

หน่วยที่ 18

ไอ.ซี.ออปแอมป์และไอ.ซี.ไทเมอร์

สาระสำคัญ

Op – amp มีชื่อเต็มว่า Operational amplifier จัดเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจำพวก ไอ.ซี. (Integrator circuit) ใช้สำหรับขยายสัญญาณ วงจรออสซิลเลเตอร์ วงจรกรองความถี่สูงและความถี่ต่ำ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณและอื่น ๆ ส่วนของ ไอ.ซี.เวลา ใช้สำหรับการตั้งเวลา ที่นิยมใช้มากที่สุด คือ ไอ.ซี.ไทเมอร์ เบอร์ 555

เรื่องที่จะศึกษา

- 18.1 บทนำ
- 18.2 โครงสร้าง สัญลักษณ์และคุณลักษณะของออปแอมป์
- 18.3 วงจรการใช้งานออปแอมป์พื้นฐาน
- 18.4 ไอ.ซี.ไทเมอร์

จุดประสงค์การสอน

1. จุดประสงค์ทั่วไป

1.1 เพื่อให้ให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ โครงสร้าง สัญลักษณ์และคุณลักษณะของออปแอมป์และไอ.ซี.ไทเมอร์

1.2 เพื่อให้ให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวงจรการใช้งานออปแอมป์พื้นฐานและไอ.ซี.ไทเมอร์

1.3 เพื่อให้ให้นักเรียน มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนเกี่ยวกับออปแอมป์และไอ.ซี.ไทเมอร์ การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ความมีวินัย ความรับผิดชอบ การใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างประหยัดและรู้คุณค่า

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทเรียนหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- 2.1 บอกโครงสร้างและ สัญลักษณ์ของออปแอมป์ได้
- 2.2 บอกคุณลักษณะของออปแอมป์ได้
- 2.3 คำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันได้

- 2.4 กำหนดหาอัตราขยายแรงดันเอาต์พุตและกระแสเอาต์พุตของวงจรขยายกลับเฟสได้
- 2.5 กำหนดหาอัตราขยายแรงดันเอาต์พุตและกระแสเอาต์พุตของวงจรขยายไม่กลับเฟสได้
- 2.6 กำหนดหาอัตราขยายของวงจรตามแรงดันได้
- 2.7 กำหนดหาค่าความถี่ของวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านได้
- 2.8 กำหนดหาค่าความถี่ของวงจรกรองสัญญาณความถี่สูงผ่านได้
- 2.9 สามารถต่อวงจรการทดลองวงจรการใช้งานอปแอมป์พื้นฐานได้

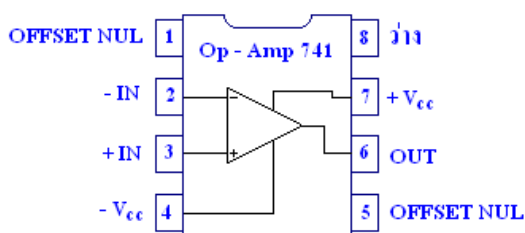
คุณธรรมและจริยธรรมที่มุ่งเน้น

1. ความมีวินัย
2. ความรับผิดชอบ
3. ความมีมนุษยสัมพันธ์
4. ความสนใจใฝ่รู้
5. ความเชื่อมั่นในตนเอง

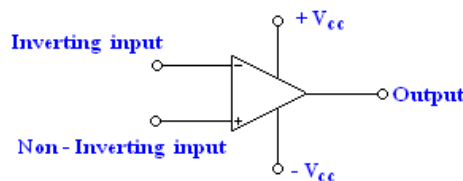
18.1 บทนำ

ออปแอมป์หรือ Op – amp เป็นชื่อย่อของ Operational amplifier ถูกจัดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำพวก ไอ.ซี. (Integrator Circuit) ซึ่งจัดเป็นอุปกรณ์ที่รวบรวมอุปกรณ์จำพวกพาสซีฟ (Passive) และ แอกทีฟ (Active) ไว้ภายในตัวถังเดียวกัน ซึ่งในปัจจุบันออปแอมป์ ถูกนำมาใช้งานหลากหลาย ทั้งในวงจรขยายสัญญาณ วงจรออสซิลเลเตอร์ วงจรกรองความถี่สูงและต่ำ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณและอื่น ๆ

18.2 โครงสร้าง สัญลักษณ์และคุณลักษณะของออปแอมป์



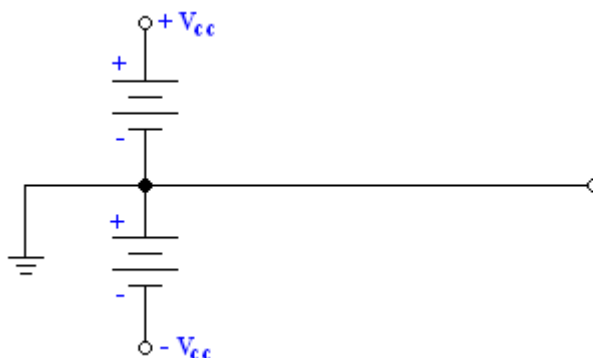
ก) โครงสร้าง Op – amp 741



ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 18.1 โครงสร้างภายในและสัญลักษณ์ของออปแอมป์

รูปที่ 18.1 ก) เป็นโครงสร้างของออปแอมป์เบอร์ 741 ซึ่งจัดเป็น ไอ.ซี. 8 ขา ขาที่ 1 และขาที่ 5 จะเป็นขา OFFSET NUL ทำหน้าที่ปรับ Output offset voltage ให้เป็นศูนย์โวลต์จริง ๆ ขา 2 เป็นอินพุตลบ หรืออินพุตแบบกลับเฟส มักเรียกทับศัพท์ว่า “อินเวอร์ตติ้งอินพุต” (Inverting input) หมายความว่าถ้าสัญญาณอินพุตเข้ามาที่ขานี้เป็นลบมันจะถูกกลับเฟสให้เป็นลบ ถ้าสัญญาณอินพุตที่เข้ามาเป็นลบมันจะถูกกลับเฟสให้เป็นบวก สำหรับขาที่ 3 เรียกว่าอินพุตบวกหรืออินพุตแบบไม่กลับเฟส เรียกทับศัพท์ว่า “นอนอินเวอร์ตติ้งอินพุต” (Non – inverting input) หมายความว่าสัญญาณอินพุตที่เข้ามาที่ขานี้เป็นสัญญาณแบบใดก็ได้เอาต์พุตแบบนั้น ส่วนขาที่ 4 และ 7 จะถูกต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง ไอ.ซี. แบบ \pm โดยขา 4 ถูกต่อกับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง $-$ และขา 7 ต่อกับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง $+$ สำหรับเอาต์พุตของวงจรจะอยู่ที่ขา 6 ส่วนขา 8 ไม่ได้ต่อใช้งานใด ในส่วนของสัญลักษณ์รูปที่ 18.1 ข) อาจเขียนโดยตัดขาที่เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง $+ V_{cc}$ และ $- V_{cc}$ ออกไปก็ได้ แต่ที่นิยมเขียนไว้ในวงจรก็เพื่อให้สามารถระบุแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงที่ใช้ให้ทราบว่ามีขนาดกี่โวลต์



รูปที่ 18.2 ลักษณะแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง \pm

จากรูปที่ 18.2 จะเห็นว่า ลักษณะของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง \pm เกิดจากการนำแบตเตอรี่สองตัวที่มีขนาดแรงดันไฟฟ้าเท่ากันมาต่ออนุกรมกัน จากนั้นจะทำการต่อตำแหน่งกราวด์ ณ บริเวณจุดต่อของแบตเตอรี่ทั้งสองตัวให้เป็นตำแหน่งกราวด์ของวงจรเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

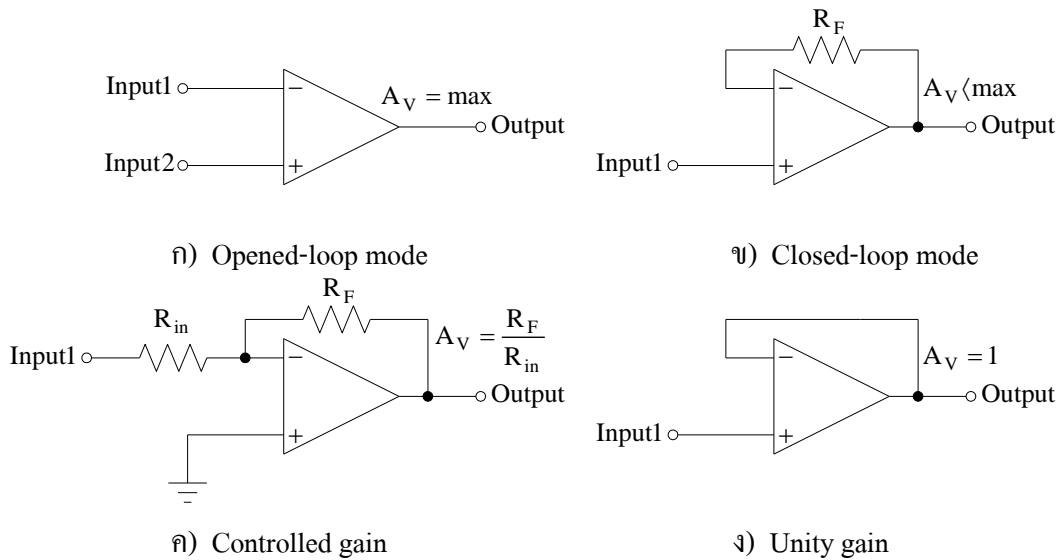
ลักษณะภายในทางอุดมคติของออปแอมป์

1. มีอัตราขยายแรงดันสูงมากจนหาที่สิ้นสุดมิได้(เป็นอนันต์)
2. มีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์สูงมากจนหาที่สิ้นสุดมิได้
3. มีค่าเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำมากจนถือว่าเป็นศูนย์
4. ทำงานได้ตั้งแต่ย่านไม่มีความถี่จนถึงความถี่ที่หาที่สิ้นสุดมิได้

อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงนั้น อัตราขยายแรงดันก็มีขีดจำกัด โดยอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์จะมีค่าที่ประมาณ $130\text{ k}\Omega - 3\text{ M}\Omega$ เอาต์พุตอิมพีแดนซ์ประมาณ $0.75 - 1,000\ \Omega$

18.3 วงจรการใช้งานออปแอมป์พื้นฐาน

วงจรการใช้งานออปแอมป์พื้นฐาน ถือเป็นส่วนสำคัญหลักในการที่จะนำออปแอมป์ไปใช้กับวงจรการใช้งานที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้น มีทั้งวงจรในลักษณะลูปเปิดและลูปปิด โดยลักษณะลูปเปิดจะเป็นการใช้งาน โดยไม่มีการนำสัญญาณที่ได้ทางเอาต์พุตกลับมาป้อนให้กับอินพุตด้านอินเวอร์ตติ้ง แต่ถ้าเป็นแบบลูปปิด จะมีการนำสัญญาณที่ได้ทางเอาต์พุตป้อนกลับ(Feedback) มายังด้านอินเวอร์ตติ้งอินพุตอีกครั้งหนึ่ง ดังรูปที่ 18.3



รูปที่ 18.3 ลักษณะวงจรแบบรูปเปิดและรูปปิด

ในรูปที่ 18.3 ก) เป็นลักษณะออปแอมป์ในขณะรูปเปิด จะเห็นว่าอัตราขยายแรงดันขณะนี้จะมามีค่าสูงที่สุด ส่วนในรูป 18.3 ข) เมื่อออปแอมป์อยู่ในลักษณะรูปปิด (Closed – Loop) นั่นคือมีการป้อนกลับสัญญาณจากเอาต์พุตนำมาป้อนให้กับด้านอินพุตโดยผ่านตัวต้านทาน R_F อัตราขยาย A_V จะมามีค่าลดลงส่วนในรูป 18.3 ค) นั้น จะเป็นการควบคุมอัตราขยายแรงดันขณะปิดรูปโดยสามารถควบคุมอัตราขยายแรงดันได้ด้วยการอาศัยตัวต้านทาน R_F และ R_{in} จะทำได้อัตราขยายแรงดันเป็น

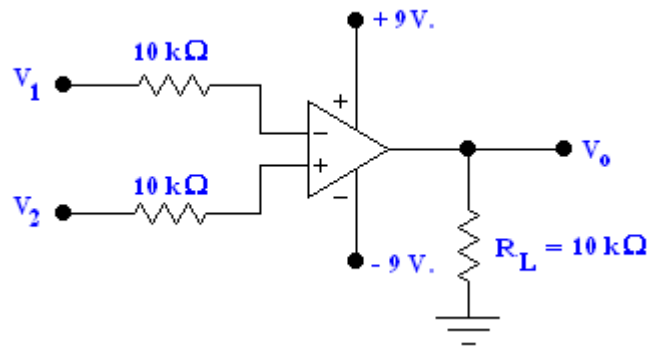
$$A_V = -\frac{R_F}{R_i} \dots \dots \dots (18.1)$$

ส่วนในรูป 18.3 ง) เป็นวงจรรูปปิดที่ให้อัตราขยายเป็น 1 (Unity gain)

โดยทั่วไปวงจรการใช้งานออปแอมป์พื้นฐานจะมีทั้งวงจรเปรียบเทียบแรงดัน วงจรขยายแรงดันแบบกลับเฟส วงจรขยายแรงดันแบบไม่กลับเฟส วงจรตามแรงดัน วงจรกรองสัญญาณความถี่ และวงจรอื่น ๆ อีกมากมาย หลักการต่าง ๆ ของวงจรเหล่านี้จะเป็นพื้นฐานในการที่จะนำออปแอมป์ไปใช้สร้างวงจรเครื่องกำเนิดสัญญาณไซน์ สัญญาณสามเหลี่ยมและสัญญาณสี่เหลี่ยมเพื่อนำไปใช้งานในลักษณะต่าง ๆ ตามต้องการดังจะได้กล่าวถึงต่อไปนี้พอสังเขป

18.3.1 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator)

ลักษณะของวงจรเรียกว่าแบบลูปเปิดหรือเปิดลูป (Opened – loop) ซึ่งนั่นก็คือไม่มีการดึงสัญญาณที่ได้ทางเอาต์พุตกลับมาป้อนให้กับอินพุต



รูปที่ 18.4 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

รูปที่ 18.4 เป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน หลักการทำงานของวงจรคือ สัญญาณด้านอินพุต V_1 และ V_2 ที่ป้อนเข้ามาจะมีการเปรียบเทียบค่ากันว่า สัญญาณใดมีค่ามากกว่ากัน จากนั้นจึงจะส่งผลไปยังเอาต์พุตของวงจรว่าจะมีค่าออกมาเป็นบวกหรือเป็นลบ และจะมีค่าที่ตำแหน่งสูงสุดที่ไม่เกิน $\pm 90\%$ ของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจรที่จ่ายให้กับออปแอมป์ ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ 90% นี้เรียกว่า V_{sat} ซึ่งอาจพิจารณาได้ดังนี้

เมื่อ $V_1 > V_2$ จะได้ V_O เป็นลบ (ไม่เกิน 90% ของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงในที่นี้ประมาณ -8 V)

เมื่อ $V_2 > V_1$ จะได้ V_O เป็นบวก (ในที่นี้ประมาณ $+8\text{ V}$)

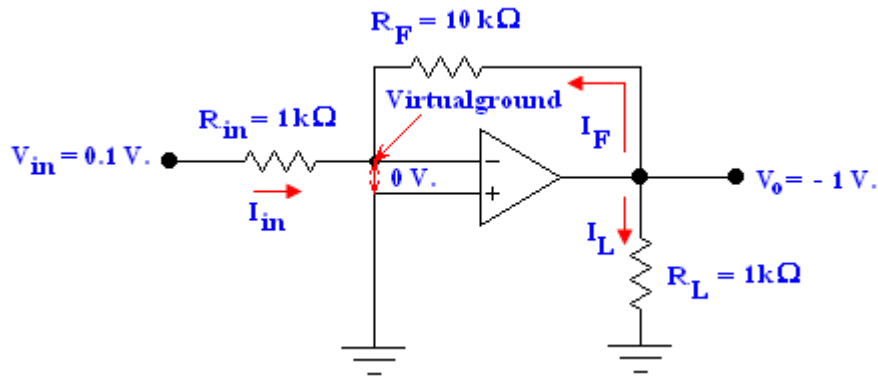
ดังนั้น $V_O = V_{sat} \times \text{Signal}(V_2 - V_1)$(18.2)

สมมุติว่า $V_1 = 1\text{ V}$, $V_2 = -1\text{ V}$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } V_O &= V_{sat} \times \text{Signal}(V_2 - V_1) \\ &= (9 \times 0.9) \times [-1 - (+1)] \\ &= 8 \times (-2) \\ &= -16\text{ V} \end{aligned}$$

แต่คำตอบที่แท้จริง $V_O = -8\text{ V}$ เพราะอย่างไรก็ตามค่าของ V_O นั้น จะต้องมีค่าไม่เกิน 90% ของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง

18.3.2 วงจรขยายแรงดันแบบกลับเฟส (Inverting amplifier)



รูปที่ 18.5 วงจรขยายแรงดันแบบกลับเฟส

รูปที่ 18.5 เป็นวงจรขยายแรงดันแบบกลับเฟส ลักษณะของวงจรเป็นแบบลูปปิด (Close – loop) คือมีการดึงสัญญาณเอาต์พุตผ่าน R_F ป้อนกลับมายังอินพุตด้านลบหรืออินเวอร์ตติ้งอินพุต สัญญาณที่ได้ทางด้านเอาต์พุตจะมีลักษณะตรงข้ามกับสัญญาณด้านอินพุต ซึ่งค่าแรงดันที่ได้ทางด้านเอาต์พุต พิจารณาได้ดังนี้

$$\text{อัตราขยายแรงดันของวงจร } (A_v) = -\frac{R_F}{R_{in}} \quad \dots\dots\dots(18.3)$$

$$\therefore V_o = A_v \cdot V_{in} = -\frac{R_F}{R_{in}} \cdot V_{in} \quad \dots\dots\dots(18.4)$$

จากวงจรรูปที่ 18.5 จะเห็นว่าระหว่างขั้วอินพุตทั้งสองจะถูกปรับให้มีค่าผลต่างของแรงดันเป็นศูนย์ดังนั้นบริเวณจุดต่อ R_{in} กับ R_F ด้านอินพุตลบ จึงมีค่าเป็นศูนย์ จุดนี้จึงเสมือนว่าเป็นกราวด์อีกจุดหนึ่ง เรียกว่ากราวด์เสมือน (Virtual ground) แรงดันตกคร่อม R_{in} จึงมีค่าเท่ากับ V_{in} ดังนั้น เราจึงสามารถหาค่าของกระแสและแรงดันที่ส่วนต่าง ๆ ได้ดังนี้

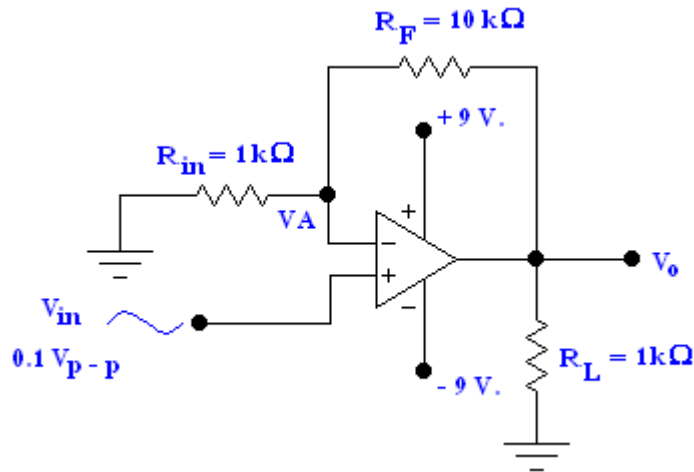
$$\therefore I_{in} = \frac{V_{in}}{R_{in}} = \frac{0.1 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 0.1 \text{ mA}$$

$$V_o = -\frac{R_F}{R_{in}} \cdot V_{in} = -\frac{10}{1} \times 0.1 = -1 \text{ V.}$$

$$I_L = \frac{V_o}{R_L} = -\frac{1 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = -1 \text{ mA}$$

$$I_F = \frac{V_o}{R_F} = -\frac{1 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} = -0.1 \text{ mA}$$

18.3.3 วงจรขยายแรงดันแบบไม่กลับเฟส (Non – inverting amplifier)



รูปที่ 18.6 วงจรขยายแรงดันแบบไม่กลับเฟส

รูปที่ 18.6 เป็นวงจรขยายแรงดันแบบไม่กลับเฟส ลักษณะวงจรเป็นแบบรูปปิด คือมีการดึงสัญญาณที่ได้ทางเอาต์พุตป้อนกลับผ่าน R_F มายังอินพุตด้านลบหรืออินเวอร์ตติ้งอินพุต ซึ่งค่าแรงดันทางด้านเอาต์พุตและอัตราขยายของวงจรสามารถพิจารณาได้ดังนี้

$$\text{อัตราขยายแรงดันของวงจร } (A_v) = \frac{V_O}{V_{in}} = \frac{V_O}{V_A} \dots\dots\dots(18.5)$$

$$V_A = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_F} \cdot V_O \dots\dots\dots(18.6)$$

ดังนั้น

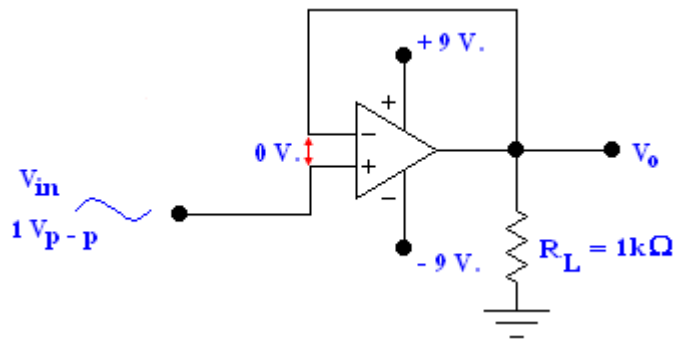
$$A_v = \frac{V_O}{\frac{R_{in} \cdot V_O}{R_{in} + R_F}} = \frac{R_{in} + R_F}{R_{in}} = 1 + \frac{R_F}{R_{in}} \dots\dots\dots(18.7)$$

$$\therefore \frac{V_O}{V_{in}} = 1 + \frac{R_F}{R_{in}}$$

$$V_O = \left(\frac{R_F}{R_{in}} + 1 \right) V_{in} \dots\dots\dots(18.8)$$

18.3.4 วงจรตามแรงดัน (Voltage follower or Buffer)

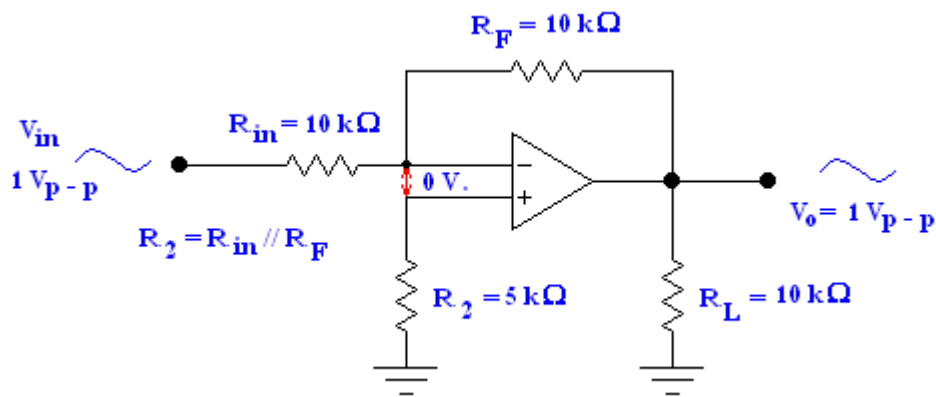
วงจรมีอัตราขยายแรงดันเป็นหนึ่ง(Unity)ใช้สำหรับการเชื่อมต่อวงจร 2 วงจรเข้าหากันมี 2 แบบ ดังรูปที่ 18.7 และ 18.8



รูปที่ 18.7 วงจรตามแรงดันแบบ Non – inverting

วงจรรูปที่ 18.7 นี้ เรียกว่าวงจรตามแรงดันแบบ Non – inverting ก็จะสังเกตได้ว่ามีการดึงสัญญาณที่ได้ทางเอาต์พุตกลับมาป้อนให้กับสัญญาณอินพุตด้านลบโดยตรง แต่จะไม่ผ่าน R_F ขณะเดียวกันที่อินพุตก็จะมี R_{in} ดังนั้นอัตราส่วนระหว่าง R_F ต่อ R_{in} จึงมีค่าเป็น 1 นั่นคือ

$$A_v = \frac{R_F}{R_{in}} + 1 = \frac{0}{R_{in}} + 1 = 1 \quad \dots\dots\dots(18.9)$$



รูปที่ 18.8 วงจรตามแรงดันแบบ Inverting

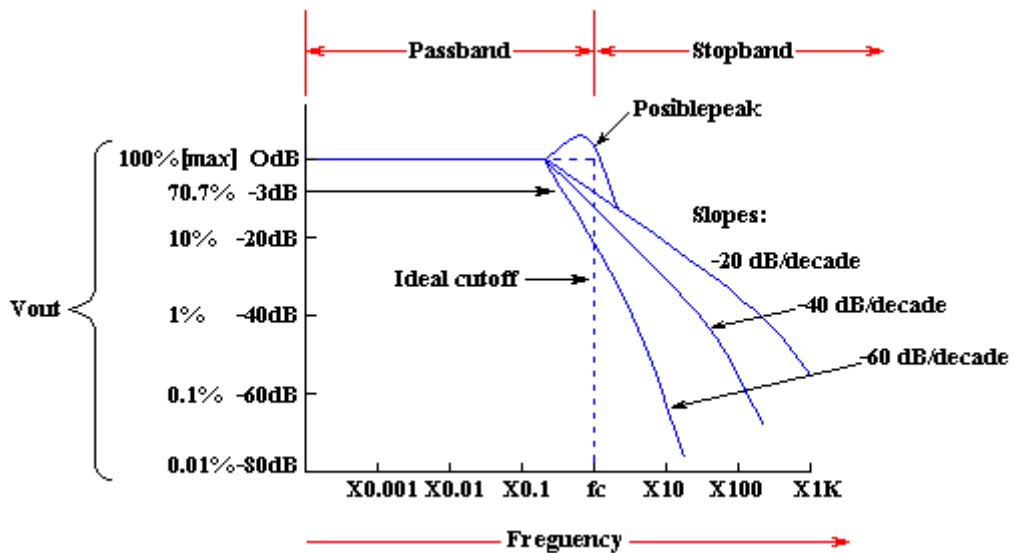
วงจรรูปที่ 18.8 นี้ เรียกว่าวงจรตามแรงดันแบบ Inverting ก็จะสังเกตได้ว่ามีการดึงสัญญาณที่ได้ทางเอาต์พุตกลับมาป้อนให้กับสัญญาณอินพุตด้านลบโดยผ่าน R_F ขณะเดียวกันที่อินพุตก็จะมี R_{in} ที่มีขนาดเท่ากับ R_F ดังนั้นอัตราส่วนระหว่าง R_F ต่อ R_{in} จึงมีค่าเป็น 1 นั่นคือ

$$A_v = -\frac{R_F}{R_{in}} = \frac{-10 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega} = -1 \quad \dots\dots\dots(18.10)$$

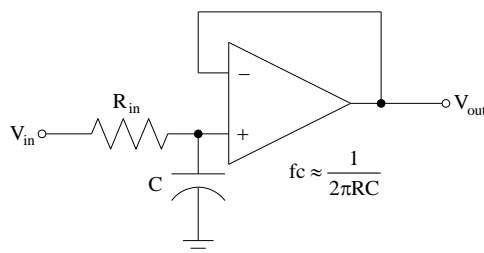
หมายเหตุ เครื่องหมาย - หมายถึง เอาต์พุตกลับเฟสกับอินพุต 180° ส่วน R₂ มีไว้เพื่อลดกระแสออฟเซตที่อินพุตทำให้อินพุตทั้งสองเกิดสมดุล

18.3.5 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter)

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน เป็นวงจรที่ใช้สำหรับกันไม่ให้สัญญาณที่มีค่าความถี่สูงกว่าค่าความถี่คัตออฟ(f_c) ผ่านเข้าไปในวงจร โดยทั่วไปจุดที่มีความถี่เท่ากับ f_c มีค่าประมาณ 0.707 V_{out} เทียบกับ V_{in} สูงสุด ช่วงของสัญญาณที่มีความถี่ต่ำกว่า f_c เรียกว่าช่วงที่ผ่านได้ (Pass band) และช่วงที่ความถี่สูงกว่า f_c เรียกว่าช่วงที่ถูกกั้น (Stop band) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 18.9



รูปที่ 18.9 แสดงช่วงการกรองความถี่ต่ำ



รูปที่ 18.10 วงจรกรองความถี่ต่ำพื้นฐานใช้ออปแอมป์

จากรูปที่ 18.10 เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำพื้นฐานใช้อุปกรณ์ วิจารณ์ค่าต่าง ๆ ของวงจรได้ดังนี้

ค่า X_C ของ C ในวงจร หาได้จาก

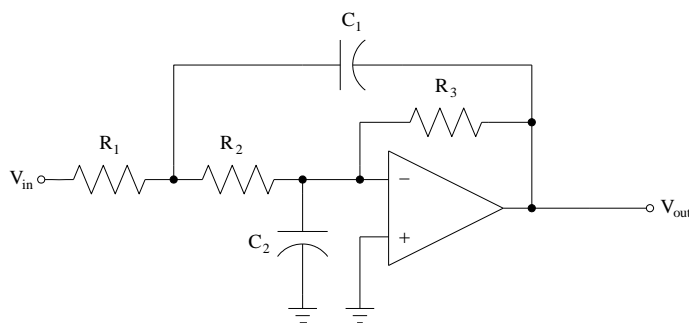
$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (\omega = 2\pi f)$$

$$= \frac{1}{2\pi f C}$$

f คือความถี่ของสัญญาณอินพุต เมื่ออินพุตมีความถี่ต่ำ X_C จะมีค่าสูง ทำให้แรงดันเกือบทั้งหมดตกคร่อมที่ C เป็นผลให้ V_{out} มีค่าประมาณเท่ากับ V_{in} และเมื่ออินพุตมีความถี่สูง X_C จะมีค่าต่ำด้วย ดังนั้น ช่วงสัญญาณอินพุตที่มีความถี่ต่ำจะผ่านไปปรากฏที่เอาต์พุตได้ และหาความถี่ f_c ได้ว่า

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \dots\dots\dots(8.11)$$

อย่างไรก็ตาม วงจรกรองความถี่พื้นฐานมีข้อเสียในเรื่องของการเลื่อนเฟส แต่เราสามารถปรับปรุงวงจรให้สมบูรณ์ได้ดังรูปที่ 18.11



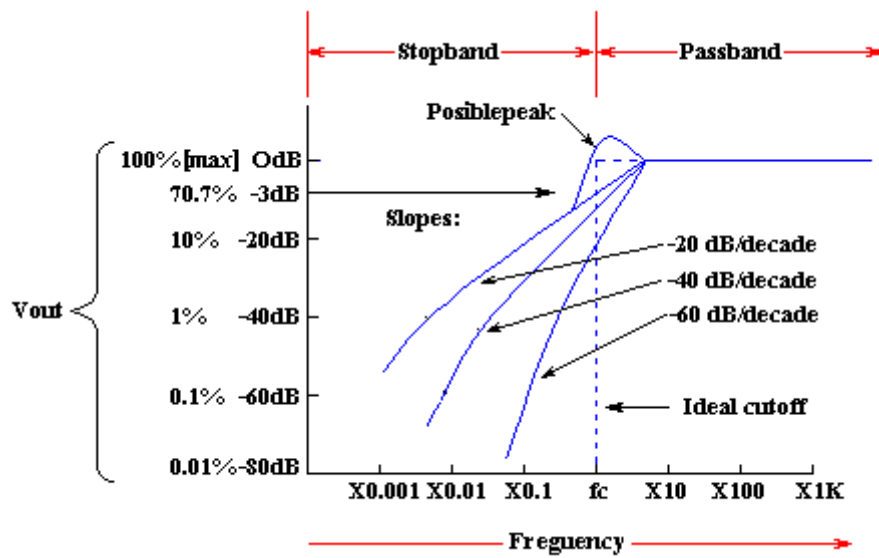
รูปที่ 18.11 วงจรกรองความถี่ต่ำที่มีการปรับปรุงให้สมบูรณ์

วงจรในรูปที่ 18.11 จะทำงานได้ดีต่อเมื่อ $R_1 = R_2$ และ C_1 จะมีค่าความจุสูงกว่า C_2 ค่าของ $R_3 = R_1 + R_2$ ซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณที่เอาต์พุตมีลักษณะใกล้เคียงกับอินพุตที่สุด ส่วนค่าของความถี่คัตออฟ (f_c) หาได้จาก

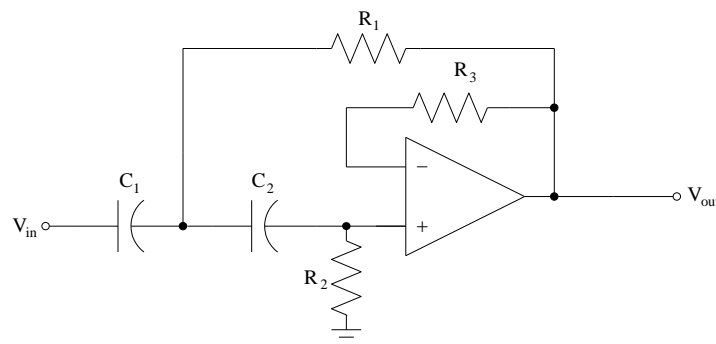
$$f_c \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \dots\dots\dots(8.12)$$

18.3.6 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High pass filter)

มีลักษณะตรงข้ามกับวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน คือจะกันไม่ให้มีความถี่ต่ำผ่านไปได้ แต่ในส่วนของความถี่สูงสามารถผ่านได้ โดยทั่วไปจุดที่มีความถี่เท่ากับ f_c มีค่าประมาณ $0.707 V_{out}$ เทียบกับ V_{in} สูงสุด ช่วงของสัญญาณที่มีความถี่ต่ำกว่า f_c เรียกว่าช่วงที่ถูกกั้น (Stop band) และช่วงที่ความถี่สูงกว่า f_c เรียกว่าช่วงที่ผ่านได้ (Pass band) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 18.12



รูปที่ 18.12 แสดงช่วงการกรองความถี่สูง

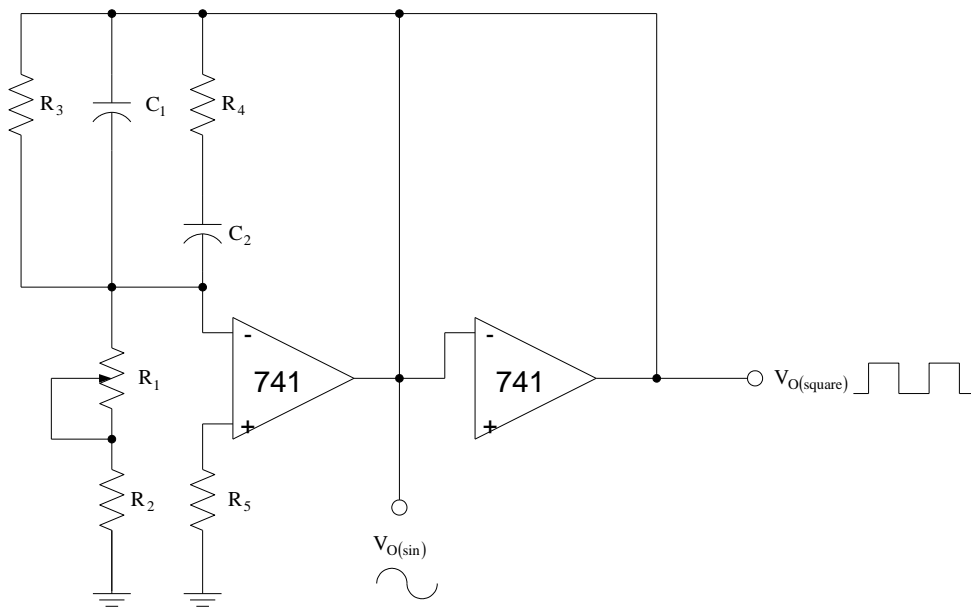


รูปที่ 18.13 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน

รูปที่ 18.13 เป็นวงจรที่เรียกว่าวงจรกรองความถี่สูงผ่าน การทำงานของวงจรจะเกิดประสิทธิภาพสูงสุดได้นั้น ค่าของ C_1 ควรมีค่าเท่ากับ C_2 ค่า $R_2 = R_3$ โดยมี R_1 เป็นตัวป้อนสัญญาณแบบป้อนกลับกลับเพื่อการกรองสัญญาณอีกครั้งหนึ่ง ส่วนค่าความถี่คัตออฟ(f_c) หาได้จาก

$$f_c \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}} \dots\dots\dots(18.13)$$

18.3.7 วงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์

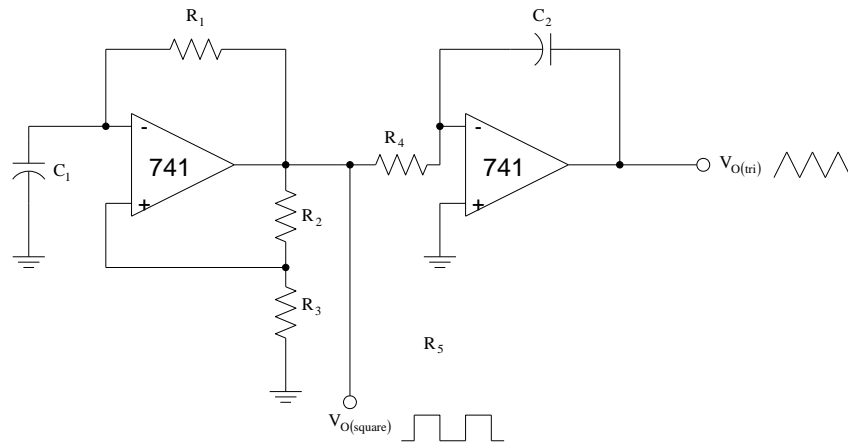


รูปที่ 18.14 วงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์

จากวงจรรูปที่ 18.14 เป็นการนำสัญญาณกรองความถี่บางช่วงมาใช้สำหรับเลือกความถี่ของสัญญาณออสซิลเลต ลักษณะวงจรเป็นวงจรแบ่งแรงดัน (comparator) และวงจรกรองความถี่เป็นช่วง ค่าความถี่เอาต์พุตของสัญญาณรูปคลื่นไซน์หาได้จากสมการที่ 18.14

$$f_{out} \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_4C_1C_2}} \dots\dots\dots(18.14)$$

18.3.8 วงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม

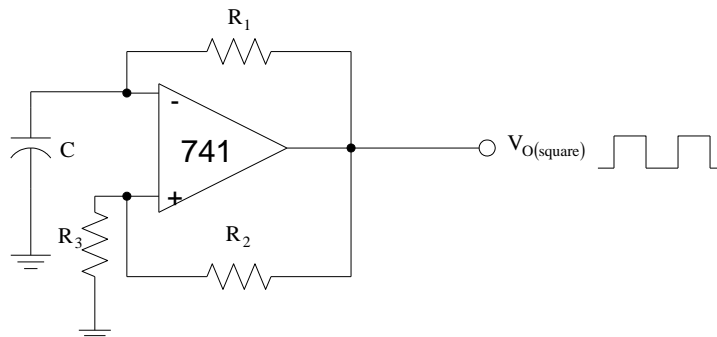


รูปที่ 18.15 วงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม

จากวงจรรูปที่ 18.15 คลื่นสามเหลี่ยม(Sawtooth waveform) เกิดขึ้นจากการนำรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square wave) ป้อนเข้าไปยังอินพุตอินเวอร์ตของวงจrintegrator (Integrator) ในช่วงที่คลื่นสี่เหลี่ยมเป็นสัญญาณด้านบวก เอาต์พุตสามเหลี่ยมจะลดลงอย่างคงที่ด้วยความชันที่สม่ำเสมอ และเมื่อคลื่นสี่เหลี่ยมเกิดสัญญาณด้านลบ เอาต์พุตสามเหลี่ยมก็จะเพิ่มขึ้นคงที่ด้วยความชันที่สม่ำเสมอเหมือนกับช่วงลดลง ค่าความถี่เอาต์พุตของสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมจึงมีค่าเท่ากับของรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ซึ่งหาได้จากสมการที่ 18.15

$$f_{out} \approx \frac{1}{2R_1C_1} \dots\dots\dots(18.15)$$

18.3.9 วงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม



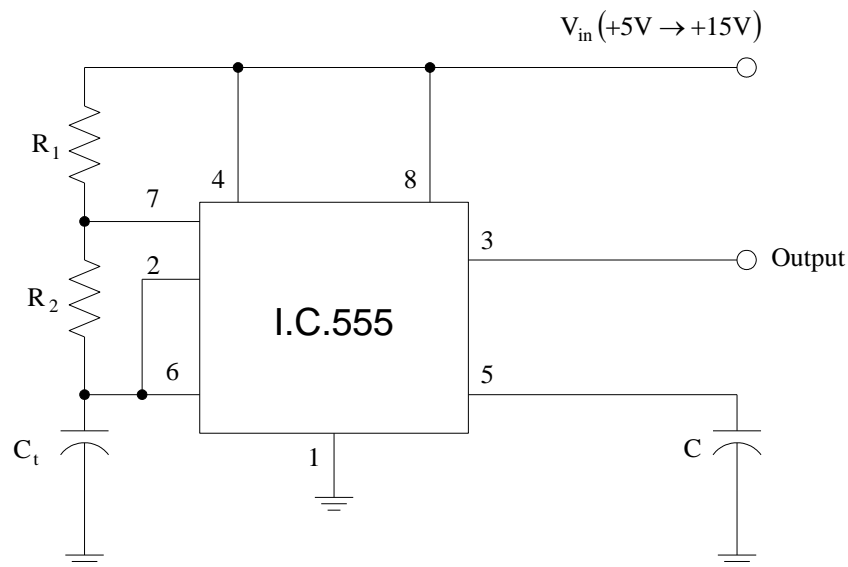
รูปที่ 18.16 วงจรกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

ค่าความถี่เอาต์พุตของวงจรรูปที่ 18.16 หาได้จาก

$$f_{out} \approx \frac{1}{2R_1C} \dots\dots\dots(18.16) \text{ เมื่อ } R_3 = 0.86R_2$$

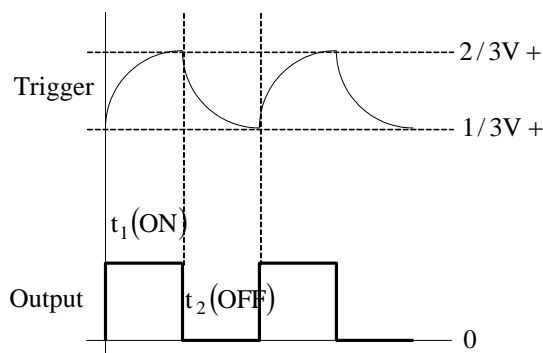
18.4 ไอ.ซี.ไทมเมอร์

วงจรตั้งเวลาในงานอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะใช้ ไอ.ซี.ไทมเมอร์(I.C.Timer) ซึ่งไอ.ซี.ที่นิยมใช้ทั่วไปได้แก่ ไอ.ซี.เบอร์ 555 เนื่องจากสามารถหน่วงเวลาได้ดีและนานพอสมควร สามารถใช้งานในช่วงอุณหภูมิ $0-70^{\circ}\text{C}$ มีขาสำหรับต่อใช้งานและรูปแบบโครงสร้างเช่นเดียวกันกับไอ.ซี. ออปแอมป์ คือมี 8 ขา สามารถนำมาต่อใช้งานสำหรับวงจรตั้งเวลา ดังรูปที่ 18.17



รูปที่ 18.17 วงจรอะอสเตเบิลใช้ไอ.ซี. 555

จากวงจรรูปที่ 18.17 เป็นวงจรตั้งเวลาแบบอะอสเตเบิล การทำงานของวงจรพิจารณาที่ขา 2 ที่ในสภาวะปกติสัญญาณจุดชนวนที่ขา 2 นี้จะมีค่าอยู่ในระดับสูง แต่ถ้ามันลดค่าลงจนเหลือ 1 ใน 3 ของสัญญาณจุดชนวนด้านบวก จะมีผลให้อาต์พุตที่ขา 3 เปลี่ยนค่าจากระดับแรงดันต่ำให้มีค่าที่ระดับแรงดันสูงในทันที ดังแสดงในรูปที่ 18.18



รูปที่ 18.18 สัญญาณจุดชนวนและสัญญาณเอาต์พุต

พิจารณาสัญญาณจากรูปที่ 18.18 เมื่อสัญญาณแรงดันที่เอาต์พุตเปลี่ยนจากระดับต่ำเป็นสูง จะทำให้ขา 7 มีความต้านทานสูง C_1 จะทำการประจุผ่าน R_1 และ R_2 ทำให้แรงดันตกคร่อมที่ C_1 สูงขึ้นจนมีค่าถึง $2/3$ ของ $V+$ ขา 6 ที่ต่ออยู่กับขา 7 จะมีความไวต่อศักย์ไฟฟ้าที่ระดับนี้ จะมีผลทำให้เอาต์พุตเปลี่ยนจากระดับสูงเป็นระดับต่ำ ขณะเดียวกันกับที่เอาต์พุตเปลี่ยนมาเป็นระดับต่ำ จะส่งผลให้ขา 7 ลดค่าความต้านทานลงสู่ระดับต่ำด้วย C_1 สามารถคายประจุผ่าน R_2 ลงกราวนด์ และก็จะเริ่มเข้าสู่รอบใหม่ของการจุดชนวนอีกครั้งหนึ่ง ช่วงเวลาในการทำงาน(ON)และหยุดทำงาน (OFF) ในแต่ละรอบ ตลอดถึงความถี่ที่ได้ทางเอาต์พุตสามารถหาได้ดังนี้

$$t_1 = 0.693(R_1 + R_2)C_1$$

อย่างไรก็ตาม เราสามารถสรุปคุณสมบัติของขาต่าง ๆ ของไอ.ซี.555 ได้ดังนี้

- ขา 1 Ground เป็นขาที่ต่อกับขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ
- ขา 2 Trigger เป็นขาที่ทำให้ค่าเอาต์พุต เกิดการเปลี่ยนแปลงจากระดับสูงเป็นต่ำ หรือจากระดับต่ำเป็นสูง ตามสัญญาณจุดชนวนที่ได้รับ
- ขา 3 Output เป็นสัญญาณที่ได้เพื่อนำไปใช้งาน
- ขา 4 Reset ใช้เมื่อต้องการให้เอาต์พุตกลับมาอยู่ระดับต่ำ โดยการป้อนแรงดันประมาณ 0.7V ที่ขานี้ แต่ถ้าไม่ต้องการใช้ขานี้ให้ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ $V+$
- ขา 5 Control voltage จะถูกต่อกับตัวเก็บประจุค่าประมาณ $0.01\mu\text{F}$ ผ่านลงกราวนด์เพื่อไม่ให้เกิดสัญญาณรบกวนขณะทำงาน
- ขา 6 Threshold เป็นขาที่เมื่อได้รับสัญญาณแรงดันถึง $2/3V+$ จะไวต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันที่เอาต์พุตจากระดับสูงเป็นระดับต่ำ
- ขา 7 Discharge เป็นขาที่ตัวเก็บประจุ C_1 คายประจุผ่านขาคอลเลกเตอร์และไปผ่านขาอิมิตเตอร์ที่ต่ออยู่ภายในตัวไอ.ซี.ลงกราวนด์
- ขา 8 ไฟเลี้ยง เป็นขาที่จะถูกต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงขั้วบวกที่ระดับ +5 ถึง +15V