

ใบงานที่ 6

สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์

จุดประสงค์การทดลอง

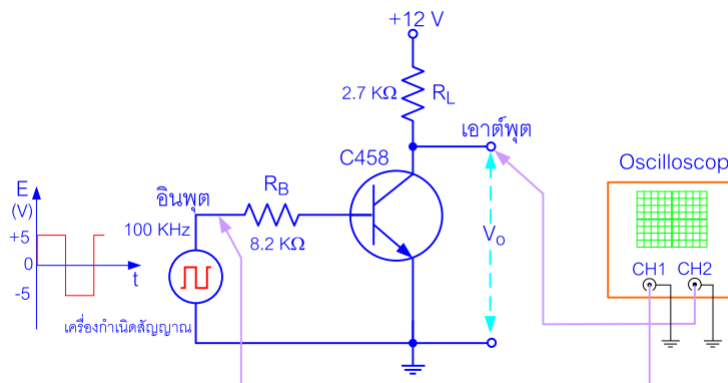
1. ใช้ฮอสซิลโลสโคปวัดรูปร่างสัญญาณไฟฟ้าได้
2. ประกอบวงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์ได้
3. อ่านค่าทางไฟฟ้าจากฮอสซิลโลสโคป
4. เขียนรูปร่างสัญญาณที่ผ่านทรานซิสเตอร์สวิตซ์ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

- | | |
|--|-----------------|
| 1. ฟังก์ชันจเนเรเตอร์ | จำนวน 2 เครื่อง |
| 2. ฮอสซิลโลสโคป ชนิด 2 เส้นภาพ | จำนวน 1 เครื่อง |
| 4. ตัวต้านทาน $2.7\text{ k}\Omega \times 2$, $4.7\text{ k}\Omega$, $8.2\text{ k}\Omega \times 2$, $10\text{ k}\Omega$ 0.5 W | จำนวน 6 ตัว |
| 5. ตัวเก็บประจุ 50 PF | จำนวน 1 ตัว |
| 6. ทรานซิสเตอร์เบอร์ C458 | จำนวน 2 ตัว |
| 7. เจฟตเบอร์ 2N5458 | จำนวน 1 ตัว |
| 8. แผ่นเบรอนบอร์ด ภาคจ่ายไฟ $\pm 12\text{ V}$ และสายต่อวงจร | จำนวน 1 ชุด |

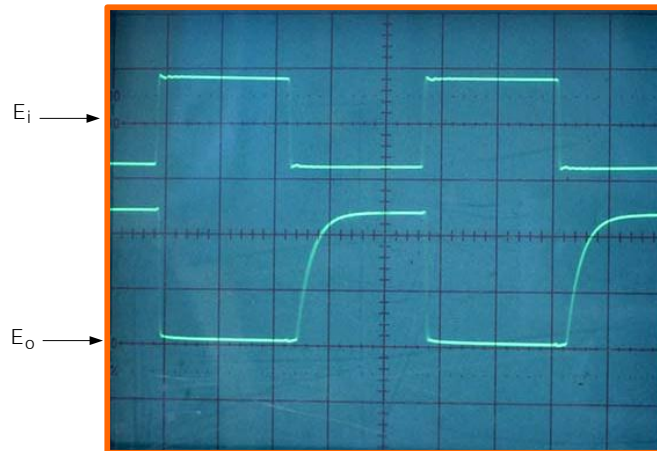
ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 1 วงจรสำหรับการทดลองตามข้อ 1

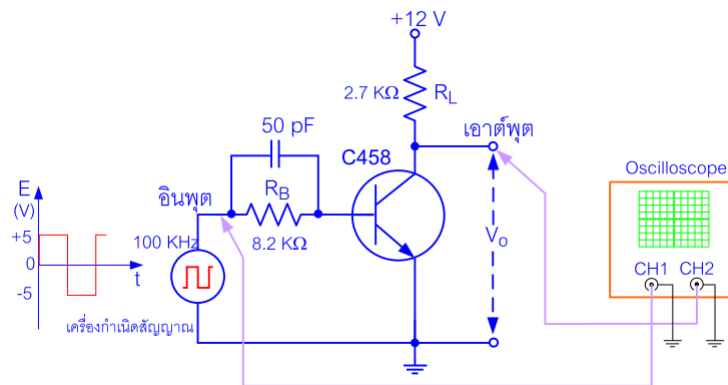
2. ต่อสายวัดสัญญาณของออสซิลโลสโคปแบบ 2 เส้นภาพ ใช้ CH₁ ต่อที่อินพุต (E_i) และ CH₂ ต่อที่จุดต่อเอาต์พุต (E_o) และปรับเครื่องกำเนิดสัญญาณให้เป็นแบบสี่เหลี่ยม หมุน VR สำหรับปรับขนาดความแรงของสัญญาณเอาต์พุต 5 V_p และปรับความถี่ให้ได้ประมาณ 1 KHz แล้วปรับออสซิลโลสโคปให้อ่านสัญญาณให้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่าง ๆ ลงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 2

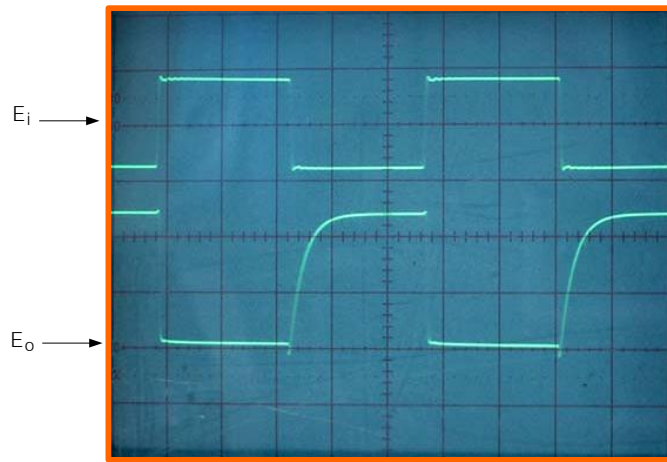
ขนาดสัญญาณอินพุต = 10 V_{p-p} ขนาดสัญญาณเอาต์พุต 11.8 V_{p-p}

3. ประกอบวงจรตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 3 วงจรสำหรับการทดลองตามข้อ 3

4. ทำตามข้อ 2 และใช้ข้อซิลโลสโคปวัดสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุต อ่านค่าต่าง ๆ แล้วบันทึก
รูปร่างสัญญาณและขนาดลงในรูปที่ 4



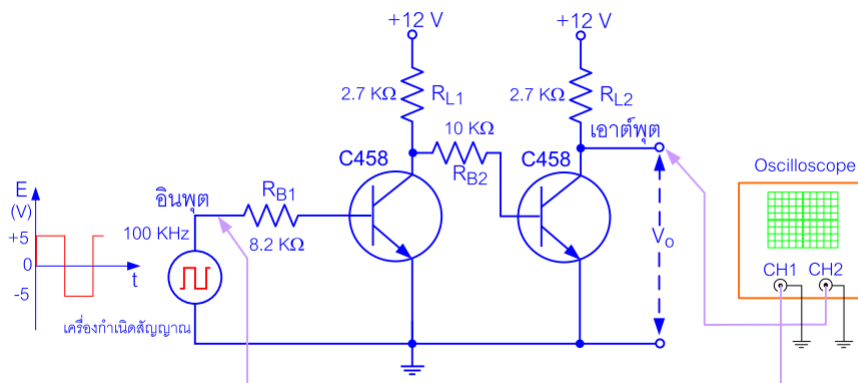
รูปที่ 4 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 4

ขนาดสัญญาณอินพุต = $10 V_{p-p}$ ขนาดสัญญาณเอาต์พุต $11.8 V_{p-p}$

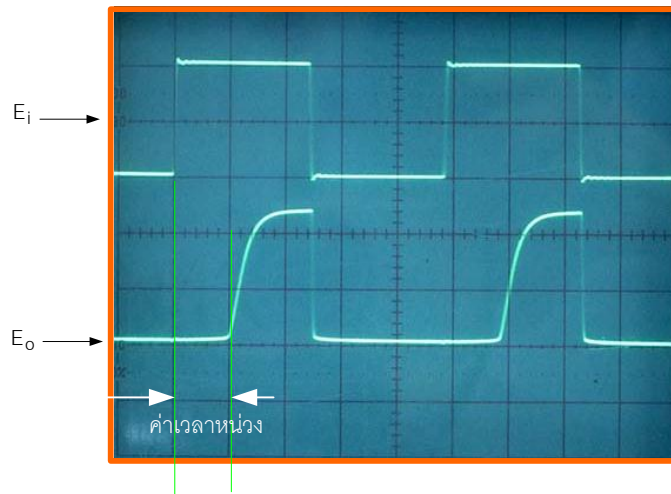
5. จากผลการทดลองในรูปที่ 2 และรูปที่ 4 มีผลแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ ผลการทดลองในรูปที่ 2 และรูปที่ 4 มีผลแตกต่างกันเล็กน้อย โดยสัญญาณจากรูปที่ 4 จะมี
ช่วงเวลา ON เร็วขึ้น

6. ประกอบวงจรตามรูปด้านล่าง และใช้ข้อซิลโลสโคปวัดสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุต บันทึก
รูปร่างสัญญาณและขนาดลงในรูปที่ 6



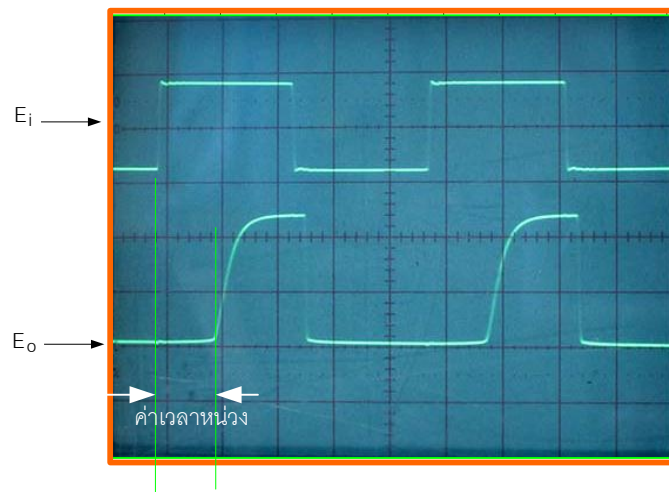
รูปที่ 5 วงจรสำหรับการทดลองตามข้อ 6



รูปที่ 6 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 6

ขนาดสัญญาณอินพุต = $10 V_{p-p}$ ขนาดสัญญาณเอาต์พุต $11.8 V_{p-p}$

7. จากวงจรรูปที่ 5 ให้ต่อคาปาซิเตอร์ ค่า 50 pF คร่อม R_{B1} ใช้อสซิลโลสโคปวัดสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุต บันทึกรูปร่างสัญญาณและขนาดลงในรูปที่ 7



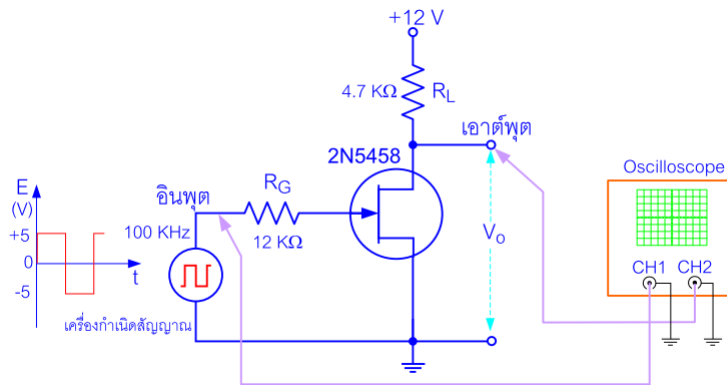
รูปที่ 7 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 7

ขนาดสัญญาณอินพุต = $10 V_{p-p}$ ขนาดสัญญาณเอาต์พุต $11.8 V_{p-p}$

8. จากผลการทดลองในรูปที่ 2 และรูปที่ 6 มีผลแตกต่างกันอย่างไร

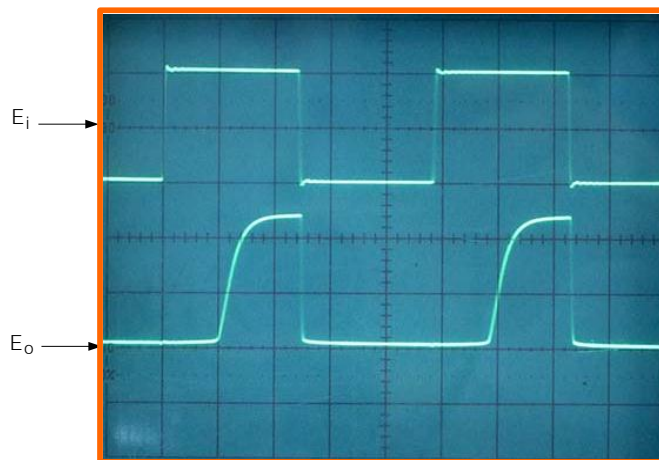
ตอบ สัญญาณรูปที่ 2 กับสัญญาณรูปที่ 6 แตกต่างกัน สัญญาณเอาต์พุตในรูปที่ 2 เป็นสัญญาณกลับเฟสกับสัญญาณอินพุต แต่สัญญาณเอาต์พุตในรูปที่ 6 เป็นสัญญาณไม่กลับเฟสกับสัญญาณอินพุต แต่เฟสสัญญาณเอาต์พุตมีการหน่วงมากขึ้น เป็นผลมาจากค่า C ภายในรอยต่อ PN ของทรานซิสเตอร์

9. ประกอบวงจรตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 วงจรสำหรับการทดลองตามข้อ 9

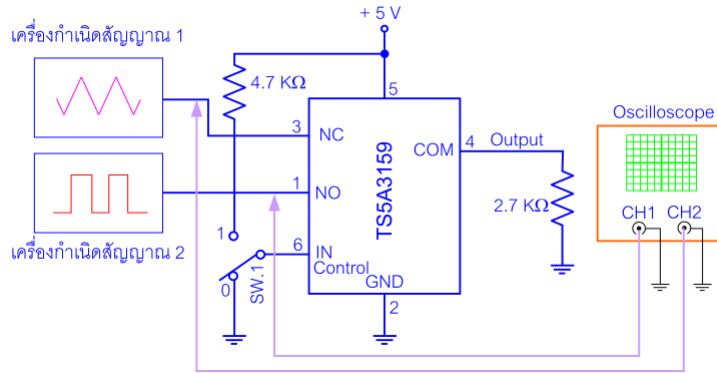
10. ต่อสายวัดสัญญาณของออสซิลโลสโคปแบบ 2 เส้นภาพ โดย CH₁ ต่อที่อินพุต CH₂ ต่อที่เอาต์พุต ปรับเครื่องกำเนิดสัญญาณให้เป็นแบบสี่เหลี่ยม หมุน VR สำหรับปรับขนาดความแรงของสัญญาณเอาต์พุต 10 V_{p-p} ปรับความถี่ให้ได้ประมาณ 1 KHz แล้วปรับออสซิลโลสโคปให้อ่านสัญญาณให้ชัดเจนที่สุด บันทึกรูปคลื่นสัญญาณ พร้อมบันทึกค่าต่าง ๆ ลงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 10

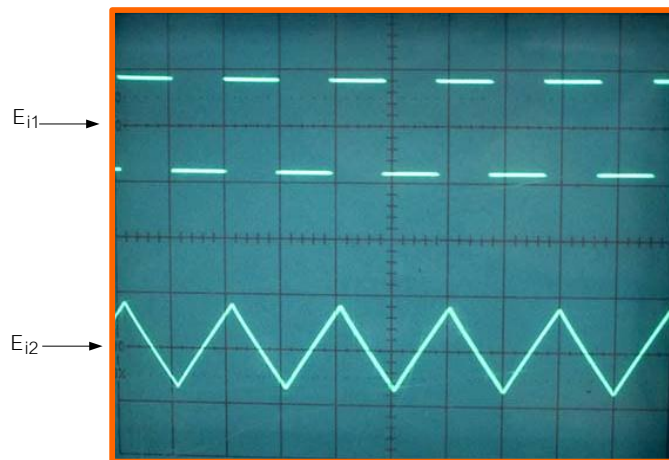
ขนาดสัญญาณอินพุต = 10 V_{p-p}, ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = 11.8 V_{p-p}

11. ประกอบวงจรตามรูปที่ 10 โดยใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณ 2 เครื่อง โดยเครื่องที่ 1 ปรับให้เป็นสัญญาณสามเหลี่ยม ความแรง 8 V_{p-p} ความถี่ 1 KHz เครื่องที่ 2 ปรับให้เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม ความแรง 8 V_{p-p} ความถี่ 1 KHz



รูปที่ 10 วงจรสำหรับการทดลองตามข้อ 11

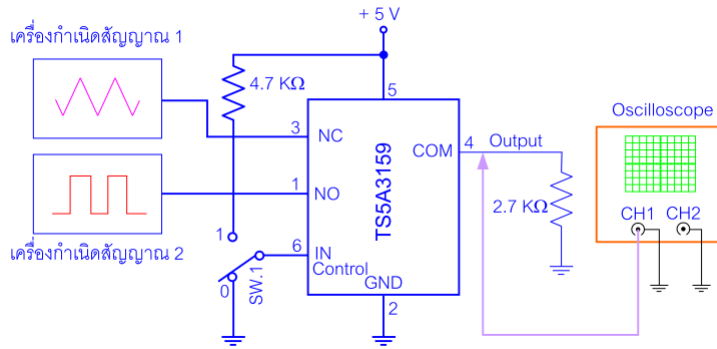
12. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณอินพุต 1 และอินพุต 2 และปรับขนาดสัญญาณทั้งสองให้มีขนาด 8 Vp-p บันทึกผลลงในรูปที่ 11



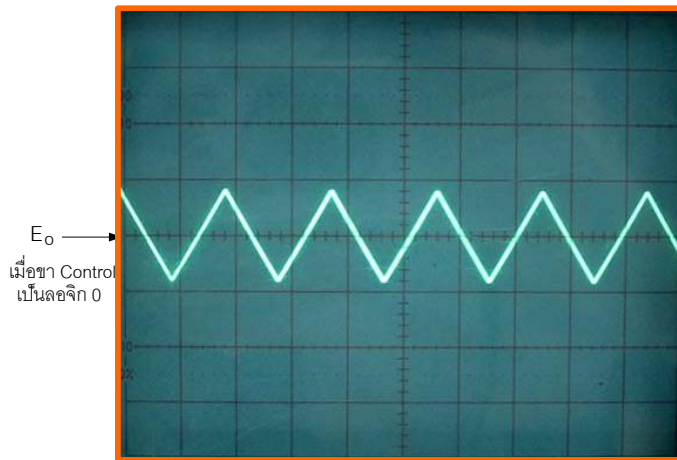
รูปที่ 11 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 12

ขนาดสัญญาณอินพุต = 8 V_{p-p}, ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = 8 V_{p-p}

13. ใช้สายวัดของออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่เอาต์พุต ดังรูปที่ 12 และโยกสวิตช์ 1 ไปที่ลอจิก 0 อ่านค่าสัญญาณจากออสซิลโลสโคป บันทึกผลลงในรูปที่ 13



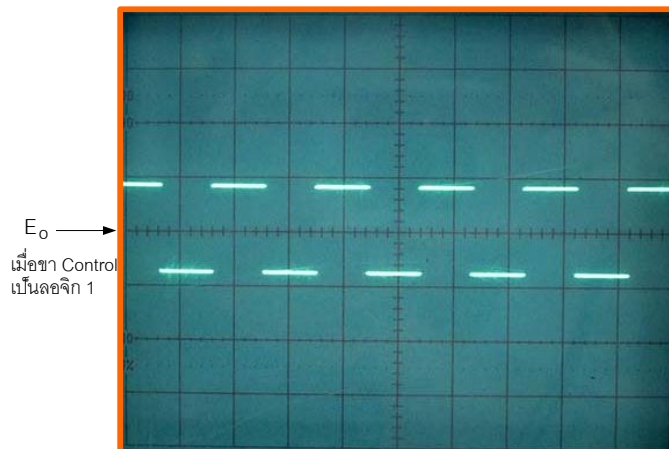
รูปที่ 12 วงจรสำหรับการทดลองตามข้อที่ 13



รูปที่ 13 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 13

ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = $8 V_{p-p}$

14. โยกสวิตช์ 1 ไปที่ลอจิก 1 อ่านค่าสัญญาณจากออสซิลโลสโคป บันทึกผลลงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 สำหรับบันทึกผลการทดลองข้อ 14

ขนาดสัญญาณเอาต์พุต = $8 V_{p-p}$

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 6

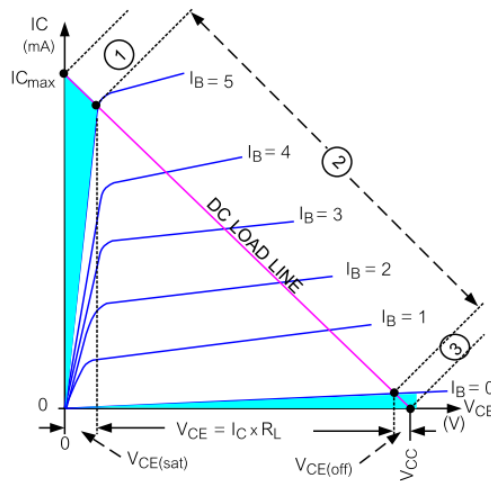
สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์

ตอนที่ 1 จงทำเครื่องหมาย X ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใดเป็นการทำงานของสวิตช์ทรานซิสเตอร์ในลักษณะตัดวงจร

- ก. วงจรที่ขา B ถูกไบแอสตรง วงจรที่ขา C ถูกไบแอสตรง
- ข. วงจรที่ขา B ถูกไบแอสกลับ วงจรที่ขา C ถูกไบแอสตรง
- ค. วงจรที่ขา B ถูกไบแอสตรง วงจรที่ขา C ถูกไบแอสกลับ
- ง. วงจรที่ขา B ถูกไบแอสกลับ วงจรที่ขา C ถูกไบแอสกลับ

รูปสำหรับคำถามข้อ 2-3



2. จากรูปที่กำหนด 1 ถ้าต้องการนำทรานซิสเตอร์ไปใช้ในวงจรขยายจะใช้ย่านการทำงานหมายเลขใด

- ก. 1
- ข. 2
- ค. 3
- ง. 1 และ 3

3. จากรูปที่กำหนด 1 ถ้าต้องการให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในลักษณะเป็นสวิตช์ทรานซิสเตอร์ จะใช้ย่านการทำงานในย่านใด

- ก. 1
- ข. 2
- ค. 3
- ง. 1 และ 3

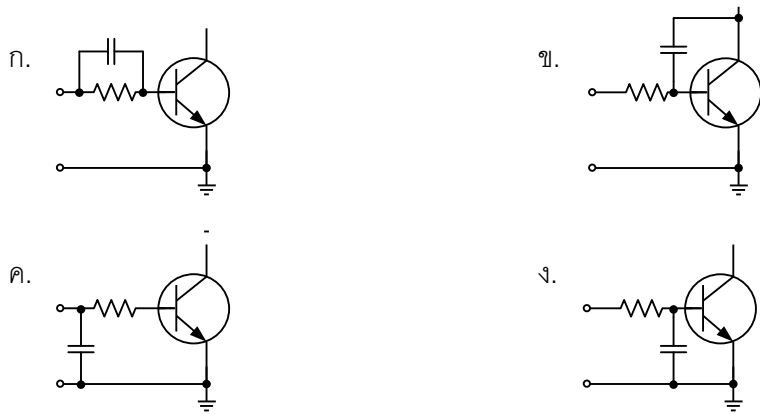
4. ข้อใดเป็นวิธีการออกแบบทรานซิสเตอร์ ON ที่ถูกต้อง เมื่อเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

- ก. แรงดันที่ขา B เป็นไฟบวก แรงดันที่ขา C เป็นไฟบวก เมื่อเทียบกับกราวด์
- ข. แรงดันที่ขา B เป็นไฟลบ แรงดันที่ขา C เป็นไฟลบ เมื่อเทียบกับกราวด์
- ค. แรงดันที่ขา B เป็นไฟบวก แรงดันที่ขา C เป็นไฟลบ เมื่อเทียบกับกราวด์
- ง. แรงดันที่ขา B เป็นไฟลบ แรงดันที่ขา C เป็นไฟบวก เมื่อเทียบกับกราวด์

5. สาเหตุที่ทำให้ทรานซิสเตอร์ในทางปฏิบัติทำงานได้ช้าลง และรูปร่างสัญญาณเกิดการหน่วงเนื่องมาจากสิ่งใด

- ก. เกิดค่า R ในตัวทรานซิสเตอร์
- ข. เกิดค่า C ในตัวทรานซิสเตอร์
- ค. เกิดค่า L ในตัวทรานซิสเตอร์
- ง. เกิดค่า R และ L ในตัวทรานซิสเตอร์

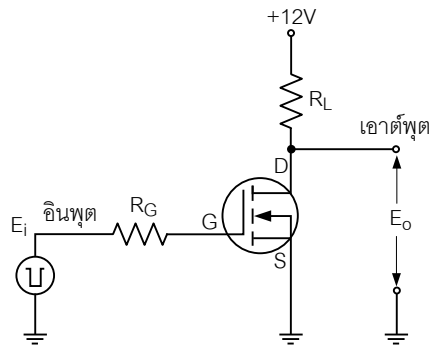
6. การแก้ปัญหาให้ทรานซิสเตอร์มีความเร็วในการเป็นสวิตช์สูงขึ้นจะต่อวงจรในลักษณะใด



7. ข้อใดไม่ใช่ข้อดีของเฟตเมื่อเทียบกับไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์

- ก. ขนาดเล็ก (เมื่อกระแสเท่ากัน)
- ข. อุณหภูมิไม่มีผลต่อการทำงาน
- ค. ความเร็วในการเป็นสวิตช์
- ง. ราคาถูก

วงจรสำหรับข้อ 8-10



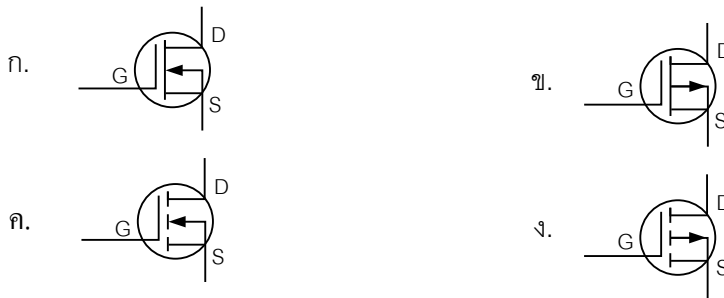
8. จากวงจรในรูปที่ 2 ถ้าหาก MOSFET นำกระแสเต็มที่ 10 mA ค่าของตัวต้านทาน R_L จะต้องมิต่างใด

- ก. 120 Ω
- ข. 1.0 k Ω
- ค. 1.2 k Ω
- ง. 2.4 k Ω

9. จากวงจรในรูปที่ 2 ข้อใดไม่ใช่สาเหตุทำให้ $V_{OUT} = 12 V$

- ก. แรงดัน V_{IN} เป็นไฟฟ้าศักย์ศูนย์
- ข. แรงดัน V_{IN} เป็นไฟฟ้าศักย์บวก
- ค. แรงดัน V_{IN} เป็นไฟฟ้าศักย์ลบ
- ง. MOSFET เสียหายในลักษณะรั่วระหว่าง D-S

10. ข้อใดเป็นสัญลักษณ์ของ D-MOSFET ชนิด P-channel



ตอนที่ 2 จงอธิบาย/บรรยายหรือออกแบบ

1. จงอธิบายข้อดีและข้อเสียของการนำทรานซิสเตอร์มาเป็นสวิตช์ในระบบอิเล็กทรอนิกส์

ตอบ ข้อดีของการนำทรานซิสเตอร์มาเป็นสวิตช์ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ คือ

- 1. ความสามารถ ON - OFF ได้เร็ว
- 2. ไม่มีสัญญาณรบกวนเนื่องจากไม่มีหน้าสัมผัส

ข้อดีของการนำทรานซิสเตอร์มาเป็นสวิตช์ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ คือ

- 1. ต้องมีวงจรไบอัสให้แก่ทรานซิสเตอร์

2. จงออกแบบวงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ กำหนดให้ใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ C458 ใช้ $V_{CC} = 20 V$ สัญญาณอินพุต เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมขนาด 7 V (0-7 V) ความถี่ 20 kHz

ตอบ

วิธีออกแบบ

จากคู่มือของทรานซิสเตอร์เบอร์ C458 พบว่า $I_{C(ON)} = 10 mA$, $h_{FE(min)} = 120$, $V_{CE(sat)} = 0.2 V$,

$V_{BE(on)} = 0.7 V$

คำนวณหาค่า I_B

$$I_{B(ON)} = \frac{I_{C(ON)}}{h_{FE}} = \frac{10 mA}{120} = 83.33 \mu A$$

เพื่อให้มั่นใจว่าทรานซิสเตอร์ทำงานในสภาวะอิ่มตัว ต้องเผื่อ I_B เป็น 2 เท่า

$$I_B = 2 \times 83.33 \mu A \\ = 166.66 \mu A$$

คำนวณหาค่า R_B

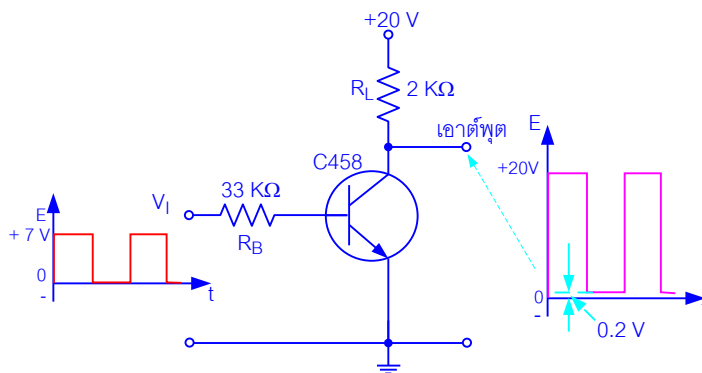
จากสูตร $R_B = \frac{V_{I(on)} - V_{BE(on)}}{I_{B(on)}}$

$$= \frac{7 V - 0.7 V}{166.67 \mu A}$$
$$= 37799 \Omega$$
$$= 37.799 K\Omega \quad \text{เลือกใช้ } 33 K\Omega$$

จากสูตร $R_L = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{I_C}$

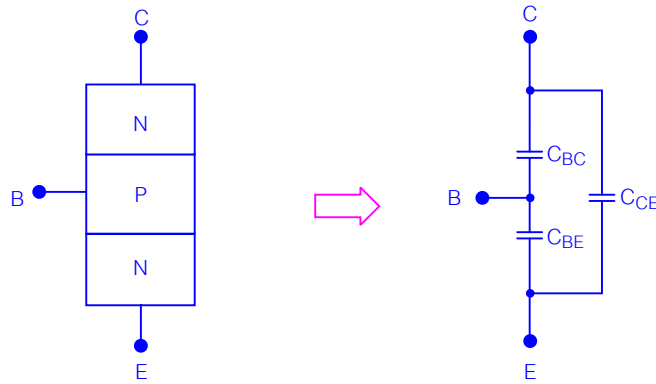
$$= \frac{20 V - 0.2 V}{10 mA}$$
$$= 1.98 K\Omega \quad \text{เลือกใช้ } 2 K\Omega$$

สามารถออกแบบได้ดังนี้



3. จงบอกสาเหตุที่ทำให้ทรานซิสเตอร์มีความเร็วในการเป็นสวิตช์ช้าลง และจงอธิบายวิธีแก้ไขให้ทำงานเร็วขึ้น พร้อมทั้งยกตัวอย่างวงจร

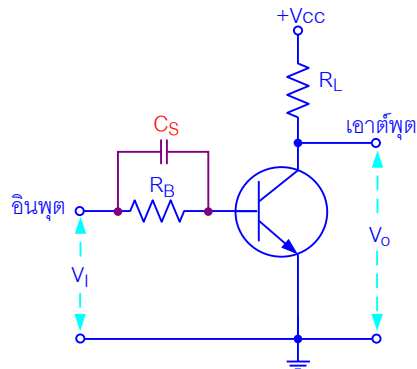
ตอบ สาเหตุที่ทำให้ความเร็วของทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ช้าลง เนื่องจากเกิดค่าคาปาซิแตนซ์ที่รอยต่อ PN ของ ทรานซิสเตอร์ ดังรูปด้านล่าง



การแก้ไขสามารถทำได้สองวิธีคือ

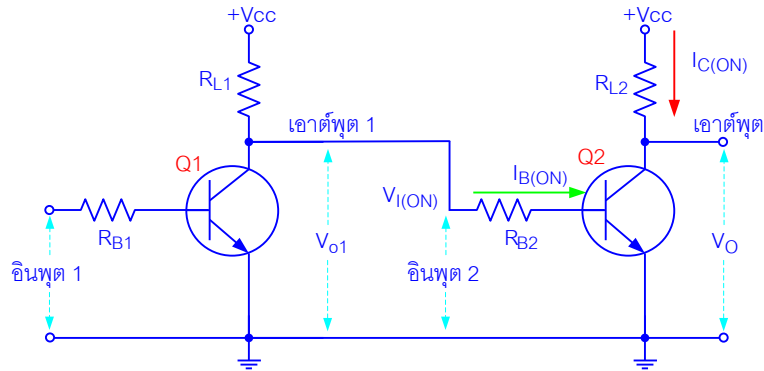
1. โบนแอสไฟฟ้ามากขึ้น
2. ต่อคาปาซิเตอร์คร่อม R_B เพื่อให้ทำหน้าที่ Speed up capacitor

ตัวอย่างวงจร



4. จงออกแบบวงจรกลับเฟสสัญญาณโดยใช้ทรานซิสเตอร์จำนวน 2 ตัว ให้นักศึกษาเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ตามความเหมาะสมแล้วคำนวณหา R, C และอุปกรณ์อื่น ๆ

ตอบ วงจรกลับเฟสสัญญาณโดยใช้ทรานซิสเตอร์จำนวน 2 ตัว มีลักษณะการต่อวงจรเป็นดังรูปด้านล่าง



ทรานซิสเตอร์ Q_1 กับทรานซิสเตอร์ Q_2 จะทำงานตรงกันข้ามกัน เช่น หากทรานซิสเตอร์ Q_1 ON จะทำให้ V_C ของ Q_1 มีค่าน้อย ส่งผลให้ขา B ของ Q_2 มีแรงดันน้อยกว่า $V_{I(ON)}$ จึงทำให้ Q_2 OFF ในทางตรงกันข้ามหากทรานซิสเตอร์ Q_1 OFF จะทำให้ V_C ของ Q_1 มีค่ามาก เท่ากับ $+V_{CC}$ ส่งผลให้ขา B ของ Q_2 มีแรงดันมากกว่า $V_{I(ON)}$ จึงทำให้ Q_2 ON

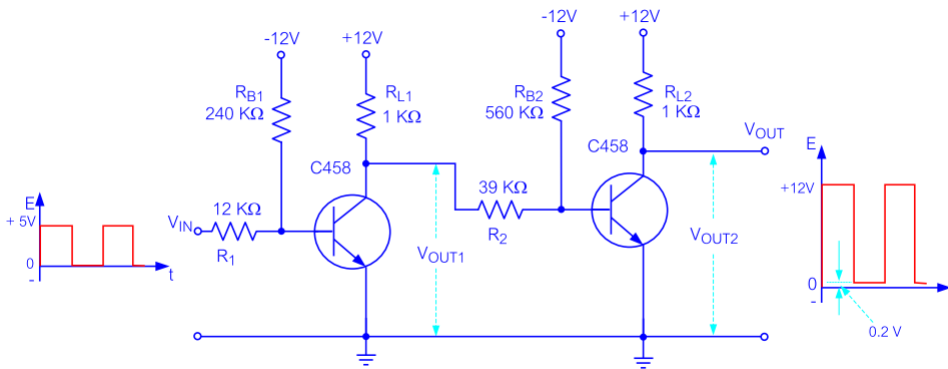
สมการสำหรับคำนวณหาค่า R ในวงจร มีดังนี้

$$1. \text{ สมการคำนวณหากระแสของทรานซิสเตอร์ } I_{B(ON)} = \frac{I_{C(ON)}}{h_{FE}}$$

$$2. \text{ สมการคำนวณหาค่า } R_L \quad R_L = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{I_C}$$

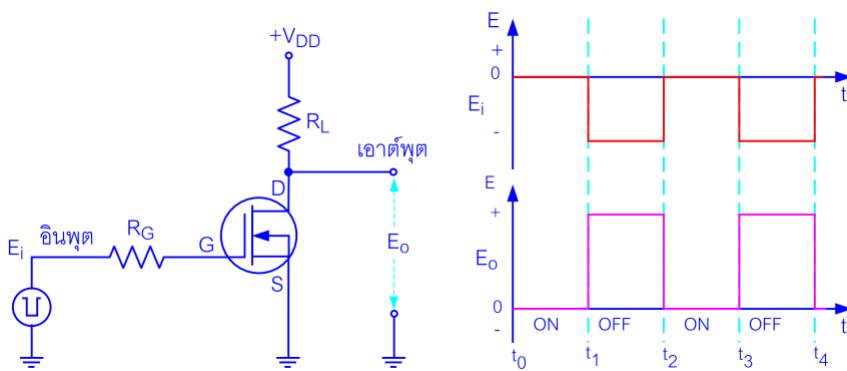
$$3. \text{ สมการคำนวณหาค่า } R_B \quad R_B = \frac{V_{I(on)} - V_{BE(on)}}{I_{B(on)}}$$

5. จากวงจรด้านล่าง จงอธิบายการทำงานของวงจร



ตอบ จากวงจรที่กำหนด เป็นสวิตช์ขั้วเล็กทรานซิสเตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวต่อกันแบบคาตเคส เพื่อกลับเฟสสัญญาณ ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 กลับเฟสสัญญาณ 180 องศา ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 กลับเฟสสัญญาณอีก 180 องศา ทำให้เฟสสัญญาณอินพุตกับเอาต์พุตมีเฟสตรงกัน แต่ขนาดสัญญาณมีขนาดโตขึ้น กล่าวคือจาก 5V เป็น 12V เพื่อให้มั่นใจว่าทรานซิสเตอร์จะ OFF แน่ ๆ จึงต้องมีไฟฟ้า -12V ไบอัสที่ขา B

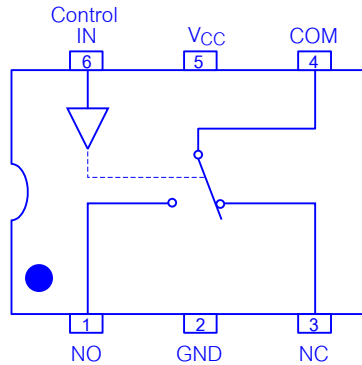
6. จากวงจรด้านล่าง จงอธิบายการทำงานของวงจรขั้วเล็กทรานซิสต์ที่ใช้ D-MOSFET



ตอบ จากวงจรในรูปที่กำหนด ที่เวลา t_{0+} ถึง t_1 แรงดันอินพุตเป็น 0 V แรงดันไฟฟ้าระหว่างขา G กับขา S จะมีค่าเป็น 0 ($V_{GS} = 0$) จะทำให้ D-MOSFET มีกระแสไหลจากขา D ไปยังขา S ได้ในลักษณะนำกระแสเต็มที่ (Saturation) หรือสวิตช์ ON สัญญาณที่เอาต์พุตจึงมีแรงดันต่ำ

ช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 แรงดันอินพุตเป็นศักติไฟฟ้าลบ ($V_{GS} = -V$) ซึ่งจะทำให้ความต้านทานระหว่างขา D กับขา S มีค่าสูง เป็นผลให้ D-MOSFET ไม่สามารถนำกระแสจากขา D ไปยังขา S ได้ ในช่วงเวลานี้ JFET จะไม่นำกระแส (Cutoff) หรือสวิตช์ OFF สัญญาณที่เอาต์พุตจึงมีแรงดันสูง

7. จากรูปด้านล่าง จงอธิบายฟังก์ชันการทำงานของไอซีสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ เบอร์ TS5A3159



ตอบ ไอซีเบอร์ TS5A3159 เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถใช้กับสัญญาณแอนะล็อกที่มีโครงสร้างคล้าย ๆ กับรีเลย์ คือมีขาสำหรับให้สัญญาณออกหรือสัญญาณเข้า ประกอบด้วยขา Common ขา NC และขา NO มีขาควบคุมได้แก่ขา Control หรือขา IN ขาไฟเลี้ยงวงจรได้แก่ขา V_{CC} และขากาวด์ ไฟเลี้ยงสามารถใช้ได้ตั้งแต่ 1.65 V ถึง 5.5 V สัญญาณที่ขา Control สามารถใช้ได้ตามมาตรฐาน TTL (LOW = 0 ถึง 0.8 V และ HIGH = 2.4 ถึง 5.5 V) และอัตราทนกำลัง 1 วัตต์ ความต้านทานระหว่าง Common กับขา NC หรือขา NO (ขณะ ON) มีค่าความต้านทานประมาณ 1 Ω ฟังก์ชันการทำงานของไอซีสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์เบอร์ TS5A3159 ดังตารางด้านล่าง

Control IN	NC to COM หรือ COM to NC	NO to COM หรือ COM to NO
L	ON	OFF
H	OFF	ON