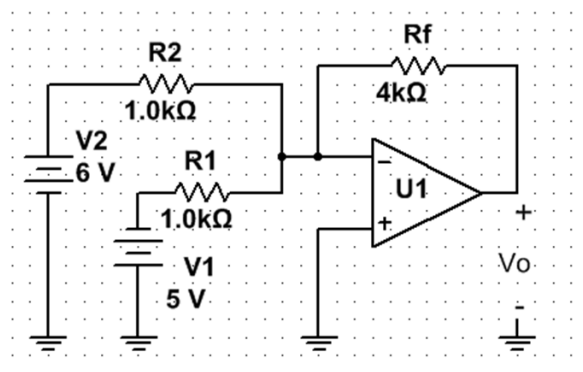
$$-\frac{V_1}{R_1} - \frac{V_2}{R_2} - \frac{V_3}{R_3} - \frac{V_o}{R_f} = 0$$

$$V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2 + \frac{R_f}{R_3}V_3\right) \quad (5.6)$$

จากสมการที่ (5.6) ถ้า $R_1 = R_2 = R_3 = R$ ทำให้ $A = -R_f/R$ ดังนั้น

$$V_o = -\frac{R_f}{R}(V_1 + V_2 + V_3) \quad (5.7)$$

ตัวอย่าง 5.4 วงจรขยายสัญญาณแบบรวมสัญญาณดังรูปที่ 15 จงหาค่าของ แรงดันเอาต์พุต



รูปที่ 15

วิธีทำ

$$V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2\right)$$

$$V_o = -\left(\frac{4K}{1K}(-5V) + \frac{4K}{1K}(6V)\right)$$

$$V_o = -(4(-5V) + 4(6V))$$

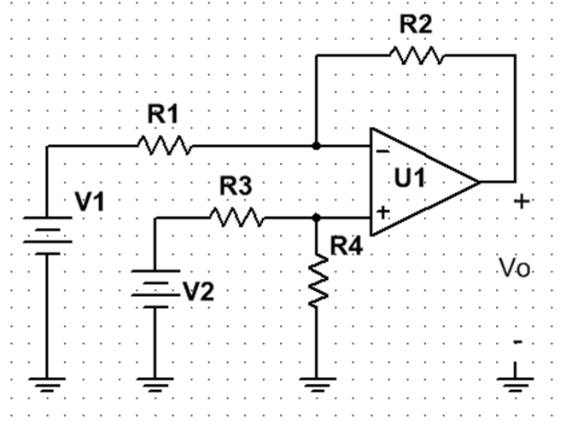
$$V_o = -(20V + 16V)$$

ตอบ

$$V_o = -4V$$

5.2.4 วงจรขยายสัญญาณผลต่าง (Difference Amplifier)

วงจรขยายสัญญาณผลต่าง คือ วงจรที่ทำหน้าขยายสัญญาณ ที่เกิดจากผลต่างระหว่างสัญญาณที่ป้อนเข้ามาที่อินพุตทั้งสอง ของวงจรออปแอมป์ดังรูปที่ 16 เมื่อ ผลต่างของแรงดันอินพุตทั้งสองคือ $V_2 - V_1$



รูปที่ 16 วงจรขยายสัญญาณผลต่าง

จากรูป พิจารณาที่โนด $V_{(+)}$ ด้วยกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

$$\frac{V_{(+)} - V_2}{R_3} + \frac{V_{(+)} - 0}{R_4} = 0$$

$$V_{(+)} = \left[\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right] V_2 \quad (a)$$

พิจารณาที่โนด $V_{(-)}$ ด้วยกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

$$\frac{V_{(-)} - V_1}{R_1} + \frac{V_{(-)} - V_o}{R_2} = 0$$

$$V_o = \left[\frac{R_2}{R_1} + 1 \right] V_{(-)} - \left[\frac{R_2}{R_1} \right] V_1 \quad (b)$$

จากความสัมพันธ์ของแรงดัน $V_{(+)} = V_{(-)}$ แทนสมการ (a) ใน (b) จะได้

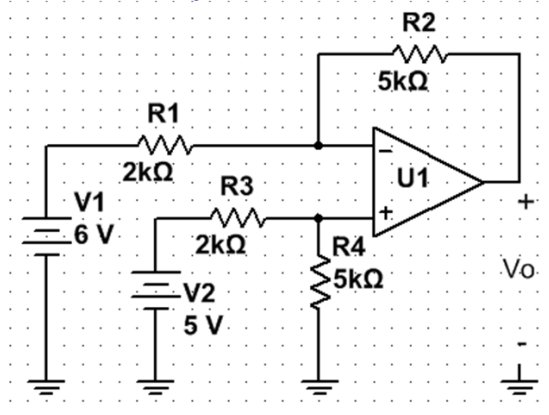
$$V_o = \left[\frac{R_2}{R_1} + 1 \right] \left[\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right] V_2 - \left[\frac{R_2}{R_1} \right] V_1 \quad (c)$$

แต่ ถ้า $R_1 = R_3 = R_i$ และ $R_2 = R_4 = R_f$ แทนในสมการ (c) จะได้

$$V_o = \left[\frac{R_f}{R_i} \right] (V_2 - V_1)$$

(5.8)

ตัวอย่าง 5.5 วงจรขยายสัญญาณผลต่าง ดังรูปที่ 17 จงหาค่าของ แรงดันเอาต์พุต



รูปที่ 17

วิธีทำ

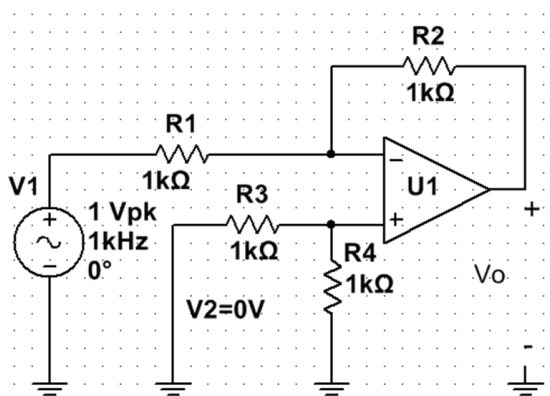
$$V_o = \left[\frac{5K}{2K} \right] (+5V - 6V)$$

$$V_o = 2.5(-1V)$$

ตอบ

$$V_o = -2.5V$$

ตัวอย่าง 5.6 วงจรขยายสัญญาณผลต่าง ดังรูปที่ 18 จงเขียนรูปคลื่นของสัญญาณ แรงดันเอาต์พุต เมื่อ $V_1=1V_p$, sine-wave, 1 kHz, $V_2=0V$



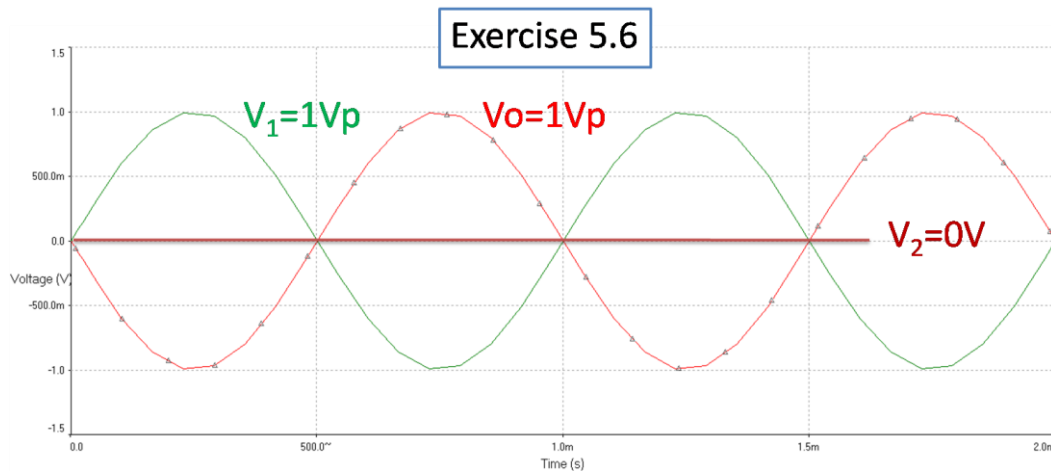
รูปที่ 18

วิธีทำ

$$V_o = \left[\frac{1K}{1K} \right] (0V - 1V_p)$$

ตอบ

$$V_o = -1V_p$$

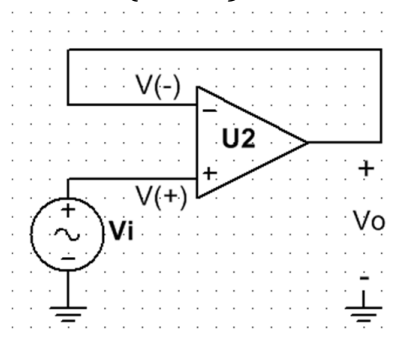


รูปที่ 19 คลื่นของสัญญาณแรงดันเอาต์พุต เท่ากับ $1V_P$ แต่สัญญาณกลับเฟสจากรูปคลื่นของแรงดัน V_1

นักศึกษาผู้สนใจสามารถ ดาวน์โหลด โปรแกรมการคำนวณค่าวงจร Differential Amplifier ได้ที่ เว็บไซต์ของ Analog Device ตามลิงค์ไปนี้ <http://www.analog.com/en/amplifier-linear-tools/adi-diff-amp-calc/topic.html>

5.2.5 วงจรขยายสัญญาณแบบตามแรงดัน (Voltage Follower)

วงจรขยายสัญญาณแบบตามแรงดัน จะให้ค่าแรงดันทางด้านเอาต์พุตเท่ากับแรงดันทางด้านอินพุต เพราะว่าอัตราขยายแรงดันของวงจร เท่ากับ 1 ($A = 1$)



รูปที่ 20 วงจรขยายสัญญาณแบบตามแรงดัน

พิจารณาจากรูปจะได้

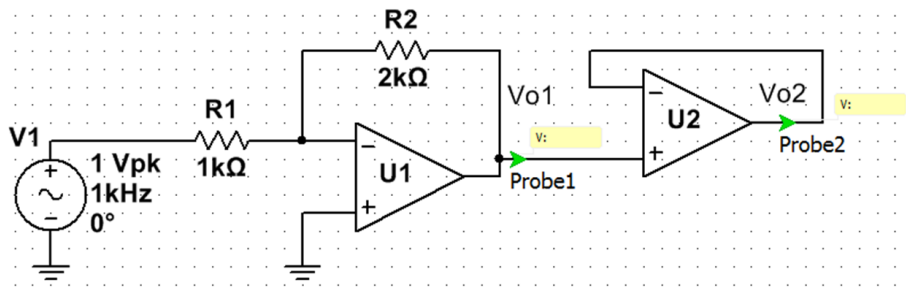
และ

$$V_{(+)} = V_i = V_{(-)}$$

$$V_{(-)} = V_o$$

$$V_o = V_i \quad (5.9)$$

ตัวอย่าง 5.7 กำหนดให้ $V_1=1V_P$, sine-wave, 1 kHz, วงจรออปแอมป์ ดังรูปที่ 21 จงเขียนรูปคลื่นของสัญญาณ แรงดันเอาต์พุต V_{o2} เปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุต V_1

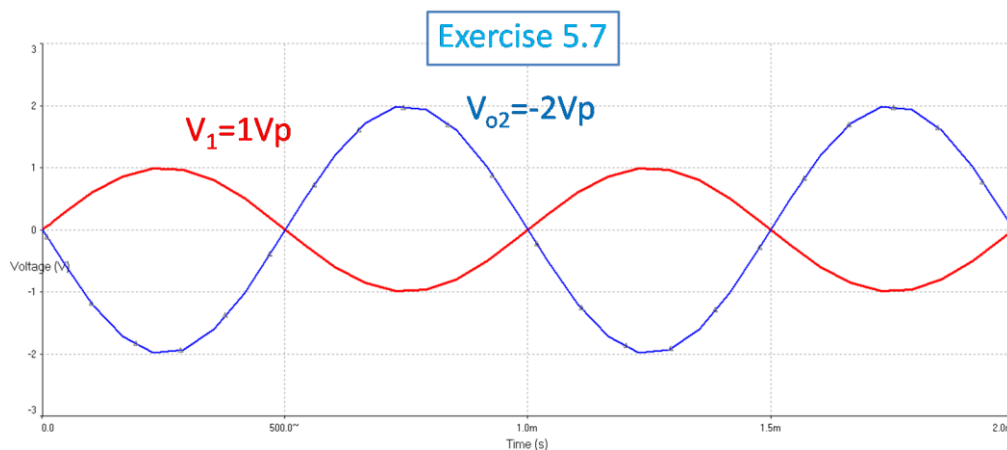


รูปที่ 21

รูปคลื่นของสัญญาณ แรงดันเอาต์พุต เท่ากับ $2V_P$ แต่สัญญาณกลับเฟสจากรูปคลื่นของแรงดัน V_1 และมีขนาดเป็นสองเท่า เพราะว่า อัตราขยายแรงดัน ของวงจรออปแอมป์วงจรแรก คือวงจรขยายแบบกลับเฟส เท่ากับ -2 คือ

$$A = -R_f/R_1 = -2k/1K = -2$$

วงจรออปแอมป์ วงจรที่สอง คือ วงจรขยายสัญญาณแบบตามแรงดัน มีอัตราขยายแรงดันเท่ากับ 1 และไม่กลับเฟสสัญญาณ ดังนั้นรูปคลื่น V_{o2} จึงเหมือนกับรูปคลื่นของ V_{o1} นั่นเอง ดังรูปที่ 22



รูปที่ 22

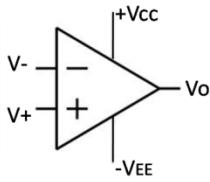
เอกสารอ้างอิง

- [1] นภัทร วัจนเทพินทร์ การประมวลผลสัญญาณด้วยออปแอมป์และลิเนียร์ ไอ.ซี. สำนักพิมพ์สกายบุ๊กส์ จำกัด ปทุมธานี. 2548
- [2] Sergio Franco Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits 3rd Edition , McGraw-hill Higher Education, 2001
- [3] ออนไลน์ http://www.electronics-tutorials.ws/opamp/opamp_1.html
- [4] ออนไลน์ http://www.allaboutcircuits.com/vol_3/chpt_8/3.html

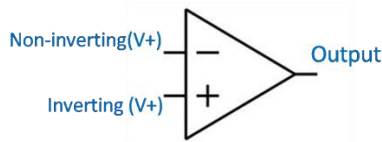
แบบฝึกหัดบทที่ 5

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

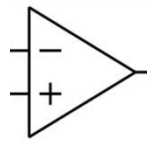
1. ข้อใด ไม่ใช่ สัญลักษณ์ของออปแอมป์



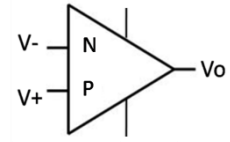
ก)



ข)

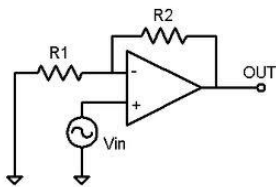


ค)

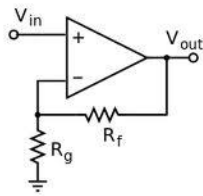


ง)

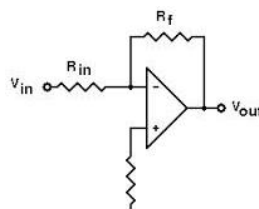
2. ข้อใดคือวงจรออปแอมป์ขยายสัญญาณแบบกลับเฟส



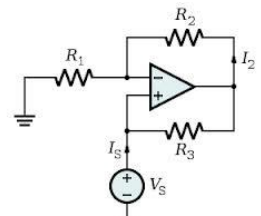
ก)



ข)

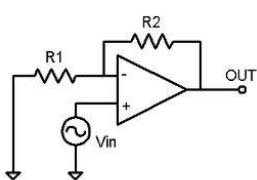


ค)

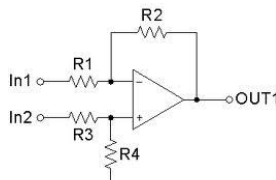


ง)

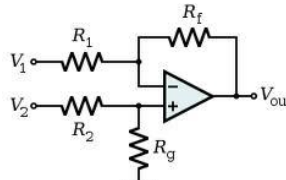
3. ข้อใดคือวงจรออปแอมป์ขยายสัญญาณแบบรวมสัญญาณ



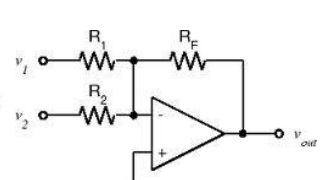
ก)



ข)

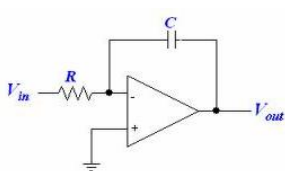


ค)

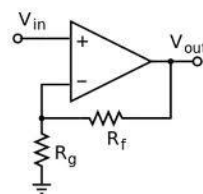


ง)

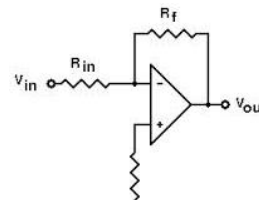
4. ข้อใดคือวงจรออปแอมป์ขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส



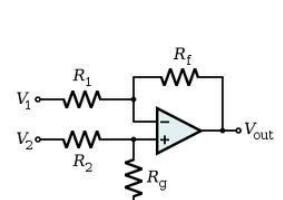
ก)



ข)



ค)



ง)

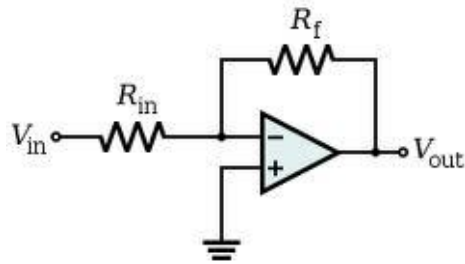
5. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของออปแอมป์ในอุดมคติ

ก) $A = \infty$

ข) $R_i = \infty$

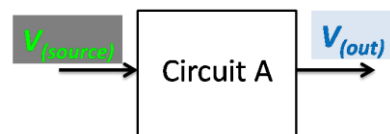
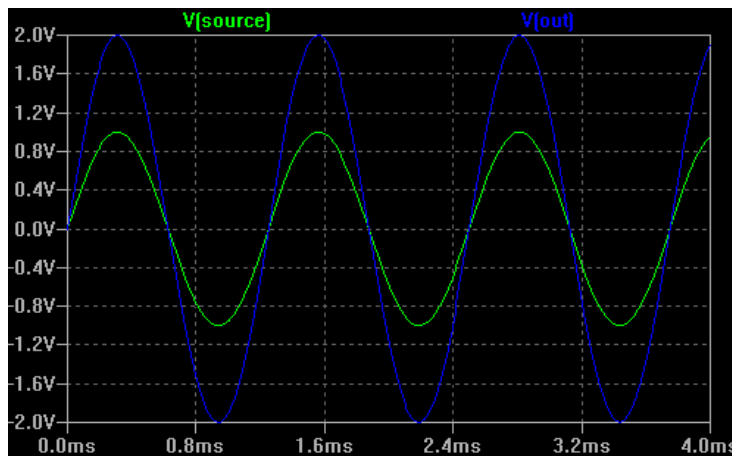
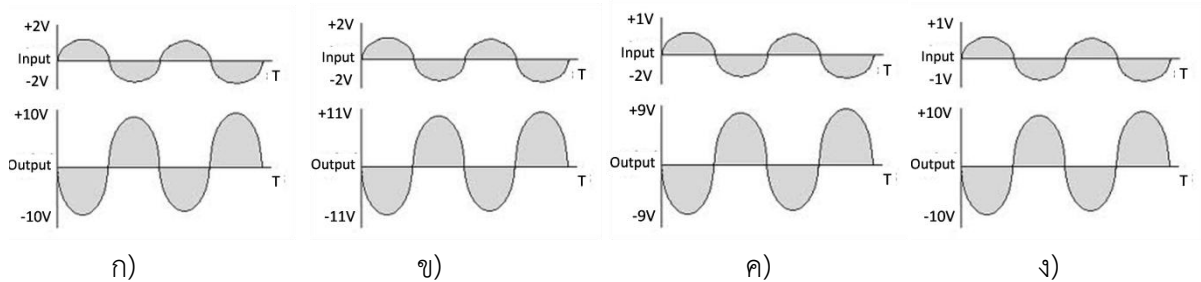
ค) $R_o = 0$

ง) $A = 0$



รูปที่ 23 ใช้สำหรับตอบคำถามข้อ 6-8

6. ถ้า อัตราขยายแรงดันเท่ากับ -20 ค่า $R_f = 100K\Omega$ จงหาค่าของ R_{in}
 ก) $2K\Omega$ ข) $5K\Omega$ ค) $10K\Omega$ ง) $20K\Omega$
7. ถ้า อัตราขยายแรงดันเท่ากับ -20 ค่า $R_f = 100K\Omega$ $V_{in} = 0.2V$ จงหาค่าของ V_{out}
 ก) $-2V$ ข) $-6V$ ค) $-4V$ ง) $-5V$
8. ถ้า วงจรในรูป 18 มีอัตราขยายแรงดันเท่ากับ -10 รูปคลื่นของ V_{in} และรูปคลื่น V_{out} คือข้อใด



รูปที่ 24 Circuit A คือวงจรขยายอินพุต-เอาต์พุต ชนิดหนึ่ง มี $V_{(source)}$ เป็นอินพุต และ $V_{(out)}$ เป็นเอาต์พุต ใช้สำหรับตอบคำถามข้อ 9-11

9. วงจรในรูป 24 Circuit A มีอัตราขยายแรงดันเท่ากับข้อใด
 ก) -2 ข) -1 ค) 2 ง) 3
10. วงจรในรูป 24 Circuit A คือวงจรในข้อใด
 ก) วงจรขยายสัญญาณผลต่าง ข) วงจรขยายแบบกลับเฟส

ค) วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

ง) วงจรขยายแบบรวมสัญญาณกลับเฟส

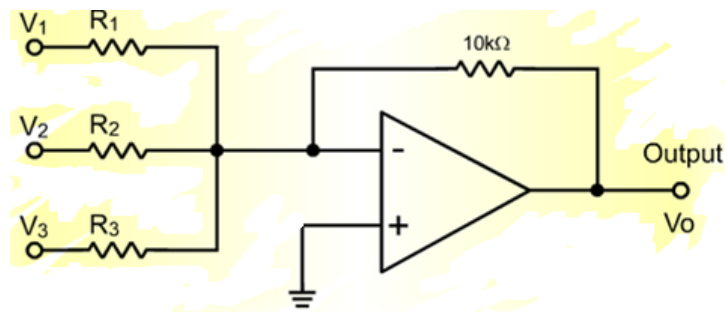
11. วงจรในรูป 24 ถ้าความต้านทานป้อนกลับของ Circuit A เท่ากับ $1K\Omega$ ความต้านทานอินพุต เท่ากับข้อใด

ก) $1K\Omega$

ข) $2K\Omega$

ค) $10K\Omega$

ง) $20K\Omega$



รูปที่ 25 ใช้สำหรับตอบคำถามข้อ 12-15

12. วงจรในรูป 25 คือวงจรในข้อใด

ก) วงจรขยายสัญญาณผลต่าง

ข) วงจรขยายแบบกลับเฟส

ค) วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

ง) วงจรขยายแบบรวมสัญญาณกลับเฟส

13. ถ้าแรงดัน $V_1 = 1V$, $V_o = -2V$ ความต้านทาน R_1 เท่ากับข้อใด

ก) $2K\Omega$

ข) $5K\Omega$

ค) $10K\Omega$

ง) $15K\Omega$

14. ถ้าแรงดัน $V_3 = 1V$, $V_o = -5V$ ความต้านทาน R_1 เท่ากับข้อใด

ก) $2K\Omega$

ข) $5K\Omega$

ค) $10K\Omega$

ง) $15K\Omega$

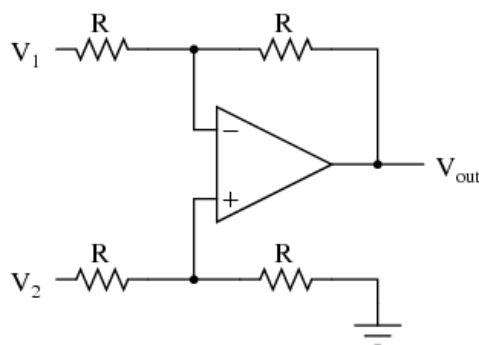
15. ถ้า $R_1=R_2=R_3= 5K\Omega$ แรงดัน $V_1=V_2=V_3= 0.2V$ แรงดัน V_o เท่ากับข้อใด

ก) $-2.1V$

ข) $-5V$

ค) $-1.2V$

ง) $-1.8V$



รูปที่ 26 ใช้สำหรับตอบคำถามข้อ 16-18 กำหนดให้ $R=10K\Omega$

16. วงจรในรูป 2 คือข้อใด

ก) วงจรขยายสัญญาณผลต่าง

ข) วงจรขยายแบบกลับเฟส

ค) วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

ง) วงจรขยายแบบรวมสัญญาณกลับเฟส

17. ถ้าแรงดันอินพุต $V_1 = -1.2V$, $V_2 = 2.2V$ แรงดัน V_o เท่ากับข้อใด

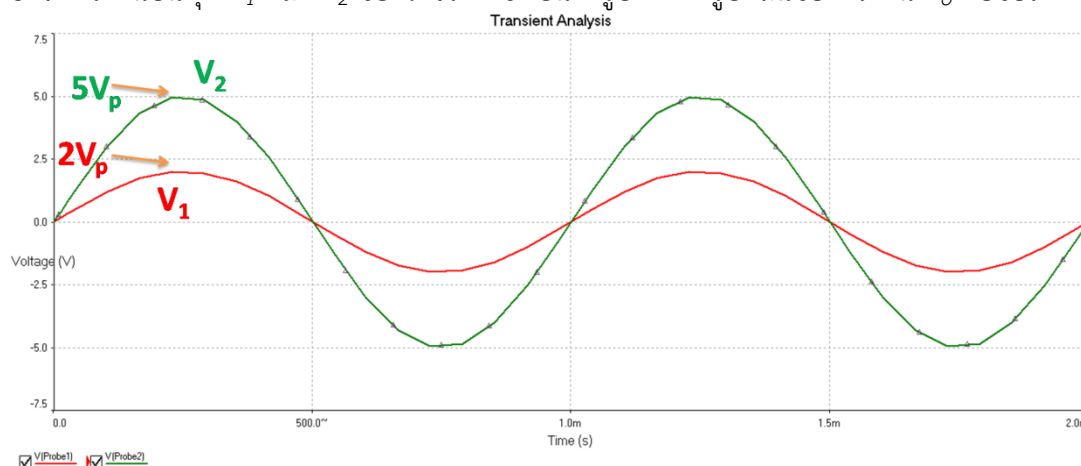
ก) $-2.2V$

ข) $1.0V$

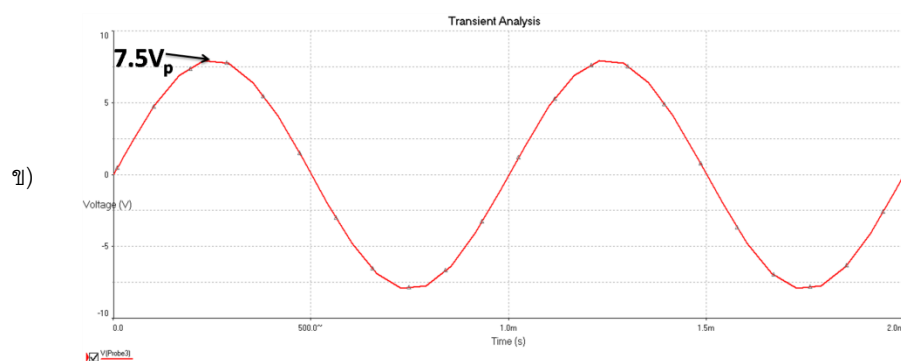
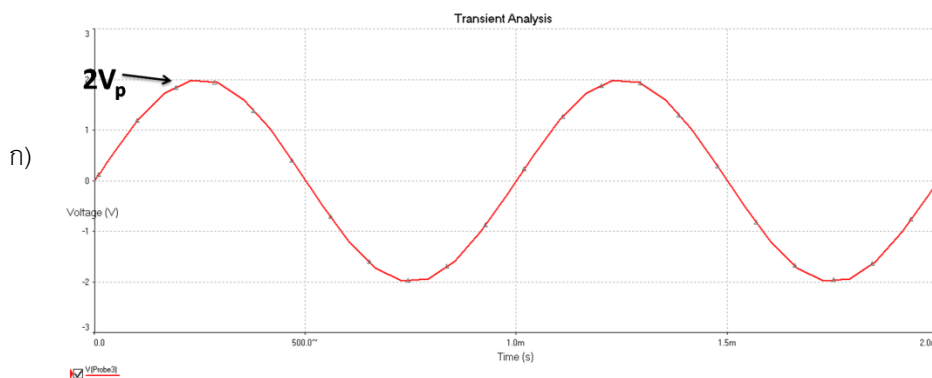
ค) $1.2V$

ง) $-1.2V$

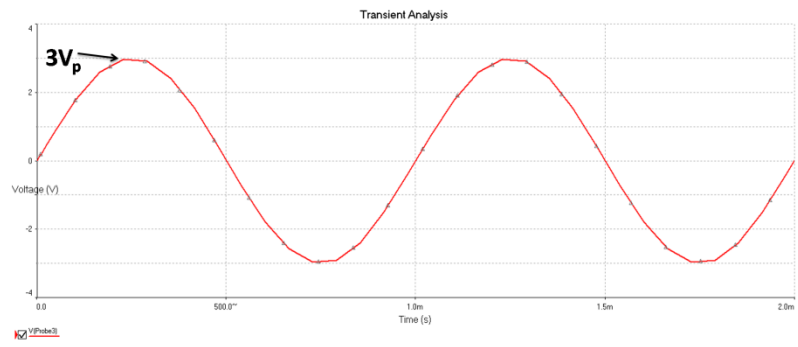
18. ถ้าแรงดันอินพุต V_1 และ V_2 ของวงจรที่ 26 เป็นดังรูปที่ 27 รูปคลื่นของแรงดัน V_o คือข้อใด



รูปที่ 27



8)



9)

