

ใบงานที่ 4

วงจรดิฟเฟอเรนเชียล

จุดประสงค์การทดลอง

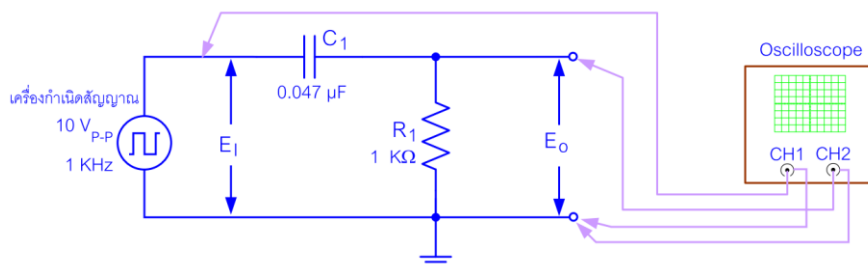
1. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดรูปร่างสัญญาณไฟฟ้าได้
2. ประกอบวงจรดิฟเฟอเรนเชียลได้
3. อ่านค่าทางไฟฟ้าจากออสซิลโลสโคป
4. เขียนรูปร่างสัญญาณดิฟเฟอเรนเชียลได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

- | | |
|---|-----------------|
| 1. ฟังก์ชันเจนเนเรเตอร์ | จำนวน 1 ตัว |
| 2. ออสซิลโลสโคป ชนิด 2 เส้นภาพ | จำนวน 1 เครื่อง |
| 3. ตัวต้านทาน 1 k Ω , 15 k Ω , 20 k Ω , 100 k Ω 0.5 W | จำนวน 4 ตัว |
| 4. ตัวเก็บประจุไฟฟ้า 0.1 μ F, 0.047 μ F, 0.01 μ F ค่าละ 1 ตัว | จำนวน 3 ตัว |
| 5. ไอซีออปแอมป์เบอร์ LF353 | จำนวน 1 ตัว |
| 6. แผ่นเบรอนบอร์ดพร้อมทั้งชุดจ่ายไฟ \pm 12 V และสายต่อวงจร | จำนวน 1 ชุด |

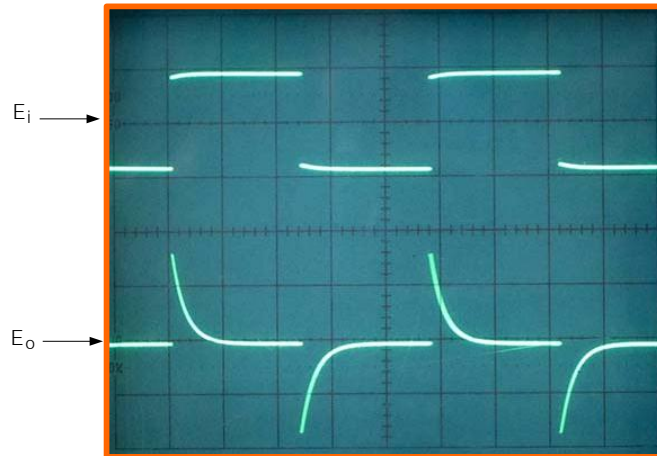
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อยังวงจรตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 1 วงจรสำหรับการทดลองข้อ 1

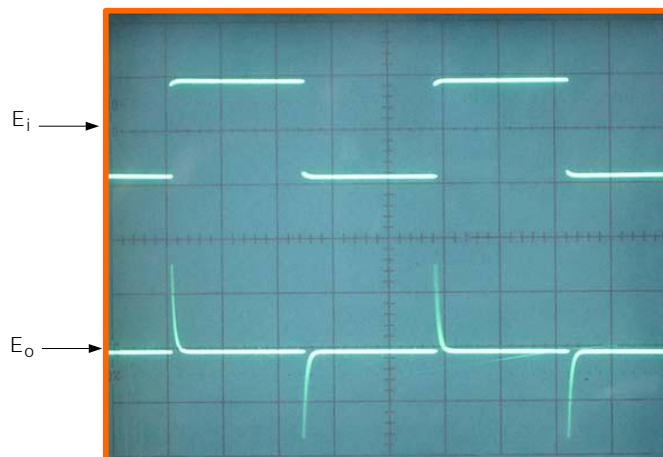
2. ต่อสายวัดสัญญาณของออสซิลโลสโคปแบบ 2 เส้นภาพ โดย CH_1 ต่อที่อินพุต (E_i) CH_2 ต่อที่เอาต์พุต (E_o) ปรับเครื่องกำเนิดสัญญาณให้เป็นแบบสี่เหลี่ยม หมุน VR สำหรับปรับขนาดความแรงของสัญญาณเอาต์พุต $10 V_{p-p}$ ปรับความถี่ประมาณ 1 KHz และปรับค่า Duty cycle ให้ Duty cycle เท่ากับ 50% แล้วปรับออสซิลโลสโคปให้อ่านสัญญาณให้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่าง ๆ ลงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 2

ขนาดสัญญาณอินพุต = $10 V_{p-p}$ ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = $16 V_{p-p}$

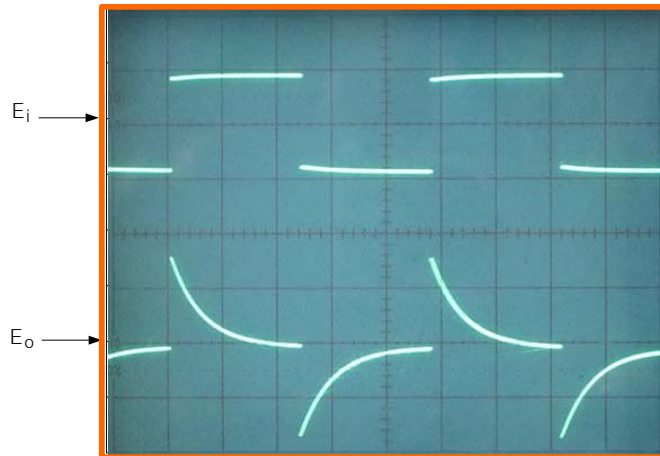
3. เปลี่ยนค่า C_1 เป็น $0.01 \mu F$ แล้วทำตามข้อ 2 บันทึกค่าลงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 3

ขนาดสัญญาณอินพุต = $10 V_{p-p}$ ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = $16 V_{p-p}$

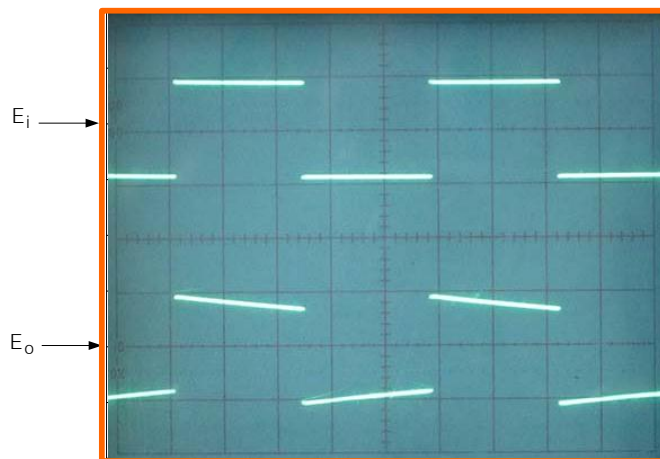
4. เปลี่ยนค่า C_1 เป็น $0.1 \mu\text{F}$ แล้วทำตามข้อ 2 บันทึกค่าลงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 4

ขนาดสัญญาณอินพุต = $10 V_{p-p}$ ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = $16 V_{p-p}$

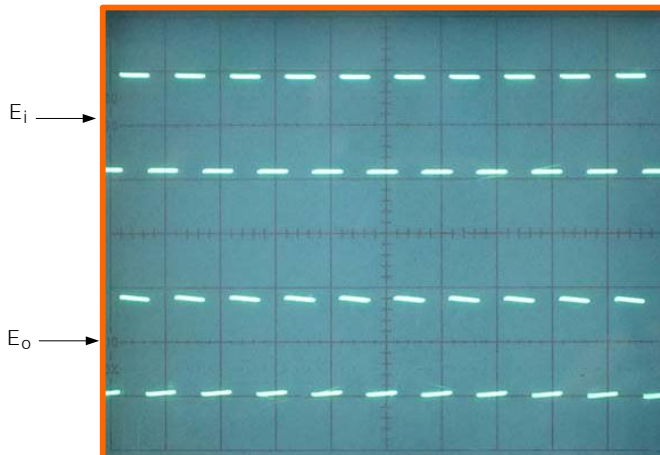
5. เปลี่ยนค่า $R_1 = 15 \text{ k}\Omega$ และค่า C_1 เป็น $0.1 \mu\text{F}$ แล้วทำตามข้อ 2 บันทึกค่าลงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 5

ขนาดสัญญาณอินพุต = $10 V_{p-p}$ ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = $10 V_{p-p}$

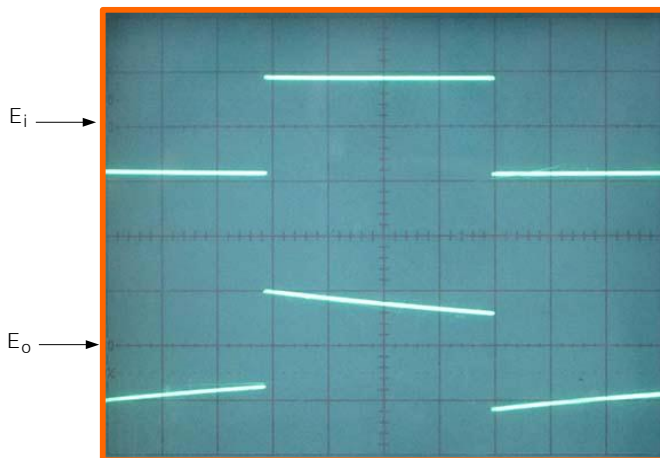
6. จากวงจรในข้อ 5 เปลี่ยนความถี่เป็น 5 KHz บันทึกผลลงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 6

ขนาดสัญญาณอินพุต = $10 V_{p-p}$ ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = $10 V_{p-p}$

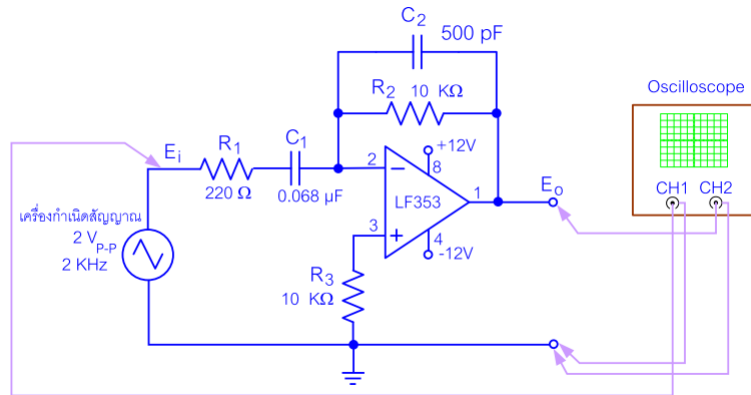
7. จากวงจรในข้อ 5 เปลี่ยนความถี่เป็น 500 Hz บันทึกผลลงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 7

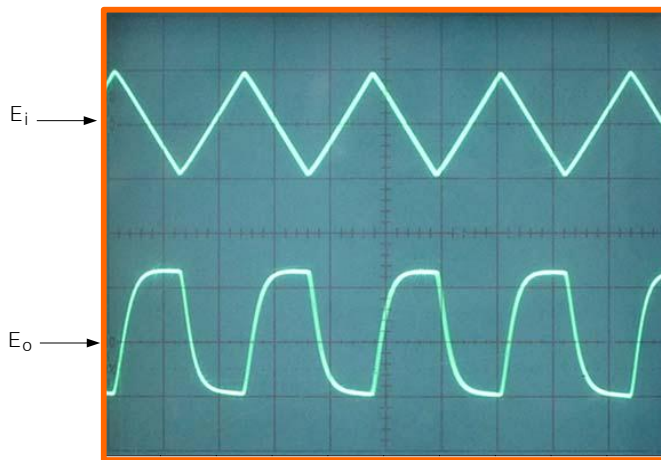
ขนาดสัญญาณอินพุต = $10 V_{p-p}$ ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = $10 V_{p-p}$

8. ต่อดวงจรถามรูปที่ 8



รูปที่ 8 วงจรสำหรับการทดลองข้อ 8

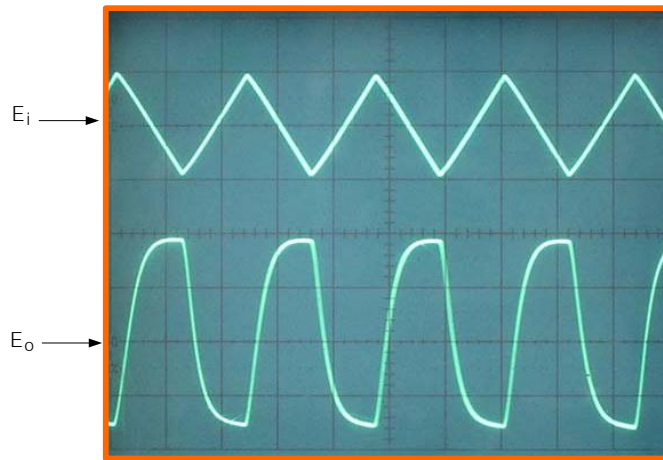
9. ต่อดสายวัดสัญญาณของออสซิลโลสโคปแบบ 2 เส้นภาพ ให้ CH₁ ต่อที่อินพุต (E_i) และ CH₂ ต่อที่เอาต์พุต (E_o) ปรับเครื่องกำเนิดสัญญาณให้เป็นแบบสามเหลี่ยม ปรับขนาดความแรงของสัญญาณเอาต์พุต 2 V_{p-p} ปรับความถี่ให้ได้ประมาณ 2 KHz แล้วปรับออสซิลโลสโคปให้อ่านสัญญาณให้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่าง ๆ ลงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 9

ขนาดสัญญาณอินพุต = 2 V_{p-p} ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = 2.3 V_{p-p}

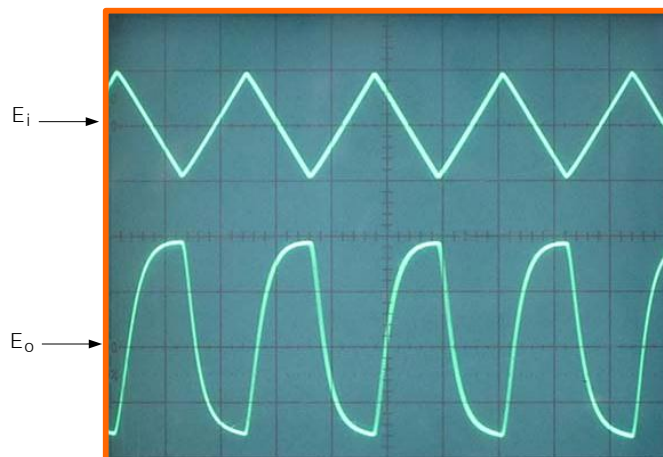
10. เปลี่ยน C_1 เป็น $0.1 \mu\text{F}$ แล้วทำตามข้อ 9 บันทึกผลลงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 10

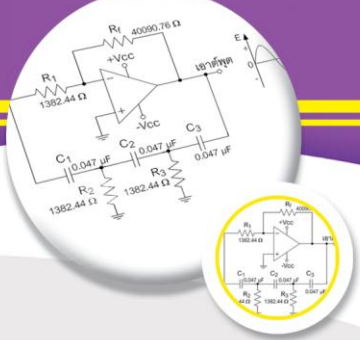
ขนาดสัญญาณอินพุต = $2 V_{p-p}$ ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = $3.4 V_{p-p}$

11. เปลี่ยน C_1 เป็น $0.068 \mu\text{F}$ เปลี่ยน R_2 ให้เป็น $15 \text{ k}\Omega$ แล้วทำตามข้อ 9 อ่านค่ารูปร่างและแรงดันจากออสซิลโลสโคป บันทึกผลลงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 11

ขนาดสัญญาณอินพุต = $2 V_{p-p}$ ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = $3.6 V_{p-p}$

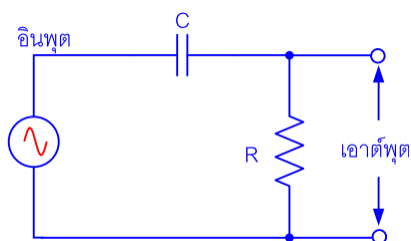


ตอนที่ 1 จงทำเครื่องหมาย X ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. วงจรอาร์ซีดีฟเฟอเรนเชียล จะใช้แรงดันตกคร่อมอุปกรณ์ใดเป็นสัญญาณเอาต์พุต

- ก. Resistor
- ข. Inductor
- ค. Capacitor
- ง. Diode

วงจรสำหรับข้อ 2-3



2. จากรูปที่กำหนด ถ้านำไปใช้กับกระแสสลับจะเรียกว่าวงจรอะไร

- ก. Low pass filter
- ข. High pass filter
- ค. Band pass filter
- ง. Band stop filter

3. จากวงจรในรูปที่กำหนด ถ้า $R_1 = 10 \text{ K}\Omega$, $C_1 = 10 \text{ }\mu\text{F}$ ถ้าป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม ความถี่ 20 Hz สัญญาณเอาต์พุตจะมีรูปร่างอย่างไร

- ก.
- ค.

- ข.
- ง.

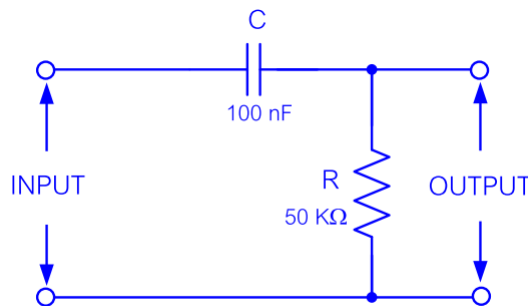
7. จากวงจรในรูปที่กำหนด สัญญาณเอาต์พุตจะมีรูปร่างใด

- ก. สัญญาณไซน์
- ข. สัญญาณสามเหลี่ยม
- ค. สัญญาณฟันเลื่อย
- ง. สัญญาณสี่เหลี่ยม

8. จากวงจรในรูปที่กำหนด รีซิสเตอร์ R_2 มีไว้เพื่อจุดประสงค์ใด

- ก. กำหนดจุดตัดของวงจร
- ข. กำหนดอัตราขยายของวงจร
- ค. กำหนดรูปร่างสัญญาณเอาต์พุต
- ง. กำหนดปริมาณกระแสทางด้านเอาต์พุต

วงจรสำหรับข้อ 9-10



9. จากวงจรในรูปที่กำหนด จุดตัดด้านความถี่ต่ำของวงจรมีค่าเท่าไร

- ก. 16.5 Hz
- ข. 31.8 Hz
- ค. 450.6 Hz
- ง. 1,158.7 Hz

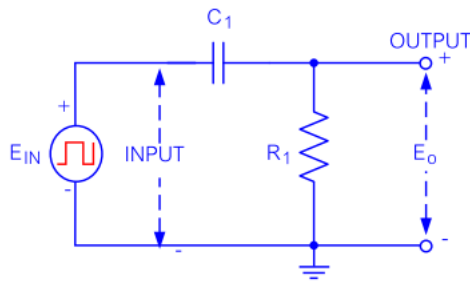
10. ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของวงจรอาร์ซีดีฟเฟอร์เรนซิเอเตอร์

- ก. เปลี่ยนรูปร่างสัญญาณไฟฟ้าจากบวกลบอย่างเดียวให้เป็นบวกลบหรือลบได้
- ข. เปลี่ยนรูปร่างของสัญญาณไฟฟ้าได้
- ค. เปลี่ยนความถี่ของสัญญาณไฟฟ้าได้
- ง. กรองความถี่สูงไปใช้งานได้

ตอนที่ 2 จงอธิบาย/บรรยายหรือออกแบบ

1. จงอธิบายหลักการทำงานของวงจรรีซีตีฟเฟออร์เรนซิเอเตอร์

ตอบ วงจรรีซีตีฟเฟออร์เรนซิเอเตอร์ หมายถึง วงจรที่ประกอบด้วย C และ R ต่ออนุกรมกัน โดยสัญญาณอินพุตต่อเข้ากับ C สัญญาณเอาต์พุตต่อกับบริเวณขา C และ R ต่อกัน สัญญาณเอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม R แสดงดังรูปด้านล่าง

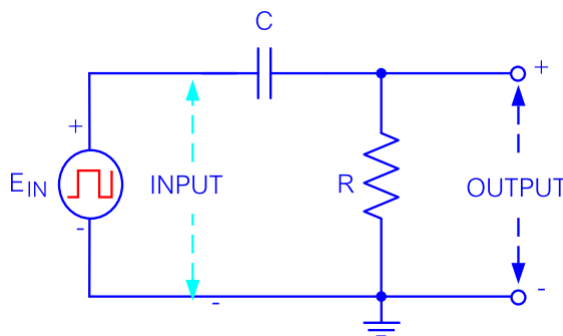


2. จงบอกประโยชน์ของวงจรรีซีตีฟเฟออร์เรนซิเอเตอร์

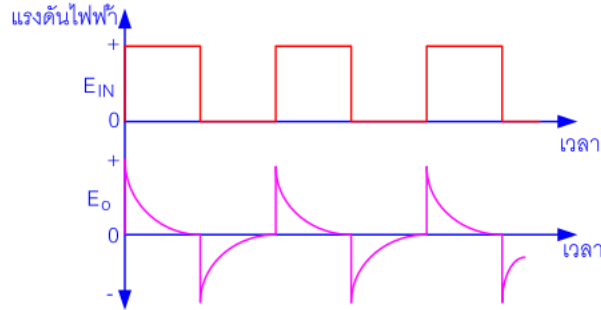
ตอบ ประโยชน์ของวงจรรีซีตีฟเฟออร์เรนซิเอเตอร์ มีดังนี้

1. แปลงรูปร่างสัญญาณจากรูปคลื่นแบบหนึ่งไปเป็นแบบหนึ่ง
2. แปลงรูปร่างสัญญาณที่รูปคลื่นแบบบวกอย่างเดียว หรือลบอย่างเดียวให้เป็นคลื่นบวกลบ
3. กรองความถี่สูงผ่าน

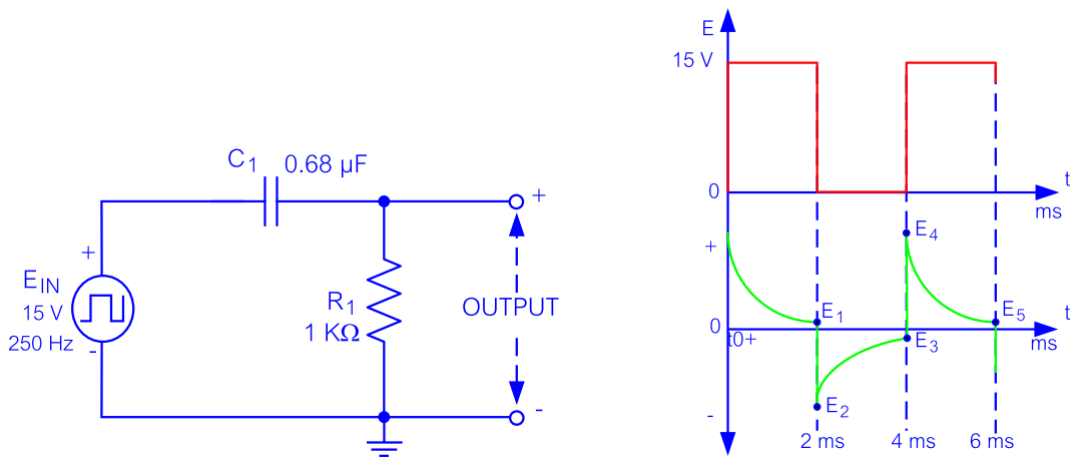
3. จากวงจรในรูปด้านล่าง จงเขียนรูปร่างสัญญาณที่ปรากฏบนอุปกรณ์ R และ C เมื่อใช้ค่า R และ C ที่มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าคาบเวลาของสัญญาณอินพุต



ตอบ รูปร่างสัญญาณเอาต์พุตของวงจรรีซีตีฟเฟออร์เรนซิเอเตอร์ที่มี τ น้อย R ค่า C มีค่าน้อย ซึ่งทำให้ C เก็บประจุเต็มเร็ว และคายประจุหมดเร็วเช่นกัน รูปร่างสัญญาณที่เอาต์พุตซึ่งเป็นแรงดันตกคร่อม R จึงมีรูปร่างยอดแหลม ดังรูปด้านล่าง



4. จากวงจรด้านล่าง เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความถี่ 250 Hz ขนาด 15 V (0 – 15 V) จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตำแหน่ง E_1, E_2, E_3, E_4 และ E_5



วิธีคำนวณ

คำนวณหาค่า τ

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad \tau &= R \times C \\ &= 1 \text{ K}\Omega \times 0.68 \mu\text{F} \\ &= 0.68 \text{ ms} \end{aligned}$$

$$\text{วิเคราะห์สูตร} \quad E_C = E_{IN} - (E_{IN} - E_0) \mathcal{E}^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)}$$

$$\text{จากสูตร} \quad E_R = E_{IN} + E_C$$

$$\text{หรือ} \quad E_R = E_{IN} \mathcal{E}^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)}$$

1) คำนวณหา E_1

$$E_1 = 15 \times \mathcal{E}^{-\left(\frac{2 \text{ ms}}{0.68 \text{ ms}}\right)}$$

$$= 0.792 \text{ V} \quad \text{ตอบ}$$

2) คำนวณหา E_2

E_2 เป็นช่วงเวลาที่ไม่มีความดันอินพุต ดังนั้นแรงดันที่เอาต์พุตจะเป็นแรงดันที่เกิดจากการคายประจุของตัวเก็บประจุด้านประจุลบของตัวเก็บประจุหรือเอาต์พุตเท่ากับแรงดันด้านประจุลบของตัวเก็บประจุก่อนที่จะหยุดเก็บประจุ

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad E_2 &= -(E_{IN} - E_1) \\ &= -(15 - 0.792) \\ &= -14.208 \text{ V} \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

3) คำนวณหา E_3

E_3 เป็นค่าแรงดันที่เหลือจากการคายประจุของ C จากแรงดัน E_2

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad E_3 &= -14.208 \times \mathcal{E}^{-\left(\frac{2 \text{ ms}}{0.68 \text{ ms}}\right)} \\ &= -0.750 \text{ V} \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

4) คำนวณหา E_4

เป็นแรงดันที่ตกคร่อม R ในขณะที่ C เริ่มทำการเก็บประจุจากแรงดันอินพุต ขนาด 20 V และประจุไฟฟ้าตกค้างที่ C เท่ากับ E_3

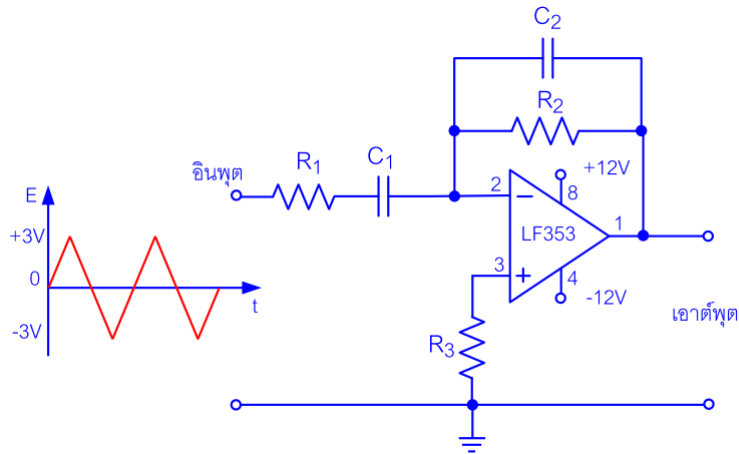
$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad E_4 &= E_{IN} - E_3 \\ &= 15 - 0.750 \\ &= 14.250 \text{ V} \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

5) คำนวณหา E_5

E_5 เป็นค่าแรงดันที่ R ที่เกิดจากการคายประจุของ C จากแรงดัน E_4 ผ่าน R

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad E_5 &= 17.902 \times \mathcal{E}^{-\left(\frac{1 \text{ ms}}{0.47 \text{ ms}}\right)} \\ &= 2.132 \text{ V} \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

5. จงออกแบบวงจรอาร์ชีดีเฟอเรนเชียลอินพุตที่ใช้ออปแอมป์ตามรูปที่ 2 อินพุตเป็นสัญญาณสามเหลี่ยมขนาด $\pm 3 \text{ V}$ ความถี่ 5,000 Hz ใช้ออปแอมป์เบอร์ 741 และใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง $\pm 12 \text{ V}$ ต้องการสัญญาณเอาต์พุต $\pm 9 \text{ V}$ (ลักษณะสมบัติของออปแอมป์เบอร์ 741 มีความถี่ $f_{ug} = 1 \text{ MHz}$ และสามารถจ่ายกระแส $I_{sc} = 25 \text{ mA}$)



S

วิธีคำนวณ

1. คำนวณหาค่า R_2

$$R_2 = \frac{25 \times V_{OUT}}{I_{SC}} = \frac{25 \times 9V}{25 \text{ mA}} = 9 \text{ K}\Omega$$

2. คำนวณหาค่า C_1

$$C_1 = \frac{V_{out}}{R_2} \times \frac{\Delta t}{\Delta V_{IN}} = \frac{V_{out}}{9 \text{ K}\Omega} \times \frac{\Delta t}{\Delta V_{IN}}$$

$$\Delta t = \frac{T}{2} = \frac{1}{2f} = \frac{1 \text{ sec}}{2 \times 5000} = 100 \mu\text{s}$$

$$\Delta V_{IN} = +3 \text{ V} - (-3 \text{ V}) = 6 \text{ V}$$

$$C_1 = \frac{9 \text{ V}}{9 \text{ K}\Omega} \times \frac{100 \mu\text{s}}{6 \text{ V}} = 0.016 \mu\text{F} \text{ เลือกใช้ } 0.015 \mu\text{F}$$

3. คำนวณหาค่า R_1

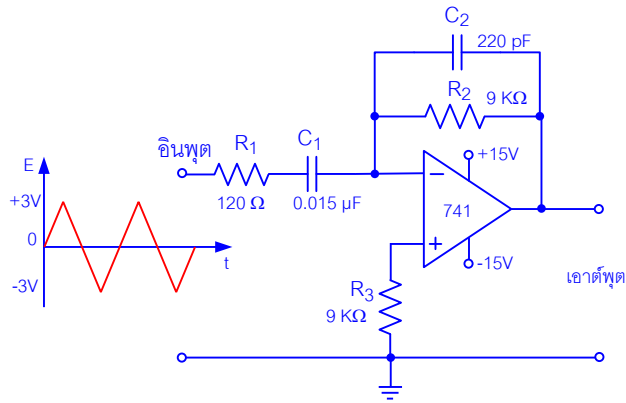
$$R_1 = \sqrt{\frac{R_2}{\pi C_1 f_{ug}}} = \sqrt{\frac{9 \text{ K}\Omega}{\pi \times 0.015 \mu\text{F} \times 1 \text{ MHz}}} = 138.19 \Omega \text{ เลือกใช้ } 120 \Omega$$

4. คำนวณหาค่า C_2

$$C_2 = \sqrt{\frac{C_1}{8\pi R_2 f_{ug}}} = \sqrt{\frac{0.015 \mu\text{F}}{8\pi \times 9 \text{ K}\Omega \times 1 \text{ MHz}}} = 257 \text{ pF} \text{ เลือกใช้ } 220 \text{ pF}$$

5. คำนวณหาค่า R_3

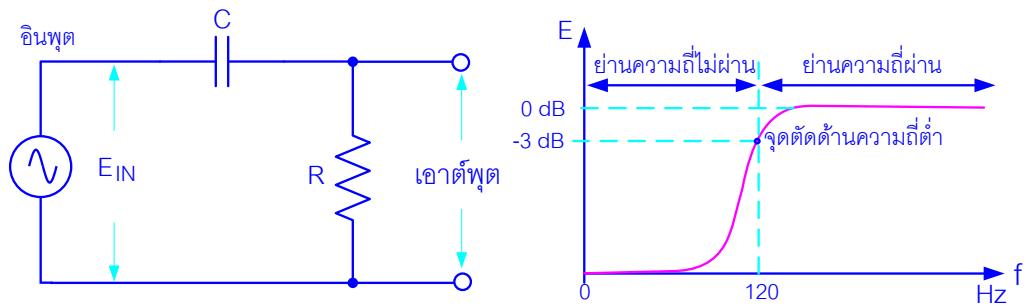
$$R_3 = R_2 = 9 \text{ K}\Omega$$



ตอบ

6. จงออกแบบวงจร HPF ที่ต้องการจุดตัดด้านความถี่ต่ำที่ 120 Hz โดยกำหนดให้ใช้ R และ C อย่างละ 1 ตัว

ตอบ วงจร HPF ที่ต้องการจุดตัดด้านความถี่ต่ำที่ 120 Hz โดยกำหนดให้ใช้ R และ C อย่างละ 1 ตัว มีวงจรดังรูปด้านล่าง



คำนวณหาค่า R และ C

$$\text{จากสูตร } f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$\text{แทนค่า } 120 = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$120R = \frac{1}{2\pi C}$$

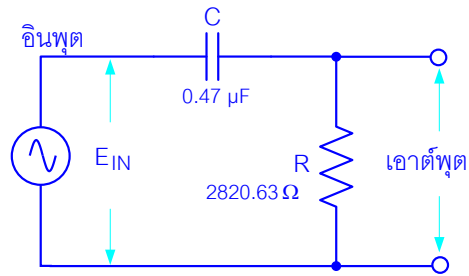
$$R = \frac{1}{2 \times 120 \pi C}$$

เลือกใช้ C = 0.47 μF

$$R = \frac{1}{2 \times 120 \times 3.143 \times 0.47 \mu\text{F}}$$

$$= 2820.63 \Omega$$

สามารถเขียนวงจรได้ดังรูปด้านล่าง



ตอบ