

แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 3

คุณสมบัติทรานซิสเตอร์

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

- ทรานซิสเตอร์แบ่งได้กี่ชนิด
 - 1 ชนิด
 - 2 ชนิด
 - 3 ชนิด
 - 4 ชนิด
- ทรานซิสเตอร์ประกอบด้วย 3 ขั้ว มีชื่อเรียกตรงกับข้อใด
 - Drain, Source, Gate
 - Anode, Cathode, Gate
 - Main terminal, drain, Gate
 - Emitter, Base, Collector
- ขาของทรานซิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์ ตรงกับข้อใด
 - เบส-อิมิตเตอร์
 - คอลเลคเตอร์ – อิมิตเตอร์
 - เบส – คอลเลคเตอร์
 - คอลเลคเตอร์ – เบส
- ข้อใด ไม่ใช่ คุณสมบัติของวงจรขยายแบบอิมิตเตอร์
 - อัตราการขยายทางด้านกระแส (α) น้อยกว่า 1 เสมอ
 - สัญญาณด้านเอาต์พุตมีเฟสตรงกันข้ามกับสัญญาณอินพุต 180 องศา
 - มีค่าอัตราการขยายทางด้านกระแส (Current Gain) หรือ β สูง
 - อัตราการขยายทางด้านแรงดัน (Voltage Gain) หรือ A_v สูง
- ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของวงจรขยายแบบคอมมอนเบส
 - อัตราการขยายทางด้านแรงดัน (Voltage Gain) หรือ A_v สูง
 - เอาต์พุตอิมพีแดนซ์สูงเท่า R_c
 - อินพุตอิมพีแดนซ์ต่ำมีค่าปรับเป็นโอห์ม
 - มีค่าอัตราการขยายทางด้านกระแส (Current Gain) หรือ β สูง

6. ข้อใดกล่าวถึงสูตรในการระหว่างกระแสอิมิตเตอร์ (I_E) ได้อย่างถูกต้อง
- $I_E = I_B \times I_C$
 - $I_E = I_E / I_C$
 - $I_E = I_B - I_C$
 - $I_E = I_B + I_C$
7. เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้า +5 V เข้าที่เบสอินพุตจะทำให้ค่าความต้านทานระหว่างอิมิตเตอร์และคอลเล็กเตอร์เป็นอย่างไร
- มีค่าต่ำ
 - มีค่าสูง
 - ไม่เปลี่ยนแปลง
 - ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุต
8. สมมติให้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่วงจรถยายสัญญาณ จะต้องให้ไบอัสในย่านใด
- ย่านลิเนียร์
 - ย่านคัทออฟ
 - ย่านอิมิตัว
 - ย่าน saturation
9. ทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในย่านอิมิตัว ข้อใดกล่าวถูกต้อง
- กระแส $I_C = 0A$
 - แรงดัน $V_{CE} = 0V$
 - กระแส $I_C = I_{C_{Max}}$
 - แรงดัน $V_{CE} = V_{CC}$
10. ทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในย่านคัทออฟ ข้อใดกล่าวถูกต้อง
- กระแส $I_C = 0A$
 - แรงดัน $V_{CE} = 0V$
 - กระแส $I_C = I_{C_{Max}}$
 - แรงดัน $V_{CE} = V_{CC}$

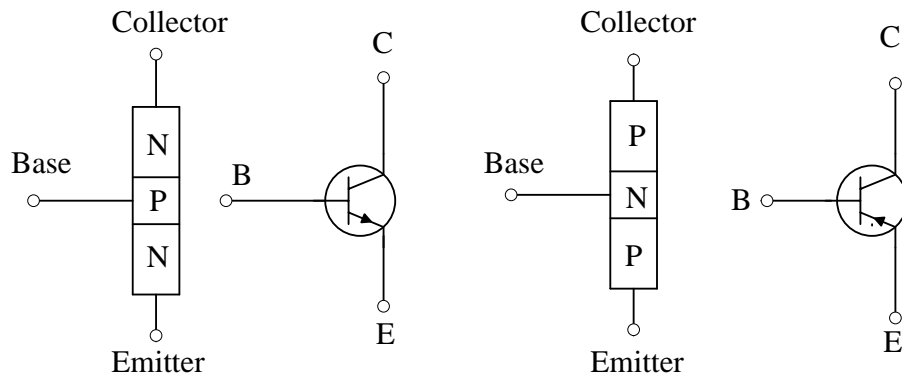
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 3
คุณสมบัติทรานซิสเตอร์

ข้อ	เฉลย
1	ข
2	ง
3	ก
4	ก
5	ง
6	ง
7	ก
8	ก
9	ข
10	ง

คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์

3.1 โครงสร้าง และสัญลักษณ์ ของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ถูกสร้างจากสารกึ่งตัวนำพี-เอ็น จังชั้น ประเภท 3 ชั้น 2 รอยต่อซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ ชนิด NPN และชนิด PNP มีขาที่ใช้งานอยู่ 3 ขาคือ 1. ขาเบส(Base) ใช้ตัวย่อว่า B 2. ขาอิมิตเตอร์(Emitter) ใช้ตัวย่อว่า E 3. ขาคอลเลกเตอร์ (Collector) ใช้ตัวย่อว่า C ดังรูปที่ 1

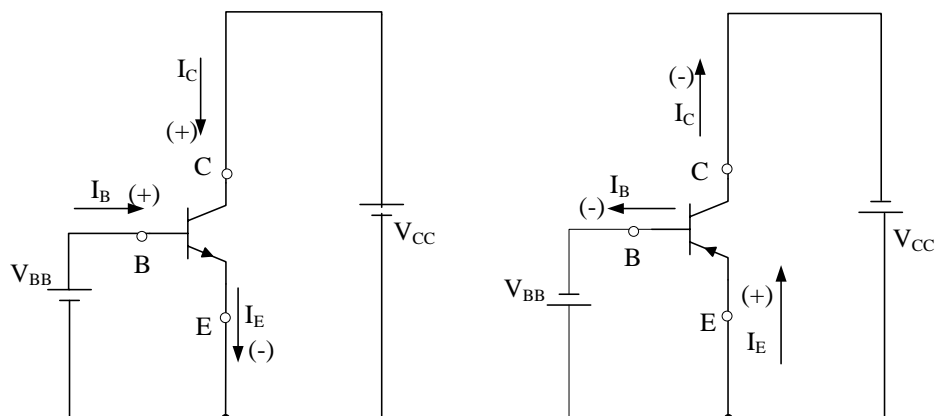


ก) ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

ข) ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

รูปที่ 1 โครงสร้าง และสัญลักษณ์ ของทรานซิสเตอร์

จากรูปที่ 1 เมื่อสังเกตจากสัญลักษณ์จะมีจุดที่ตำแหน่งขาอิมิตเตอร์จะแทนด้วยหัวลูกศร ซึ่งจะเป็นตัวบอกทิศทางการไหลของกระแสที่ไหลในตัวทรานซิสเตอร์ ตามรูปที่ 2



ชนิด NPN

ชนิด PNP

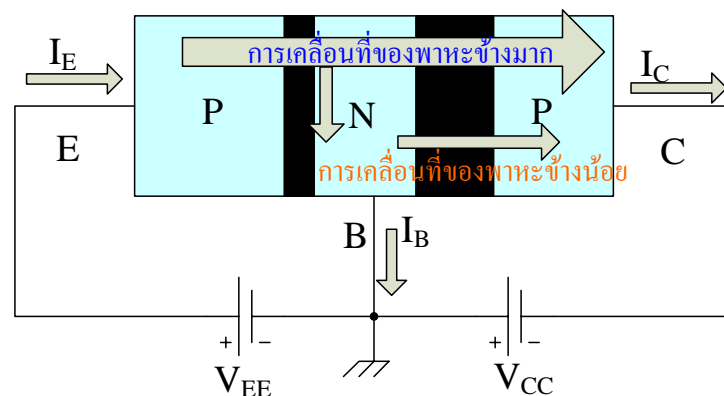
รูปที่ 2 การต่อแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงทรานซิสเตอร์ และทิศทางการไหลของกระแส

จากรูปที่ 2 ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ที่ขามิตเตอร์ ทิศทางหัวลูกศรจะชี้ออกแสดงว่ากระแสไหลออกจากขามิตเตอร์ ตามกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ กระแสไหลเข้ามีค่าเท่ากับกระแสที่ไหลออก นั่นหมายความว่า ขาเบส และขาคอลเลกเตอร์ทิศทางกระแสไหลเข้า และตามกฎของไฟฟ้า ทิศทางกระแสไหลเข้า มีศักย์ทางไฟฟ้าเป็นบวก ส่วนทิศทางกระแสไหลออก มีศักย์ทางไฟฟ้าเป็นลบ ดังนั้นที่ขาเบสและขาคอลเลกเตอร์ จะถูกต่อด้วยขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ

ในทำนองเดียวกันทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ที่ขามิตเตอร์ ทิศทางหัวลูกศรชี้เข้าแสดงว่ากระแสไหลเข้าที่ขามิตเตอร์ ดังนั้นขาเบสและขาคอลเลกเตอร์ทิศทางกระแสจะไหลออก ที่ขาเบสและขาคอลเลกเตอร์ จะถูกต่อด้วยขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ

การทำงานของทรานซิสเตอร์

จากรูปที่ 3 การทำงานของทรานซิสเตอร์ตรงบริเวณรอยต่อ ระหว่างขาเบสกับอิมิตเตอร์ จะถูกไบอัส ตรง (B-E Forward bias) เพื่อให้มีกระแสไหลเข้าไปในทรานซิสเตอร์ และระหว่างขาเบส กับคอลเลกเตอร์ จะถูกไบอัสกลับ (B-C Reverse bias) เพื่อที่จะควบคุมกระแสที่ ไหลออก



รูปที่ 3 การทำงานของทรานซิสเตอร์

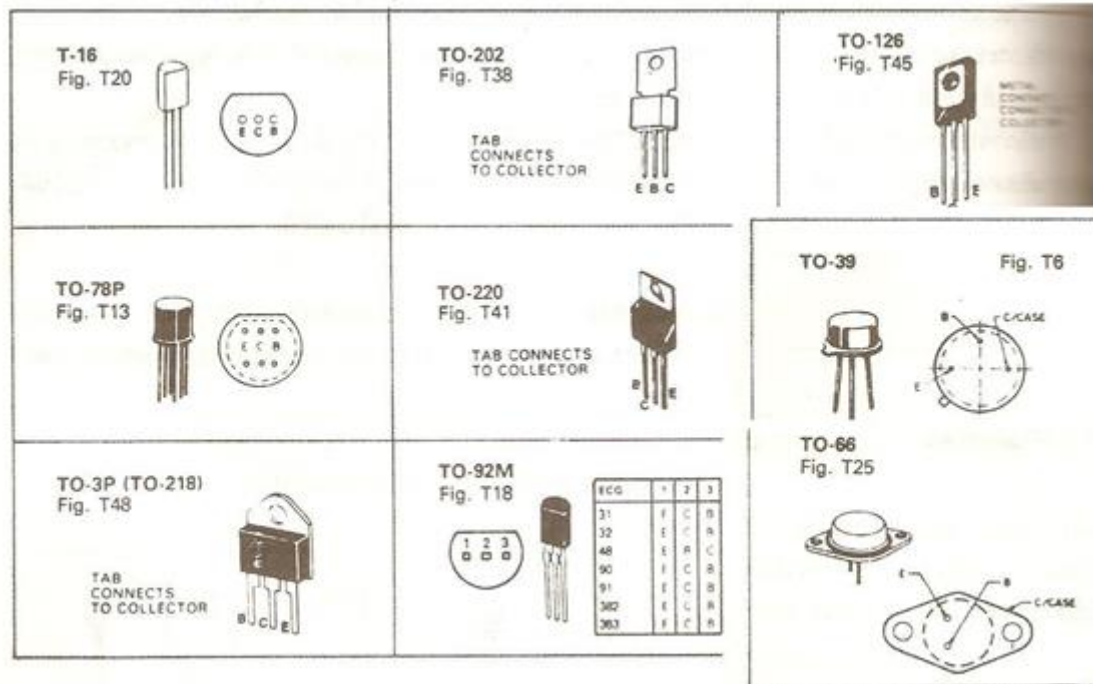
จากรูปเมื่อขา B-E ถูกไบอัสตรงก็จะเกิดการเคลื่อนที่ของพาหะข้างมาก และพาหะข้างน้อย เคลื่อนที่ข้ามบริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำทางด้านขา B-E และมีพาหะข้างมากบางส่วนจะถูกดึงออกที่ขาเบส ส่วนที่ขา C-E จะถูกไบอัสกลับก็จะดึงพาหะข้างมากในสารกึ่งตัวนำทางขาคอลเลกเตอร์ และจะดึงพาหะข้างมาก และพาหะข้างน้อยที่เคลื่อนที่มาจากบริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำทางด้านขา B-E ก็จะถูกเคลื่อนที่ข้ามบริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำทางด้านขา B-C ออกทางขาคอลเลกเตอร์ นั่นหมายถึงกระแสไฟฟ้าไหลครบวงจรที่แหล่งจ่ายไฟ ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะนำกระแสหรือทำงานแล้ว

ตามกฎกระแสของแอมป์

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = I_C(\text{พาหะข้างมาก}) + I_{CO}(\text{พาหะข้างน้อย})$$

$$I_C = I_C + I_{CO}$$



รูปที่ 4 รหัสตัวถังของทรานซิสเตอร์แบบต่าง ๆ

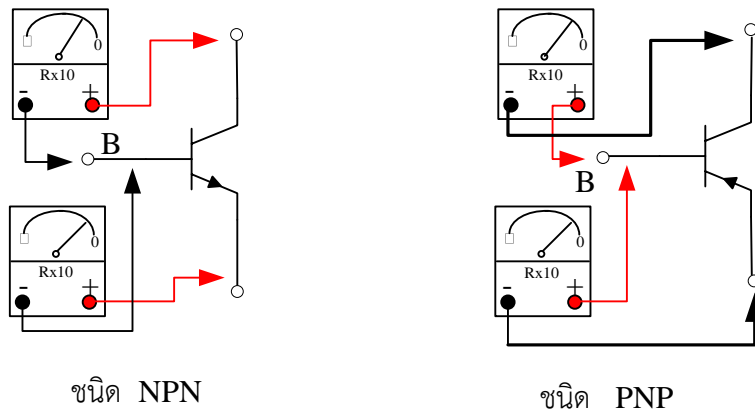
3.2 การวัดและทดสอบทรานซิสเตอร์

จากโครงสร้างของทรานซิสเตอร์มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดซึ่งทั้ง 2 ชนิดนี้ขาเบส(B) จะอยู่ตรงกลาง ซึ่งจะเป็นขาร่วมของขาอิมิตเตอร์(E) และขาคอลเลกเตอร์(C) นั้นแสดงว่าในการวัดหาขาทรานซิสเตอร์ จะต้องวัดหาขาเบส(B) ก่อนเป็นอันดับแรกและขาอิมิตเตอร์และคอลเลกเตอร์ตามลำดับ

3.2.1 การวัดหาขาเบส(B) จะต้องตั้งโอห์มมิเตอร์ในย่าน Rx1 หรือ Rx10 จะเป็นการวัดแบบไปอัสตรงจากการวัดสลับไปสลับมาให้สังเกตว่าจะต้องมีค่าความต้านทานต่ำอยู่ 2 คู่ จึงจะสรุปได้ว่าขาที่เป็นขาร่วมคือขาเบส(B)

ถ้าสายวัดโอห์มมิเตอร์สีแดงอยู่ตำแหน่งขาเบส แสดงว่าเป็นชนิด NPN หรือถ้าสายวัดโอห์มมิเตอร์เป็นสีแดงอยู่ตำแหน่งขาเบส แสดงว่าเป็นชนิด PNP (ในการวัดย่านโอห์มมิเตอร์ สายวัดโอห์มมิเตอร์สีแดง

หรือขั้ว บวกของมิเตอร์จะจ่ายไฟออกมา ส่วนสายวัดโอห์มมิเตอร์สีดำหรือขั้วลบของมิเตอร์จะจ่ายไฟ
บวกออกมา) ดังรูปที่ 5

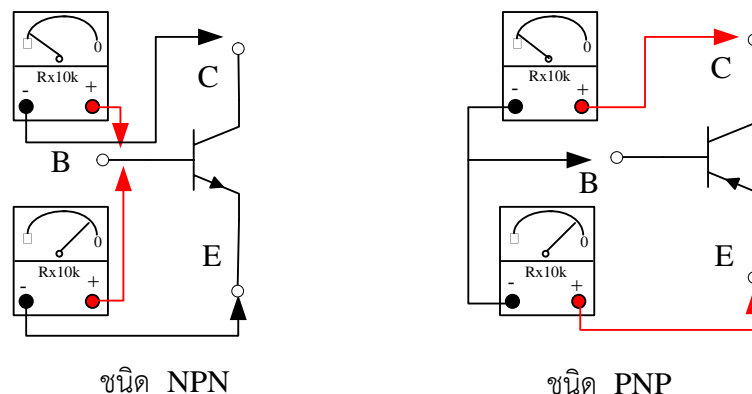


รูปที่ 5 วิธีการวัดหาขาสเบส

3.2.2 การวัดหาขามิตเตอร์

จะเป็นการวัดเพื่อหาขามิตเตอร์โดยอาศัยการวัดแบบไบอัสกลับ เพราะในสารกึ่งตัวนำที่ขา
มิเตอร์และขาคอลเลกเตอร์ ดูตามโครงสร้างแล้วเป็นสารชนิดเดียวกันแต่วิธีการได้ปสารไม่เหมือนกัน
จึงทำให้คุณสมบัติไม่เหมือนกัน โดยที่สารทางขามิตเตอร์เมื่อวัดเทียบขาสเบสจะมีคุณสมบัติเหมือนกับ
ซีเนอร์ไดโอด ส่วนสารทางขาคอลเลกเตอร์เมื่อวัดเทียบขาสเบสจะมีคุณสมบัติเหมือนกับ ไดโอดดังรูป

วิธีการวัดหาขามิตเตอร์แบบไบอัสกลับนี้จะวัดตรงข้ามกับวิธีการวัดหาขาสเบส และให้ใช้ย่านการ
วัดสูงสุดของย่านโอห์มมิเตอร์ (Rx10k)จากการวัดจะสังเกตว่าจะต้องอ่านค่าความต้านทานต่ำได้ คู่เดียว ก็
คือคู่ระหว่างขา B – E และคู่ที่วัดแล้วอ่านค่าความต้านทานได้สูง ก็คือคู่ระหว่างขา B – C ดังรูปที่ 6

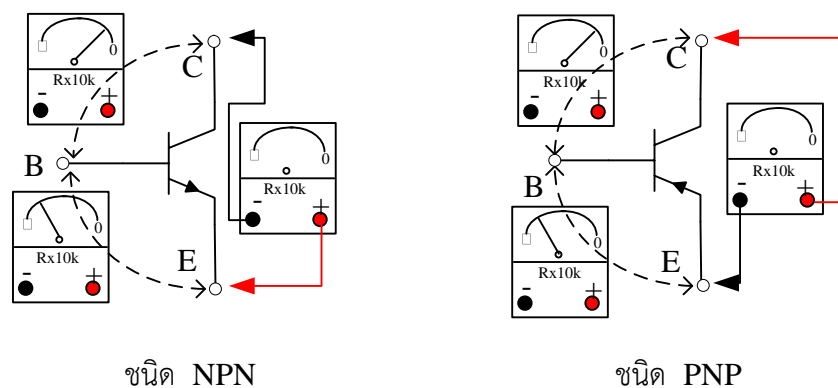


รูปที่ 6 วิธีการวัดหาขามิตเตอร์

3.2.3 การวัดหาคอลเลกเตอร์

วิธีการวัดแบบนี้จะอาศัยหลักการจذبไอส์ให้ที่ขาเบส เมื่อรู้ตำแหน่งของขาเบส และชนิดของทรานซิสเตอร์เรียบร้อยแล้ว ให้ตั้งโอห์มมิเตอร์ในย่าน Rx10k หรือย่านสูงสุด ใช้สายมิเตอร์วัดที่ 2 ขาที่ยังไม่รู้ตำแหน่งของขาอิมิตเตอร์ และตำแหน่งของขาคอลเลกเตอร์ แล้วนำสายตัวนำหรือนิ้วมือจับขาด้านที่สายวัดตรงกับชนิดของทรานซิสเตอร์นำมาแตะที่ตำแหน่งขาเบส ตามรูปที่ 7

ถ้าค่าความต้านทานที่อ่านได้มีค่าต่ำ แสดงว่าเป็นการวัดระหว่าง B – C ถ้าค่าความต้านทานที่อ่านได้มีค่าสูง แสดงว่าเป็นการวัดระหว่าง B – E



รูปที่ 7 การวัดหาคอลเลกเตอร์

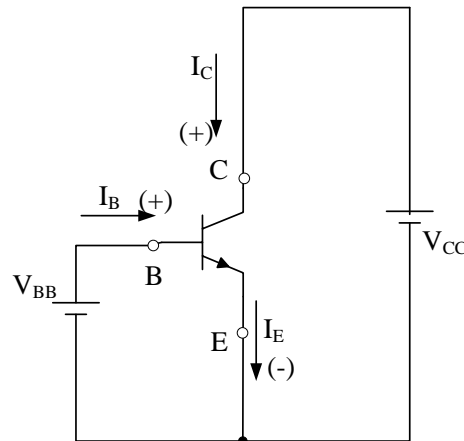
3.3 ย่านการทำงานของทรานซิสเตอร์

การทำงานของทรานซิสเตอร์จะต้องมีการจذبไอส์คือการป้อนแหล่งจ่ายไฟเพื่อให้สารตัวนำชนิด P-type และ N-type เกิดการระกระแส โดยเบื้องต้นรอยต่อระหว่างขาเบสกับขาอิมิตเตอร์จะต้องถูกไบอัสตรง ส่วนรอยต่อระหว่างขาเบสกับขาคอลเลกเตอร์จะต้องถูกไบอัสกลับ แบ่งได้เป็น 3 ย่านดังนี้

1. ย่านลิเนียร์(Linear region)
2. ย่านคัทออฟ (Cutoff region)
3. ย่านอิ่มตัว(Saturation region)

3.3.1 ย่านลิเนียร์(Linear region)

การจัดไบอัสแบบนี้ต้องให้ตรงรอยต่อ ระหว่างขา B – E ถูกไบอัสตรง(Forward bias) และที่รอยต่อระหว่างขา B – C จะต้องถูกไบอัสกลับ(Reverse bias) ดังรูปที่ 8 เป็นผลให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเพราะมีกระแสอินพุต I_B และส่งผลให้กระแสเอาต์พุต I_C มีค่าสูงตามค่าอัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ ตัวนั้นๆ

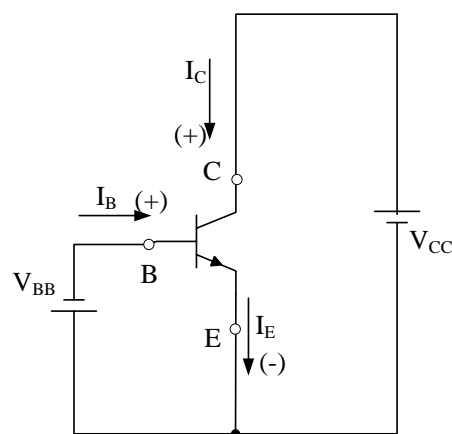


ชนิด NPN

รูปที่ 8 การทำงานในย่านลิเนียร์

3.3.2 การทำงานในย่านคัทออฟ (Cutoff region)

การจัดไบอัสต้องให้ตรงรอยต่อ ระหว่างขา B – E ถูกไบอัสกลับ และที่รอยต่อระหว่างขา B – C จะต้องถูกไบอัสกลับ ดังรูปที่ 9 จะส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงานเพราะกระแสอินพุต I_B มีค่าเท่ากับ 0 ส่งผลให้กระแสเอาต์พุต I_C มีค่าเท่ากับ 0 ด้วย

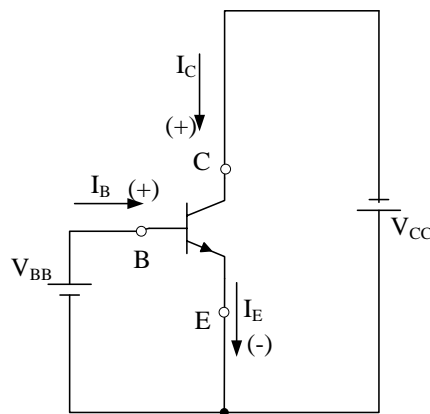


ชนิด NPN

รูปที่ 9 การทำงานในย่านคัทออฟ

3.3.3 ย่านอิ่มตัว(Saturation region)

การจัดไบอัสแบบนี้ต้องให้ตรงรอยต่อ ระหว่างขา B – E ถูกไบอัสตรง และที่รอยต่อระหว่างขา B – C จะต้องถูกไบอัสตรง ดังรูปที่ 10 เป็นผลให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเพราะมีกระแสอินพุต I_B และส่งผลให้กระแสเอาท์พุต I_C มีค่าสูง ตามค่าอัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ตัวนั้นๆ และมีค่าสูงกว่าค่ากระแส I_C ในย่านลิเนียร์ จนทำให้แรงดันตกคร่อมรอยต่อระหว่าง C กับ E มีค่าคงที่ค่าหนึ่งซึ่งน้อยมาก เรียกว่าแรงดันอิ่มตัว $V_{CE(sat)}$

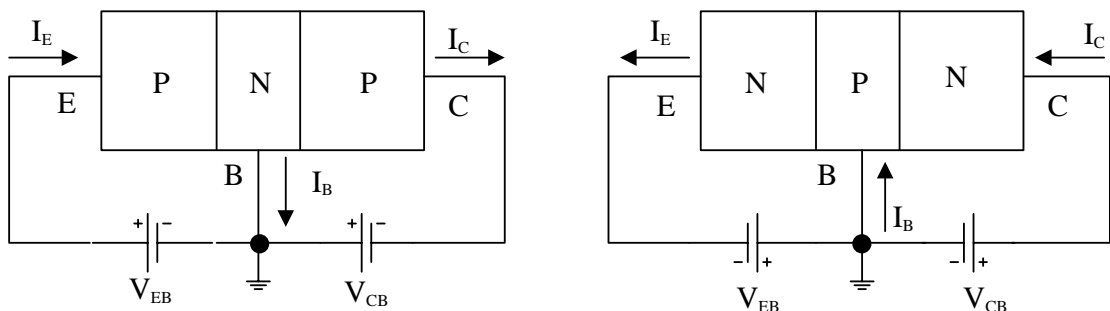


ชนิด NPN

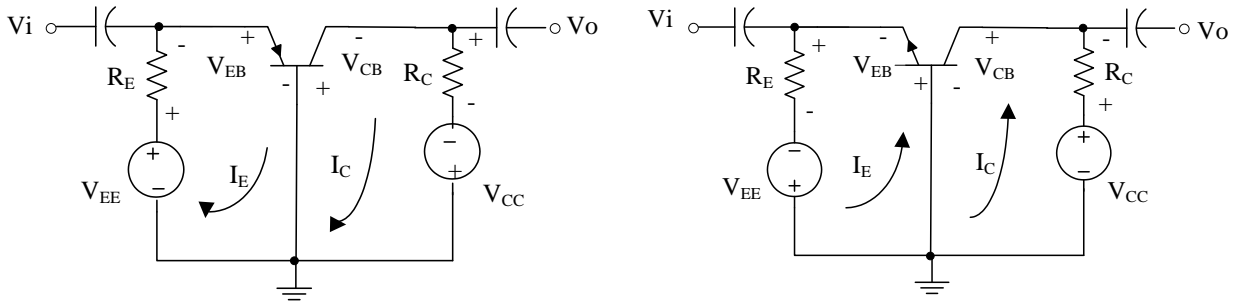
รูปที่ 10 การทำงานในย่านอิ่มตัว

3.4 คุณสมบัติของคอมมอนเบส(Common Base)

การจัดวงจรคอมมอนเบส จะใช้ขาเบสเป็นขาร่วมระหว่างขาอินพุตคือขาอิมิตเตอร์และขาเอาท์พุตคือขาคอลเลกเตอร์ โดยยึดหลักการไบอัสเบื้องต้นคือระหว่างรอยต่อเบสกับอิมิตเตอร์จะต้องถูกไบอัสตรง ส่วนระหว่างรอยต่อเบสกับคอลเลกเตอร์จะต้องถูกไบอัสกลับ ดังแสดงในรูปที่ 11



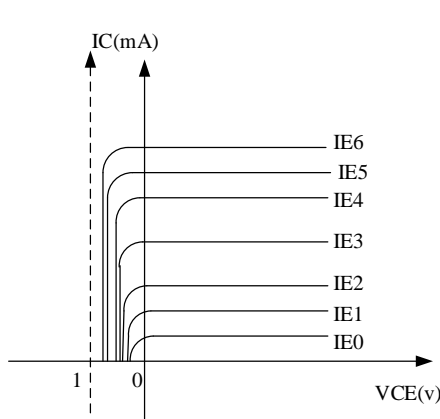
ก) การจัดวงจรตามโครงสร้าง



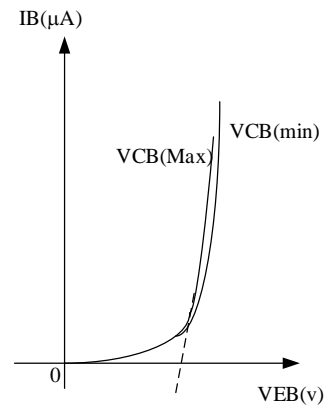
ข) การจัดวงจรตามสัญลักษณ์

รูปที่ 11 การจัดไบอัสคอมมอนเบส

กราฟคุณสมบัติของคอมมอนเบส



ก) กราฟคุณสมบัติทางด้านเอาต์พุต



ข) กราฟคุณสมบัติทางด้านอินพุต

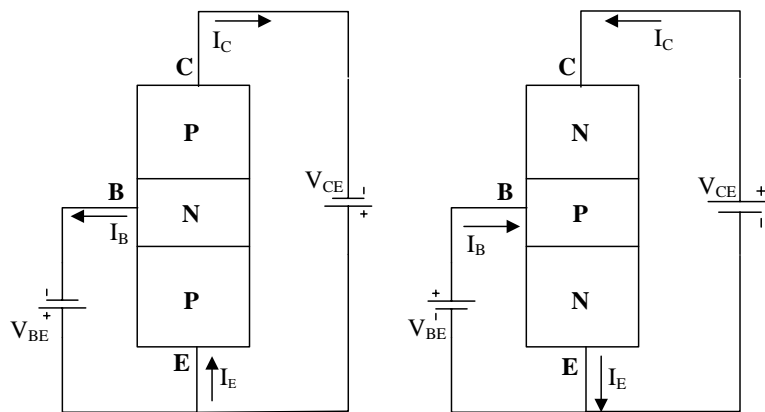
รูปที่ 12 กราฟคุณสมบัติของคอมมอนเบส

จากกราฟคุณสมบัติทางด้านเอาต์พุตจะเห็นว่าเส้นกราฟจะเป็นเส้นตรง นั่นก็หมายความว่า อัตราขยายทางกระแส (α) มีค่าเท่ากับ 1 เพราะค่ากระแส I_E มีค่าเท่ากับกระแส I_C ดังนั้นถ้าต้องการ กระแสทางเอาต์พุตมีค่ามาก ก็ป้อนกระแสทางอินพุตมีค่ามากเช่นกัน และข้อแตกต่างจากวงจรอื่นก็คือ แรงดันที่ไบอัสที่ขาคอลเล็กเตอร์ สามารถให้ถูกไบอัสตรงได้แต่ไม่เกินแรงดันคัทอินของไดโอด

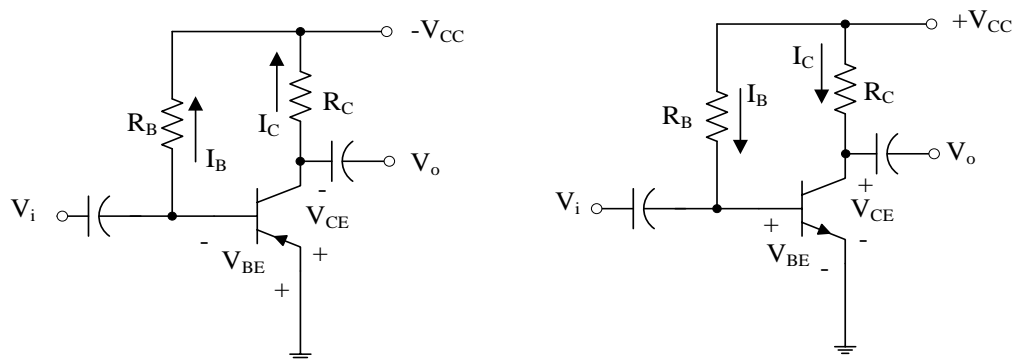
ส่วนกราฟคุณสมบัติทางด้านอินพุต จะสังเกตเห็นว่าเมื่อแรงดันที่เอาท์พุต V_{CB} มีค่ามากจะเห็นว่าทรานซิสเตอร์จะทำงานได้ไวขึ้น

3.5 คุณสมบัติของคอมมอนอีมิตเตอร์(Common Emitter)

การจัดวงจรคอมมอนอีมิตเตอร์ จะใช้ขาอีมิตเตอร์เป็นขาร่วมระหว่างขาอินพุตคือขาเบสและขาเอาท์พุตคือขาคอลเลกเตอร์ โดยยึดหลักการไบอัสเบื้องต้นคือระหว่างรอยต่อเบสกับอีมิตเตอร์จะต้องถูกไบอัสตรง ส่วนระหว่างรอยต่อเบสกับคอลเลกเตอร์จะต้องถูกไบอัสกลับ ดังแสดงในรูปที่ 13



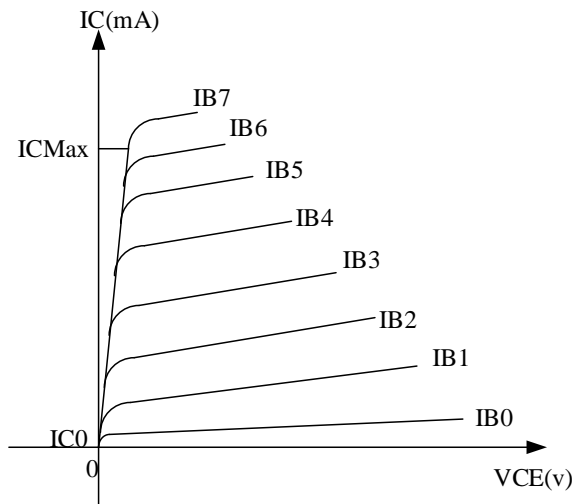
ก) การจัดวงจรตามโครงสร้าง



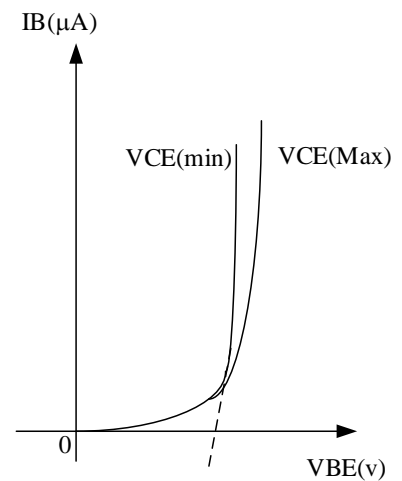
ข) การจัดวงจรตามสัญลักษณ์

รูปที่ 13 การจัดไบอัสของคอมมอนอีมิตเตอร์

กราฟคุณสมบัติของอิมิตเตอร์



ก) กราฟคุณสมบัติทางด้านเอาต์พุต



ข) กราฟคุณสมบัติทางด้านอินพุต

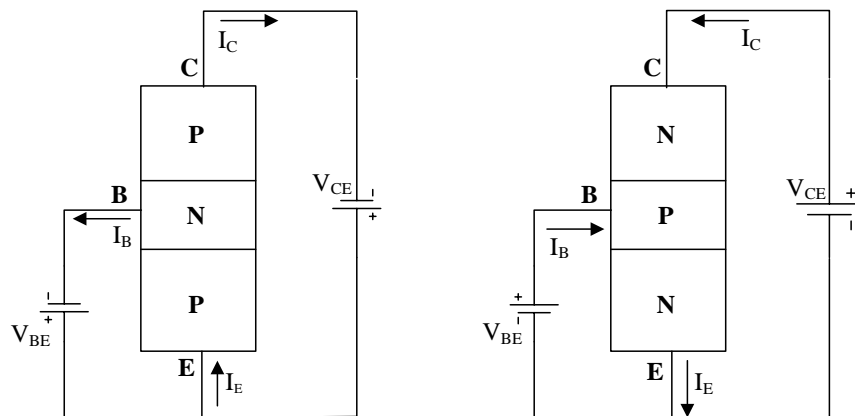
รูปที่ 14 กราฟคุณสมบัติของคอมมอนอิมิตเตอร์

จากกราฟคุณสมบัติทางด้านเอาต์พุต เมื่อมีการป้อนกระแสทางอินพุต $I_B (\mu A)$ จะทำให้กระแสทางเอาต์พุตคือ $I_C (mA)$ มีค่ามากที่สุดที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าอัตราส่วนของกระแส $I_C (mA)$ กับกระแส $I_B (\mu A)$ มีค่ามากที่สุดอัตราขยายทางกระแสเบต้า (β) มีค่าสูง แต่จากกราฟจะเห็นว่าค่า β จะมีค่ามากในตอนเริ่มต้นและจะค่อยๆ ลดลงเมื่อเพิ่มกระแส I_B ถึงค่าๆ หนึ่ง เมื่อ I_C มีค่าสูงขึ้นจะสังเกตเห็นว่าแรงดันทางเอาต์พุต V_{CE} จะลดลง (เส้นกราฟกระแส I_C จะหดสั้นลง) นั่นแสดงว่ากระแส I_C จะแปรผกผันกับแรงดัน V_{CE}

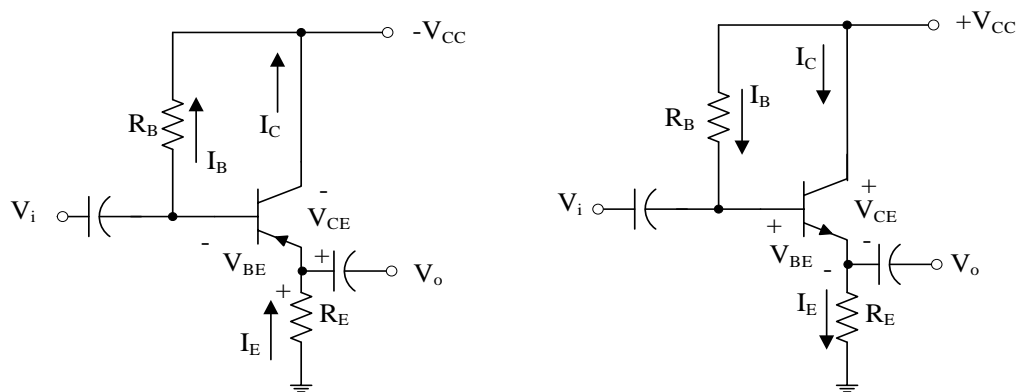
ส่วนกราฟคุณสมบัติทางด้านอินพุต จะสังเกตเห็นว่าเมื่อแรงดันที่เอาต์พุต V_{CE} มีค่าต่ำ จะเห็นว่าทรานซิสเตอร์จะทำงานได้ไวขึ้น สังเกตจากเส้นกราฟกระแส I_B จะมีความชันมาก

3.6 คุณสมบัติของคอมมอนคอลเลกเตอร์(Common Collector)

การจัดวงจรคอมมอนคอลเลกเตอร์ จะมีลักษณะคล้ายกับคอมมอนอีมิเตอร์ แตกต่างกันตรงที่ขาเอาท์พุทจะเป็นอีมิเตอร์ ส่วนเรื่องการไบอัสเหมือนกันคือระหว่างรอยต่อเบสกับอีมิเตอร์จะต้องถูกไบอัสตรง ส่วนระหว่างรอยต่อเบสกับคอลเลกเตอร์จะต้องถูกไบอัสกลับ ดังแสดงในรูปที่ 12



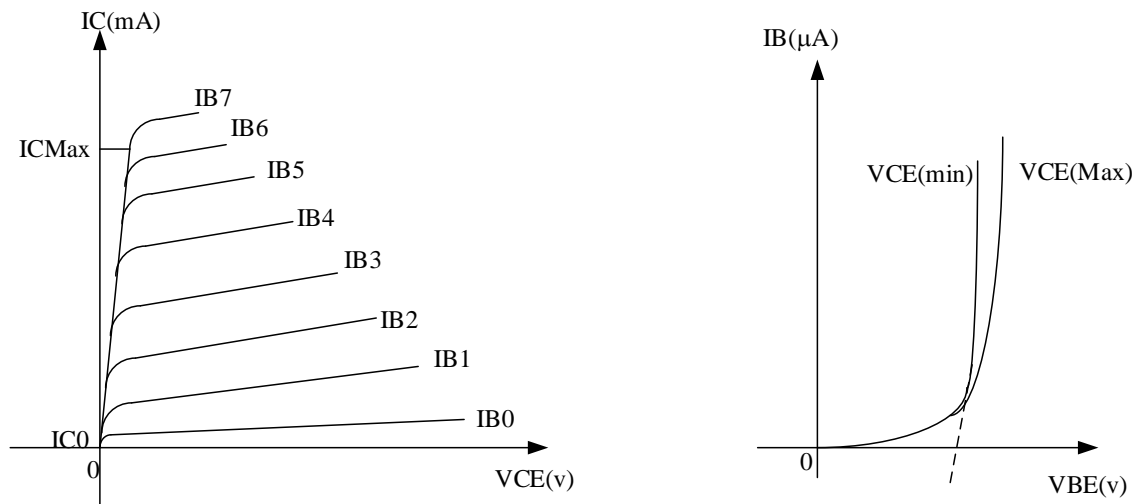
ก) การจัดวงจรตามโครงสร้าง



ข) การจัดวงจรตามสัญลักษณ์

รูปที่ 15 การจัดไบอัสของคอมมอนคอลเลกเตอร์

กราฟคุณสมบัติของคอมมอนคอลเล็กเตอร์



ก) กราฟคุณสมบัติทางด้านเอาต์พุต

ข) กราฟคุณสมบัติทางด้านอินพุต

รูปที่ 16 กราฟคุณสมบัติของคอมมอนคอลเล็กเตอร์

จากกราฟคุณสมบัติทางด้านเอาต์พุต เมื่อมีการป้อนกระแสทางอินพุต I_B จะทำให้กระแสทางเอาต์พุตคือ I_C มีค่ามาก ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าการจัดวงจรแบบนี้จะทำให้มีค่าอัตราขยายทางกระแสแกมมา (r) มีค่าสูง

$$r = \frac{I_E}{I_B} = \frac{I_C}{I_B} + 1$$

$$r = \beta + 1$$

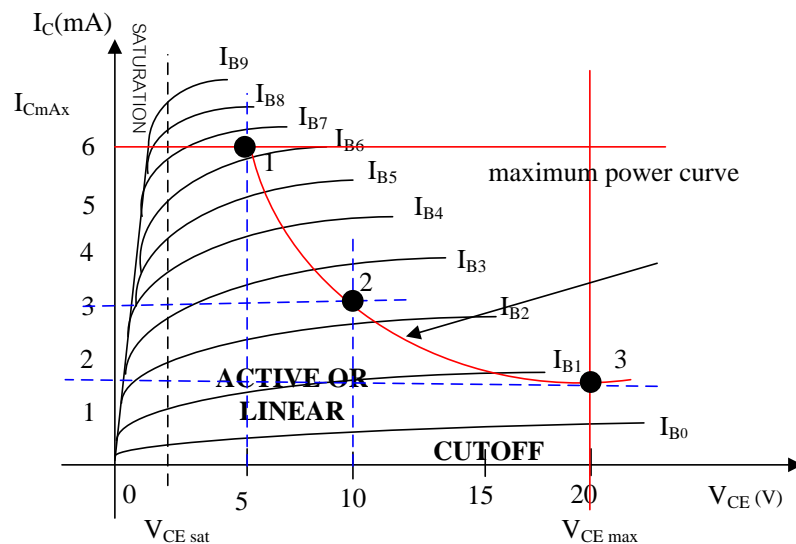
แต่จากกราฟจะเห็นว่าค่า r จะมีค่ามากในตอนเริ่มต้นและจะค่อยๆ ลดลงเมื่อเพิ่มกระแส I_B ถึงค่าๆ หนึ่ง เมื่อ I_C มีค่าสูงขึ้นจะสังเกตเห็นว่าแรงดันทางเอาต์พุต V_{CE} จะลดลง นั่นแสดงว่ากระแส I_C จะแปรผกผันกับแรงดัน V_{CE}

ส่วนกราฟคุณสมบัติทางด้านอินพุต จะสังเกตเห็นว่าเมื่อแรงดันที่เอาต์พุต V_{CE} มีค่าต่ำ จะเห็นว่าทรานซิสเตอร์จะทำงานได้ไวขึ้นกระแสทางอินพุต I_B จะมีค่าสูง

3.6 ขีดจำกัดการทำงานของทรานซิสเตอร์

สิ่งที่ควรทราบเป็นอย่างยิ่งก่อนที่จะนำทรานซิสเตอร์ไปใช้งานเบื้องต้น 3 ค่าซึ่งดูได้จากคู่มือในแต่ละเบอร์ที่ใช้งาน

- ขีดจำกัดทางด้านทนกำลังไฟฟ้า (Collector dissipation power , P_D)
- ขีดจำกัดทางด้านทนแรงดัน (Collector Voltage , V_{Cmax})
- ขีดจำกัดทางด้านทนกระแส (Collector Current , I_{Cmax})



รูปที่ 17 แสดงการหาขีดจำกัดของทรานซิสเตอร์

ซึ่งพารามิเตอร์ทั้ง 3 เป็นค่าพื้นฐานที่สำคัญ สำหรับการเลือกใช้งานและออกแบบเพื่อเป็นตัวป้องกันความเสียหายของตัวทรานซิสเตอร์ส่วนการหาเส้นกราฟของ power จะหาได้จากคำนวณ

สมมติว่า ขีดจำกัดอัตราทนกำลังไฟฟ้า $Power = 30 \text{ mW}$; $V_{CE} = 20 \text{ v}$; $I_C = 6 \text{ mA}$

ให้หาเส้นกราฟของกำลังไฟฟ้าจากสมการ $P_C = V_C \cdot I_C$

จุดที่1. ขีดจำกัดอัตราทนกำลังไฟฟ้า $Power$ เท่ากับ 30 mW

เลือกค่าแรงดัน $V_{CE} = 5 \text{ v}$ และกระแส $I_C = 6 \text{ mA}$

$$P_C = 5 \text{ v} \times 6 \text{ mA} = 30 \text{ mW}$$

จุดที่2. ขีดจำกัดอัตราทนกำลังไฟฟ้า Power เท่ากับ 30 mW

เลือกค่าแรงดัน $V_{CE} = 10 \text{ v}$ และกระแส $I_C = 3 \text{ mA}$

$$P_C = 10 \text{ v} \times 3 \text{ mA} = 30 \text{ mW}$$

จุดที่3. ขีดจำกัดอัตราทนกำลังไฟฟ้า Power เท่ากับ 30 mW

เลือกค่าแรงดัน $V_{CE} = 20 \text{ v}$ และกระแส $I_C = 1.5 \text{ mA}$

$$P_C = 20 \text{ v} \times 1.5 \text{ mA} = 30 \text{ mW}$$

สรุปคุณสมบัติของทั้ง 3 คอมมอน

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอมมอนทรานซิสเตอร์

คุณสมบัติ	CB..	CE.	CC.
อัตราขยายกระแส (A_i)	<1	สูง	สูง
อัตราขยายแรงดัน (A_v)	>100	>100	$\cong 1$
อัตราขยายกำลัง (A_p)	ปานกลาง	สูง	ต่ำ
อินพุตอิมพีแดนซ์ (z_i)	ต่ำ	สูง	สูง
เอาพุตอิมพีแดนซ์ (Z_o)	สูง	สูง	ต่ำ

แบบฝึกหัดคุณสมบัติทรานซิสเตอร์

1. ให้เขียนโครงสร้างตามชนิดของทรานซิสเตอร์

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้บอกคุณสมบัติที่สำคัญของคอมมอนอิมิตเตอร์

.....

.....

.....

3. ให้บอกคุณสมบัติที่สำคัญของคอมมอนคอลเล็กเตอร์

.....

.....

.....

4. ให้บอกคุณสมบัติที่สำคัญของคอมมอนเบส

.....

.....

.....

5. จงบอกความสัมพันธ์ระหว่าง กระแส I_C และแรงดัน V_{CE} ของคอมมอนอิมิตเตอร์

.....

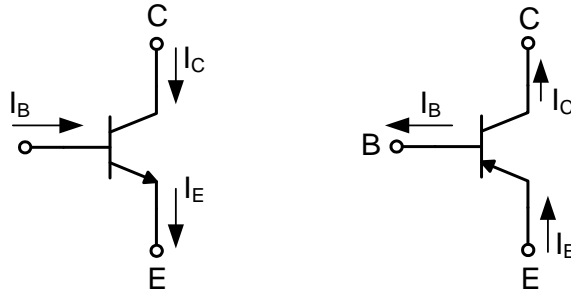
.....

.....

6. จงบอกความสัมพันธ์ระหว่าง กระแส I_C และ I_B ที่มีต่อค่าเบต้า(β)

.....

7. จากสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ให้เขียนสมการกระแส



ชนิด NPN

ชนิด PNP

8. อธิบายวิธีการไบอัสทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในย่าน Linear Region (ย่านวงจรถยาย)

9. อธิบายวิธีการไบอัสทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในย่าน Cutoff Region (ย่านหยุดทำงาน)

10. อธิบายวิธีการไบอัสทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในย่าน Saturation Region (ย่านอิ่มตัว)

ใบงานที่

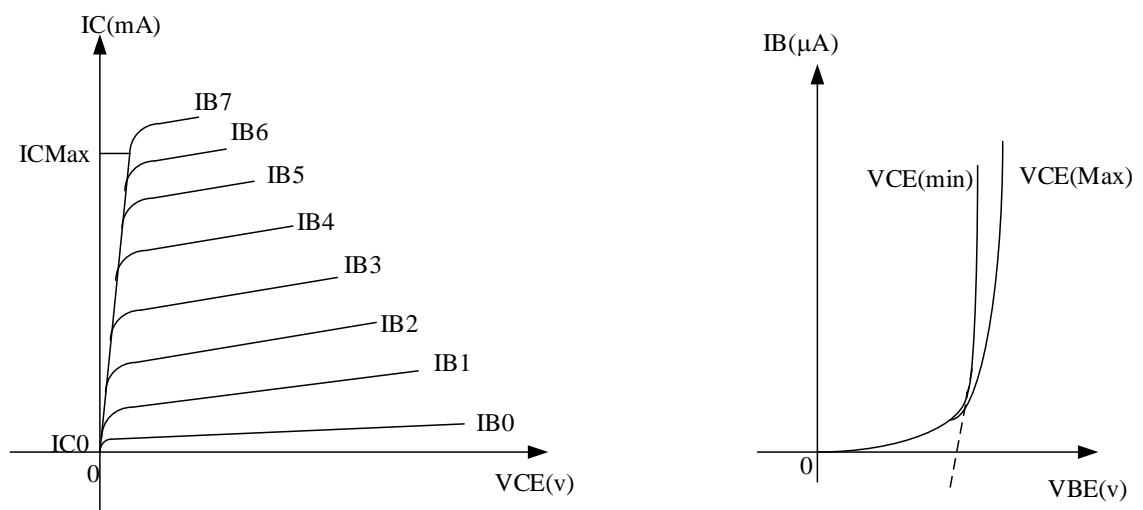
กราฟคุณสมบัติของคอมมอนอิมิตเตอร์

วัตถุประสงค์

1. สามารถวัดหากราฟคุณสมบัติทางอินพุตและเอาต์พุต ของคอมมอนอิมิตเตอร์ ได้
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดัน ทางอินพุต ได้
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดัน ทางเอาต์พุต ได้
4. นักศึกษาปฏิบัติงานเป็นกลุ่มได้ดี

ทฤษฎีประกอบการทดลอง

กราฟคุณสมบัติทาง input and output ของ common-Emitter



ก) กราฟคุณสมบัติทางด้านเอาต์พุต

ข) กราฟคุณสมบัติทางด้านอินพุต

จากกราฟคุณสมบัติทางด้านเอาต์พุต เมื่อมีการป้อนกระแสทางอินพุต I_B จะทำให้กระแสทางเอาต์พุตคือ I_C มีค่ามาก ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าการจัดวงจรแบบนี้จะทำให้มีค่าอัตราขยายทางกระแส (β) มีค่าสูง แต่จากกราฟจะเห็นว่าค่า β จะมีค่ามากในตอนเริ่มต้นและจะค่อยๆ ลดลงเมื่อเพิ่มกระแส I_B ถึงค่าๆ หนึ่ง เมื่อ I_C มีค่าสูงขึ้นจะสังเกตเห็นว่าแรงดันทางเอาต์พุต V_{CE} จะลดลง นั่นแสดงว่ากระแส I_C จะแปรผกผันกับแรงดัน V_{CE}

ส่วนกราฟคุณสมบัติทางด้านอินพุท จะสังเกตเห็นว่าเมื่อแรงดันที่เอาท์พุท V_{CE} มีค่าต่ำ จะเห็นว่าทรานซิสเตอร์จะทำงานได้ไวขึ้นกระแสทางอินพุท I_B จะมีค่าสูง

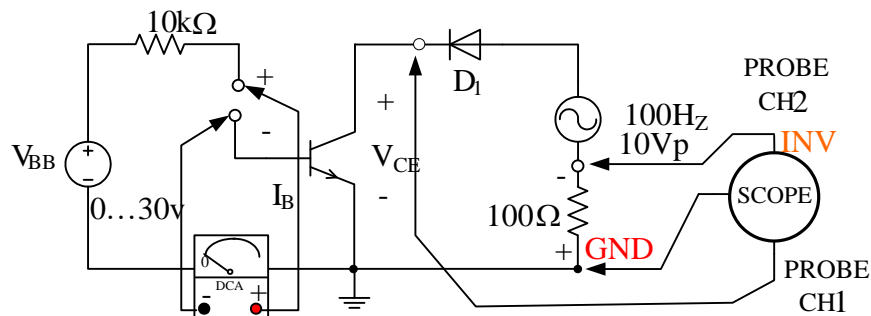
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ออสซิลโลสโคป
2. มัลติมิเตอร์
3. เครื่องกำเนิดสัญญาณฟังก์ชัน
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง
5. แผงต่อวงจรโฟโต้บอร์ด และ สายต่อวงจร
6. ทรานซิสเตอร์ BC548 ไดโอด 1N4001 ตัวต้านทาน $10k\Omega$, 100Ω

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. การวัดหากราฟคุณสมบัติทางเอาท์พุท : $i_C = f(V_{CE})$

1.1 ต่อวงจรตามรูปข้างล่าง



1.2 เลือกสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณฟังก์ชัน เป็นรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 kHz ปรับขนาด

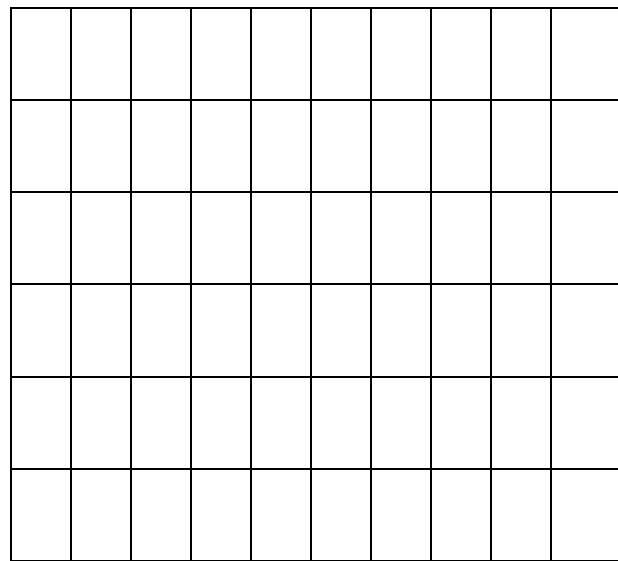
แรงดันของสัญญาณ $10 V_{Peak}$

1.3 ใช้ออสซิลโลสโคป CH1 วัดสัญญาณที่ขาคอลเล็กเตอร์ และออสซิลโลสโคป CH2 วัดตกคร่อม

ตัวต้านทาน 100Ω แล้วปรับการวัดให้อยู่ในโหมด X-Y

1.4 ทำการปรับแหล่งจ่าย V_{BB} ให้ได้กระแสที่แอมมิเตอร์ (I_B) $20\mu A$ แล้ว บันทึกผลที่ค่า I_B ลง

ในตารางกราฟ



.....V/DIV

.....V/DIV

1.5 ทำการปรับแหล่งจ่าย V_{BB} ให้ได้กระแสที่แอมมิเตอร์ (I_B) $40\mu A$, $80\mu A$ และ $100\mu A$

ตามลำดับแล้ว บันทึกผลที่ค่า I_B ค่าต่างๆ ลงในตารางกราฟอันเดียวกัน

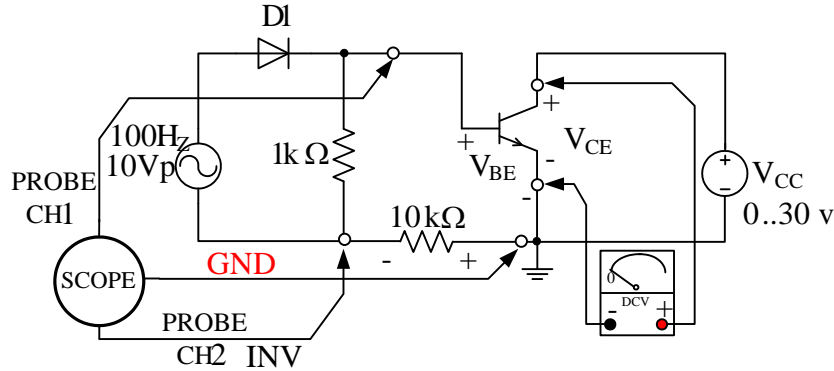
(ห้ามปรับปุ่ม Volt/Div และ Time/Div เด็ดขาด)

หมายเหตุ

การวัด $i_C = f(V_{CE})$ เป็นการวัดในโหมด X-Y ซึ่ง x- input คือการวัดแรงดัน V_{CE} ส่วน y-output คือการวัดแรงดัน - V_{RS} (คือค่ากระแส) ทำให้เป็นค่าบวก V_{RS} โดยใช้ฟังก์ชัน INV ที่ CH2 (Y)

2. การวัดหากราฟคุณสมบัติทางอินพุต $i_B = f(V_{BE})$

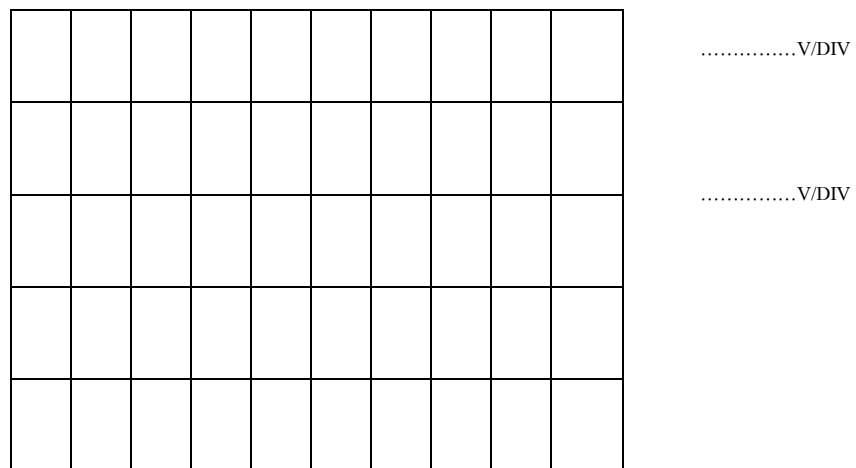
2.1 ต่วงจรตามรูปข้างล่าง



2.2 เลือกสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณฟังก์ชัน เป็นรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 kHz ปรับค่าแรงดันของสัญญาณ 10 V_{Peak}

2.3 ใช้ออสซิลโลสโคป CH1 วัดสัญญาณที่ขาเบส และออสซิลโลสโคป CH2 วัดตกคร่อมตัวต้านทาน 10kΩ แล้วปรับการวัดให้อยู่ในโหมด X-Y

2.4 ปรับแหล่งจ่ายไฟตรง V_{CC} ให้ได้แรงดันที่ V_{CE} = 0 แล้ว ทำการบันทึกภาพลงในตาราง



2.5 ปรับค่าแรงดัน V_{CE} = 5V บันทึกผลลงในตารางกราฟอันเดิม ตามลำดับ

(ห้ามปรับปุ่ม Volt/Div และ Time/Div เด็ดขาด)

หมายเหตุ

ความต้านทาน 1kΩ ช่วยให้การ rectifier ของ diode เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและช่วยลด output impedance ของ source (เพื่อลด noise)

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง

ชื่อ - สกุลชั้น/กลุ่ม.....เลขที่.....

ลำดับที่	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน				หมายเหตุ
		3	2	1	0	
1	การตรงต่อเวลา					
2	การแต่งกาย					
3	ความตั้งใจการปฏิบัติงาน					
4	การทำงานร่วมกับผู้อื่น					
5	การเตรียม / เก็บรักษาเครื่องมือ					
6	ทักษะในการปฏิบัติงาน					
7	ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน					
8	ส่งงานตามกำหนดเวลา					
9	ความถูกต้องของใบงาน					
10	สรุปผลการทดลอง					
	รวมคะแนน					

สรุปผลการประเมิน ผ่าน ไม่ผ่าน คะแนนที่ได้

ข้อเสนอแนะ

ลงชื่อผู้ประเมิน

(นายชาติรี เรืองชัยภูมิ)

เกณฑ์การประเมิน

ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติถูกต้องสม่ำเสมอ

ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติถูกต้องเป็นบางครั้ง

ระดับ 1 หมายถึง ปฏิบัติถูกต้องน้อยครั้ง

ระดับ 0 หมายถึง ไม่ปฏิบัติเลย

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 3

คุณสมบัติทรานซิสเตอร์

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. ทรานซิสเตอร์แบ่งได้กี่ชนิด
 - ก. 1ชนิด
 - ข. 2ชนิด
 - ค. 3ชนิด
 - ง. 4ชนิด
- จ. ทรานซิสเตอร์ประกอบด้วย 3 ขั้ว มีชื่อเรียกตรงกับข้อใด
 - ก. Drain, Source, Gate
 - ข. Anode, Cathode, Gate
 - ค. Main terminal, drain, Gate
 - ง. Emitter, Base, Collector
- ฉ. ขาของทรานซิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์ ตรงกับข้อใด
 - ก. เบส-อิมิตเตอร์
 - ข. คอลเลคเตอร์ – อิมิตเตอร์
 - ค. เบส – คอลเลคเตอร์
 - ง. คอลเลคเตอร์ – เบส
4. ข้อใด ไม่ใช่ คุณสมบัติของวงจรรขยายแบบอิมิตเตอร์
 - ก. อัตราการขยายทางด้านกระแส (α) น้อยกว่า 1 เสมอ
 - ข. สัญญาณด้านเอาต์พุตมีเฟสตรงกันข้ามกันกับสัญญาณอินพุต 180 องศา
 - ค. มีค่าอัตราการขยายทางด้านกระแส (Current Gain) หรือ β สูง
 - ง. อัตราการขยายทางด้านแรงดัน (Voltage Gain) หรือ A_v สูง
5. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของวงจรรขยายแบบคอมมอนเบส
 - ก. อัตราการขยายทางด้านแรงดัน (Voltage Gain) หรือ A_v สูง
 - ข. เอต์พุตอิมพีแดนซ์สูงเท่า R_c
 - ค. อินพุตอิมพีแดนซ์ต่ำมีค่าปรับเป็นโอห์ม

- ง. มีค่าอัตราขยายทางด้านกระแส (Current Gain) หรือ β สูง
6. ข้อใดกล่าวถึงสูตรในการระหว่างกระแสอิมิตเตอร์ (I_E) ได้อย่างถูกต้อง
- $I_E = I_B \times I_C$
 - $I_E = I_E / I_C$
 - $I_E = I_B - I_C$
 - $I_E = I_B + I_C$
7. เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้า +5 V เข้าที่เบสอินพุตจะทำให้ค่าความต้านทานระหว่างอิมิตเตอร์และคอลเลกเตอร์เป็นอย่างไร
- มีค่าต่ำ
 - มีค่าสูง
 - ไม่เปลี่ยนแปลง
 - ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุต
8. สมมติให้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่วงจรถยายสัญญาณ จะต้องให้ไบอัสในย่านใด
- ย่านลิเนียร์
 - ย่านคัทออฟ
 - ย่านอิมิตัว
 - ย่าน saturation
9. ทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในย่านอิมิตัว ข้อใดกล่าวถูกต้อง
- กระแส $I_C = 0A$
 - แรงดัน $V_{CE} = 0V$
 - กระแส $I_C = I_{C_{Max}}$
 - แรงดัน $V_{CE} = V_{CC}$
10. ทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในย่านคัทออฟ ข้อใดกล่าวถูกต้อง
- กระแส $I_C = 0A$
 - แรงดัน $V_{CE} = 0V$
 - กระแส $I_C = I_{C_{Max}}$
 - แรงดัน $V_{CE} = V_{CC}$

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 3
คุณสมบัติทรานซิสเตอร์

ข้อ	เฉลย
1	ข
2	ง
3	ก
4	ก
5	ง
6	ง
7	ก
8	ก
9	ข
10	ง