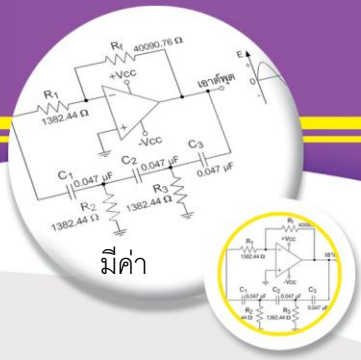


# ใบงานที่ 3

## วงจรอินทิเกรเตอร์



### จุดประสงค์การทดลอง

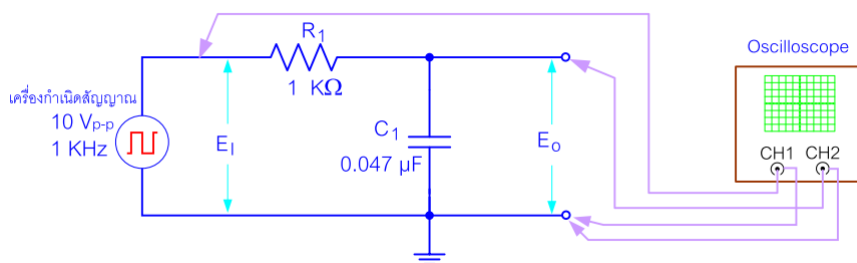
1. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดรูปร่างสัญญาณไฟฟ้าได้
2. ประกอบวงจร RC Integrator ได้
3. อ่านค่าทางไฟฟ้าจากออสซิลโลสโคป
4. เขียนรูปร่างสัญญาณจากวงจร RC Integrator ได้

### เครื่องมือและอุปกรณ์

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. ฟังก์ชันเจนเนเรเตอร์                                    | จำนวน 1 ตัว     |
| 2. ออสซิลโลสโคป ชนิด 2 เส้นภาพ                             | จำนวน 1 เครื่อง |
| 3. ตัวต้านทาน 1 kΩ, 15 kΩ, 20 kΩ, 100 kΩ 0.5 W             | จำนวน 4 ตัว     |
| 4. ตัวเก็บประจุไฟฟ้า 0.1 μF, 0.047 μF, 0.01 μF ค่าละ 1 ตัว | จำนวน 3 ตัว     |
| 5. ไอซีออปแอมป์เบอร์ LF353                                 | จำนวน 1 ตัว     |
| 6. แผ่นเบรอนบอร์ดพร้อมทั้งชุดจ่ายไฟ ±12 V และสายต่อวงจร    | จำนวน 1 ชุด     |

### ลำดับขั้นการทดลอง

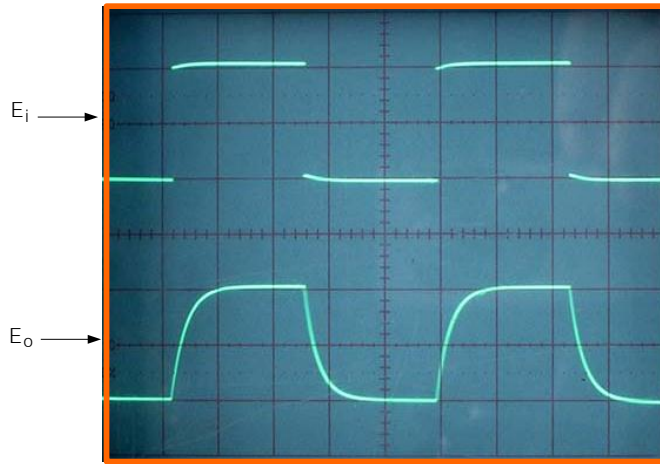
1. ต่อยวงจรตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 1 วงจรสำหรับการทดลองข้อ 1

2. ต่อสายวัดสัญญาณของออสซิลโลสโคปแบบ 2 เส้นภาพ โดย CH<sub>1</sub> ต่อที่อินพุต (E<sub>i</sub>) CH<sub>2</sub> ต่อที่เอาต์พุต (E<sub>o</sub>) ปรับเครื่องกำเนิดสัญญาณให้เป็นแบบสี่เหลี่ยม หมุน VR สำหรับปรับขนาดความแรงของสัญญาณเอาต์พุต

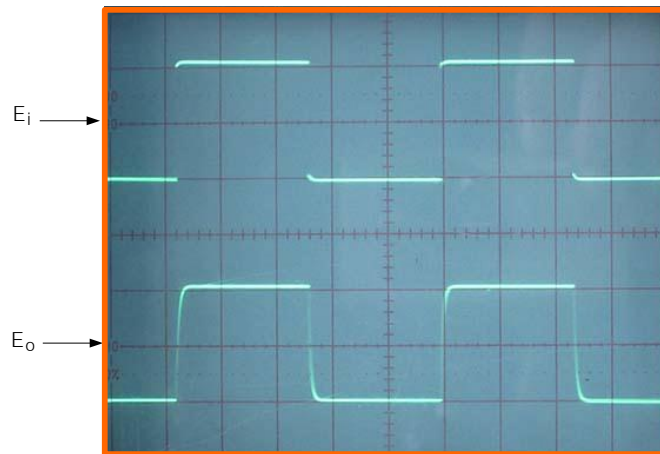
10 V<sub>pp</sub> ปรับความถี่ให้ได้ประมาณ 1 KHz และปรับค่า Duty cycle ให้ได้ Duty cycle เท่ากับ 50% แล้วปรับ ออสซิลโลสโคปให้อ่านสัญญาณให้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่าง ๆ ลงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 2

ขนาดสัญญาณอินพุต = 10 V<sub>p-p</sub>, ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = 10 V<sub>p-p</sub>

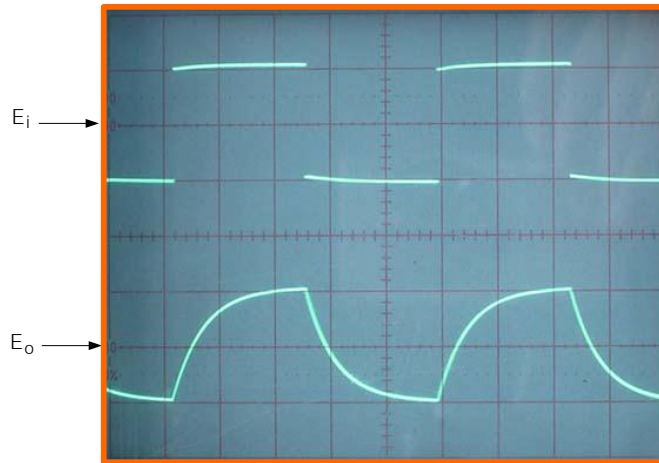
3. เปลี่ยนค่า C<sub>1</sub> เป็น 0.01 μF แล้วทำตามข้อ 2 บันทึกค่าลงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 2

ขนาดสัญญาณอินพุต = 10 V<sub>p-p</sub>, ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = 10 V<sub>p-p</sub>

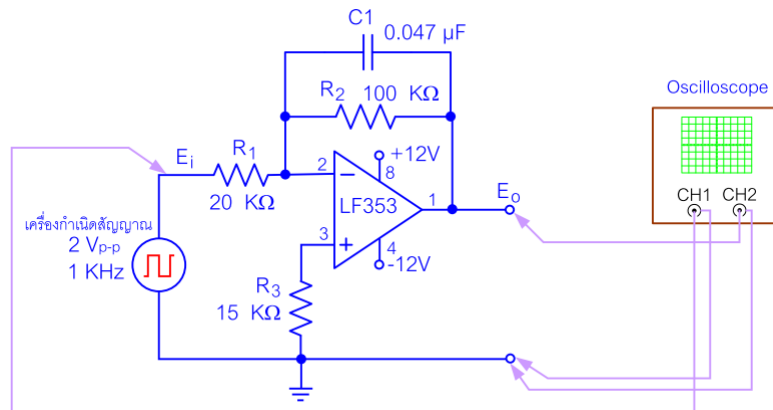
4. เปลี่ยนค่า  $C_1$  เป็น  $0.1 \mu\text{F}$  แล้วทำตามข้อ 2 บันทึกค่าลงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 4

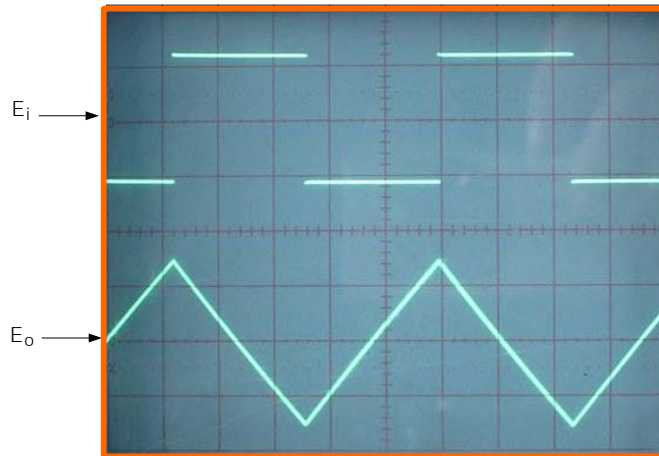
ขนาดสัญญาณอินพุต =  $10 V_{p-p}$  , ขนาดสัญญาณเอาต์พุต =  $10 V_p$

5. ต่อดวงจรตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 5 วงจรสำหรับการทดลองข้อ 5

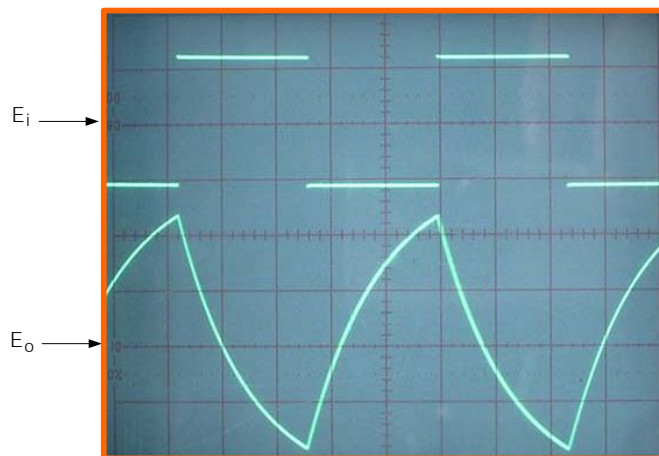
6. ต่อดสายวัดสัญญาณของออสซิลโลสโคปแบบ 2 เส้นภาพ โดย  $\text{CH}_1$  ต่อที่อินพุต ( $E_i$ )  $\text{CH}_2$  ต่อที่เอาต์พุต ( $E_o$ ) ปรับเครื่องกำเนิดสัญญาณให้เป็นแบบสี่เหลี่ยม หมุน VR สำหรับปรับขนาดความแรงของสัญญาณเอาต์พุต  $2 V_{pp}$  ปรับความถี่ให้ได้ประมาณ  $1 \text{ KHz}$  และปรับค่า Duty cycle ให้ได้ Duty cycle เท่ากับ  $50\%$  แล้วปรับออสซิลโลสโคปให้อ่านสัญญาณให้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่าง ๆ ลงในรูปที่ 6



รูปที่ 5 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 6

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

7. เปลี่ยน  $C_1$  เป็น  $0.01 \mu F$  แล้วทำตามข้อ 6 บันทึกผลลงในรูปที่ 7



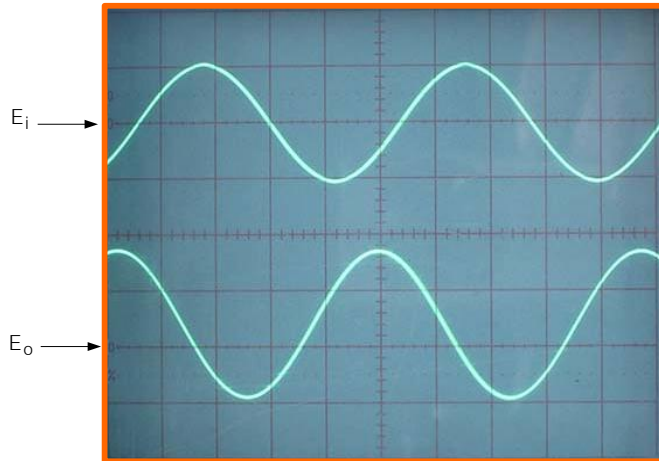
รูปที่ 7 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 7

ขนาดสัญญาณอินพุต =  $2 V_{p-p}$ , ขนาดสัญญาณเอาต์พุต =  $6.8 V_{p-p}$

8. จงอธิบายข้อแตกต่างของรูปร่างสัญญาณในรูปที่ 6 กับรูปที่ 7

ตอบ สัญญาณในรูปที่ 5 กับรูปที่ 6 แตกต่างคือ สัญญาณเอาต์พุตของการทดลองข้อที่ 5 เป็นรูปร่างสัญญาณสามเหลี่ยมที่สมบูรณ์กว่าสัญญาณเอาต์พุตของการทดลองข้อที่ 6

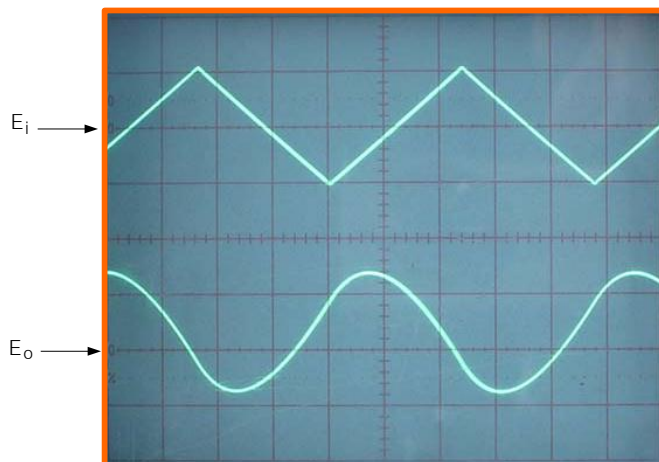
9. เปลี่ยนรูปร่างสัญญาณที่เครื่องกำเนิดสัญญาณ ให้เป็นสัญญาณรูปไซน์ หมุน VR สำหรับปรับขนาด ความแรงของสัญญาณเอาต์พุต  $2 V_{pp}$  ปรับความถี่ให้ได้ประมาณ 1 KHz และปรับแล้วปรับออสซิลโลสโคปให้อ่าน สัญญาณให้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่าง ๆ ลงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 9

ขนาดสัญญาณอินพุต =  $2 V_{p-p}$ , ขนาดสัญญาณเอาต์พุต =  $13 V_{p-p}$

10. เปลี่ยนรูปร่างสัญญาณที่เครื่องกำเนิดสัญญาณ ให้เป็นสัญญาณสามเหลี่ยม หมุน VR สำหรับปรับ ขนาดความแรงของสัญญาณเอาต์พุต  $2 V_{pp}$  ปรับความถี่ให้ได้ประมาณ 1 KHz และปรับ แล้วปรับออสซิลโลสโคปให้อ่านสัญญาณให้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่าง ๆ ลงในรูปที่ 8



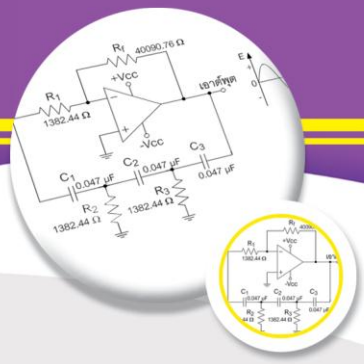
รูปที่ 9 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 10

ขนาดสัญญาณอินพุต =  $2 V_{p-p}$ , ขนาดสัญญาณเอาต์พุต =  $11 V_{p-p}$



# แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 3

## วงจรอินทิเกรเตอร์



ตอนที่ 1 จงทำเครื่องหมาย X ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

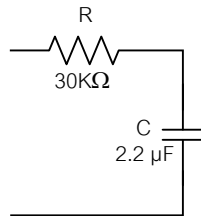
1. วงจรอินทิเกรเตอร์อาศัยแรงดันตกคร่อมอุปกรณ์ใดไปใช้งาน

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

2. วงจรอาร์ซีจะส่งผลให้ส่วนใดของสัญญาณไม่เปลี่ยนแปลง

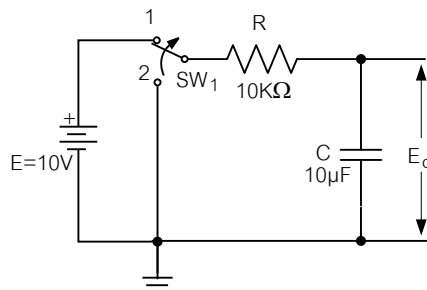
- |            |                |
|------------|----------------|
| ก. รูปร่าง | ข. ความถี่     |
| ค. ความแรง | ง. ดิวตีไซเคิล |

3. จากวงจรในรูปด้านล่าง ค่า  $\tau$  มีค่าเท่าไร



- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| ก. 66 มิลลิวินาที | ข. 660 มิลลิวินาที |
| ค. 6.6 วินาที     | ง. 66 วินาที       |

รูปสำหรับข้อ 4-5



4. จากรูปที่กำหนด สมมติสวิตช์อยู่ที่ตำแหน่งที่ 2 แรงดันตกคร่อมที่  $C = 0\text{ V}$  หลังจากนั้นสวิตช์ถูกโยกไปตำแหน่งที่ 1 เมื่อเวลาผ่านไป 0.3 วินาทีหลังจากโยกสวิตช์แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่  $C$  มีค่าเท่าไร

- |          |          |
|----------|----------|
| ก. 5.6 V | ข. 6.8 V |
| ค. 8.6 V | ง. 9.5 V |

5. จากรูป สมมติสวิตช์อยู่ที่ตำแหน่งที่ 1 จนทำให้แรงดันตกคร่อมที่  $C = 8.00 \text{ V}$  จากนั้น สวิตช์ถูกโยกมาที่ตำแหน่งที่ 2 เมื่อเวลาผ่านไป  $0.2$  วินาที หลังจากโยกสวิตช์แรงดันตกคร่อมที่  $C$  มีค่าเท่าไร

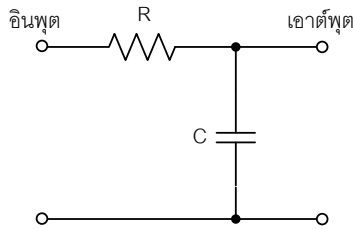
ก.  $1.08 \text{ V}$

ข.  $2.01 \text{ V}$

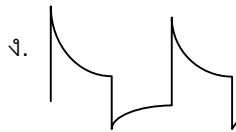
ค.  $3.05 \text{ V}$

ง.  $4.07 \text{ V}$

รูปสำหรับข้อ 6-8



ตัวเลือกสำหรับข้อ 6-7



6. จากรูปที่กำหนด เมื่อป้อนอินพุตเป็นสัญญาณไซน์รูปคลื่นเอาต์พุตจะเป็นรูปคลื่นลักษณะใด

7. จากรูปที่กำหนด เมื่อป้อนอินพุตเป็นรูปคลื่นสามเหลี่ยม รูปคลื่นเอาต์พุตจะเป็นรูปคลื่นลักษณะใด

8. จากรูปที่กำหนด ถ้านำไปใช้กับกระแสสลับ จะเรียกว่าวงจรอะไร

ก. Low pass filler

ข. High pass filler

ค. Band pass filler

ง. Band stop filler

9. จากวงจรรูปที่ 3 ถ้าหาก  $R_1 = 12 \text{ k}\Omega$ ,  $C_1 = 0.047 \text{ }\mu\text{F}$  ความถี่คัตออฟของวงจรคือค่าใด

ก.  $163 \text{ Hz}$

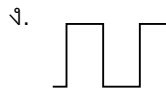
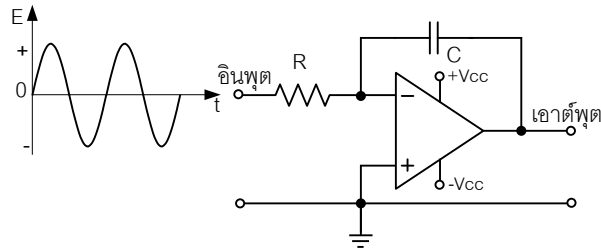
ข.  $282 \text{ Hz}$

ค.  $303 \text{ Hz}$

ง.  $425 \text{ Hz}$

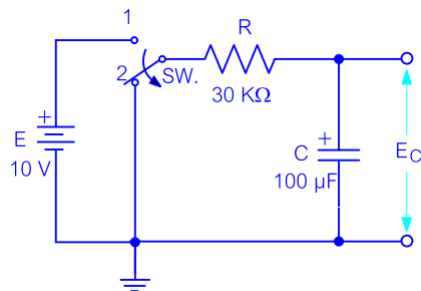


10. จากวงจรรูปด้านล่าง ถ้าป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณรูปไซน์ สัญญาณที่เอาต์พุตจะเป็นรูปร่างใด



**ตอนที่ 2** จงอธิบาย/บรรยายหรือออกแบบ

1. จากวงจรในรูปด้านล่าง สมมติแรงดันตกคร่อม C ก่อนจะทำการเก็บประจุเท่ากับ 0 V ถ้าโยกสวิตช์จากตำแหน่งที่ 2 ไปยังตำแหน่งที่ 1 จงคำนวณ
  - 1.1 แรงดันที่ตกคร่อมที่ C เมื่อเวลาผ่านไป 3, 6, 9, 12, 15, และ 18 วินาที ตามลำดับ
  - 1.2 เขียนกราฟแรงดันที่ตกคร่อม C ที่เวลา 3, 6, 9, 12, 15, และ 18 วินาที



วิธีคำนวณ

1.1 จากสูตร  $E_C = E - (E - E_0) \mathcal{E}^{-\frac{t}{\tau}}$

จากโจทย์  $E_C = 0$

$\tau = R \times C$

$$\begin{aligned}
&= 30 \text{ K}\Omega \times 100 \text{ }\mu\text{F} \\
&= 100 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-6} \\
&= 3 \text{ sec}
\end{aligned}$$

1) ที่  $t = 3$  วินาที

$$\begin{aligned}
E_C &= E - (E - E_0) \mathcal{E}^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)} \\
&= 10 - (10 - 0) \mathcal{E}^{-\left(\frac{3}{3}\right)} \\
&= 10 - (10) \mathcal{E}^{-\left(\frac{3}{3}\right)} \\
&= 10 - 3.678 \\
&= 6.322 \text{ V}
\end{aligned}$$

2) ที่  $t = 6$  วินาที

$$\begin{aligned}
E_C &= E - (E - E_0) \mathcal{E}^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)} \\
&= 10 - (10 - 0) \mathcal{E}^{-\left(\frac{6}{3}\right)} \\
&= 10 - (10) \mathcal{E}^{-\left(\frac{6}{3}\right)} \\
&= 10 - 1.353 \\
&= 8.647 \text{ V}
\end{aligned}$$

3) ที่  $t = 9$  วินาที

$$\begin{aligned}
E_C &= E - (E - E_0) \mathcal{E}^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)} \\
&= 10 - (10 - 0) \mathcal{E}^{-\left(\frac{9}{3}\right)} \\
&= 10 - (10) \mathcal{E}^{-\left(\frac{9}{3}\right)} \\
&= 10 - 0.498 \\
&= 9.52 \text{ V}
\end{aligned}$$

4) ที่  $t = 12$  วินาที

$$\begin{aligned}
E_C &= E - (E - E_0) \mathcal{E}^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)} \\
&= 10 - (10 - 0) \mathcal{E}^{-\left(\frac{12}{3}\right)} \\
&= 10 - (10) \mathcal{E}^{-\left(\frac{12}{3}\right)} \\
&= 10 - 0.183 \\
&= 9.817 \text{ V}
\end{aligned}$$

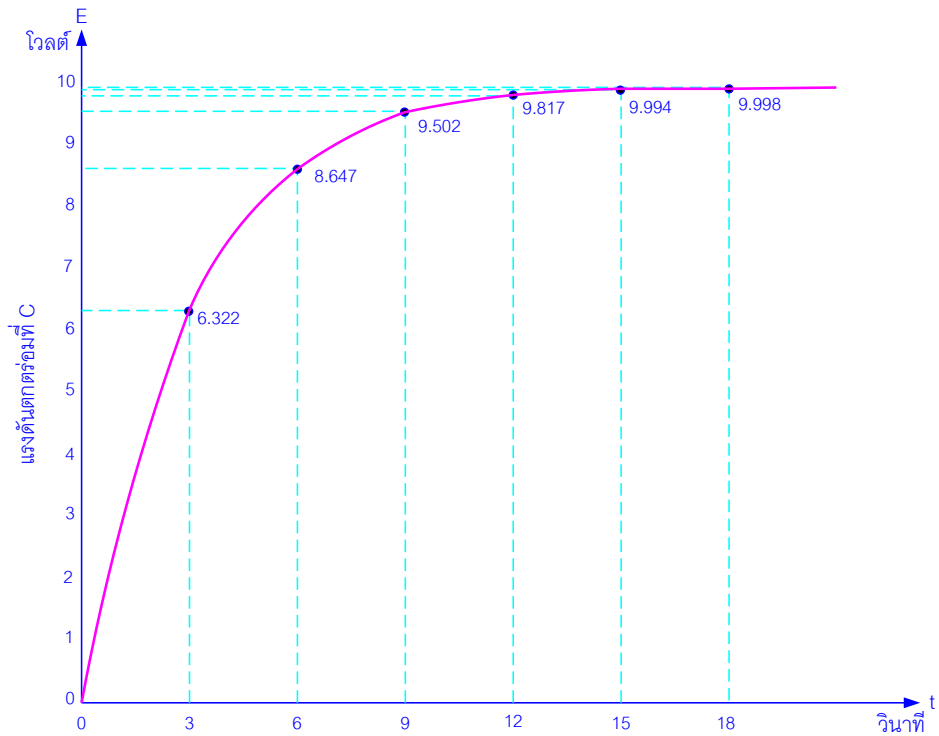
5) ที่  $t = 15$  วินาที

$$\begin{aligned} E_C &= E - (E - E_0) \mathcal{E}^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)} \\ &= 10 - (10 - 0) \mathcal{E}^{-\left(\frac{15}{3}\right)} \\ &= 10 - (10) \mathcal{E}^{-\left(\frac{15}{3}\right)} \\ &= 10 - 0.006 \\ &= 9.994 \text{ V} \end{aligned}$$

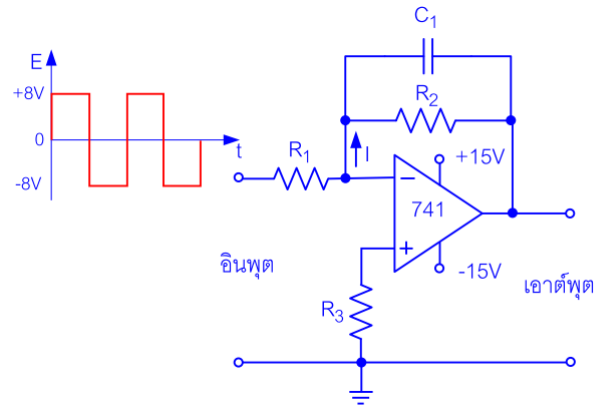
6) ที่  $t = 18$  วินาที

$$\begin{aligned} E_C &= E - (E - E_0) \mathcal{E}^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)} \\ &= 10 - (10 - 0) \mathcal{E}^{-\left(\frac{18}{3}\right)} \\ &= 10 - (10) \mathcal{E}^{-\left(\frac{18}{3}\right)} \\ &= 10 - 0.002 \\ &= 9.998 \text{ V} \end{aligned}$$

2. เขียนกราฟได้ดังนี้



2. จงออกแบบวงจรอินทิเกรเตอร์ที่ใช้ออปแอมป์ตามรูปด้านล่าง กำหนดให้อินพุตเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมขนาด  $\pm 8V$  ความถี่ 1,000 Hz ถึง 2,000 Hz ใช้ออปแอมป์เบอร์ 741 และใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง  $\pm 15 V$  (ออปแอมป์เบอร์ 741 มี  $I_B \cong 500 \text{ nA}$ )



### วิธีออกแบบ

- จากโจทย์กำหนดให้ใช้ออปแอมป์เบอร์ 741 ซึ่งมีกระแส  $I_B \cong 500 \text{ nA}$  ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่านวงจร feedback จะประมาณ 1000 เท่า

$$\begin{aligned} I &= 1000 \times I_B \\ &= 1000 \times 500 \text{ nA} \\ &= 500 \mu\text{A} \end{aligned}$$

- คำนวณหาค่า  $R_1$

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{V_i}{I} \\ &= \frac{16 \text{ V}}{500 \mu\text{A}} \\ &= \frac{16 \text{ V}}{500 \times 10^{-6}} \\ &= 32 \text{ K}\Omega \quad \text{เลือกใช้ } 33 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

- คำนวณหาค่า  $C_1$

$$\begin{aligned} C_1 &= \frac{I_i}{2 V_{\text{sat}} f_{(\text{min})}} \\ I_i &= \frac{V_{i(\text{max})}}{R_1} \\ &= \frac{16 \text{ V}}{33 \text{ K}\Omega} \end{aligned}$$

$$= 0.485 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} \therefore C_1 &= \frac{0.485 \text{ mA}}{2 \times 14 \text{ V} \times 1000 \text{ Hz}} \quad ; V(\text{sat}) = +V_{cc} - 1 \text{ V} \\ &= 17 \text{ nF} \\ &= 0.017 \mu\text{F} \text{ เลือกใช้ } 0.02 \mu\text{F} \end{aligned}$$

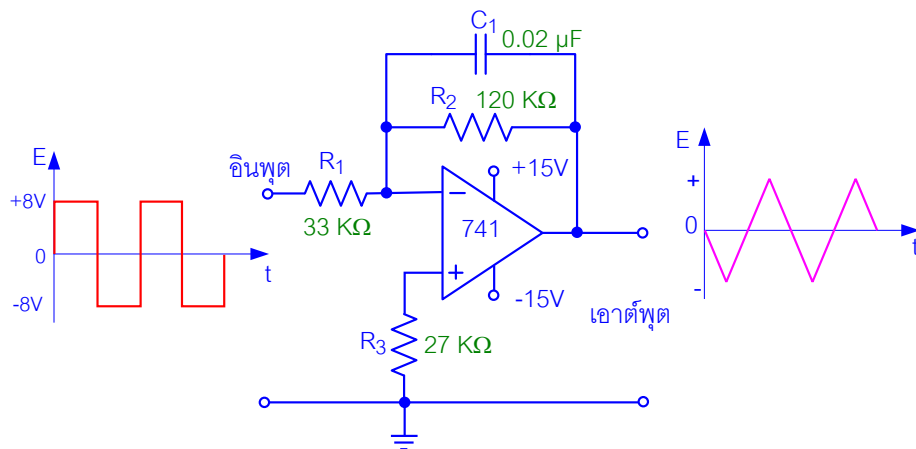
4. คำนวณหาค่า  $R_2$

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{V_i}{2\pi f_{(\text{min})} C_1} \\ &= \frac{16 \text{ V}}{2\pi \times 1000 \times 0.02 \mu\text{F}} \\ &= \frac{16 \text{ V}}{2\pi \times 1000 \times 0.02 \times 10^{-6}} \\ &= 127323 \Omega \\ &= 127.323 \text{ K}\Omega \text{ เลือกใช้ } 120 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

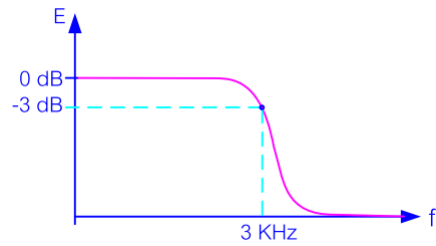
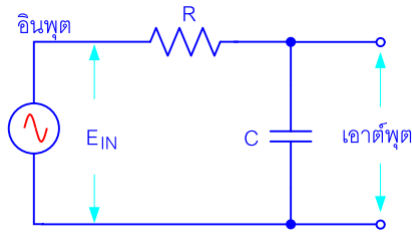
5. คำนวณหาค่า  $R_3$

$$\begin{aligned} R_3 &= R_1 // R_2 \\ &= \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \\ &= \frac{33 \text{ K}\Omega \times 120 \text{ K}\Omega}{33 \text{ K}\Omega + 120 \text{ K}\Omega} = 25.88 \text{ K}\Omega \text{ เลือกใช้ค่า } 27 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

เขียนวงจรได้ดังนี้



3. จากวงจรในรูปด้านล่าง จงออกแบบวงจร Low pass filter ที่ต้องการจุดตัดด้านความถี่สูง 3 KHz



### วิธีคำนวณ

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

$$\text{แทนค่า } 3000 = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$3000R = \frac{1}{2\pi C}$$

$$R = \frac{1}{2\pi \times 3000 \times C}$$

เลือกใช้  $C = 0.01 \mu\text{F}$

$$\begin{aligned} R &= \frac{1}{2\pi \times 3000 \times 0.01 \mu\text{F}} \\ &= \frac{1}{2 \times 3.143 \times 3000 \times 0.01 \times 10^{-6}} \\ &= 5302.78 \Omega \end{aligned}$$

เขียนวงจรและกราฟของตัวอย่างที่ 7 ได้ดังนี้

