

หน่วยที่ 6

ทรานซิสเตอร์

สาระสำคัญ

ทรานซิสเตอร์ (Transistor) คือ อุปกรณ์จำพวกสารกึ่งตัวนำที่ถูกพัฒนาขึ้นมาสำหรับใช้งานแทนหลอดสุญญากาศ เพื่อทำหน้าที่ขยายสัญญาณหรือให้เป็นสวิตช์ทางอิเล็กทรอนิกส์ มีอยู่ 2 ชนิด คือ NPN และ PNP ประกอบด้วยขา 3 ขาคือ เบส อิมิตเตอร์และคอลเลคเตอร์ ในการใช้งานทรานซิสเตอร์ ยังคงต้องจัดไบแอสให้แก่ทรานซิสเตอร์ให้ได้กระแสไหลผ่านตัวมันเป็นไปตามสมการ $I_E = I_C + I_B$ ข้อสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ การตรวจสอบทรานซิสเตอร์จะช่วยให้เราทราบชนิดของทรานซิสเตอร์ ขาต่าง ๆ ตลอดจนสามารถบ่งบอกได้ว่าทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาพดีหรือเสีย

เรื่องที่จะศึกษา

- 6.1 บทนำ
- 6.2 โครงสร้าง สัญลักษณ์และชนิดต่าง ๆ ของทรานซิสเตอร์
- 6.3 การจัดไบแอสทรานซิสเตอร์
- 6.4 คุณลักษณะของทรานซิสเตอร์
- 6.5 การตรวจสอบทรานซิสเตอร์

จุดประสงค์การสอน

1. จุดประสงค์ทั่วไป

- 1.1 เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับโครงสร้าง สัญลักษณ์ และชนิดต่าง ๆ ตลอดจนคุณลักษณะของทรานซิสเตอร์
- 1.2 เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบทรานซิสเตอร์ ก่อนนำไปใช้งาน

1.3 เพื่อให้ นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนทรานซิสเตอร์ ทั้งในด้านการทำงานร่วมกัน เป็นกลุ่ม ความมีวินัย ความรับผิดชอบ การใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างประหยัดและรู้คุณค่า

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทเรียนหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- 2.1 บอกลักษณะโครงสร้าง สัญลักษณ์ และชนิดต่าง ๆ ของทรานซิสเตอร์ได้
- 2.2 บอกวิธีการจัดไบแอสให้แก่ทรานซิสเตอร์ได้
- 2.3 บอกคุณลักษณะของทรานซิสเตอร์ได้
- 2.4 บอกวิธีตรวจสอบหาขาและชนิดต่าง ๆ ของทรานซิสเตอร์ได้
- 2.5 สามารถประกอบวงจรการทดลองหาคุณลักษณะของทรานซิสเตอร์ได้

คุณธรรมและจริยธรรมที่มุ่งเน้น

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

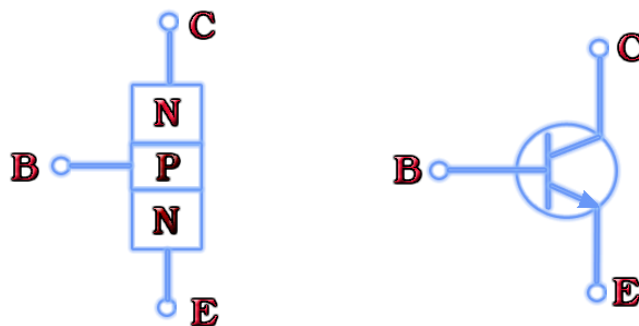
6.1 บทนำ

ทรานซิสเตอร์ (Transistor) จัดเป็นอุปกรณ์จำพวกโซลิดสเตต (Solid state) คือ ผลิตขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำ ถูกนำมาใช้งานในลักษณะการเป็นสวิตช์ทางอิเล็กทรอนิกส์ หรือนำไปขยายสัญญาณ ขยายกำลัง มันถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้งานแทนอุปกรณ์จำพวกหลอดสุญญากาศ เนื่องจากว่ามีขนาดเล็ก กินพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งน้อย กินกำลังไฟฟ้า ประกอบด้วยรอยต่อของสารกึ่งตัวนำจำนวน 3 ชั้น มีขาสำหรับต่อใช้งาน 3 ขา คือขาเบส (Base ; B) ขาอิมิตเตอร์ (Emitter ; E) และขาคอลเลกเตอร์ (Collector ; C)

6.2 โครงสร้าง สัญลักษณ์และชนิดต่าง ๆ ของทรานซิสเตอร์

โดยทั่วไปเราแบ่งทรานซิสเตอร์ตามโครงสร้างได้ 2 ชนิดคือ

1. NPN ทรานซิสเตอร์



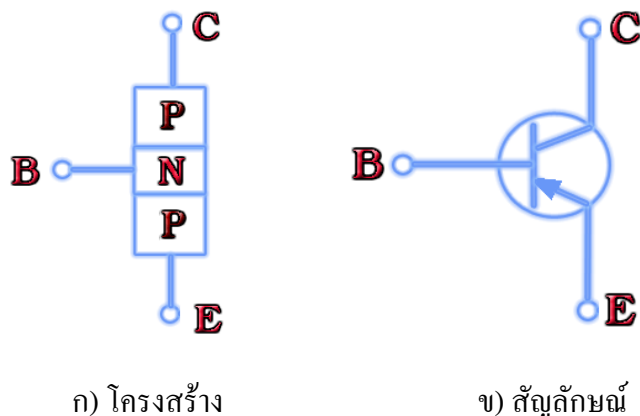
ก) โครงสร้าง

ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 6.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

จากรูปที่ 6.1 ก) จะเห็นว่าโครงสร้างของทรานซิสเตอร์ NPN ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำซิลิกอน ชนิด N และชนิด P ที่นำมาประกบกัน 3 ชั้น (ปัจจุบันไม่นิยมใช้สารกึ่งตัวนำเยอรมันเนียม เพราะมีกระแสรั่วไหลสูง) จะสังเกตเห็นว่ารอยต่อระหว่างเบส (B) กับคอลเลกเตอร์ (C) หรือเบสกับอิมิตเตอร์ (E) เหมือนรอยต่อของไดโอด ดังนั้นการตรวจสอบทรานซิสเตอร์จึงมักหาขา B ก่อน ซึ่งจะทำให้เราทราบชนิดของทรานซิสเตอร์ด้วย ส่วนในรูปที่ 3.6 ข) นั้น จะเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้กัน โดยทั่วไป ขาเบสจะอยู่บริเวณส่วนกลาง ขาคอลเลกเตอร์จะไม่มีหัวลูกศรแต่ขาอิมิตเตอร์ซึ่งอยู่ตรงข้ามกับขาคอลเลกเตอร์จะมีหัวลูกศรชี้ออกด้านนอก

2. PNP ทรานซิสเตอร์



รูปที่ 6.2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

จากรูปที่ 6.2 ก) ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ยังคงมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำซิลิกอนชนิด N และ P เหมือนทรานซิสเตอร์ชนิด NPN แต่จะมีสารชนิด P อยู่ 2 ชั้น และจะมีสารชนิด N อยู่เพียงชั้นเดียว ส่วนในรูป 6.2 ข) นั้นจะเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้งาน ลักษณะยังคงเหมือนกับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN จะต่างกันก็ตรงที่ด้านขาอิมิตเตอร์หัวลูกศรจะชี้เข้าด้านใน

อย่างไรก็ตามขาของทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ชนิด จะมี 3 ขา เหมือนกันมีโครงสร้างเหมือนกันคือ ขาเบส (Base ; B) อยู่ตรงส่วนกลางกึ่งระหว่างขา C และ E 0 มีพื้นที่เนื้อสารตามโครงสร้างน้อยที่สุดและกระแสไหลที่ขานี้มีน้อยที่สุด เรียกว่า กระแสเบส (I_B)

ขาคอลเลคเตอร์ (Collector ; C) จะมีการโต้ปสาร หรือมีการเติมสารเจือปน ลงในโครงสร้างใหญ่ที่สุด กระแสไหลที่ขานี้เกือบเท่ากับขา E แต่น้อยกว่า เรียกว่า กระแสคอลเลคเตอร์ (I_C)

ขาอิมิตเตอร์ (Emitter ; E) เป็นขาที่มีโครงสร้างในการโต้ปสารเจือปนมากรองลงมาจากขา C กระแสไหลที่ขานี้มีมากที่สุด เรียกว่า กระแสอิมิตเตอร์ (I_E)

มีข้อสังเกตเบื้องต้นบางประการ ในการที่เราจะนำทรานซิสเตอร์มาใช้งานเพื่อให้ทราบว่า ทรานซิสเตอร์ตัวนั้น ๆ เป็นชนิด NPN หรือ PNP คือ

ถ้าเบอร์ของทรานซิสเตอร์ขึ้นต้นด้วย 2SA หรือ A จะเป็นชนิด PNP และถูกจัดอยู่ในจำพวก ทรานซิสเตอร์ ใช้งานกับย่านความถี่สูงหรือ RF (Radio frequency)

ถ้าเบอร์ของทรานซิสเตอร์ขึ้นต้นด้วย 2SB หรือ B จะเป็นชนิด PNP และถูกจัดอยู่ในจำพวก ทรานซิสเตอร์ ใช้งานกับย่านความถี่ต่ำหรือความถี่เสียง AF (Audio frequency)

ถ้าเบอร์ของทรานซิสเตอร์ขึ้นต้นด้วย 2SC หรือ C แสดงว่าเป็น NPN ทรานซิสเตอร์ ใช้งานกับย่านความถี่สูงหรือ RF (Radio frequency)

ถ้าเบอร์ของทรานซิสเตอร์ขึ้นต้นด้วย 2SD หรือ D แสดงว่าเป็น NPN ทรานซิสเตอร์ ใช้งานกับย่านความถี่ต่ำหรือความถี่เสียง AF (Audio frequency)

อย่างไรก็ตาม วิธีที่ดีที่สุดที่จะทำให้ทราบชนิดของทรานซิสเตอร์ ก็คือ การตรวจสอบด้วยการ ใช้โอห์มมิเตอร์หรือดูจากคู่มือทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR DATA BOOK)

6.3 การจัดไบแอสทรานซิสเตอร์

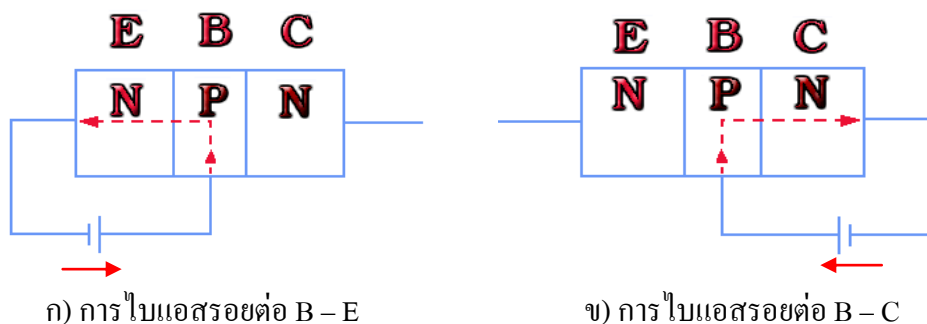
การที่จะให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้นั้น เราจะต้องต่อแหล่งจ่ายไฟตรงเลี้ยงทรานซิสเตอร์ให้ครบทั้ง 3 ขา เพื่อให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานเรียกว่าไบแอสทรานซิสเตอร์ ซึ่งในการไบแอส ทรานซิสเตอร์จะต้องให้ได้การไหลของกระแสที่ขาต่าง ๆ เป็นไปตามสมการดังนี้คือ

$$I_E = I_C + I_B \quad \dots\dots\dots 6.1)$$

เมื่อ I_E = กระแสที่ไหลในขาอิมิตเตอร์มีค่ามากที่สุด

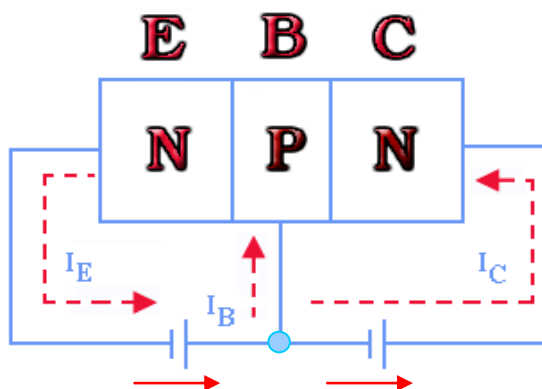
I_C = กระแสที่ไหลในขาคอลเลคเตอร์มีค่ารองจาก I_E

I_B = กระแสที่ไหลในขาเบสมีน้อยที่สุด



รูปที่ 6.3 การไบแอสรอยต่อทรานซิสเตอร์

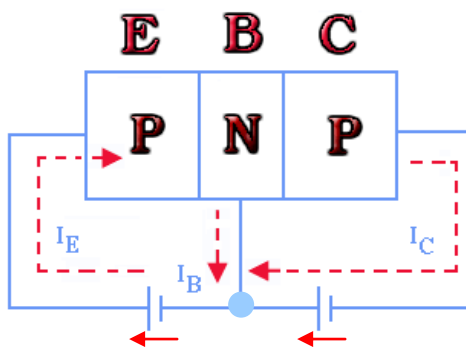
พิจารณารูปที่ 6.3 ถ้าเราทำการไบแอสรอยต่อของทรานซิสเตอร์ โดยให้แยกพิจารณาทีละรอยต่อจะเห็นว่าใน รูปที่ 6.3 ก) เป็นการไบแอสตรงรอยต่อที่ขา B – E ส่วนในรูปที่ 6.3 ข) เป็นการไบแอสตรงรอยต่อที่ขา B – C ซึ่งทั้ง 2 กรณีจะมีกระแสไหลผ่านรอยต่อ B – E และ B- C ได้ แต่ถ้าทำการไบแอสพร้อมกันทั้งรอยต่อ B – E และ B – C เราจะไม่สามารถนำการไบแอสทั้ง 2 กรณีนี้มารวมกันได้ เนื่องจากที่ขา B จะมีกระแสไหลผ่านมากที่สุด ซึ่งผิดหลักการของทรานซิสเตอร์ที่ขา E จะมีกระแสไหลผ่านได้มากที่สุด ขา C มีกระแสไหลผ่านรองลงมาและขา B จะต้องเป็นขาที่มีกระแสไหลผ่านได้น้อยที่สุด ดังนั้นการให้ไบแอสที่ถูกต้องจึงต้องให้ไบแอสดังรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.4 การไบแอสทรานซิสเตอร์ NPN

พิจารณารูปที่ 6.4 เป็นการไบแอสทรานซิสเตอร์ NPN เพื่อให้ทำงาน เราจะให้ไบแอสตรงที่บริเวณรอยต่อ B-E ก่อน หลังจากนั้นพิจารณาทิศทาง การไหลของกระแสขั้ว (การเคลื่อนที่ของโฮล)

ตามสมการที่ 6.1 ระบุไว้ว่า $I_E = I_C + I_B$ ซึ่งจากรูปที่ 6.4 จะเห็นว่ากระแส I_E ที่ไหลออกจากขา E เมื่อมาถึงยังจุดต่อระหว่างขา B กับ C ค่า I_E จะถูกแบ่งออกไปเป็น I_B ส่วนหนึ่งและเป็น I_C อีกส่วนหนึ่ง กระแส I_B นี้จะไหลกลับเข้าไปยังขา B ส่วนกระแส I_C ก็ จะไหลกลับเข้าไปยังขา C ซึ่งหลักการนี้ก็นำไปใช้ในการจัดไบแอสให้กับทรานซิสเตอร์ชนิด PNP เช่นเดียวกัน (รูปวงจรที่พิจารณาจะยังไม่คิดเรื่องโหลด)

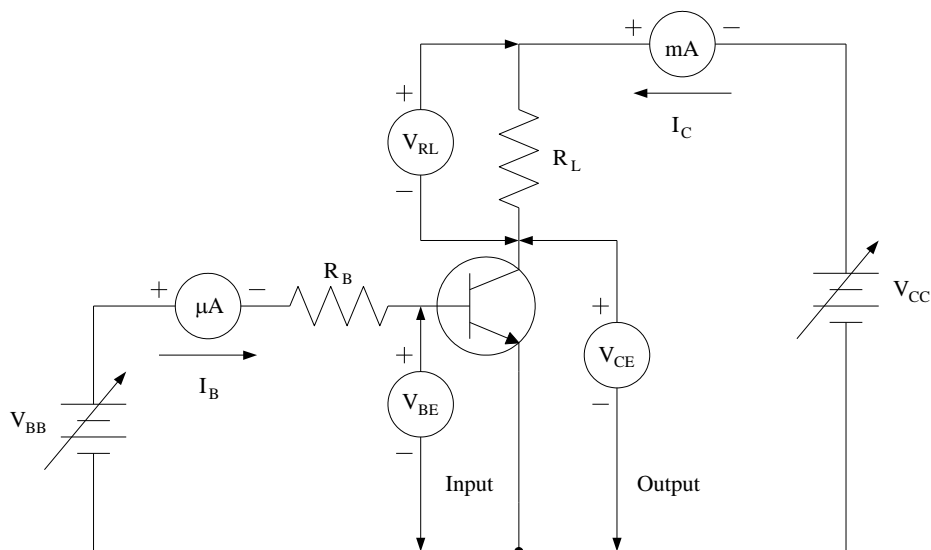


รูปที่ 6.5 การไบแอสทรานซิสเตอร์ PNP

จากรูปที่ 6.5 เราจะยังไม่คิดเรื่องโพลขั้วเช่นเดียวกับรูปที่ 6.4 จะเห็นว่ากระแส I_E ที่ไหลเข้าไปยังขา E จะถูกแบ่งออกไปเป็น I_B ส่วนหนึ่งและเป็น I_C อีกส่วนหนึ่ง กระแส I_B นี้จะไหลออกจากขา B ส่วนกระแส I_C ก็จะไหลออกจากขา C แล้วไปรวมกัน ณ จุดต่อกลายเป็น I_E อีกครั้งหนึ่งซึ่งก็ยังคงมีหลักการเป็นไปตามสมการที่ 6.1 คือ $I_E = I_C + I_B$ นั่นเอง

6.4 คุณลักษณะของทรานซิสเตอร์

เมื่อทำการไบแอสทรานซิสเตอร์ได้แล้ว เราก็สามารถที่จะนำมาต่อวงจรเพื่อหาคุณลักษณะได้ ดังรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 วงจรการหาคุณลักษณะของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

วงจรในรูปที่ 6.6 จะต้องให้ไบแอสทรานซิสเตอร์ครบทุกขงจรจึงจะทำงาน โดยถ้าปรับแหล่งจ่าย V_{CC} คงที่ที่ค่า ๆ หนึ่งแล้วปรับแหล่งจ่าย V_{BB} เพิ่มจากค่าศูนย์ขึ้นมา ค่า I_B ก็จะเพิ่มตาม

ต่อมาถ้าหยุดทำการปรับ V_{BB} แต่ไปปรับ V_{CC} เพิ่มขึ้นค่า I_C จะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นน้อยมาก หรือแทบจะไม่เพิ่มขึ้นเลย ณ จุดนี้เรียกว่า กระแสคอลเลคเตอร์ (I_C) เกิดการอิ่มตัว (Saturate)

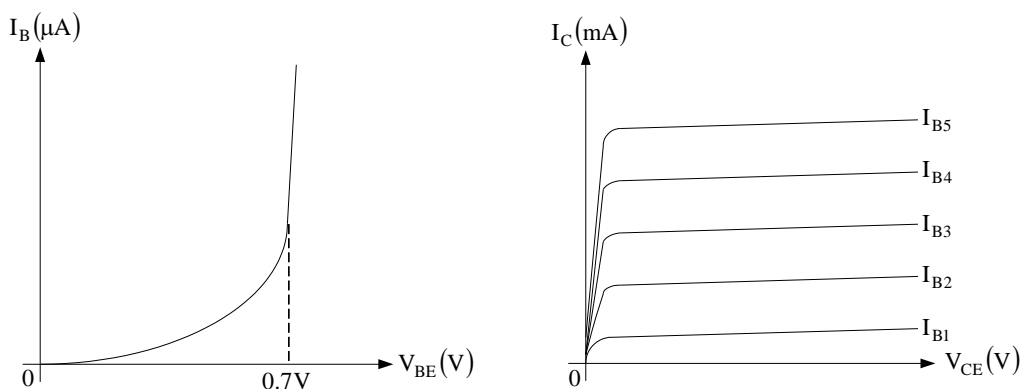
ครั้งต่อมาทำการปรับเพิ่มค่า V_{BB} จะทำให้ I_B เปลี่ยนแปลงค่าเพิ่มขึ้น ปรากฏการณ์ที่ได้คือ ค่า I_C จะเพิ่มขึ้นตาม I_B และเมื่อหยุดปรับ V_{BB} ไปทำการปรับเพิ่ม V_{CC} ค่า I_C ก็จะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นน้อยมากและเข้าสู่สภาวะอิ่มตัวอีกครั้งหนึ่ง

ข้อสังเกต ในขณะที่เพิ่มค่า I_B แล้วจะทำให้ค่า I_C เพิ่มตาม ส่วนค่าแรงดัน V_{CE} จะลดลง เมื่อ I_C เพิ่ม ค่า V_{RL} จะเพิ่มตามค่า I_C และข้อสังเกตอีกประการหนึ่งก็คือ ค่าแรงดัน V_{BE} ขณะวงจรทรานซิสเตอร์นำกระแส จะมีค่าคงที่อยู่ประมาณ $0.6\text{ V} - 0.7\text{ V}$ (เป็นค่าแรงดันตกคร่อมรอยต่อที่ P-N ขณะไบแอสตรงเหมือนไดโอด) จึงสรุปคุณลักษณะของทรานซิสเตอร์ได้ว่าค่าของกระแส I_C ขึ้นอยู่กับค่ากระแส I_B โดยเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ คือ

$$I_C = \beta I_B \dots\dots\dots 6.2)$$

- เมื่อ $\beta =$ อัตราขยายทางกระแสของทรานซิสเตอร์
- $I_C =$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขาคอลเลคเตอร์
- $I_B =$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขาเบส

จากรูปที่ 6.6 เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้นออกมาเป็นรูปกราฟได้ดังกราฟรูปที่ 6.7



ก) ความสัมพันธ์อินพุตระหว่าง I_B และ V_{BE} ข) ความสัมพันธ์เอาต์พุตระหว่าง I_C และ V_{CE}

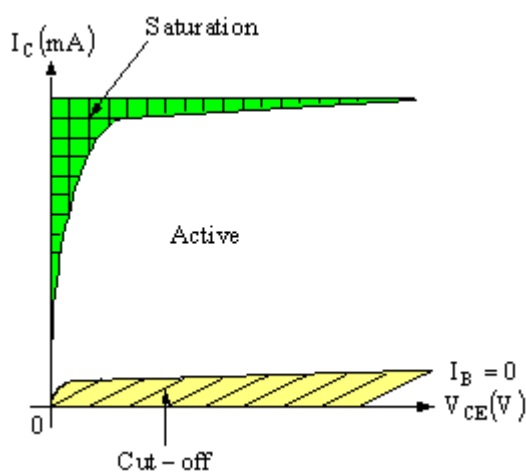
รูปที่ 6.7 ความสัมพันธ์ของทรานซิสเตอร์ด้านอินพุตและเอาต์พุต

จากรูปที่ 6.7 ก) เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ด้านอินพุตของทรานซิสเตอร์ระหว่างกระแสอินพุต I_B และแรงดันอินพุต V_{BE} เมื่อค่าแรงดันที่แหล่งจ่ายด้านอินพุตเพิ่มขึ้น ค่าของกระแสอินพุต I_B ก็จะเพิ่มตาม เส้นกราฟในแนวแกนตั้งซึ่งเป็นแนวแกนของกระแส I_B จะสูงขึ้นดังรูป แต่จะสังเกตเห็นว่าแรงดันตกคร่อมที่ขา B-E ซึ่งเรียกว่าค่าแรงดัน V_{BE} จะเริ่มเปลี่ยนแปลงน้อยมากจนแทบคงที่ ซึ่งในทางการศึกษาจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 0.7V และไม่ว่าค่าของกระแสอินพุต I_B จะเพิ่มขึ้นอีกเท่าใดก็ตาม ค่าแรงดันอินพุต V_{BE} ก็จะถือว่ามีค่าคงที่อยู่ที่ 0.7V

พิจารณารูปที่ 6.7 ข) เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ด้านเอาต์พุตระหว่างกระแสเอาต์พุต I_C กับแรงดันเอาต์พุต V_{CE} ซึ่งก็จะเป็นความสัมพันธ์ที่สืบเนื่องมาจากกระแสอินพุต I_B นั่นคือ เมื่อเราทำการเพิ่มค่ากระแสอินพุต I_B จะเป็นผลทำให้กระแสเอาต์พุต I_C เพิ่มขึ้น ถ้าทำการลดกระแสอินพุต I_B ก็จะเป็นผลให้กระแสเอาต์พุต I_C ลดตาม ดังนั้นค่ากระแสเอาต์พุต I_C จะมีค่ามากหรือน้อยจึงขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสอินพุต I_B นั้นเอง แต่ในขณะที่เดียวกันค่าแรงดันเอาต์พุต V_{CE} กลับมีค่าลดลง

ความสัมพันธ์ด้านเอาต์พุต คือ ด้านที่เราจะนำมาใช้งาน ซึ่งถ้าพิจารณาความสัมพันธ์ด้านเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์ อาจพิจารณาความสัมพันธ์ที่ได้ออกเป็นย่านต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. ย่านแอกทีฟ (Active region) เป็นย่านการทำงานที่ค่าของกระแส I_C และค่าของแรงดัน V_{CE} ทำงานตามค่าของกระแส I_B ที่ป้อนให้กับขา B ถูกนำไปใช้ในวงจรมายต่าง ๆ
2. ย่านแซตจูเรต (Saturation region) เป็นย่านที่กระแส I_C อิ่มตัว
3. ย่านคัตออฟ (Cut - off region) เป็นย่านที่ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแสหรือค่ากระแส I_B มีค่าเป็นศูนย์



รูปที่ 6.8 ย่านการทำงานต่าง ๆ ของทรานซิสเตอร์

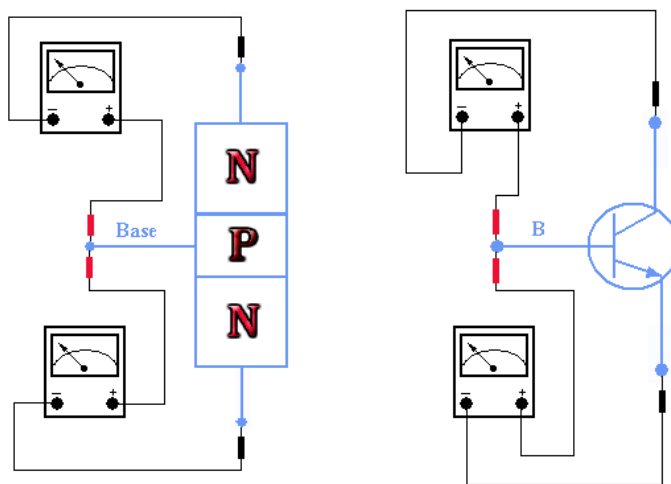
จากรูปที่ 6.8 จะเห็นว่า ย่านเซตจูเลด เป็นย่านที่ทรานซิสเตอร์นำกระแสได้สูงที่สุด ส่วนย่านคัตออฟเป็นย่านที่ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส ดังนั้น เราจึงนำย่านทั้งสองดังกล่าวมาใช้งานในวงจรการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ (Switching)

6.5 การตรวจสอบทรานซิสเตอร์

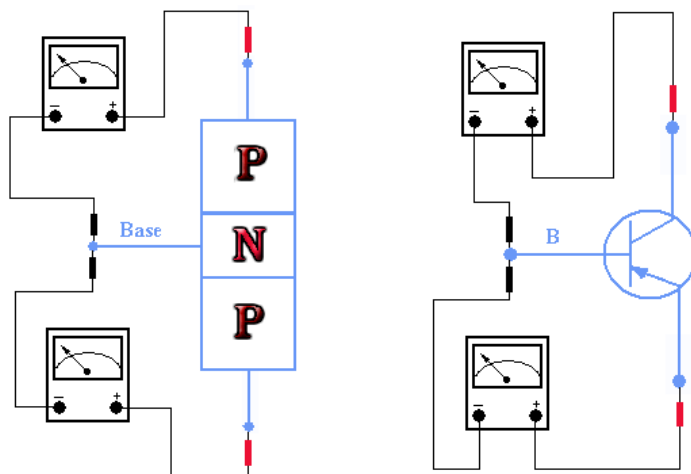
ก่อนที่จะนำทรานซิสเตอร์ไปใช้งานนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องตรวจสอบทรานซิสเตอร์วิธีที่สะดวกวิธีหนึ่งคือการตรวจสอบด้วยมัลติมิเตอร์แบบเข็มชี้ (Analog) ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

6.4.1 วัดหาขาเบส ทรานซิสเตอร์ทุกชนิดจะต้องหาขาเบสให้ได้ก่อนเพราะถ้าทราบขาเบสก็จะทำให้เราทราบชนิดของทรานซิสเตอร์ด้วยว่าเป็นชนิด NPN หรือ PNP วิธีการสามารถกระทำได้ดังนี้

ตั้งมิเตอร์สเกล R x 1 หรือ R x 10 ใช้สายมิเตอร์ด้านขั้วบวกหรือลบ ขั้วใดขั้วหนึ่งเป็นหลักจับที่ขาใดขาหนึ่งของทรานซิสเตอร์เป็นหลัก เช่น ถ้าให้ขั้วบวกจับที่ขาใดขาหนึ่งเป็นหลัก ก็จะนำขั้วลบไปแตะ 2 ขาที่เหลือ แล้วให้สังเกตว่า เข็มมิเตอร์กระดิกชี้ค่าความต้านทานเท่ากันทั้ง 2 ครั้งหรือไม่ ถ้าเข็มมิเตอร์กระดิกชี้ค่าความต้านทานเท่ากันทั้ง 2 ครั้งแสดงว่าที่ขั้วบวกและอยู่เป็นหลักนั้นคือขาเบส และเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เนื่องจากขาเบสซึ่งเป็นรอยต่อที่อยู่ตรงกลางเป็นสารชนิด P แต่ถ้าวัดครั้งแรกไม่ได้ ก็ให้ย้ายสายขั้วบวกจับขาอื่นอีก 2 ขาไปเรื่อย ๆ จนกว่าเข็มมิเตอร์จะแสดงค่าความต้านทานเท่ากันทั้ง 2 ครั้ง (มิเตอร์ตระกูลญี่ปุ่น เช่น Sanwa จะมีขั้วในการวัดความต้านทานไม่ตรงกับที่ระบุไว้ที่ตัวมิเตอร์ ถ้าตำแหน่งที่เป็น + ของมิเตอร์จะกลับเป็น - และตำแหน่งที่เป็น - จะกลับเป็น +) พิจารณาการวัดขั้นตอนนี้ได้จากรูปที่ 6.9



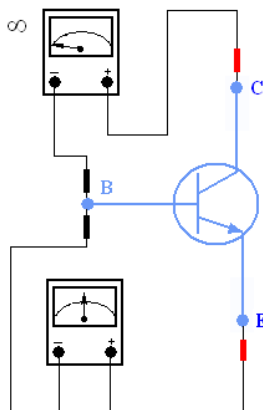
รูปที่ 6.9 การตรวจสอบหาขาเบสของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN



รูปที่ 6.10 การตรวจสอบหาขาเบสของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

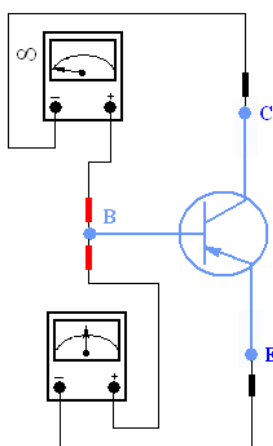
ในรูปที่ 6.9 นั้นจะเป็นการวัดหาขาเบสของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ซึ่งจะใช้สายขั้วบวกเป็นหลักในการวัดหาขาเบสตามที่อธิบายไว้ข้างต้น แต่เมื่อมาพิจารณารูปที่ 6.10 จะเห็นว่าถ้าเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ขาเบสจะมีขั้วลบของมิเตอร์มาจับเป็นหลักไว้และขั้วบวกของมิเตอร์จะนำไปแตะกับ 2 ขาที่เหลือแล้วให้สังเกตว่า เข็มมิเตอร์กระดิกชี้ค่าความต้านทานเท่ากันทั้ง 2 ครั้งหรือไม่ ถ้าเข็มมิเตอร์กระดิกชี้ค่าความต้านทานเท่ากันทั้ง 2 ครั้งแสดงว่าที่ขั้วลบและอยู่เป็นหลักนั้นคือขาเบส และเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP เนื่องจากขาเบสซึ่งเป็นรอยต่อที่อยู่ตรงกลางเป็นสารชนิด N แต่ถ้าวัดครั้งแรกแล้วไม่ได้ ก็ให้ย้ายสายขั้วบวกจับขาอื่นอีก 2 ขาไปเรื่อย ๆ จนกว่าเข็มมิเตอร์จะแสดงค่าความต้านทานเท่ากันทั้ง 2 ครั้ง ซึ่งจะเห็นว่าวิธีการเหมือนกันกับการวัดหาขาเบสของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN จะต่างกันก็ตรงขั้วมิเตอร์ที่จับกับขาเบสเป็นหลักนั้นเป็นขั้วบวกหรือขั้วลบเท่านั้นเอง

6.4.2 วัดหาคอลเลกเตอร์และขาอิมิตเตอร์ เมื่อหาขา B ได้แล้วก็ต้องมาหาขา C และ E ต่อไปซึ่งวิธีการทำได้ดังนี้



รูปที่ 6.11 การตรวจสอบหาขา C และ E ของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

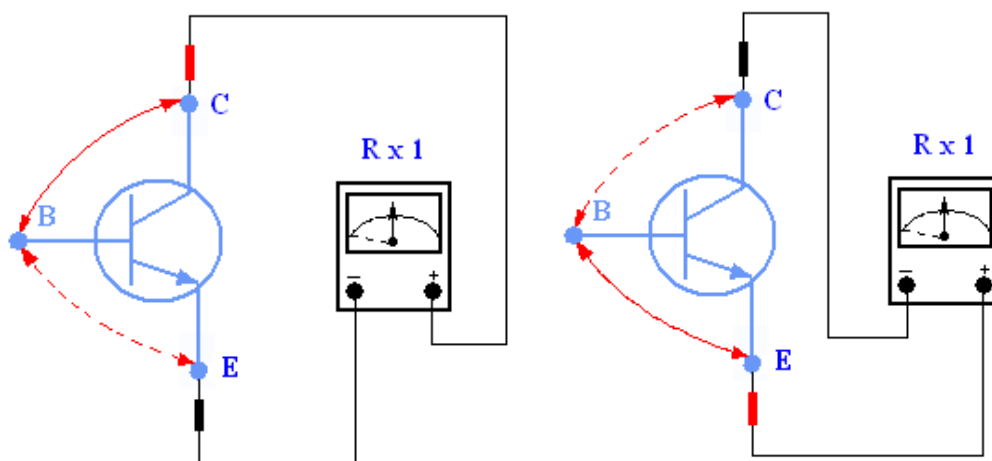
พิจารณารูปที่ 6.11 ตั้งมิเตอร์ไปที่สเกล $R \times 10k$ ถ้าเป็นทรานซิสเตอร์ NPN จากเดิมที่ขาเบสใช้ขั้วบวกจับอยู่ ให้ย้ายเอาขั้วลบไปจับแทนแล้วนำขั้วบวกไปแตะกับ 2 ขาที่เหลือเพื่อที่จะทำการเทียบค่าความต้านทานไบแอสกลับที่รอยต่อกับขาเบส ถ้าปรากฏผลว่าขาใดที่วัดเทียบกับเบสแล้วเข็มมิเตอร์อ่านค่าความต้านทานได้ แสดงว่าขาที่ไม่ทราบขานั้น คือขา E ส่วนอีกขาหนึ่งเมื่อวัดไบแอสกลับเทียบกับเบสเข็มมิเตอร์จะชี้ที่อินฟินิตี้ (∞) แสดงว่าเป็นขา C



รูปที่ 6.12 การตรวจสอบหาขา C และ E ของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

พิจารณารูปที่ 6.12 กรณีนี้เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ก็ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกันกับทรานซิสเตอร์แบบ NPN เพียงแต่จากเดิมขาเบสคือขั้วลบแต่เมื่อเป็น PNP ก็ให้นำขั้วบวกไปจับขาเบสไว้แล้วนำขั้วลบไปแตะกับ 2 ขาที่เหลือแล้วสังเกตผลเช่นเดียวกับแบบ NPN คือ ถ้าปรากฏผลว่าขาใดที่วัดเทียบกับเบสแล้วเข็มมิเตอร์อ่านค่าความต้านทานได้ แสดงว่าขาที่ไม่ทราบขานั้น คือขา E ส่วนอีกขาหนึ่งเมื่อวัดไบแอสกลับเทียบกับเบสเข็มมิเตอร์จะชี้ที่อินฟินิตี้ (∞) แสดงว่าเป็นขา C

สำหรับทรานซิสเตอร์ซิลิกอนบางตัว จะมีความต้านทานขณะไบแอสกลับที่รอยต่อ CB และ EB สูงมาก การวัดตามวิธีการข้างต้นอาจหาได้แค่เพียงขาเบสและชนิดของทรานซิสเตอร์เท่านั้น จึงอาจจะต้องเปิดคู่มือทรานซิสเตอร์หรือตรวจสอบหาเบื้องต้นโดยใช้เทคนิคการไบแอสดังนี้ โดยสมมุติว่าขณะที่ทรานซิสเตอร์ที่ตรวจสอบเป็นชนิด NPN ดังรูปที่ 6.13



รูปที่ 6.13 การวัดหาขา C และ E ของทรานซิสเตอร์ความต้านทานสูงชนิด NPN

- 1) ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่าน Rx1 โดยใช้มัลติมิเตอร์ Sanwa – YX360 TRE หรืออาจจะเป็นของ KYORITSU ก็ได้ (ตั้งย่านสูงกว่านี้จะไม่เห็นความแตกต่าง)
- 2) นำสายมิเตอร์ขั้วบวกและขั้วลบไปจับขาทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ขา ที่ยังไม่ทราบใช้สายไฟแตะกับขาที่ขั้วบวกจับอยู่ด้านหนึ่ง ส่วนปลายสายอีกด้านหนึ่งให้นำไปแตะที่ขาเบส จะเห็นเข็มมิเตอร์จะกระดิกชี้ค่าความต้านทานค่าหนึ่ง สังเกตและจำค่าความต้านทานไว้
- 3) ถ้านำสายไฟแตะอีกขาหนึ่งที่ขั้วลบจับอยู่ แล้วนำปลายสายอีกด้านหนึ่งไปแตะที่ขาเบสเข็มมิเตอร์จะไม่กระดิก
- 4) ต่อไปให้สลับสายระหว่างขั้วบวกและลบจากตำแหน่งเดิมในครั้งแรก
- 5) นำสายไฟแตะกับขาที่ขั้วบวกจับอยู่ด้านหนึ่ง ส่วนปลายสายอีกด้านหนึ่งให้นำ

ไปแตะกับขาเบส เซมิคอนดักเตอร์จะกระดิกชี้ค่าความต้านทานค่าหนึ่ง สังเกตและจำค่าความต้านทานไว้

6) ถ้านำปลายสายไฟและอีกขาหนึ่งที่ขั้วลบบังอยู่แล้วนำปลายสายอีกด้านหนึ่งไปแตะที่ขาเบส เซมิคอนดักเตอร์จะไม่กระดิก

7) นำกรณีที่เซมิคอนดักเตอร์กระดิกชี้ค่าความต้านทานทั้ง 2 ครั้ง มาเปรียบเทียบค่ากัน (สังเกตให้ดีเพราะค่าจะแตกต่างกันน้อยมาก)

8) ถ้าขั้วลบบังที่ขา C แล้วนำไฟบวกที่ขา C ไปแตะกับขา B ตามหลักของการให้ไบแอส ค่าความต้านทานที่อ่านได้จะน้อยกว่ากรณีที่ขั้วลบบังไปจับขา E แล้วนำไฟบวกที่ขา E ไปแตะขา B

9) ถ้าเป็น PNP ทรานซิสเตอร์ ก็ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกัน แต่หลักการไบแอส ขา C จะต้องต่อกับขั้วลบ และขา B ต้องดึงไฟลบจากขา C มาช่วยในการไบแอส ทำการวัดค่าและสังเกตเช่นเดียวกันกับขั้นตอน 1) ถึง 8)